

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TRABALHO DE FORMATURA

PROPOSTAS DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA  
DE UMA EMPRESA DISTRIBUIDORA  
DE PRODUTOS QUÍMICOS

AUTOR: JOSÉ LUÍS SUAREZ MIYAZAKI

ORIENTADOR: LUÍS FERNANDO PINTO DE ABREU

1998

15/1998  
M699p

A meus pais

## **AGRADECIMENTOS**

- ◇ Ao professor Luís Fernando Pinto de Abreu pela disponibilidade, apoio, paciência e interesse na orientação deste trabalho,
- ◇ À minha família por tudo o que ela já fez por mim até hoje,
- ◇ Aos raros mas importantes amigos que me acompanharam durante esta longa jornada,
- ◇ Ao pessoal da empresa que me forneceu as informações necessárias,
- ◇ A todos aqueles que contribuíram de algum modo para a realização deste trabalho.

**Muito Obrigado!!!**

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo apresentar propostas de melhoria na gestão de estoques e na área operacional de uma empresa distribuidora, visando reduzir as ineficiências detectadas e, assim, melhorar o desempenho competitivo da empresa.

Um estudo envolvendo técnicas estatísticas de previsão e modelos de reposição de estoque é feito, resultando na definição de um novo modelo de estoque para os itens mais importantes. Na área operacional, identificados os principais problemas, são apresentadas propostas visando o aumento da eficiência, como mudança do lay-out.

Avaliando as propostas apresentadas, constata-se o potencial de melhoria que elas trariam para a empresa se fossem implantadas.



## ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....	01
1.1. A empresa.....	01
1.1.1. Características gerais .....	01
1.1.2. Histórico.....	01
1.1.3. Características da organização.....	02
1.1.4. Produtos .....	03
1.1.5. Lay-out.....	05
1.1.6. Processos.....	07
1.2. O estágio.....	10
1.3. Definição da área de atuação .....	11
1.3.1 Considerações estratégicas .....	11
1.3.2 Pontos críticos levantados.....	13
1.3.3 Escolha da área de atuação .....	14
CAPÍTULO 2 - CONCEITOS TEÓRICOS .....	16
2.1. Introdução.....	16
2.2. Funções do estoque .....	16
2.3. Classificação dos sistemas de estoque .....	17
2.4. Propriedades dos sistemas de estoque.....	18
2.4.1. Custos.....	19
2.4.2. Demandas .....	20
2.4.3. Ressuprimentos.....	21
2.5. O sistema de classificação ABC.....	21
2.6. Modelos de reposição de estoque.....	23
2.6.1. Modelos de revisão contínua .....	24
2.6.2. Modelos de revisão periódica.....	25
2.6.3. Modelos previsivos .....	27
CAPÍTULO 3 - DIRECIONAMENTO DO TRABALHO .....	29
3.1. Gestão de estoques na empresa .....	29
3.1.1. Descrição da situação atual .....	29
3.1.1.1. A empresa e os seus estoques.....	29
3.1.1.2. Diretrizes de estoque para as matérias-primas.....	29

3.1.1.3. O processo de compra e o controle de estoque .....	30
3.1.2. Análise da situação atual .....	34
3.1.2.1. A curva ABC das matérias-primas químicas .....	34
3.1.2.2. A atual reposição de estoque das matérias-primas químicas .....	36
3.2. A área operacional da empresa .....	39
3.2.1. Situação atual.....	39
3.2.1.1. Falta de produto envasado na hora do carregamento .....	39
3.2.1.2. Fluxo interno de caminhões e produtos caótico.....	40
3.2.1.3. Armazenagem dos “produtos acabados” confusa .....	41
3.3. Definição do trabalho .....	43
3.3.1. Foco e objetivo do trabalho .....	43
CAPÍTULO 4 - LEVANTAMENTO DE DADOS.....	45
4.1. Introdução.....	45
4.2. Custos .....	45
4.2.1. Custo de pedido .....	45
4.2.2. Custo de posse .....	46
4.2.3. Custo de falta .....	47
4.3. <i>Lead-time</i> de ressuprimento .....	47
4.4. Previsão de vendas .....	48
4.4.1. Conceitos gerais.....	48
4.4.2. Escolha do método e da hipótese.....	50
4.4.3. O método da média exponencial aplicado a um modelo com trajetória .....	51
4.4.3.1. Procedimento de atualização das estimativas .....	52
4.4.3.2. Determinação das estimativas iniciais .....	53
4.4.3.3. Seleção das constantes de suavizamento exponencial .....	54
4.4.3.4. Avaliação do desempenho da previsão .....	54
4.4.4. Aplicação prática .....	55
CAPÍTULO 5 - DEFINIÇÃO DO MODELO DE REPOSIÇÃO DE ESTOQUE .....	57
5.1. Introdução.....	57
5.2. Definição do modelo.....	57
5.2.1. Considerações gerais .....	57
5.2.2. Hipóteses adotadas.....	58
5.2.3. Escolha do modelo.....	59

5.2.4. Determinação dos parâmetros do modelo .....	60
5.3. Avaliação do modelo.....	63
5.3.1. Cálculo de $R$ e $S$ .....	63
5.3.2. Simulação do modelo proposto .....	64
5.3.3. Resultados obtidos .....	65
CAPÍTULO 6 - PROPOSTAS DE MELHORIAS NA ÁREA OPERACIONAL .....	68
6.1. Introdução.....	68
6.2. Situação atual x situação almejada .....	68
6.3. Propostas .....	69
6.3.1. Reescalonamento dos horários .....	69
6.3.2. Novo layout para as áreas ocupadas pelo depósito 4 e carregamento .....	72
6.3.2.1. Detalhamento da proposta.....	73
6.3.2.1.1. Dimensionamento das áreas de armazenagem do depósito4..	73
6.3.2.1.2. Dimensionamento da área de carregamento.....	78
6.3.2.1.3. Dimensionamento da área de separação de pedidos .....	79
6.3.2.1.4. Novo lay-out .....	81
6.4. Avaliação das propostas .....	85
CAPÍTULO 7 - CONCLUSÃO .....	87
ANEXO A - PROJEÇÃO DE VENDAS .....	89
ANEXO B - SIMULAÇÃO.....	105
BIBLIOGRAFIA.....	123

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Organograma simplificado da empresa .....	03
Figura 1.2. Participação percentual de cada setor industrial no faturamento total da empresa em 1996.....	04
Figura 1.3. Lay-out da empresa .....	06
Figura 1.4. Fluxograma dos processos da área operacional .....	08
Figura 1.5. Esquema de uma rede de suprimentos para a empresa em questão.....	11
Figura 2.1. Modelo (s, Q) .....	24
Figura 2.2. Modelo (s, S).....	25
Figura 2.3. Modelo (S, R).....	26
Figura 2.4. Modelo (s, S, R) .....	26
Figura 3.1. Fluxo de informações do processo de compra de matérias-primas de um fornecedor distribuído .....	31
Figura 3.2. Fluxo de informações do controle de estoque de matérias-primas de um fornecedor distribuído .....	32
Figura 3.3. Fluxo de informações do processo de compra de matérias-primas de um fornecedor diverso .....	33
Figura 3.4. Curva ABC das matérias-primas químicas .....	35
Figura 3.5. Lay-out parcial da empresa, com destaque para a área de carregamento .....	40
Figura 3.6. Lay-out parcial da empresa, com destaque para o depósito 4.....	42
Figura 6.1. Representação esquemática da proposta de novo lay-out.....	72
Figura 6.2. Área total disponível .....	81
Figura 6.3. Lay-out proposto .....	82
Figura 6.4. Lay-out detalhado do depósito 4 .....	83
Figura 6.5. Localização de estoque .....	85



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Principais embalagens de comercialização .....	05
Tabela 2.1. Comparação entre as classes A, B e C quanto a diversas características do sistema de estoque .....	23
Tabela 3.1. Proposta de divisão das classes A, B e C .....	35
Tabela 3.2. Divisão das classes A, B e C .....	35
Tabela 4.1. Custos variáveis anuais de pedido .....	46
Tabela 4.2. <i>Lead-times</i> médios de ressuprimento das matérias-primas classe A .....	48
Tabela 5.1. Valores de $\underline{R}$ obtidos para cada item .....	63
Tabela 5.2. Valores de $\underline{S}$ obtidos para cada item .....	64
Tabela 5.3. Desempenho do modelo atual e do proposto .....	65
Tabela 5.4. Desempenho, em termos de custo, do modelo atual e do proposto .....	67
Tabela 6.1. Horários atuais das diversas atividades .....	70
Tabela 6.2. Horários propostos das diversas atividades .....	71
Tabela 6.3. Quantidades média e máxima estocadas no depósito 4, por linha de produto .....	75
Tabela 6.4. Número de pilhas de estocagem para cada linha .....	76
Tabela 6.5. Número de fileiras de estocagem para cada linha .....	77
Tabela 6.6. Número de pilhas para determinação da área de separação de pedidos .....	80
Tabela 6.7. Necessidades líquidas de espaço para cada área .....	81

# *Capítulo 1*

---

## *Introdução*

## 1.1. A empresa

### 1.1.1. Características gerais

Este trabalho foi desenvolvido em uma empresa<sup>1</sup> que atua na comercialização e distribuição de produtos químicos (ácidos, aminas, glicóis, solventes clorados, entre outros). Além da atividade de distribuição, a empresa desenvolve formulações especiais (misturas de solventes) para os seus clientes.

A empresa possui contrato de distribuição com grandes fornecedores do setor químico, distribuindo seus produtos para diversos estados do país. Para tanto, conta com uma sede na cidade de São Paulo (onde está localizado o depósito central) e filiais (escritórios comerciais) em Paulínia/SP, Rio de Janeiro/RJ, Belo Horizonte/MG e Goiânia/GO. Além disso, conta com representantes em outros estados. Seu foco de atuação, no entanto, concentra-se na Grande São Paulo e interior do Estado.

De origem familiar e capital totalmente nacional, a empresa conta atualmente com um quadro de 106 funcionários. Apresenta um faturamento anual de 27 milhões de dólares, com um volume de vendas de aproximadamente 16 mil toneladas.

Um breve histórico da empresa é apresentado a seguir.

### 1.1.2. Histórico

Fundada em 1960, em São Paulo, dedicou os primeiros dez anos à fabricação de variada linha de produtos químicos, com tecnologia própria, dentre eles: fosfatos, acetatos, cloretos, nitratos, sulfatos e formiatos. Foi a pioneira no Brasil na fabricação de Fenox Acetato de Sódio e de PPC (Cloreto de Fenoxi-Propionila).

Uma década depois, a empresa colocou-se mais uma vez entre os pioneiros do ramo químico atuando como Distribuidor, um segmento novo àquela época. A empresa inaugurou com a Rhodia S.A. a atividade de Distribuição em 1971. Em seguida vieram a Oxiteno S.A. em 1974, a Peróxidos do Brasil Ltda. em 1976 e em 1977 a Monsanto do Brasil S.A., hoje Fosbrasil S.A.

Em 1978, a empresa consolidou essa atividade ao incorporar a distribuição das linhas de solventes clorados e glicóis da Dow Química S.A. No início da década de 80, a empresa

---

<sup>1</sup> A fim de manter a privacidade da empresa, o seu nome será mantido em sigilo, passando a ser chamada simplesmente de "empresa".

começou uma nova atividade: o desenvolvimento de formulações personalizadas para os seus clientes. Na década de 90, a Eucatex juntou-se ao portfólio das Distribuídas<sup>2</sup>.

Mais recentemente, em 1996, quatro novas empresas concederam-lhe a Distribuição de seus produtos: Dow Plásticos, Hoechst, Owens Corning e Rohm and Haas. Igualmente relevante também em 1996, o Grupo Lever optou pela presente empresa como Distribuidor exclusivo, em âmbito nacional, para o seu produto Glicerina.

### 1.1.3. Características da organização

A empresa busca atender continuamente às necessidades específicas de seus clientes através do fornecimento de produtos e serviços de qualidade. Para tanto, investe na ampliação de sua linha de produtos e na qualidade de seus processos.

Atuando no ramo de distribuição há mais de 25 anos, atendendo a muitos segmentos de mercado com uma gama diversificada de produtos, a empresa está em busca de novas Distribuídas com o intuito de ampliar sua linha de produtos e atender às crescentes exigências de cada segmento de mercado. Faz parte da filosofia da empresa não trabalhar com produtos iguais de fabricantes distintos.

O desenvolvimento de novas formulações de acordo com as necessidades específicas do cliente também é parte integrante do plano de expansão da empresa.

A fim de fornecer produtos e serviços de qualidade aos seus clientes, a empresa somente trabalha com fornecedores de produtos químicos qualificados. Para garantir não só a qualidade dos produtos, mas também a qualidade dos serviços prestados, a empresa passou por uma fase de reorganização de seus processos, obtendo a certificação ISO 9002 no final de 1996.

A preocupação com o meio ambiente é outro ponto importante da empresa, por manipular produtos químicos. Para exemplificar, qualquer forma de descarte de produto químico deve ser tratado convenientemente, seguindo as orientações da CETESB, para não contaminar o meio ambiente.

Com relação aos seus recursos humanos, pela natureza comercial da empresa, há forte concentração nesta área (57% do total de funcionários, em contraste com 14% da área operacional). O organograma simplificado da empresa vem logo a seguir.

---

<sup>2</sup> Assim denominadas as empresas fornecedoras de produtos químicos com as quais a presente empresa mantém contrato de distribuição.



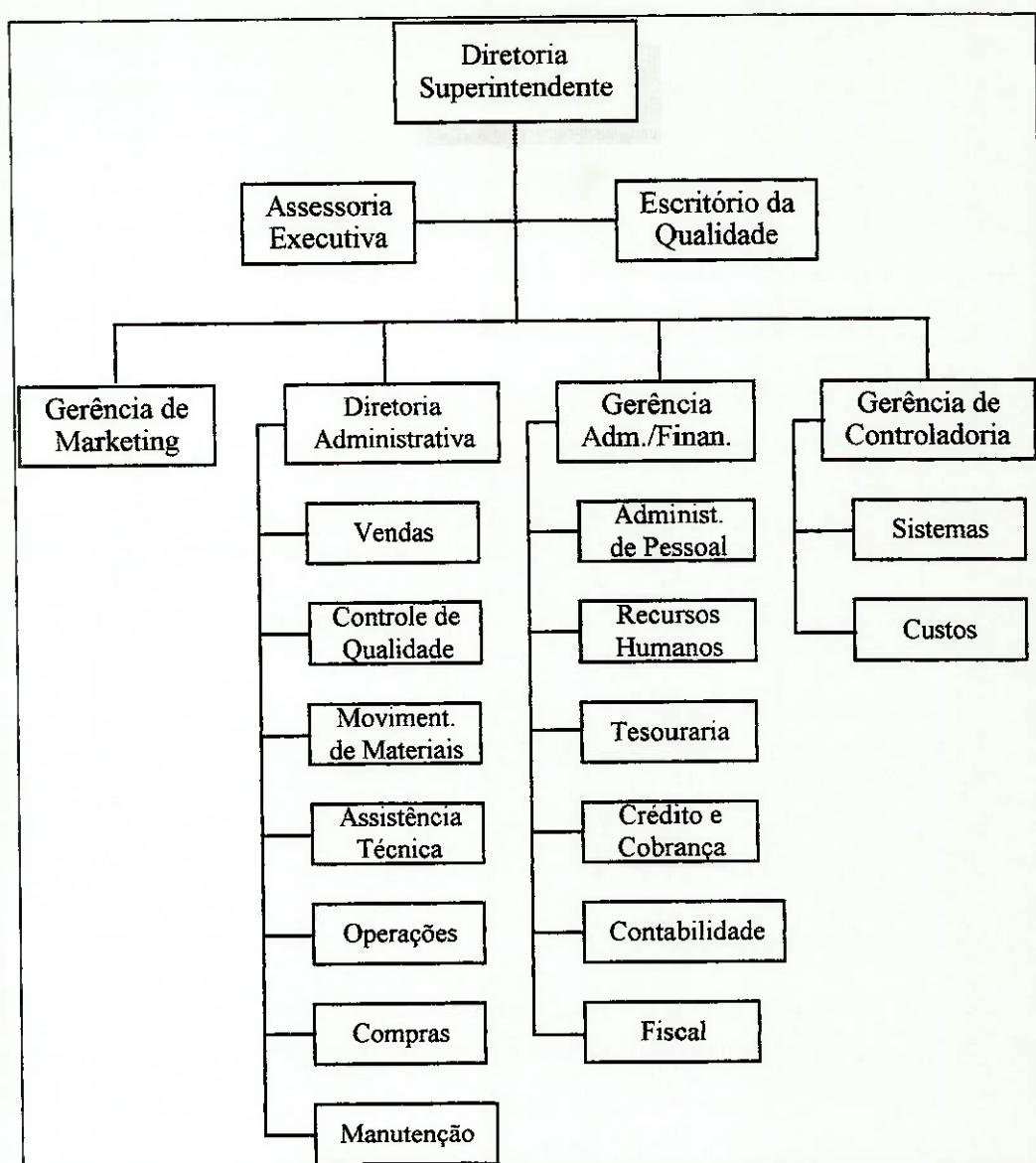


Figura 1.1. Organograma simplificado da empresa (adaptado de material da empresa)

#### 1.1.4. Produtos

Os produtos que a empresa distribui são, principalmente, produtos químicos como ácidos, alcoóis, aminas, glicóis, resinas e solventes clorados que servem de matéria-prima ou insumo para diversos setores da indústria. A figura seguinte mostra os principais setores industriais atendidos e seus respectivos percentuais no faturamento total da empresa em 1996.

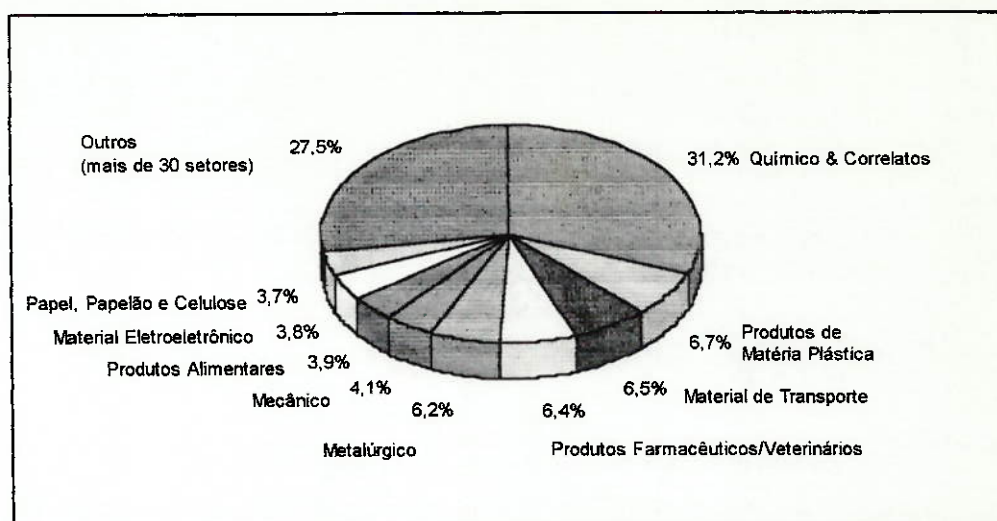


Figura 1.2. Participação percentual de cada setor industrial no faturamento total da empresa em 1996  
(elaborado pelo autor)

Aproximadamente 90% dos produtos químicos distribuídos provêm de grandes fornecedores com os quais se firmou contrato de distribuição. A cada um desses fornecedores corresponde uma linha de produtos. Assim, tem-se as seguintes linhas de produtos:

- Dow;
- Dow Resina;
- Eucatex;
- Fosbrasil;
- Hoechst;
- Lever;
- Owens Corning;
- Oxiteno;
- Peróxidos;
- Rhodia;
- Rohm and Haas;
- Derivados de Petróleo.

Os restantes 10% dos produtos provêm de fornecedores diversos sem nenhum tipo de contrato.

Os produtos são fornecidos pelos fabricantes sob uma das seguintes formas<sup>3</sup>:

- a granel: produtos vindos em carro-tanque que são armazenados e posteriormente embalados em um dos tipos de embalagem de comercialização, conforme se verá mais adiante;

<sup>3</sup> Alguns produtos podem ser fornecidos em ambas as formas.

- diretamente em embalagem de comercialização: os produtos já vem embalados ou lacrados em embalagens como tambores e bombonas (produtos líquidos), sacos e caixas de papel (produtos sólidos ou carga seca), sendo desta forma comercializados.

Além dos produtos que são simplesmente distribuídos (comprados e vendidos sem alteração das características físicas), há uma linha de produtos formulados pela empresa (solventes), desenvolvidos para atender às necessidades específicas de cada cliente. Tais produtos formulados são o resultado da mistura, em determinadas composições, de 2 ou mais produtos “puros” (produtos que são apenas distribuídos).

Tanto os produtos formulados como os produtos fornecidos a granel podem ser vendidos em algumas das embalagens de comercialização mostradas na tabela abaixo.

Tabela 1.1. Principais embalagens de comercialização (elaborado pelo autor)

<i>Tipo de embalagem</i>	<i>Capacidade (em litros)</i>
Balde	20
Bombona 20	20
Bombona 50	50
Container	1.000
Tambor 20/20	200
Tambor corrugado 24/22	200
Tambor elanelado 200	200
Tambor 20/18	200

#### 1.1.5. Lay-out

A sede da empresa, localizada na zona sul de São Paulo (onde este trabalho foi desenvolvido), é onde estão localizados os depósitos que armazenam todos os produtos químicos que entram e saem da empresa, uma vez que as filiais funcionam apenas como escritórios comerciais. São 8.243 m<sup>2</sup> de área construída, com 80 tanques e 4 depósitos para armazenamento dos produtos.

A figura a seguir mostra o lay-out da empresa.

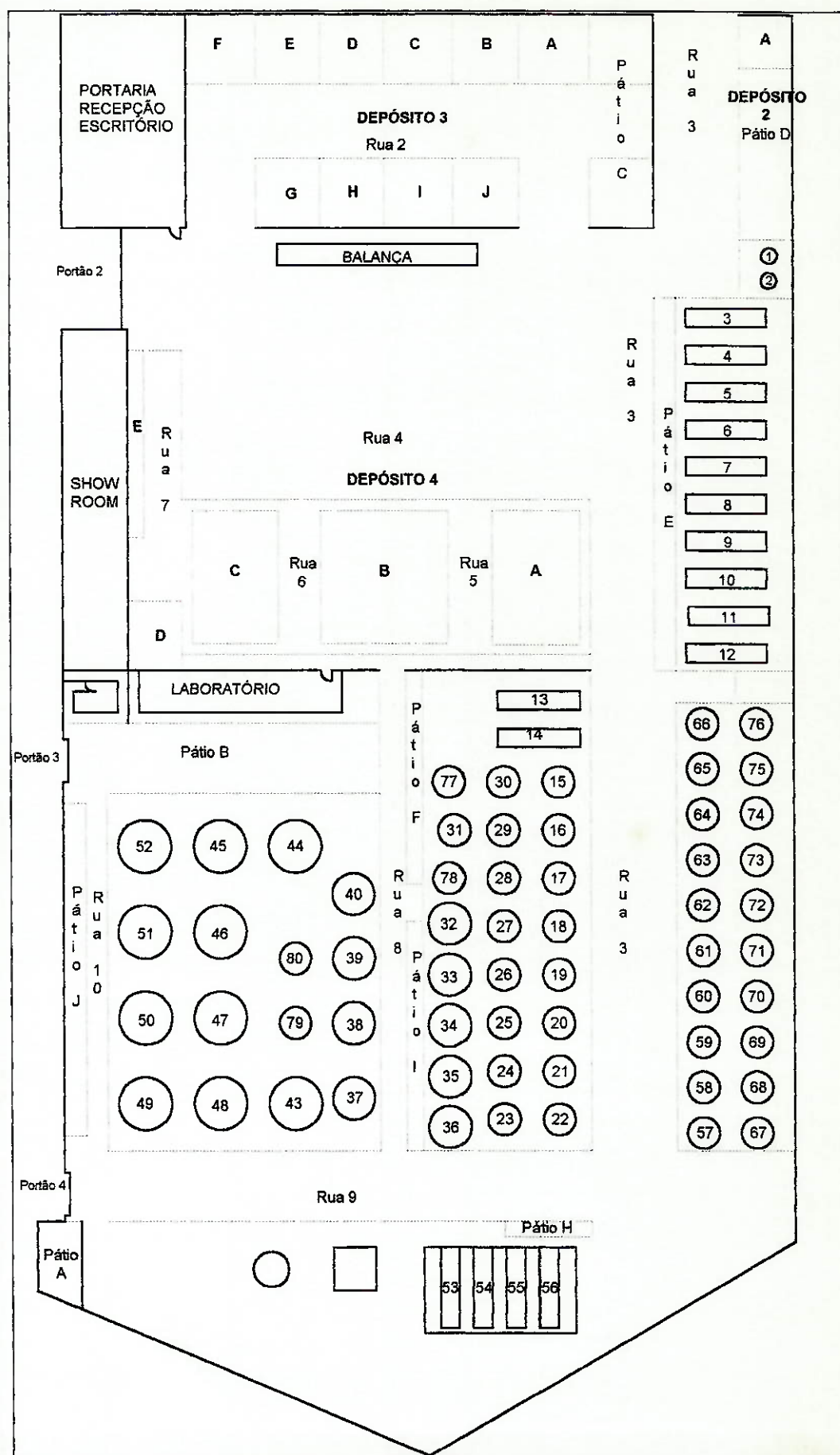


Figura 1.3. Lay-out da empresa (elaborado pelo autor)



Numerados de 1 a 80 estão os tanques de armazenamento de produtos a granel, com capacidade individual de estocagem variando de 20 mil a 108 mil litros. No total, a capacidade de estocagem de produtos a granel chega a 3,2 milhões de litros. Cada tanque é dedicado a um ou alguns poucos produtos com características químicas semelhantes, de forma a eliminar a necessidade de lavagem quando há troca de produto.

Os depósitos 1, 2 e 3 que são cobertos<sup>4</sup> servem para armazenar produtos que já vem embalados (produtos líquidos e carga seca). O depósito 4, semi-coberto, armazena tanto produtos lacrados (produtos líquidos) como produtos a granel que foram envasados em embalagem de comercialização. No total são 3000 m<sup>2</sup> de área para armazenamento de produtos embalados.

As regiões denominadas por “pátio” têm como finalidade armazenar as diversas embalagens de comercialização vazias.

#### 1.1.6. Processos

A empresa sendo unicamente distribuidora de produtos químicos, em sua essência não apresenta um processo produtivo. O único tipo de produção corresponde à mistura dos produtos “puros” para obtenção das formulações especiais.

O fluxo de materiais pela empresa, englobando desde o processo de recebimento do produto até a sua expedição, está ilustrado na figura 1.4.

Uma breve descrição dos processos relativos à área operacional da empresa é apresentada logo a seguir.

- Recebimento

Quando do recebimento de embalagens vazias, produtos a granel ou produtos embalados, os veículos transportadores (caminhões) passam por uma inspeção geral antes de entrar na empresa. Autorizada a entrada, para o caso dos produtos a granel ou embalados, o veículo passa por uma balança rodoviária antes e depois do descarregamento para determinação do peso dos produtos recebidos. O veículo, após a pesagem inicial, é encaminhado até o local de descarga, onde é retirada uma amostra para inspeção de recebimento. Estando OK, procede-se ao descarregamento do produto.

- Inspeções

---

<sup>4</sup> O depósito 1, que não aparece na figura, está localizado acima do depósito 3, no 1º andar.

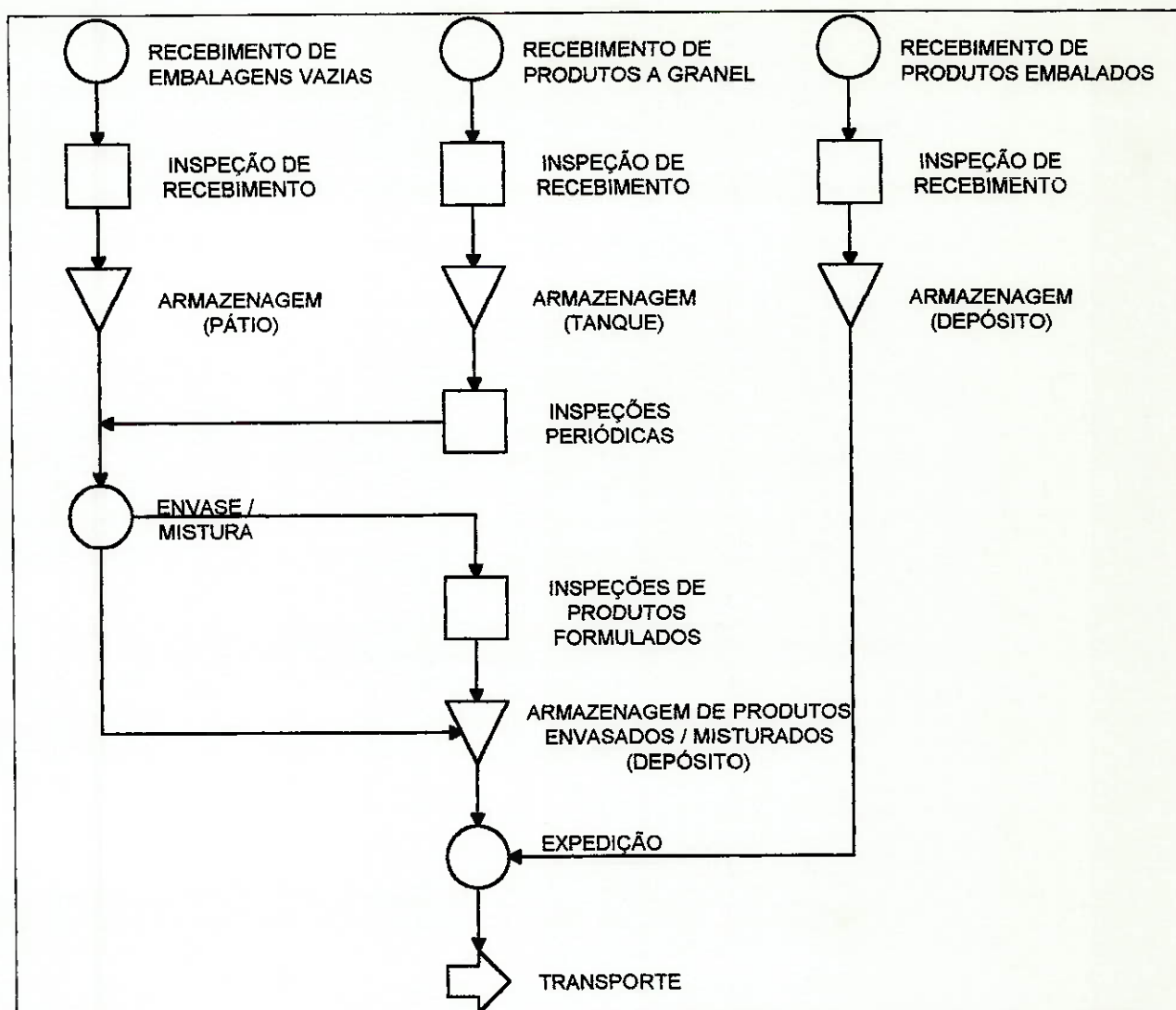


Figura 1.4. Fluxograma dos processos da área operacional (elaborado pelo autor)

Há 3 tipos de inspeção:

a) Inspeção de recebimento

Para as embalagens vazias recebidas, uma amostra é retirada e é feita uma inspeção visual. Tal inspeção também é feita nas embalagens dos produtos embalados. Esses produtos em si não são inspecionados; eles vêm com certificado de análise do fornecedor que é confrontado com a especificação de produto da empresa.

No caso de produtos a granel, uma amostra é coletada em um pequeno frasco da boca de visita do carro tanque e levada ao laboratório para análises químicas como determinação do teor de água, densidade e cor. Além disso, uma amostra maior é retirada para verificar se há presença de resíduos no produto.

b) Inspeções periódicas

Realizadas a cada 3 semanas nos produtos estocados nos tanques, com a coleta de amostra em um pequeno frasco e posterior análise em laboratório.

c) Inspeção de produtos formulados

Realizada a cada fabricação de um produto formulado, com a retirada de amostra e envio ao laboratório para análises do teor de água, cor, densidade, aspecto e análise cromatográfica.

- Armazenagem

Tendo sido inspecionadas, as embalagens vazias são descarregadas manualmente ou com o auxílio de empilhadeira (dependendo do tipo de embalagem) e empilhadas conforme padrões de empilhamento correspondentes.

Os produtos embalados são descarregados dos veículos com o auxílio de uma empilhadeira e conduzidos até o depósito apropriado para serem armazenados conforme os padrões de empilhamento correspondentes.

Para os produtos a granel, o descarregamento no tanque para estocagem é feito utilizando-se mangotes e bomba, com a conexão de um mangote entre a válvula do carro tanque e a válvula de entrada da bomba e a conexão de outro mangote entre a válvula de saída da bomba e a válvula do tanque de armazenagem do produto.

- Envase

O processo de envase consiste na transferência do produto a granel armazenado em tanque para a embalagem de comercialização. A embalagem de comercialização é transportada para o local de envase e colocada sobre uma balança. Um mangote é conectado na válvula do tanque e posicionado na abertura superior da embalagem. A válvula é aberta e o produto é envasado até atingir o peso líquido determinado.

- Mistura

O processo de mistura, quando feito diretamente em embalagem de comercialização, é análogo ao processo de envase, só que em vez de 1 produto são alguns produtos envasados na mesma embalagem em determinadas quantidades e, posteriormente, submetidos à homogeneização (mistura manual com auxílio de um bastão). Em seguida, uma amostra é retirada para inspeção.

Quando a quantidade a ser preparada é grande, então a mistura é feita em um tanque para garantir uma melhor homogeneização do produto. Um medidor de vazão, uma bomba e mangotes são usados na conexão entre o tanque da mistura e o tanque do produto que entrará como componente da mistura. Após adição de todos os componentes nas quantidades especificadas, é feita a homogeneização com o auxílio de uma bomba conectada entre as válvulas de entrada e saída do tanque. Posteriormente, uma amostra é retirada para inspeção e, estando OK, pode-se proceder ao envase do produto formulado na embalagem de comercialização.

- Expedição

Assim como o processo de recebimento de mercadorias, quando os veículos transportadores chegam para serem carregados, eles são inspecionados quanto às suas condições gerais, antes de entrar na empresa. Também, tanto na entrada como na saída, eles passam pela balança rodoviária para determinação do peso dos produtos carregados. Assim que entram na empresa, os veículos se dirigem até o local de carregamento e aguardam o empilhador buscar os produtos armazenados nos depósitos e carregar o veículo.

- Transporte

A frota de veículos transportadores (caminhões) é terceirizada. Constituída tanto de veículos autônomos como de veículos de transportadoras, eles atendem às entregas no Estado de São Paulo. Quando a entrega é para outro estado, o cliente indica uma transportadora no Estado de São Paulo para receber os produtos. Além da entrega direta ou indireta (via transportadora indicada) ao cliente, há o caso em que o cliente vem retirar o produto na própria empresa.

## 1.2. O Estágio

O estágio teve início no mês de maio de 1997, com o estagiário ingressando no setor de Qualidade da empresa (Escritório da Qualidade) com o intuito de dar seqüência ao trabalho de manutenção da certificação ISO 9002 obtida pela empresa em dezembro de 1996.

Subordinado ao Gerente de Controladoria (o representante da Alta Administração responsável pelo Sistema da Qualidade), o estagiário desenvolveu atividades de coordenação da documentação do Sistema da Qualidade, monitoração de ações corretivas, acompanhamento de auditorias internas, entre outras.



O escopo da certificação, que incluía as atividades de compra, armazenamento, envase/mistura e venda de produtos químicos, permitiu ao estagiário estar em contato com diversos setores da empresa e ficar familiarizado com os seus procedimentos.

O conhecimento de outros setores da empresa aliado à limitação de desenvolvimento de um trabalho de formatura na área em que o estagiário se encontrava, fizeram com que o estagiário propusesse ao gerente responsável acompanhar de perto setores-chave da empresa: operações (recebimento, armazenamento, envase/mistura, expedição), compras e vendas. A partir de um conhecimento mais aprofundado desses setores e de suas inter-relações, pontos críticos puderam ser identificados e culminaram com a definição da área de atuação, conforme se verá adiante.

### 1.3. Definição da área de atuação

#### 1.3.1. Considerações estratégicas

A empresa distribuidora em questão, dentro de uma rede de suprimentos como a esquematizada na figura abaixo, atua como intermediária entre fornecedores de grande porte de matérias-primas químicas e fabricantes de produtos manufaturados (predominantemente).

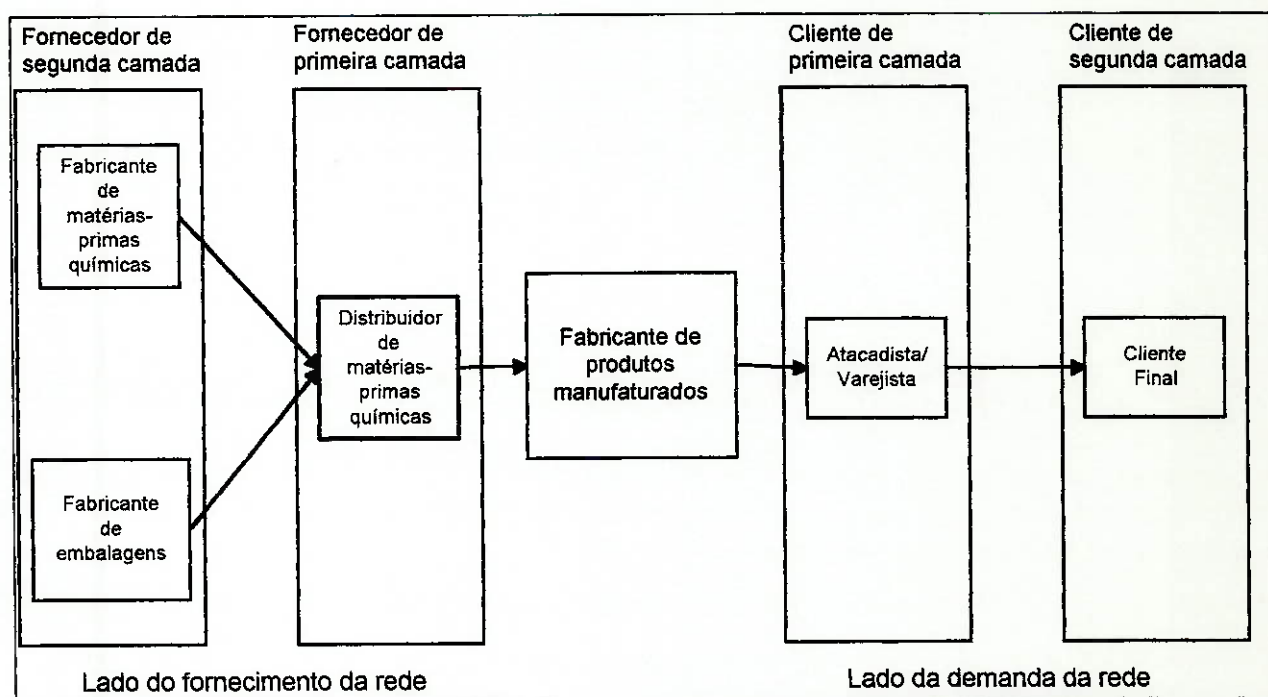


Figura 1.5. Esquema de uma rede de suprimentos para a empresa em questão (adaptado de Slack (1997))

O sucesso competitivo da empresa pode depender de uma série de fatores/critérios competitivos que os clientes valorizam: preço baixo, qualidade alta, entrega rápida, entrega confiável, ampla gama de produtos, quantidades ou volumes diferentes de produtos.

De acordo com a equipe de vendas da empresa (Supervisor de Vendas e alguns vendedores), os critérios que os clientes mais valorizam no momento da compra de um produto da empresa (produto distribuído) são, nessa ordem: qualidade do produto, isto é, produto dentro das especificações técnicas e em embalagem em boas condições; rapidez das entregas, ou seja, possibilidade de entregar o produto no dia seguinte ao do fechamento do pedido; confiabilidade das entregas, ou seja, entregas na data combinada; e preço do produto.

A maior importância relativa da qualidade do produto deve-se ao fato de o produto distribuído pela empresa servir de matéria-prima para a fabricação de diversos tipos de produtos e como tal, deve atender rigorosamente às especificações técnicas do cliente. A empresa procura garantir a qualidade dos seus produtos distribuídos primeiramente trabalhando com grandes fornecedores, e segundo, seguindo procedimentos operacionais (recebimento, armazenagem, envase, expedição) de acordo com as normas ISO9002. Com relação à importância da rapidez e confiabilidade das entregas, diversos clientes, trabalhando na filosofia *just-in-time*, almejam o produto apenas no momento de sua necessidade, de forma a manter o mínimo possível de estoque. Dando seqüência à escala de importância, aparece o preço do produto, que apresenta variações muito pequenas dada a natureza do produto (commodity), mas que pode ser um diferencial quando o volume de compras é grande.

Segunda ainda a equipe de vendas, de uma forma geral a empresa apresenta um desempenho, em todos esses critérios, semelhante ao do principal concorrente, que também é um distribuidor independente de produtos químicos de alguns mesmos fornecedores.

Diante desta situação, procurou-se levantar algumas informações que pudessem servir de guia para identificar aquilo que seria prioritário melhorar. Uma dessas informações estava relacionada com a perda de pedidos de venda (o cliente faz a consulta mas não efetua a compra). Segundo o Supervisor de Vendas, aproximadamente 10% dos pedidos totais de venda são perdidos. Dois motivos principais para a perda dos pedidos foram citados: o preço um pouco mais baixo do concorrente (diferença de alguns centavos por Kg de produto, que assume importância quando o volume de compra é elevado) e a falta de produto em estoque para atendimento imediato da necessidade do cliente. Neste último caso, o cliente acaba procurando o concorrente e, caso este possa atendê-lo de forma imediata, ele acaba fechando o pedido com o concorrente, mesmo que para isso tenha que pagar um pouco a mais.

Uma outra informação levantada dizia respeito às reclamações dos clientes, que são registradas nos Relatórios de Atendimento ao Cliente. Através de um levantamento de dados tendo por base tal relatório, constatou-se que as reclamações mais frequentes devem-se a: atrasos na entrega do produto e erros do vendedor na emissão do pedido (como data de faturamento errada, preço errado, etc.). A curto prazo, o atraso na entrega, que afeta diretamente a confiabilidade da entrega, pode não representar a perda de um pedido de venda, mas a longo prazo isso pode representar a perda do cliente.

De acordo com o que foi exposto, melhorias no preço (reduzindo-se custos), na rapidez da entrega (que começa com a disponibilidade do produto em estoque) e na confiabilidade da entrega podem melhorar o atendimento das necessidades do cliente e, conseqüentemente, podem contribuir para a redução dos pedidos de venda perdidos e também de clientes perdidos.

### **1.3.2. Pontos críticos levantados**

Através do acompanhamento diário das atividades da empresa, foram identificados diversos pontos críticos que afetam direta ou indiretamente o desempenho da empresa em algum dos seguintes critérios: custo, rapidez e confiabilidade das entregas. São eles:

- falta de produto em estoque para atendimento imediato das necessidades do cliente, no caso de alguns produtos de grande demanda;
- a cada mês, alguns produtos embalados em estoque tornam-se indisponíveis para venda devido à obsolescência (vencimento da data de validade);
- diversos produtos com excesso de estoque, principalmente aqueles que, além de serem vendidos na forma “pura”, entram como o principal componente (em termos de quantidade) de vários produtos formulados;
- no momento do carregamento dos veículos transportadores (caminhões), não raro ocorre falta de produto envasado, obrigando os caminhões a esperar pelo término do envase e posterior carregamento; com isso, eles acabam saindo atrasados para as entregas do dia;
- tráfego interno de caminhões caótico devido à limitação do espaço interno, inexistência de docas de recebimento e expedição, entrada e saída dos caminhões por um único portão;
- não existe uma área destinada à separação dos pedidos; os produtos já envasados que serão carregados no dia seguinte são armazenados de forma aleatória pelo empilhador;



quando do carregamento dos caminhões, o empilhador deve, baseado em sua memória, primeiramente “achar” o produto, para então carregar os caminhões;

- não existe uma definição clara da área de envase de produtos a granel, fazendo com que a mesma se misture com a área de armazenagem de produtos envasados e produtos formulados;
- problemas de comunicação entre a empresa e o cliente, como por exemplo falta de informações sobre o local correto de entrega, horários de recebimento de produtos, se a transportadora indicada pelo cliente possui licença para transportar determinados produtos químicos, etc., acabam invariavelmente ocasionando a devolução do produto enviado; torna-se então necessário contactar o cliente e realizar nova entrega.

### 1.3.3. Escolha da área de atuação

Os pontos críticos anteriormente listados (com exceção do último) indicam que a empresa necessita melhorias nas seguintes áreas:

- gestão de estoques, de forma a reduzir produtos obsoletos e faltas/excessos de produto em estoque (que implica em reduzir custos) e, ao mesmo tempo, manter um adequado nível de atendimento ao cliente, através da disponibilidade de produto em estoque para atendimento imediato (que implica em rapidez de atendimento);
- operações, de forma a reduzir improdutividades (que implica em reduzir custos) e melhorar o fluxo interno de produtos e caminhões (que implica em rapidez operacional que, por sua vez, contribui para a confiabilidade da entrega), garantindo a agilidade necessária para atender de imediato às necessidades do cliente.

As áreas acima citadas, embora possam ser consideradas como prioritárias para atuação dadas as condições em que se encontram no presente momento, são áreas que a empresa relega a segundo plano em virtude de seu caráter fortemente comercial. A ênfase que a empresa dá é para a sua força de vendas e o cumprimento de suas metas. Desta forma, melhorias com relação à gestão de estoques e à área operacional são pouco cogitadas. No entanto, imaginando um cenário futuro onde ocorra um aumento (ou diminuição) significativo do seu volume de vendas, essas áreas terão que estar preparadas para se adequar à nova realidade e não comprometer (mais ainda) o desempenho da empresa. Assim, melhorias imediatas em ambas as áreas tornam-se necessárias.

Tem-se, então, que este trabalho terá como foco de atuação melhorias na gestão de estoques e na área operacional da empresa.



## *Capítulo 2*

---

### *Conceitos Teóricos*

## 2.1. Introdução

Este capítulo pretende apresentar, em linhas gerais, conceitos teóricos sobre o assunto “Estoques” que serviram de base para a realização de parte deste trabalho. Um aprofundamento desses conceitos, na medida do necessário, é feito no transcorrer do trabalho (como parte integrante de outros capítulos).

As principais fontes consultadas para esta etapa do trabalho foram Hax & Candea (1984), Tersine (1988) e Silver & Peterson (1985).

Estoques existem porque o fornecimento e a demanda não estão perfeitamente ajustados. As várias razões para o desequilíbrio entre a taxa de fornecimento e a taxa de demanda levam a diferentes tipos de estoque. De início, são apresentados os tipos mais comuns de estoque de acordo com a função que eles exercem.

Posteriormente, é apresentada uma classificação dos sistemas de estoque que leva em conta os elementos que estão presentes na estrutura do produto da empresa e o grau de complexidade envolvido no processo de tomada de decisões do sistema.

Em seguida, são descritas as propriedades dos sistemas de estoque, como custos, demandas e ressuprimentos. O estudo dessas propriedades constitui-se no ponto de partida para o desenvolvimento de regras que auxiliem a tomada de decisões do sistema de estoque.

Dando prosseguimento, é apresentada uma técnica importante na análise e no controle de estoque: o sistema de classificação ABC, que possibilita dar um tratamento diferenciado aos diversos itens do estoque.

Por fim, são apresentados, de forma sucinta, os modelos de reposição de estoque mais comuns encontrados na literatura, que procuram responder às duas questões básicas de um sistema de estoque: QUANTO pedir (decisão da quantidade de ressuprimento) e QUANDO pedir (decisão do momento de reposição).

## 2.2. Funções do estoque

De acordo com a função que exercem, os estoques podem ser classificados da seguinte forma:

- estoques no canal (de distribuição) ou em processo: existem em virtude das taxas finitas de produção e transporte. Entram nessa classificação os materiais que estão em uma dessas situações: em processamento ou em movimentação entre centros de trabalho

(internamente à empresa); em diferentes meios de transporte (como caminhões, navios, etc.) no canal de distribuição (externamente à empresa).

- estoques de ciclo: resultam da aquisição de materiais ou da produção em lotes. Isso ocorre devido a duas razões principais: obtenção de economias de escala (quando o custo médio de produção ou aquisição decresce com o aumento do tamanho do lote) e restrições tecnológicas do processo de fabricação.
- estoques sazonais: resultam da acumulação antecipada, em períodos de baixa demanda, visando o atendimento de futuros picos de demanda (quando há flutuações significativas na demanda). Com isso, procura-se evitar sobrecargas na produção, aumento da capacidade produtiva ou da força de trabalho.
- estoques de segurança: são utilizados para compensar incertezas relativas ao fornecimento (como, por exemplo, um atraso na entrega) e à demanda (como no caso de um aumento de demanda), de forma a evitar possíveis faltas.
- estoques de componentes intermediários: utilizados entre as diversas etapas do processo produtivo com o intuito de reduzir a necessidade de operações completamente sincronizadas. Eles “isolam” uma etapa do sistema da próxima etapa para permitir que cada uma opere mais independentemente.

### 2.3. Classificação dos sistemas de estoque

Os sistemas de estoque podem ser classificados em:

- Sistemas de estoque puro

Tais sistemas são normalmente aplicáveis a decisões de compra de matérias-primas e atividades de varejo ou atacado, onde os itens são adquiridos de fontes externas e, possivelmente, pequenas operações são executadas como corte e embalagem (ou seja, não há atividades de manufatura). As regras de decisão associadas a esses sistemas possuem base estatística e especificam para cada item o momento (Quando) e a quantidade (Quanto) de compra.

- Sistemas de produção-estoque

Esses sistemas aplicam-se a situações onde a empresa fabrica internamente o produto ao invés de adquiri-lo de uma fonte externa. Normalmente, os itens fabricados competem pelos mesmos recursos produtivos. Decisões mais complexas devem ser tomadas para alocar os

recursos limitados entre os itens que competem entre si. As metodologias específicas utilizadas variam significativamente com o tipo de processo produtivo (um processo intermitente, por exemplo, necessita de um controle que difere significativamente do controle requerido por um processo contínuo).

- Sistemas de distribuição-estoque e sistemas de produção-distribuição-estoque

Esses sistemas englobam um novo elemento - a distribuição - e decisões ainda mais complexas, como a alocação do estoque disponível entre um conjunto de pontos de estoque localizados em uma rede de distribuição possivelmente complexa. Há basicamente dois procedimentos diferentes para lidar com o problema da alocação de estoque. O primeiro é o chamado sistema de “empurrar” (*push system*), com a alocação de estoque sendo decidida de forma centralizada para todo o sistema, levando em conta as necessidades de distribuição e as disponibilidades de estoque da rede como um todo. Tal procedimento baseia-se em modelos de programação matemática. O segundo procedimento é o chamado sistema de “puxar” (*pull system*), onde cada ponto de estoque gera reposições de estoque independentemente, baseado em seus próprios níveis de estoque e necessidades de demanda. Tal procedimento baseia-se em modelos estatísticos.

Dadas as características da presente empresa (empresa distribuidora, que não executa atividades de manufatura), o sistema a ser tratado neste trabalho será o sistema de estoque puro.

## 2.4. Propriedades dos sistemas de estoque

As propriedades dos sistemas de estoque mais comuns são: demandas, que correspondem às unidades retiradas do estoque; ressuprimentos, que correspondem às unidades adicionadas ao estoque; custos, que são medidas pertinentes associadas a estoques positivos (custo de se manter estoque) e negativos (custo de falta de estoque), e associadas também ao aumento do nível dos estoques (custo de obtenção). Tem-se ainda as restrições, que são limitações impostas nas demandas, ressuprimentos e custos por decisões gerenciais ou pelas condições do ambiente físico.

Custos, demandas e ressuprimentos são descritos logo a seguir.



### 2.4.1. Custos

O objetivo global da gestão de um sistema de estoque é a minimização do custo total. Os custos que devem ser levados em conta são aqueles que variam de acordo com mudanças na política de estoque. Abaixo são apresentados os custos relevantes a um sistema de estoque (direcionados para um sistema de estoque puro, conforme especificação feita anteriormente).

- Custo de obtenção

O custo de obtenção pode ser entendido como composto por duas partes: o preço dos itens pedidos pago ao fornecedor e o custo incorrido no processo de aquisição, também chamado de custo de pedido. O custo de pedido pode ter vários componentes: administrativo (trabalhos escritos, processamento de dados, chamadas telefônicas, postagens, etc.), transporte dos itens pedidos, manuseio e inspeção de recebimento dos itens.

O preço unitário de um item pedido pode depender do tamanho do pedido nas situações em que há descontos por quantidade.

Com relação ao custo de pedido, é comum assumi-lo como fixo, independente do tamanho do pedido.

- Custos associados à existência de estoques

Os custos associados à existência de estoques podem ser divididos em duas parcelas: o custo do capital e o custo de armazenagem do item.

O custo do capital corresponde à taxa de retorno que poderia ser obtida se o capital ao invés de empatado em estoque fosse aplicado em um outro investimento. Tal custo costuma ser a parcela mais significativa dos custos associados à existência de estoques.

O custo de armazenagem do item corresponde a diversos gastos ou riscos decorrentes da permanência do item em estoque, tais como: espaço ocupado, manuseio, seguros, perdas devido à deterioração ou obsolescência, taxa pelo posse dos itens, instalações especiais.

Uma hipótese comumente assumida é a de que os custos associados à existência de estoques são proporcionais ao tamanho do investimento em estoque, podendo ser expressos como uma percentagem do custo unitário do item mantido em estoque.



- Custos associados às faltas de estoques

Tais custos são incorridos quando há demanda de um item o sistema está sem estoque (quebra de estoque). Dependendo das circunstâncias, as consequências podem ser:

- emissão de um pedido de prioridade especial;
- a demanda é satisfeita com atraso;
- a demanda não satisfeita imediatamente é perdida (o caso das vendas perdidas).

No primeiro caso, o custo de falta pode ser representado pelo custo adicional de um pedido especial em relação a um pedido efetuado em condições normais de reposição. No segundo caso, o custo de falta é menos tangível e pode ser representado por uma perda da confiança do consumidor. No terceiro caso, o custo de falta, além de considerar a perda da confiança do consumidor, deve considerar o lucro perdido com as unidades que foram requeridas, mas que não estavam disponíveis.

Uma grande dificuldade é encontrada na quantificação dos custos de falta devido aos componentes intangíveis. Uma hipótese simplificadora que pode ser adotada é a de que o custo de falta é igual ao lucro perdido ou igual ao custo de um pedido urgente.

Segundo Gonçalves & Schwember (1979), uma solução tradicional para o custo de falta é definir um nível de atendimento (valor entre 0 e 100% que corresponde ao percentual de vezes que a demanda é atendida prontamente, isto é, sem atraso ou não atendimento) a ser prestado e, portanto, um certo percentual de risco de falta a se aceitar, sem especificar o custo.

#### 2.4.2. Demandas

Demandas podem ser classificadas de acordo com seu tamanho, taxa e modelo.

Tamanho da demanda refere-se à magnitude da demanda, possuindo dimensão de quantidade. Quando o tamanho da demanda é o mesmo a cada determinado período de tempo, diz-se que ela é constante; caso contrário, ela é dita variável. Quando o tamanho da demanda é conhecido, o sistema é chamado determinístico. Quando o tamanho da demanda não é conhecido, é possível em alguns casos associá-lo a uma distribuição de probabilidade, sendo o sistema conhecido como probabilístico. As distribuições de probabilidade podem ser discretas, quando podem assumir apenas determinados valores, ou contínuas, quando podem assumir qualquer valor. Distribuições de probabilidade do tipo normal, Poisson e binomial são as mais comumente associadas ao tamanho da demanda desconhecido.

A taxa de demanda é simplesmente o tamanho da demanda por unidade de tempo.

Modelos de demanda referem-se a como as unidades são retiradas do estoque, durante um período de tempo considerado. As unidades podem ser retiradas totalmente no começo do período; totalmente no final do período; uniformemente durante o período; ou segundo outro modelo aparente como sazonalmente.

### 2.4.3. Ressuprimentos

Ressuprimentos podem ser classificados de acordo com tamanho, modelo e *lead-time*.

O tamanho do ressuprimento refere-se à quantidade ou tamanho do pedido a ser adicionado ao estoque. O tamanho pode ser constante (sendo chamado de tamanho de lote) ou variável, dependendo do tipo de sistema de estoque.

O modelo de ressuprimento refere-se a como as unidades são adicionadas ao estoque, num determinado período de tempo. Os modelos de ressuprimento mais comuns são: instantâneo (o lote inteiro é recebido em um único momento), uniforme, e em lote.

*Lead-time* de ressuprimento é o intervalo de tempo decorrido entre o momento da decisão de repor um item e o momento da adição do item ao estoque. O *lead-time* pode ser constante ou variável. No segundo caso, distribuições de probabilidade são usadas para descrição do *lead-time* variável, assim como elas são usadas na descrição da demanda variável. Os principais componentes do *lead-time* são:

- 1) tempo de preparação do pedido na empresa compradora;
- 2) tempo de transmissão do pedido ao fornecedor;
- 3) tempo de manufatura e montagem no fornecedor;
- 4) tempo de trânsito dos produtos do fornecedor à empresa compradora;
- 5) tempo de preparação (recebimento, inspeção) dos produtos na empresa compradora.

As variáveis 2, 3 e 4 são governadas por fatores externos à empresa compradora, sendo difíceis de se controlar. Em contraste, as variáveis 1 e 5 correspondem a atividades internas que são diretamente controláveis pela empresa.

### 2.5. O sistema de classificação ABC

O economista italiano Vilfredo Pareto, no final do século passado, ao estudar a distribuição de renda entre a população, constatou que havia uma lei geral de “má distribuição”, isto é, uma pequena parte da população absorvia uma grande percentagem da renda, enquanto que para a

maioria da população restava apenas uma pequena parcela da renda. Este fato passou a ser conhecido como “Lei de Pareto”.

Tal lei possui uma grande abrangência, verificando-se em muitas situações reais, como é o caso dos itens de um estoque, onde em geral uma pequena proporção dos itens totais contidos em estoque (a grosso modo 20%) irá representar uma grande proporção do valor total em estoque (a grosso modo 80%). No início dos anos 50, engenheiros norte-americanos adequaram a Lei de Pareto à administração de estoques, denominando o processo de Análise ABC.

A análise ABC tem como propósito classificar os itens de um estoque em diversos grupos de acordo com um critério pré-estabelecido, para poder dar a cada um deles um tratamento diferenciado conforme sua importância relativa (para os mais importantes, um tratamento mais sofisticado).

Geralmente, o critério utilizado para a classificação dos itens é o valor de consumo anual, obtido pela multiplicação do consumo anual do item pelo seu custo unitário, uma vez que ele está diretamente relacionado ao investimento da empresa em estoque. Outros critérios, dependendo de sua importância para a empresa, podem ser utilizados como, por exemplo, consequência da falta de estoque, incerteza no fornecimento, alta obsolescência ou risco de deterioração.

Os itens são então classificados em ordem decrescente do valor de consumo anual (dado que este é o critério) e divididos, em geral, em 3 classes: A (os mais importantes), B (os de média importância) e C (os menos importantes). Vale observar que o número de classes poderá ser maior dependendo de fatores intrínsecos à empresa como o grau de diferenciação que ela pretende dar a seus itens de estoque.

Os pontos de “quebra” entre as classes (os limites de cada classe) geralmente são arbitrários, não existindo um padrão para a sua determinação. A grosso modo, pode-se afirmar que a classe A possuirá uma pequena parcela dos itens em estoque (até 20%), a classe C terá, pelo menos, metade dos itens e o restante dos itens pertencerá à classe B.

Estabelecidas as classes A, B e C, um tratamento diferenciado deve ser dado aos itens pertencentes a cada uma dessas classes. De modo geral, os itens classe A, representando a maior parte do investimento em estoque, devem merecer uma maior atenção, como a utilização de modelos mais complexos para reposição de estoque, o uso de matemáticas avançadas para estimativas de previsões e acompanhamentos rigorosos junto a fornecedores. Aos itens C, que são os mais numerosos e representam uma pequena parcela do investimento em estoque, deve-se dar o mínimo tratamento possível, mediante o uso de controles simplificados e modelos simples de reposição. Para os itens B, deve-se dar um tratamento de grau intermediário.



Para melhor ilustrar o tratamento diferenciado entre as classes, a tabela seguinte mostra como poderiam ser algumas características do sistema de estoque para cada uma das classes.

Tabela 2.1. Comparação entre as classes A, B e C quanto a diversas características do sistema de estoque (Transcrito de Tersine (1988))

Classe	Grau de controle	Tipo de registros	Tamanho de lote	Frequência de revisão	Tamanho dos estoques de segurança
A	Rígido	Acurado e completo	Pequeno	Contínua	Pequeno
B	Moderado	Bom	Médio	Ocasional	Médio
C	Mínimo	Simples	Grande	Rara	Grande

## 2.6. Modelos de Reposição de Estoque

Os modelos de reposição de estoque podem ser classificados segundo diversos “elementos” como uso de previsão, frequência de revisão, variabilidade e incerteza da demanda, *lead-time* de ressurgimento, horizonte de planejamento, entre outros.

As diferentes classificações que um modelo de estoque pode ter acabam resultando em um grande número de modelos existentes, que são diferentes entre si por, pelo menos, uma classificação.

O intuito aqui é o de apresentar, de uma forma geral, os modelos mais comumente encontrados na literatura. Para tanto, dois “elementos” são mais relevantes: o uso de previsões na tomada de decisões de estoque e a frequência de revisão da tomada de decisões.

De acordo com o uso de previsão, os modelos de estoque podem ser classificados em reativos (não utilizam diretamente previsão de demanda para tomada de decisão) ou previsivos (utilizam diretamente previsão de demanda). Com relação à frequência de revisão, os modelos de estoque podem ser classificados em contínuos ou periódicos.

Considerando-se conjuntamente os dois “elementos” citados, pode-se agrupar os modelos de estoque em 3 categorias principais:

- Modelos de revisão contínua (reativos);
- Modelos de revisão periódica (reativos);
- Modelos previsivos.

A seguir, são apresentadas cada uma dessas categorias.

### 2.6.1. Modelos de revisão contínua

Os modelos de revisão contínua são aqueles que tomam decisões continuamente no tempo, baseados na comparação do nível de estoque atual com um nível pré-estabelecido, conhecido normalmente como ponto de pedido. Para que isso seja possível, é necessário que a informação sobre o nível de estoque esteja instantaneamente disponível após cada transação de estoque.

Os modelos de revisão contínua mais comuns estão descritos logo abaixo, lembrando que eles costumam ser identificados por um código mnemônico que diz quais parâmetros devem ser determinados no modelo.

- Modelo  $(s, Q)$  - Ponto de pedido, Lote econômico

O ponto de pedido  $s$  é definido como a quantidade de estoque suficiente para atender à demanda durante o *lead-time* de ressuprimento. O lote econômico  $Q$  é a quantidade calculada de forma a minimizar a somatória dos custos envolvidos com a estocagem, pedido e falta do item. O modelo funciona da seguinte forma: quando o nível de estoque atingir o ponto de pedido  $s$ , ou ficar abaixo dele, emite-se uma ordem de reposição com uma quantidade igual ao lote econômico  $Q$ . A figura 2.1 ilustra esse modelo.

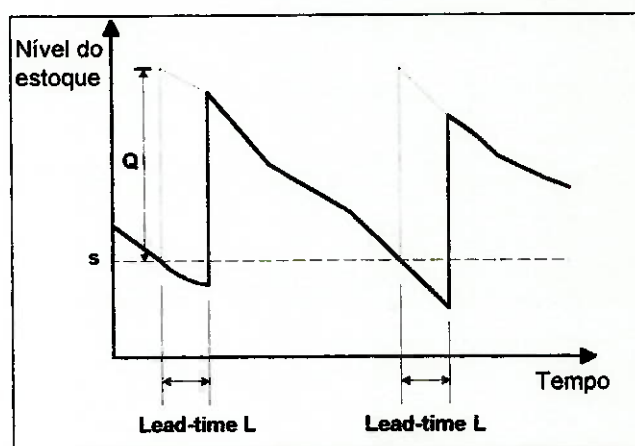


Figura 2.1. Modelo  $(s, Q)$  (adaptado de Hax & Candea (1984))

- Modelo  $(s, S)$  - Ponto de pedido, Nível de referência superior

Este modelo é uma variação simples do anterior, com a diferença na quantidade de pedido que, neste caso, é variável. O modelo funciona assim: quando o nível de estoque estiver igual ou abaixo do ponto de pedido  $s$ , coloca-se um pedido cuja quantidade seja suficiente para elevar o nível de estoque a um patamar pré-estabelecido, o nível de referência superior  $S$ .

O modelo  $(s, S)$  surgiu para compensar uma aparente falha do modelo  $(s, Q)$ , no caso de haver uma demanda concentrada (retirada do estoque de grande quantidade de uma só vez): é



possível que seja uma demanda concentrada que “quebre” o ponto de pedido. Nesta situação, é possível que o lote econômico  $Q$  não consiga elevar o nível de estoque acima do patamar do ponto de pedido  $s$ . Com isso, o nível de estoque não atingiria novamente o ponto de pedido e mais nenhum pedido seria colocado (de acordo com as regras do modelo  $(s, Q)$ ). A figura seguinte ilustra o modelo  $(s, S)$ .

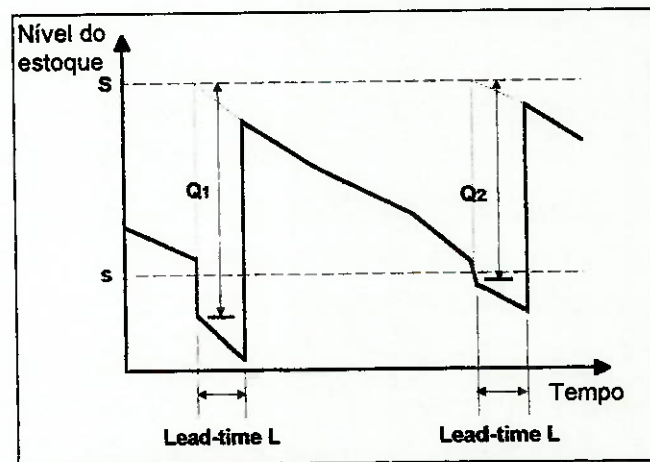


Figura 2.2. Modelo  $(s, S)$  (adaptado de Hax & Candea (1984))

### 2.6.2. Modelos de reposição periódica

Os modelos de reposição periódica são aqueles que tomam decisões em intervalos de tempo regulares e fixos (períodos de revisão). Os níveis de estoque são verificados no final de cada período de revisão ao invés de continuamente como no caso dos modelos de reposição contínua.

Os modelos de reposição periódica mais comuns são descritos abaixo.

- Modelo  $(nQ, s, R)$  - Múltiplo do lote econômico, Nível de referência inferior, Período de revisão

Pode-se dizer, a grosso modo, que este modelo é uma adaptação do modelo  $(s, Q)$  para revisão periódica. Ele funciona da seguinte forma: o nível de estoque é revisado a cada período de revisão  $R$ ; caso o nível de estoque esteja igual ou menor a  $s$ , um pedido de quantidade  $nQ$  é colocado, com  $n$  sendo o menor inteiro capaz de elevar o nível de estoque acima de  $s$ .

Este modelo procura lidar com o efeito da demanda concentrada discutido anteriormente, através da colocação de pedidos em quantidades múltiplas do lote econômico.

- Modelo (S, R) - Nível de referência superior, Período de revisão

Em termos de aplicação prática, o modelo (S, R) constitui-se no modelo de revisão periódica mais usado. Seu funcionamento é simples, conforme pode ser observado na figura 2.3: a cada período de revisão  $R$ , coloca-se um pedido cuja quantidade seja suficiente para elevar o nível de estoque a um patamar pré-estabelecido, o nível de referência superior  $S$ .

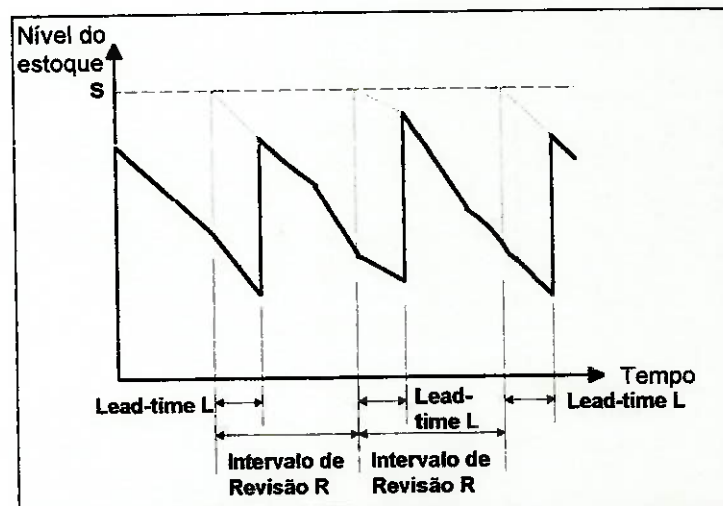


Figura 2.3. Modelo (S, R) (adaptado de Hax & Candea (1984))

- Modelo (s, S, R) - Nível de referência inferior, Nível de referência superior, Período de revisão

Este modelo pode ser visto como uma combinação dos modelos (s, S) e (S, R). A idéia é a seguinte: a cada período de revisão  $R$ , compara-se o nível de estoque com o nível de referência inferior  $s$ ; caso o nível de estoque esteja igual ou abaixo de  $s$ , pede-se uma quantidade que seja suficiente para atingir o nível de referência superior  $S$ ; caso contrário (nível de estoque maior que  $s$ ), nenhum pedido é feito. A figura 2.4 ilustra esse modelo.

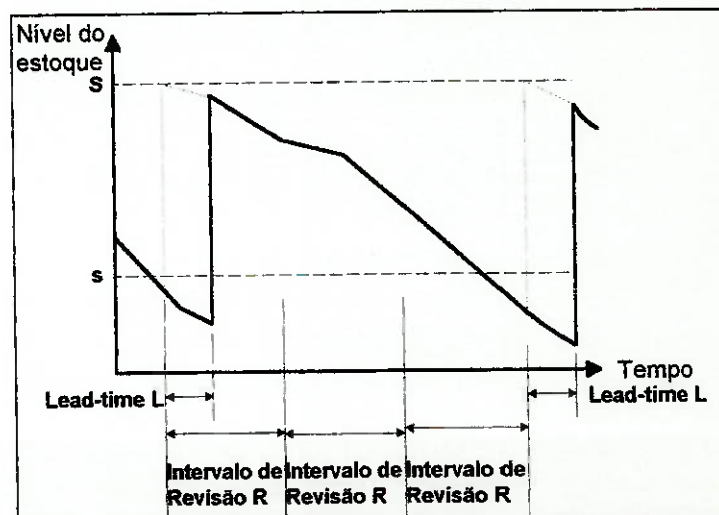


Figura 2.4. Modelo (s, S, R) (adaptado de Hax & Candea (1984))

### 2.6.3. Modelos previsivos

Conforme dito anteriormente, modelos previsivos são aqueles que utilizam diretamente previsão de demanda para a tomada de decisões de estoque. Uma característica marcante dessa categoria de modelos, em relação aos anteriores, é a introdução da variável tempo. Nestes modelos, estabelece-se uma relação entre o momento de solicitação do pedido e o momento da utilização (correspondente ao *lead-time*).

Dentre os modelos previsivos, um dos mais conhecidos é o modelo de cálculo de necessidades, conhecido na literatura como MRP (*Material Requirements Planning*). O cálculo de necessidades tem grande aplicação para itens componentes que apresentam demanda dependente, ou seja, itens cuja demanda depende da demanda de algum outro item. Isso é comumente encontrado em ambientes de manufatura. Através do cálculo de necessidades, as compras e produção de itens componentes são planejadas para que ocorram apenas nos momentos e quantidades necessárias, com um mínimo de formação de estoques.

No caso do presente trabalho, está-se lidando com sistemas de estoque puro, onde os itens apresentam demanda independente (sua demanda não depende da demanda de nenhum outro item) devendo, portanto, ser tratados por modelos de estoque para itens de demanda independente.

Orlicky (1975) apresenta para os itens de demanda independente um modelo previsivo denominado “ponto de pedido defasado no tempo” (*time-phased order point*), que é baseado no cálculo de necessidades. A lógica é a mesma, com exceção da maneira com que a demanda do item é obtida: as necessidades de itens de demanda independente devem ser previstas, já que não podem ser calculadas como no caso das necessidades de itens de demanda dependente.

A lógica de funcionamento é a seguinte: as necessidades dos itens são obtidas, para cada período dentro de um horizonte de planejamento determinado, através de previsão de demanda. Com os dados de necessidades brutas, recebimentos programados (de pedidos já colocados) e estoque disponível inicial, projeta-se o estoque disponível para cada período através da relação:  $(\text{estoque projetado disponível no final do período } t) = (\text{estoque no período } t-1) + (\text{recebimentos programados no período } t) - (\text{demanda prevista no período } t)$ . A necessidade de se planejar uma ordem é indicada pelo período onde o estoque projetado atinge um determinado valor (que pode se zero, no caso de não haver estoque de segurança). O período no qual se coloca o pedido de reposição é determinado contando-se “para trás”, a partir do período desejado de recebimento do pedido, o número de períodos correspondente ao *lead-time* de ressurgimento.

Uma vez determinada a necessidade de se colocar um pedido, deve-se determinar a quantidade de pedido, que pode corresponder às necessidades de um ou mais períodos. Essa quantidade pode ser obtida através da aplicação de regras de decisão de tamanho de lote, como: lote a lote, quantidade econômica de pedido, quantidade periódica de pedido, custo mínimo total, custo mínimo unitário, algoritmo de Wagner-Whitin, entre outras.

## ***Capítulo 3***

---

# ***Direcionamento do Trabalho***



### **3.1. Gestão de estoques na empresa**

#### **3.1.1. Descrição da situação atual**

##### **3.1.1.1. A empresa e os seus estoques**

A empresa, atuando como intermediária no fornecimento de produtos químicos a diversos segmentos industriais, pode ter seu tipo de produção classificado como “estoque puro”. Ela não executa atividades que envolvem transformação física dos seus produtos, com exceção da linha de produtos formulados onde diversas matérias-primas misturadas em determinadas composições geram um novo produto com características próprias.

As atividades da empresa envolvem basicamente: a compra de matérias-primas químicas a granel, a armazenagem, a venda, o envase na embalagem especificada e o transporte até o cliente.

Os principais estoques que a empresa mantém são os de embalagens de comercialização e os de matérias-primas químicas. Com relação às matérias-primas químicas, conforme visto no primeiro capítulo, elas podem vir já embaladas para pronta comercialização ou podem vir em carros-tanque. Neste último caso, elas ficam armazenadas em tanques e somente quando o pedido de venda é fechado, são envasadas em embalagem de comercialização. Como a maioria dos pedidos (aproximadamente 80%) é para entrega no dia seguinte, o estoque de produtos envasados acaba sendo pequeno quando comparado ao estoque de embalagens e matérias-primas.

Dentre os estoques de matérias-primas e de embalagens, aquele que é mais crítico, merecendo maior atenção para controle é o de matérias-primas. A maior parte das matérias-primas pode ser comercializada em mais de um tipo de embalagem. Caso haja falta de determinada embalagem, é possível comercializar a matéria-prima em uma outra embalagem. Mas se houver falta da matéria-prima, não é possível a comercialização.

Assim sendo, o enfoque do trabalho será dado ao estoque de matérias-primas químicas.

##### **3.1.1.2. Diretrizes de estoque para as matérias-primas**

Procurando atender aos pedidos de seus clientes o mais rápido possível (para entrega imediata), mas ao mesmo tempo tentando minimizar o investimento em estoques, a empresa tem algumas diretrizes para o estoque de suas matérias-primas:

- para as matérias-primas de grande demanda assim como para as matérias-primas que entram como componentes nos produtos formulados, a empresa mantém estoques de segurança para garantir a imediata disponibilidade das matérias-primas em caso de atrasos no fornecimento ou aumento inesperado da demanda;
- para as matérias-primas de pouca demanda e cujos prazos de validade são mais curtos, a empresa procura não mantê-los em estoque: sempre que possível deve-se comprá-las para “vendas casadas”, ou seja, na exata quantidade dos pedidos de venda. Com isso, a empresa tenta impedir que uma eventual diferença entre a quantidade de compra e a quantidade de venda, devido a existência de uma quantidade mínima de compra, fique em estoque e torne-se obsoleta em um prazo curto.

### 3.1.1.3. O processo de compra e o controle de estoque

As matérias-primas químicas adquiridas pela empresa podem vir de 2 tipos de fornecedores. O primeiro é o chamado “fornecedor distribuído”, com o qual a empresa mantém contrato de distribuição (um compromisso comercial de médio a longo prazo); o segundo é o chamado “fornecedor diverso”, com o qual não se mantém qualquer tipo de compromisso.

A compra de matérias-primas químicas de cada tipo de fornecedor requer procedimentos diferentes e será apresentada logo a seguir.

- Compra de matérias-primas de fornecedor distribuído

De acordo como contrato de distribuição, a empresa se compromete a comprar certo volume, mensalmente, por determinado preço acertado pela quantidade total, ao invés de negociar preços para quantidades compradas semanalmente. A empresa deve passar, ao final de cada mês, uma programação de compras referente ao mês seguinte para o fornecedor. Trata-se de uma planilha onde são agrupadas diversas matérias-primas do mesmo fornecedor e para cada uma delas são especificadas as quantidades totais mensais a serem compradas.

Essas quantidades totais mensais são então divididas em diversas parcelas para recebimento ao longo do mês. Uma vez determinados os dias apropriados para recebimento de cada parcela tem-se uma planilha que especifica qual matéria-prima, em que quantidade e em que dia deve ser recebida.

A figura 3.1 mostra o fluxo de informações simplificado do processo de compra de matérias-primas de um fornecedor distribuído.

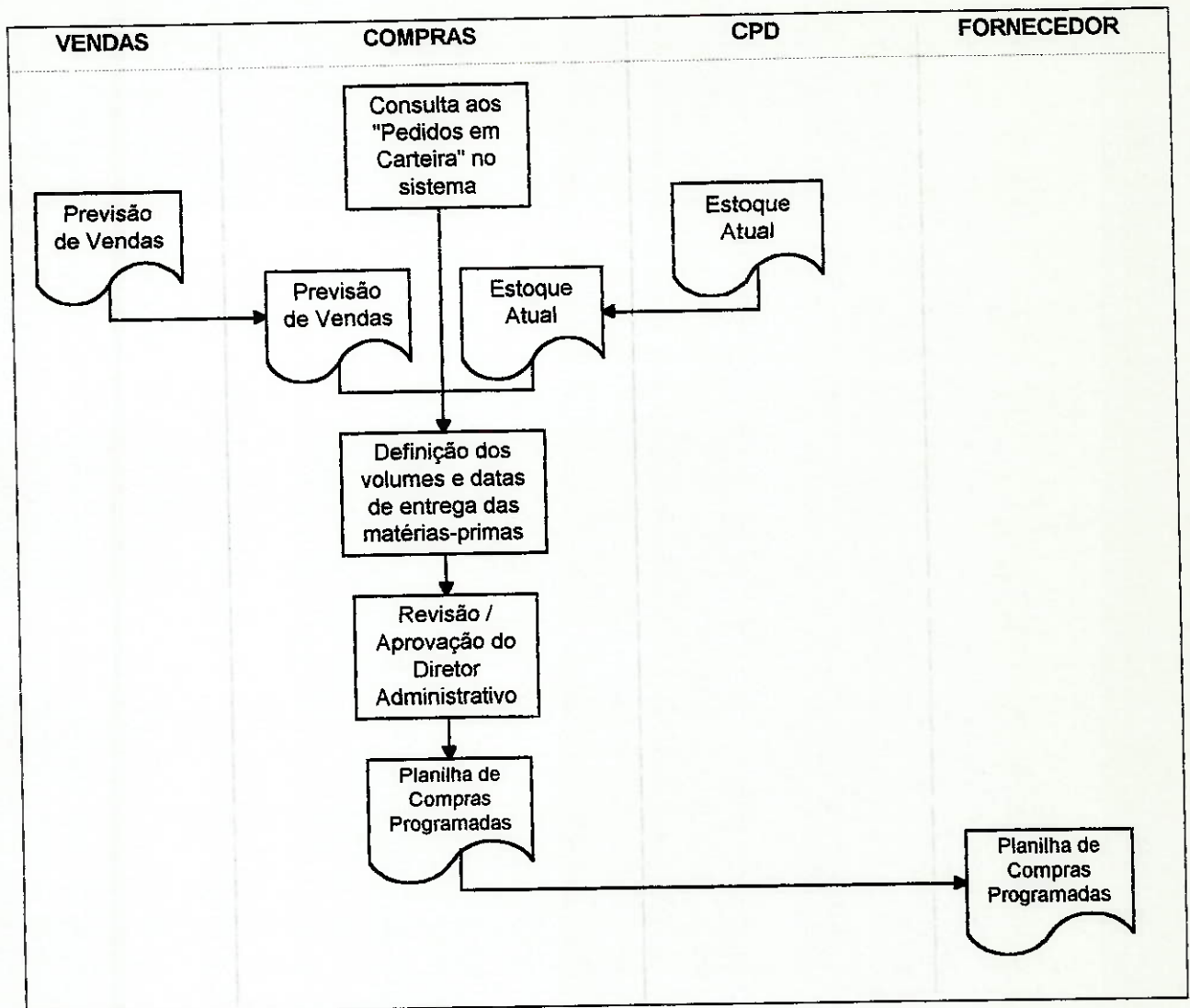


Figura 3.1. Fluxo de informações do processo de compra de matérias-primas de um fornecedor distribuído (elaborado pelo autor)

Até o dia 20 de cada mês, o setor de Vendas envia uma previsão de vendas por matéria-prima, dividida semanalmente, para o setor de Compras. Este também recebe uma listagem do estoque atual das matérias-primas, entregue pelo CPD (Centro de Processamento de Dados). Consultando esses documentos mais os pedidos em carteira para o mês seguinte via sistema, o comprador define os volumes e as datas de entrega das matérias-primas a serem compradas. Em seguida, passa para a aprovação do diretor administrativo. Estando aprovado, envia um fax da Planilha de Compras Programadas para o fornecedor.

Feita a programação de compras, diariamente o comprador faz um acompanhamento e controle do estoque, conforme pode ser visto na figura 3.2.

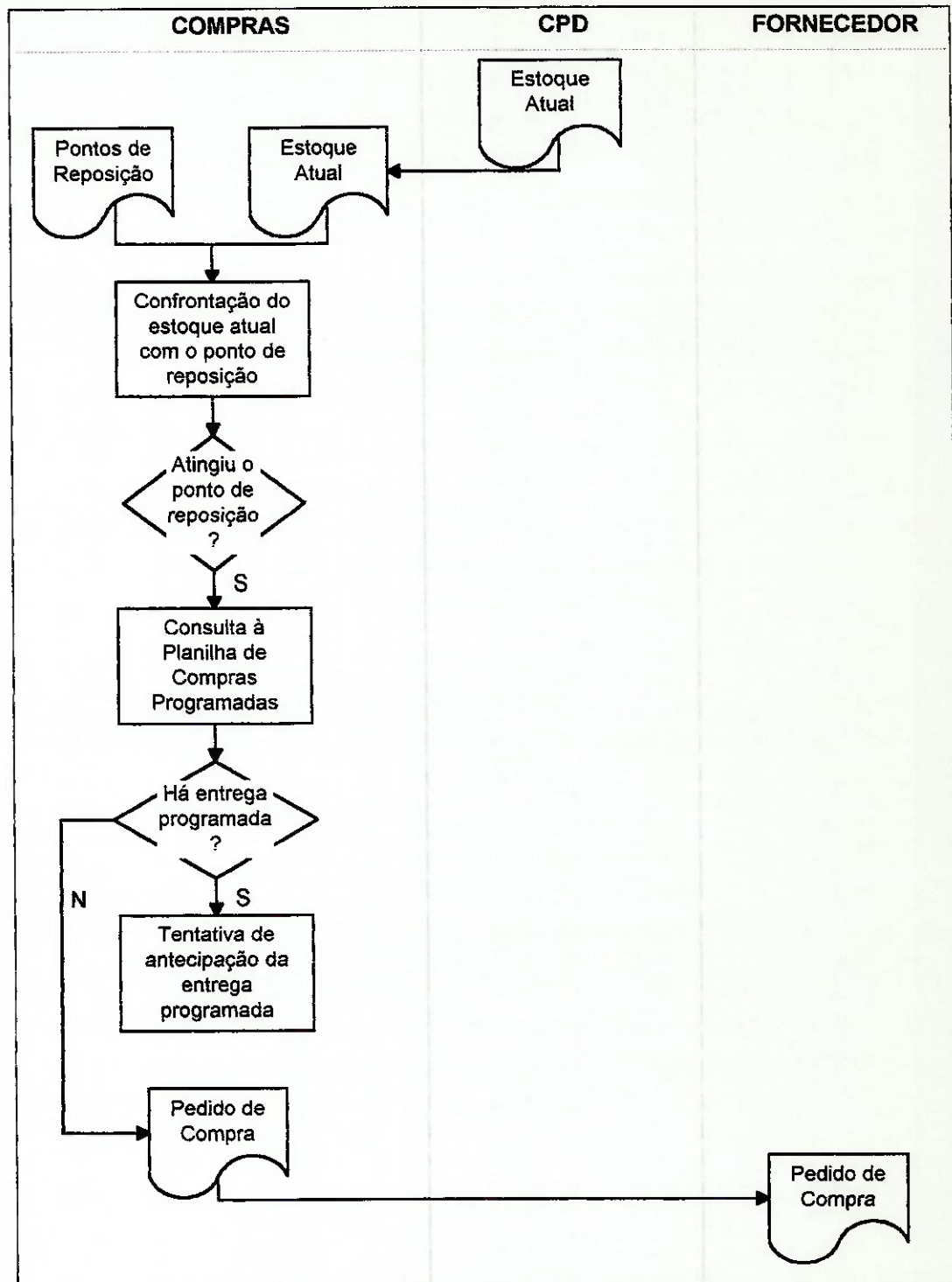


Figura 3.2. Fluxo de informações do controle de estoque de matérias-primas de um fornecedor distribuído (elaborado pelo autor)

De posse de uma listagem do estoque atual de cada matéria-prima, fornecida pelo CPD, e de posse de uma tabela com os pontos de reposição para cada matéria-prima, o comprador verifica se se atingiu o ponto de reposição de alguma matéria-prima. Em caso positivo, ele consulta a Planilha de Compras Programadas e se existir uma entrega programada para os



próximos dias, tenta junto ao fornecedor providenciar uma antecipação dessa entrega; se não existir uma entrega programada, então o comprador emite um pedido de compra, via fax, para o fornecedor. O intuito é assegurar a disponibilidade da matéria-prima e, assim, evitar faltas no estoque.

- Compra de matérias-primas de fornecedor diverso

A figura seguinte mostra um fluxo de informações simplificado do processo de compra de matérias-primas de um fornecedor diverso.

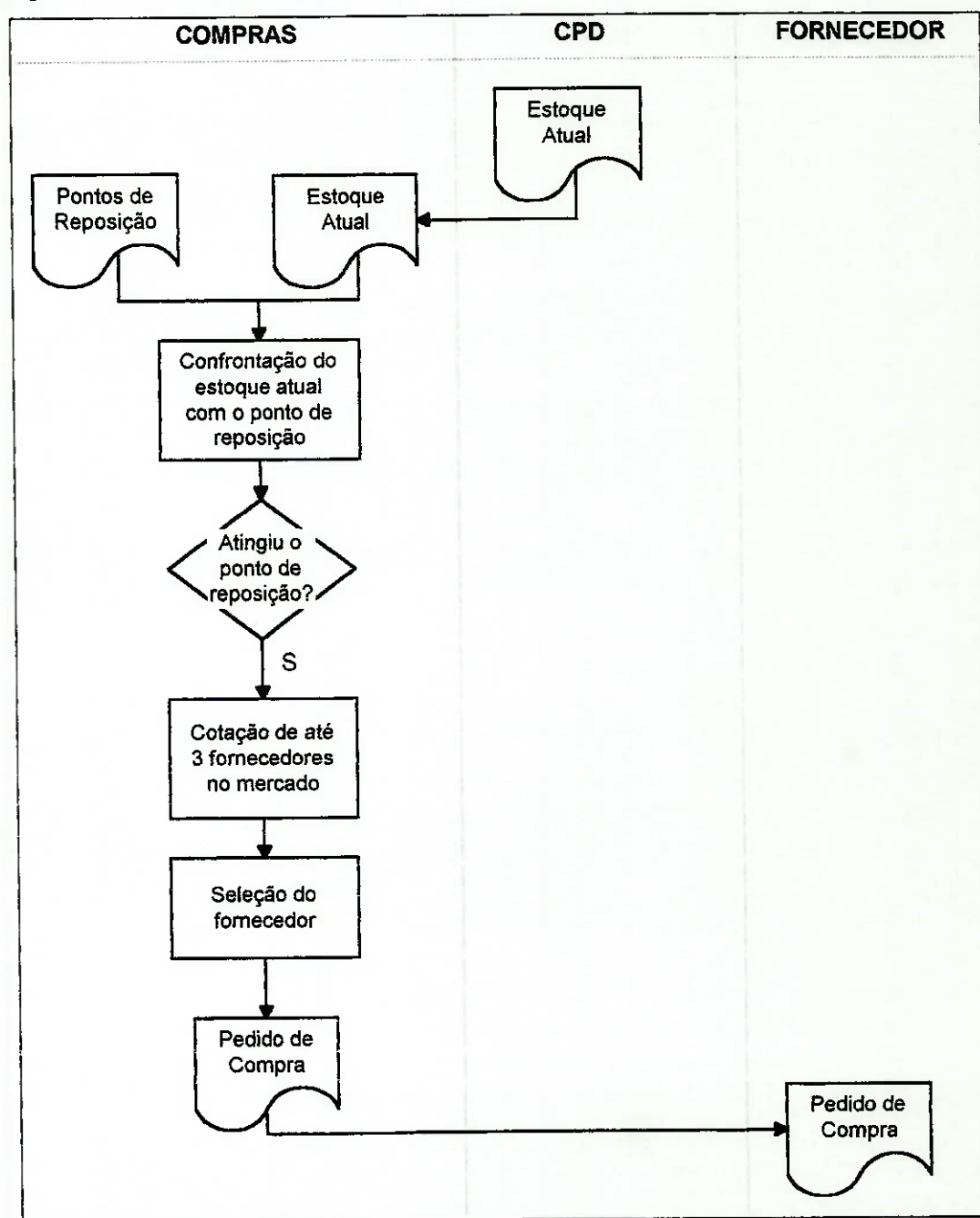


Figura 3.3. Fluxo de informações do processo de compra de matérias-primas de um fornecedor diverso  
(elaborado pelo autor)

Diariamente, o setor de Compras recebe do CPD uma listagem do estoque atual de cada matéria-prima e confronta com uma tabela com os pontos de reposição das matérias-primas. Caso o ponto de reposição de alguma matéria-prima tenha sido atingido, o comprador faz uma cotação de até 3 fornecedores no mercado. Define o melhor preço, condições de pagamento e seleciona o melhor fornecedor. O comprador então envia um pedido de compra, via fax, para o fornecedor escolhido.

### **3.1.2. Análise da situação atual**

#### **3.1.2.1. A curva ABC das matérias-primas químicas**

O levantamento da curva ABC permite que se distingua, dentre um universo de itens, aqueles poucos itens que representam muito (segundo determinado critério) e aqueles muitos itens que pouco representam, com o intuito de se dar um tratamento diferenciado para cada grupo de itens (quanto maior a importância do item, melhor tratamento deverá ser dado a ele).

No presente caso, o universo de itens corresponde às matérias-primas químicas, sejam elas fornecidas a granel ou diretamente em embalagem de comercialização. Dentre os possíveis critérios que poderiam ser adotados para a classificação ABC foi escolhido o valor de consumo anual, resultante da multiplicação do consumo anual do item pelo seu custo unitário, por ele retratar a importância monetária de cada item (o quanto a empresa investe financeiramente em cada item).

Para cada matéria-prima química foram levantados o consumo total durante o período de um ano (período considerado adequado por evitar distorções causadas por mudanças sazonais) e o custo unitário médio nesse mesmo período. Com tais dados, foi construída a curva ABC conforme pode ser visto na figura a seguir.

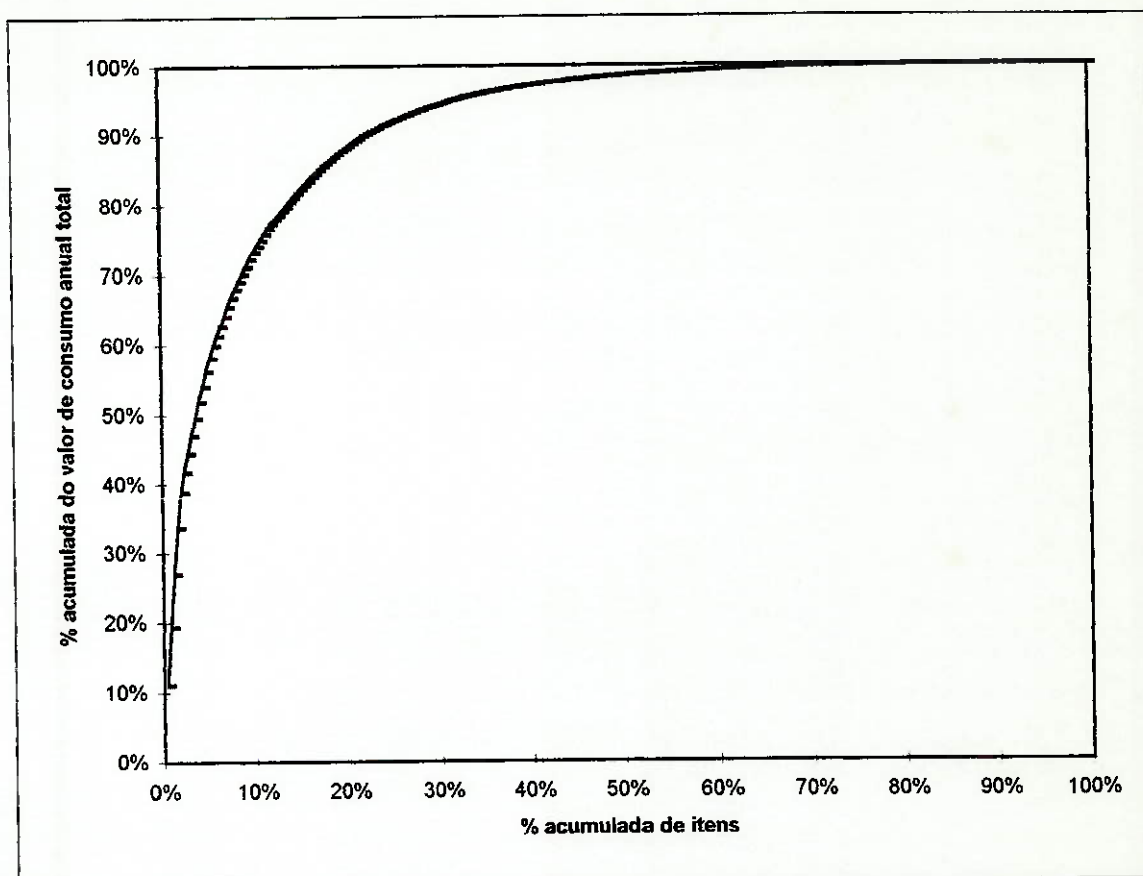


Figura 3.4. Curva ABC das matérias-primas químicas (elaborado pelo autor)

A determinação dos limites de cada classe de itens é arbitrária. No entanto, procurou-se utilizar uma proposta de divisão, sugerida por Hax & Candea (1984), apresentada a seguir.

Tabela 3.1. Proposta de divisão das classes A, B e C (extraído de Hax & Candea (1984))

<i>Classe</i>	<i>% de itens</i>	<i>% do valor de consumo anual total</i>
A	5 - 15	50 - 60
B	20 - 30	25 - 40
C	55 - 75	5 - 15

Tendo por base a tabela acima, obteve-se as divisões mostradas na tabela abaixo:

Tabela 3.2. Divisão das classes A, B e C (elaborado pelo autor)

<i>Classe</i>	<i>% de itens</i>	<i>% do valor de consumo anual total</i>
A	5,0	56,2
B	26,3	38,7
C	68,7	5,1

Conforme a tabela apresentada, a classe A, representando cerca de 5% do total de itens, responde por mais de 50% do valor de consumo anual total. Os itens que a compõem (no total são 12 matérias-primas) apresentam as seguintes características:

- são matérias-primas com grande consumo anual (acima de 250 ton/ano), mas com baixo custo unitário (da ordem de R\$ 1,00/Kg);
- são matérias-primas vindas de fornecedores distribuídos;
- o fornecimento é a granel e o armazenamento, predominantemente, é feito nos tanques (alguns deles ficam armazenados em tambores);
- para todos eles são mantidos estoques de segurança.

Quanto à classe B, nela se encontram matérias-primas com consumo anual acima de 10 ton/ano e também com baixo custo unitário. Podem vir tanto de fornecedores distribuídos (a maioria) quanto de fornecedores diversos. Uma parte delas é fornecida a granel, ficando armazenadas em tanques e possuindo estoque de segurança. A outra parte é fornecida diretamente em embalagem de comercialização, sendo armazenada em algum dos depósitos da empresa, e não possuindo estoque de segurança.

Finalmente, na classe C estão a maioria dos itens (quase 70%) com pequeno consumo anual (representando apenas 5% do valor de consumo anual total) e que são fornecidos diretamente em embalagem de comercialização, são armazenados em um dos depósitos e não possuem estoque de segurança. Para aqueles itens com prazo de validade mais curto, procura-se comprá-los para “vendas casadas”, ou seja, na exata quantidade dos pedidos de venda, para que desta forma não fiquem em estoque e não corram o risco de se tornar obsoletos.

Na situação atual em que se encontra, a empresa, para administrar os estoques de suas matérias-primas químicas, não se utiliza formalmente da classificação ABC como intuito de dispender tratamento diferenciados a cada classe de itens. O que acontece, na prática, é que itens de classes diferentes (principalmente itens das classes A e B) e, portanto, de importâncias monetárias diferentes acabam recebendo a mesma atenção por parte da empresa (como políticas de reposição de estoque semelhantes, estoques de segurança semelhantes).

### **3.1.2.2. A atual reposição de estoque das matérias-primas químicas**

Atualmente, a política de reposição de estoque das matérias-primas químicas difere em virtude do fornecimento ser feito por um “fornecedor distribuído” ou por um “fornecedor diverso”. Basicamente, para um fornecedor distribuído é feita, ao final de cada mês, uma



programação de compras para o mês seguinte, levando em conta a previsão de vendas para tal mês, os pedidos em carteira e o nível de estoque no momento da programação. Além disso, é feito um acompanhamento diário do nível de estoque e, caso se atinja o ponto de reposição especificado, procura-se antecipar um pedido programado ou então fazer um pedido extra. Para um fornecedor diverso, um pedido de compra é emitido sempre que o nível de estoque atual atinge o ponto de reposição especificado.

Enquanto que no primeiro caso (fornecedor distribuído) utiliza-se, entre outros dados, da previsão de vendas para a tomada de decisão de ressuprimento de estoque, no segundo caso (fornecedor diverso) a tomada de decisão de ressuprimento é feita tendo por base a comparação entre o nível de estoque atual e o ponto de reposição pré-determinado, constituindo-se, segundo a literatura, em um modelo reativo de reposição de estoque (tipo o modelo (s, Q)).

Em relação a essa política de reposição de estoque das matérias-primas de fornecedores diversos, não foram encontradas evidências que indicassem a inadequação da mesma. A única ressalva é quanto aos valores vigentes dos estoques de segurança e, conseqüentemente, quanto ao parâmetro ponto de reposição. Os valores dos estoques de segurança foram obtidos com base no “histórico de vendas passadas”, contudo tais valores não são revistos há mais de 1 ano, de forma que eles possam estar mal dimensionados para o momento presente.

Já no caso da política de reposição de estoque das matérias-primas de fornecedores distribuídos, onde programações mensais de compra (com produtos, quantidades e datas de recebimento especificados) são enviadas para cada fornecedor distribuído, foram observados os seguintes fatos:

- a previsão de vendas é feita considerando-se a média histórica das vendas sem um tratamento estatístico mais apropriado, aumentando a possibilidade de ocorrerem erros maiores de previsão. Como a quantidade de compra (e o conseqüente nível de estoque) depende da previsão de vendas, erros significativos podem ocasionar: ou a falta de matéria-prima em estoque para atendimento imediato, obrigando a empresa a fazer pedidos extras urgentes, o que é possível ocasionalmente (contanto que a matéria-prima esteja disponível no estoque do fornecedor); ou então excesso de estoque que a empresa terá de carregar, pois raramente é possível o cancelamento de um pedido programado de compra;
- a determinação dos estoques de segurança foi feita com base no “histórico de vendas passadas”, sem revisões periódicas (por exemplo, a cada ano), podendo estar mal dimensionados para os dias atuais;

- o ponto de reposição, na verdade, é variável, pois engloba, além do estoque mínimo e do estoque de segurança, os pedidos em carteira num horizonte de 10 dias úteis a partir da data presente. Seria, mais ou menos, que “reservar” estoque para os pedidos em carteira, considerados prioritários pela empresa. Acontece que pedidos em carteira podem vir a ser cancelados e, com isso, a empresa terá que arcar com esse estoque “reservado”;
- apesar de ser feito um acompanhamento diário dos níveis de estoque e, caso se atinja o ponto de reposição especificado, deve-se tentar a antecipação de um pedido programado ou então emitir um pedido extra, na prática isto não se verifica: somente em casos urgentes (quando há iminência de falta de produto em estoque para atendimento imediato) é que se tenta antecipar um pedido programado ou emitir um pedido extra. O fornecedor, de posse da Planilha de Compras Programadas enviada pela empresa em questão especificando as datas de recebimentos parcelados (pedidos programados), costuma atender às datas especificadas, raramente atrasando as entregas. No entanto, mudanças constantes na programação enviada (como antecipação de pedidos programados) não costumam ser aceitas. Como as datas de recebimentos parcelados são determinadas de forma pouco rigorosa, observando previsões de venda por semana que não se utilizam de técnicas estatísticas apropriadas, é comum essas datas não se aproximarem dos momentos da real necessidade de uso da matéria-prima, de forma que a empresa tenha que se utilizar de estoques de segurança para atender as vendas imediatas enquanto aguarda o recebimento do pedido programado (impossibilidade de antecipações de pedidos programados sempre que necessário), ou então tenha que manter estoques desnecessários (impossibilidade de cancelamentos ou postergamentos de pedidos programados).

Da forma atual com que é feita a reposição de estoque das matérias-primas vindas de um fornecedor distribuído, existem alguns aspectos que levam a empresa a trabalhar com estoques desbalanceados, resultando em eventuais faltas ou excesso de estoque. Assim, é necessário que se realize um estudo para se chegar à definição de uma política de reposição de estoque que procure minimizar faltas e excesso de estoque e, com isso, minimizar os custos totais associados aos estoques.

### **3.2. A área operacional da empresa**

#### **3.2.1. Situação atual**

No capítulo 1, foram listados alguns pontos críticos (sintomas) que revelaram a existência de problemas na área operacional, os quais comprometem o desempenho da empresa no atendimento das necessidades de seus clientes (principalmente quanto à rapidez e confiabilidade das entregas). O intuito aqui é compreender melhor tais problemas a partir do conhecimento de como determinadas atividades da área operacional se desenvolvem no dia-a-dia.

##### **3.2.1.1. Falta de produto envasado na hora do carregamento**

De início, é necessário ressaltar que 80% dos pedidos dos clientes é para entrega imediata e que a operação de envase costuma ser realizada no dia anterior ao da entrega (que corresponde, na verdade, ao dia do fechamento do pedido), uma vez que a empresa procura não manter estoque de produtos envasados sem a venda ter sido efetuada. Assim que os pedidos de venda são fechados e, em se tratando de produtos não embalados, ordens de envase são emitidas ao setor de Operações especificando a matéria-prima, a quantidade em Kg, o tanque em que está armazenada e a embalagem de comercialização. As ordens de envase são então distribuídas entre os operadores de envase e executadas. Até aproximadamente 17:15 h, os pedidos de venda para o dia seguinte são fechados. Só que o expediente para os operadores de envase termina às 17:00 h e, desta forma, ordens de envase que são emitidas para Operações após um determinado horário, por exemplo 16:30 h (depende da quantidade a ser envasada), ficam pendentes para serem realizadas na manhã do dia seguinte.

No dia seguinte, a partir das 6:00 h, as ordens pendentes começam a ser executadas pelos operadores de envase. Às 7:00 h, os caminhões começam a entrar na empresa para o carregamento dos produtos. O que é comum ocorrer, quando há ordens pendentes sendo realizadas no começo do dia da entrega, é o caminhão entrar na empresa para o carregamento e ter que esperar o término de alguma ordem de envase para completar o seu carregamento do dia. Com isso, acaba perdendo um tempo significativo (teve ocasiões em que o caminhão saiu depois das 11:00 h, tendo entrado às 7:00 h; ficou, portanto, mais de 4 h para ser carregado), parado dentro da empresa, comprometendo o cumprimento total das entregas dos pedidos do dia.



O atraso no carregamento dos caminhões tem uma outra implicação: o atraso na entrada dos carros-tanque para o descarregamento dos produtos a granel. Como há uma prioridade para o carregamento dos caminhões, além do fato de haver restrições do espaço interno da empresa, foi estabelecido que os carros-tanque devem entrar na empresa a partir das 9:00 h. Entretanto, enquanto houver vários caminhões esperando o término do carregamento após esse horário, os carros-tanque devem aguardar fora da empresa.

A situação ideal seria aquela em que os caminhões chegassem logo cedo para o carregamento e ficariam na empresa somente o tempo necessário para se carregar os pedidos do dia. Para isso, todos os pedidos deveriam estar prontos, ou seja, todos os produtos deveriam estar na embalagem de comercialização, assim que os caminhões comesçassem a entrar. Assim sendo, eles sairiam cedo da empresa, dispondo de um tempo maior para a realização de todas as entregas e “liberariam” a entrada dos carros-tanque para o descarregamento.

### 3.2.1.2. Fluxo interno de caminhões e produtos caótico

Quando os caminhões entram na empresa a partir das 7:00 h, eles passam por uma balança rodoviária para pesagem inicial e se posicionam na área livre disponível para o carregamento, conforme mostra a figura seguinte. Não existem na empresa docas de recebimento e expedição.

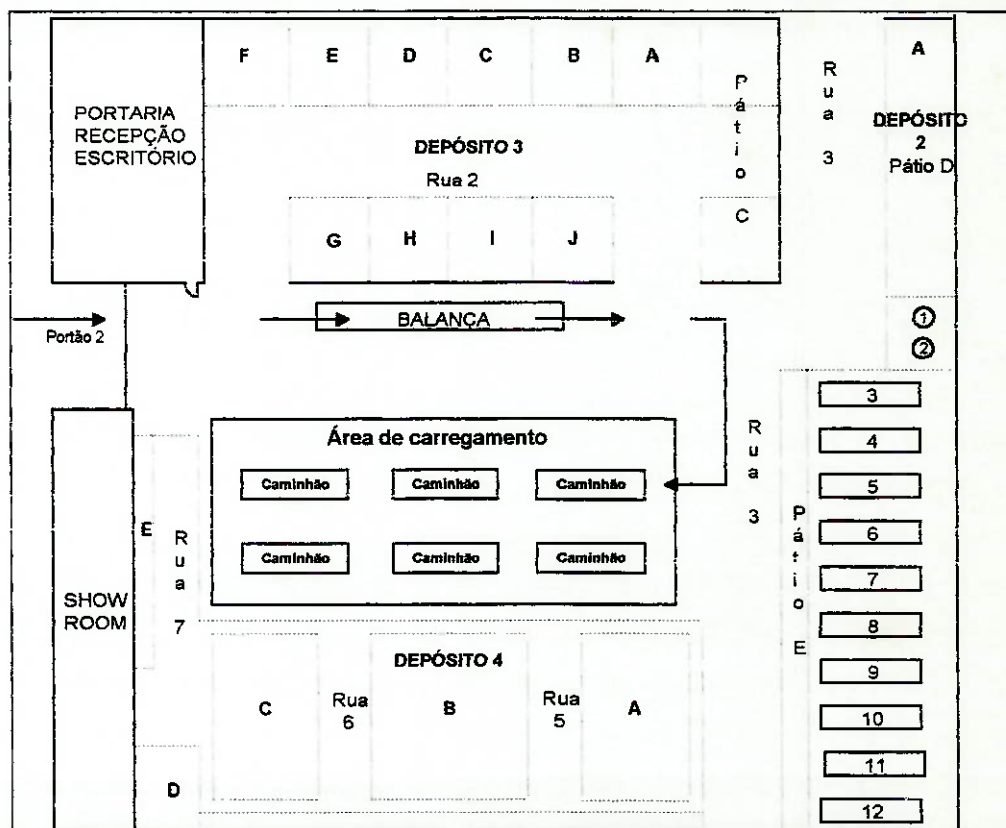


Figura 3.5. Lay-out parcial da empresa, com destaque para a área de carregamento (elaborado pelo autor)



Uma vez carregados, os caminhões devem passar novamente pela balança para pesagem final, saindo posteriormente pelo mesmo portão que entraram. Devido às limitações de espaço interno, a inexistência de docas de recebimento e expedição que faz com que os caminhões se posicionem aleatoriamente no espaço disponível, além da entrada e saída serem feitas pelo mesmo portão, o fluxo interno de caminhões é caótico.

Com relação ao carregamento dos caminhões, ele é feito por 2 empilhadores que, de posse das Ordens de Serviço de Expedição (que especificam os produtos que compõem a carga de cada caminhão), inicialmente localizam o produto no estoque (em algum dos chamados depósitos da figura anterior), transportam-no e, em seguida, colocam-no no caminhão correspondente. Isto é feito, produto a produto, até o carregamento completo dos caminhões.

Conforme pode ser notado, não há uma separação prévia dos pedidos do dia tampouco uma área destinada aos pedidos separados: a separação dos pedidos é feita na hora exata do carregamento. Este fato, além de fazer com que o carregamento dos caminhões seja mais demorado, traz complicações para o fluxo interno de caminhões e produtos. Como os produtos podem estar armazenados em locais distintos e o empilhador vai, produto a produto, carregando os caminhões (cada empilhador carrega metade dos caminhões presentes), ele é obrigado a percorrer diferentes trajetos seguidas vezes, “disputando” o espaço interno com os caminhões parados esperando o término do carregamento. ✓

### 3.2.1.3. Armazenagem dos “produtos acabados” confusa

A figura a seguir mostra o “depósito 4”, onde ficam armazenados os produtos embalados (em tambores), os produtos envasados e os produtos formulados (correspondem aos “produtos acabados”). Tal depósito é subdividido em 5 áreas menores (áreas A, B, C, D e E, na figura), sendo que nas áreas D e E encontram-se somente produtos embalados. Com relação às áreas A, B e C, pode-se encontrar em qualquer uma delas tanto produtos embalados quanto produtos envasados e produtos formulados (um mesmo produto, por exemplo, pode estar armazenado em A e C), estabelecendo-se uma confusão que torna difícil a localização rápida do produto. À exceção dos empilhadores que são os responsáveis pela armazenagem dos produtos embalados, dos envasados e dos formulados “onde há espaço disponível em alguma das áreas (A, B ou C)”. Mesmo assim, a localização rápida depende da boa memória do empilhador, que identifica o produto através de uma etiqueta lateral com o nome do produto e o número do lote (e não por um endereço de armazenamento).

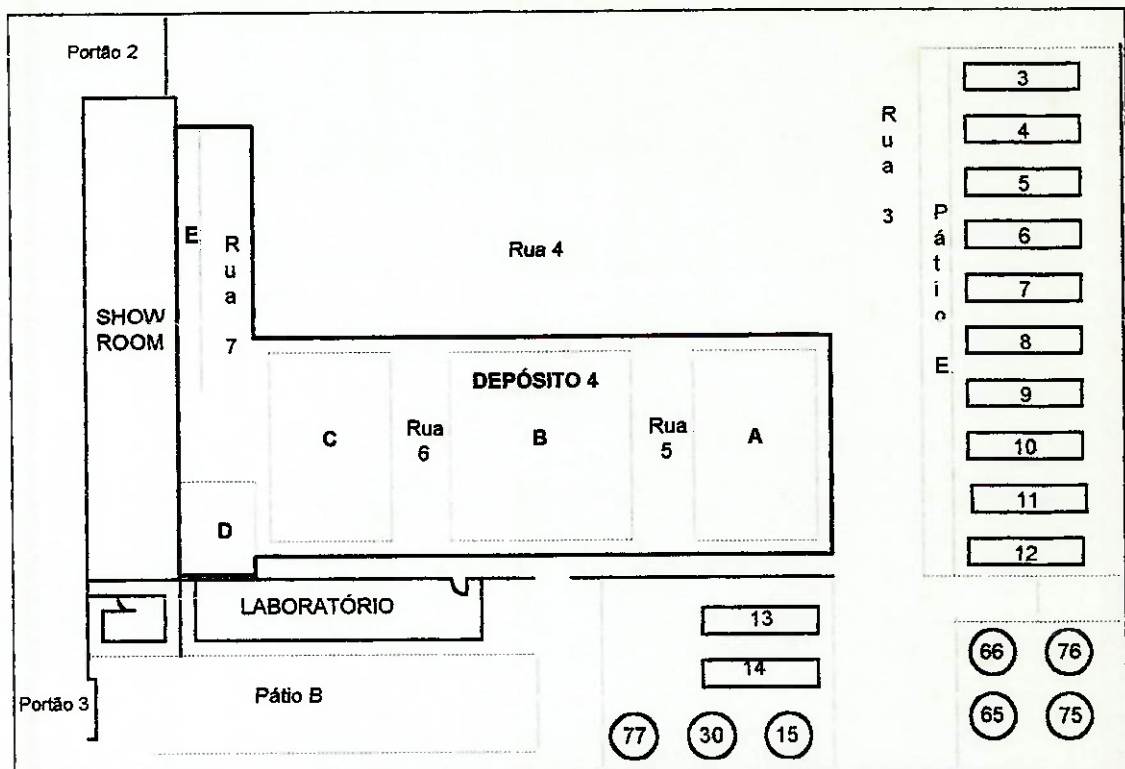


Figura 3.6. Lay-out parcial da empresa, com destaque para o depósito 4 (elaborado pelo autor)

Da forma como é feito o armazenamento dos “produtos acabados” no depósito 4, isso gera complicações no momento do carregamento (que é a hora em que os pedidos são separados): como as Ordens de Serviço de Expedição entregues aos 2 empilhadores especificam apenas o nome do produto e o número do lote e não onde (o endereço de armazenamento) o produto está localizado, os empilhadores devem procurar o produto com base na memória. Isto se complica ainda mais quando um empilhador deve localizar um produto que o outro empilhador armazenou. A perda de tempo, neste caso, é inevitável. ✓

Existe ainda um outro problema relacionado às áreas de armazenagem do depósito 4 (áreas A e B): não há uma separação definida entre elas e a área de envase<sup>1</sup> de forma que, quando do envase de determinada matéria-prima, as embalagens de comercialização que foram separadas para o envase acabam ocupando uma parte da área destinada somente à armazenagem de “produtos acabados”.

<sup>1</sup> Alguns tanques de armazenagem possuem tubulações com saída para uma mesma área comum, na qual é realizado o envase das matérias-primas contidas nesses tanques; para os demais tanques, o envase em embalagem de comercialização deve ser feito onde os mesmos estão localizados.

### 3.3. Definição do trabalho

#### 3.3.1. Foco e objetivo do trabalho

A análise da situação atual mostrou que:

- no tocante à gestão de estoques, problemas quanto à política de reposição de estoque das matérias-primas químicas provenientes de um fornecedor distribuído, como previsão de vendas inadequada para a determinação da quantidade de compra e das datas de recebimentos parcelados, a forma como são calculados os estoques de segurança e os pontos de reposição, etc., afetam diretamente o nível de estoque das matérias-primas podendo ocasionar faltas ou excesso de estoque;
- no tocante à área operacional, problemas como falta de produto envasado, fluxo interno complicado, armazenagem dos “produtos acabados” confusa, afetam principalmente a rapidez do carregamento dos caminhões e comprometem o cumprimento das entregas do dia, podendo ocasionar atrasos nas entregas.

Diante desta situação, surge a necessidade de, na área de gestão de estoques, definir uma nova política de reposição de estoque para as matérias-primas químicas vindas de um fornecedor distribuído. Quando do levantamento da curva ABC feita anteriormente neste capítulo, pôde-se observar a importância relativa, em termos monetários, que cada classe de itens possuía. Seguindo o conceito da classificação ABC de se dar um tratamento diferenciado de acordo com a importância de cada classe de itens, diferentes políticas de reposição de estoque com diferentes graus de complexidade devem ser definidas para as classes A, B e C.

Contudo, decidiu-se direcionar este trabalho (no que diz respeito à gestão de estoques) à definição de uma nova política de reposição de estoque para aquelas matérias-primas mais importantes (classe A) com um grau de profundidade compatível com a importância das mesmas, em virtude dos seguintes fatores: apenas 5% dos itens representam mais de 50% (aproximadamente 56%) do valor de consumo total (são os itens classe A) e são, todos, itens vindos de um fornecedor distribuído; como “produto acabado” (matéria-prima dentro da embalagem de comercialização), tais itens representam mais de 50% (aproximadamente 52%) do valor de vendas total da empresa; o tratamento dado a esses itens está aquém do tratamento que deveria ser dado em função da importância dos mesmos, já que a empresa não utiliza formalmente a classificação ABC, fazendo apenas distinções genéricas do tipo “itens de grande demanda” (podem ser itens A ou B, recebendo o mesmo tratamento), “itens de pequena

demanda”, “itens que entram como componentes de produtos formulados”; mais o fato de haver a necessidade de melhorias imediatas também na área operacional.

Com relação às melhorias da área operacional, estas se restringem a atacar os problemas da área já citados, que afetam principalmente a rapidez do carregamento dos caminhões.

Com isso, este presente trabalho tem como objetivos:

- apresentar uma nova política de reposição de estoque para as matérias-primas “classe A” que procure, em âmbito global, minimizar os custos totais relativos ao estoque e, em âmbito específico, minimizar as faltas pela não existência do item solicitado para entrega imediata (ou seja, garantir alta disponibilidade do item para atendimento imediato da necessidade do cliente) e minimizar os excessos de estoque;
- apresentar propostas de melhoria na área operacional que visem principalmente reduzir o tempo de carregamento dos caminhões, de forma a liberá-los o mais cedo possível para as entregas do dia e, com isso, minimizar os atrasos.



## ***Capítulo 4***

---

# ***Levantamento de Dados***

## 4.1. Introdução

Este capítulo tem como finalidade levantar os dados necessários para a posterior definição, no próximo capítulo, de uma nova política de reposição de estoque para os itens classe A.

De início, são determinados os custos relevantes a um sistema de estoque, cujo objetivo é a minimização do custo total. Em seguida, são levantados os dados de *lead-time* de ressuprimento das matérias-primas classe A.

A segunda parte do capítulo abordará o problema da previsão de vendas. A ênfase é dada para as técnicas estatísticas de previsão de vendas, uma vez que a empresa faz pouco uso das mesmas, comprometendo a qualidade das previsões que realiza e afetando as decisões de ressuprimento. O intuito é escolher um modelo de previsão, testá-lo com os dados de venda disponíveis e validá-lo, de forma que o modelo possa ser usado para futuras previsões.

## 4.2. Custos

A determinação dos custos relevantes a um sistema de estoque (custo de pedido, custo de posse e custo de falta) é uma tarefa complicada de ser realizada com uma boa precisão, devido à limitação das informações disponíveis. Mesmo quando se tenta utilizar informações de custo através dos registros contábeis, elas não costumam se apresentar em uma forma apropriada para os propósitos da gestão de estoques.

Diante desta situação, procurou-se seguir algumas recomendações de ordem prática, apresentadas por Gonçalves & Schwember em “Administração de Estoques: Teoria e Prática”, para a determinação de estimativas de tais custos.

### 4.2.1. Custo de pedido

O custo de pedido pode ser desdobrado em duas parcelas: custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos são aqueles que não variam, independentemente do número de pedidos de aquisição, enquanto que os custos variáveis são aqueles que variam em função do número de pedidos de aquisição.

Para a determinação do custo de pedido, só serão considerados os custos variáveis, visto que somente eles são afetados pelas decisões do sistema de estoque (quando pedir e quanto pedir).

A tabela abaixo mostra os custos variáveis anuais de pedido, que foram apurados tendo por base registros contábeis:

Tabela 4.1. Custos variáveis anuais de pedido (elaborado pelo autor)

ITEM	R\$
Materiais de escritório	1.038,16
Despesas com telefone, fax	2.486,38
TOTAL	3.524,54

Com relação ao custo de frete, ele foi considerado como parte integrante do custo unitário do item e não do pedido: a empresa costuma rotineiramente pedir uma quantidade de compra correspondente a um carro-tanque cheio, de forma que o custo do frete varia com a quantidade pedida, devendo neste caso fazer parte do custo unitário do item.

Junto ao setor de Compras, levantou-se o número de pedidos emitidos em um ano: aproximadamente 2800 pedidos anuais. Dividindo-se os custos variáveis de pedido pelo número de pedidos emitidos, chegou-se a um custo unitário de pedido igual a R\$ 1,26.

#### 4.2.2. Custo de posse

O custo de posse que corresponde ao custo de se manter o item em estoque tem 2 componentes: o custo de capital e o custo de armazenagem do item

Uma hipótese comumente assumida é a de que o custo de posse é proporcional ao tamanho do investimento em estoque, sendo assim expresso como uma porcentagem do custo unitário do item.

O custo de capital, correspondente à taxa de retorno que poderia ser obtida se o capital fosse aplicado em um outro investimento ao invés de empatado em estoque, costuma ser a parcela mais significativa do custo de posse. Para a empresa em questão o custo de capital foi estipulado em 15% ao ano.

Com relação ao custo de armazenagem do item, que corresponde a diversos gastos decorrentes da permanência do material em estoque (como espaço ocupado, manuseio, seguros, obsolescência, entre outros), um valor razoável estipulado (encontrado na literatura) é de 10% ao ano.

Assim, o custo de posse estimado é igual a 25% ao ano, taxa esta que aplicada ao custo unitário de cada item resulta no custo de se manter em estoque tal item.

#### 4.2.3. Custo de falta

Dos 3 custos apresentados, o custo de falta é o mais difícil de ser obtido devido à presença de componentes intangíveis na estimativa de tal custo como a “perda da confiança” do cliente.

Devido a esta peculiaridade, decidiu-se utilizar a solução alternativa de se definir um nível de atendimento mínimo ao cliente, que representa o percentual de vezes em que a demanda é totalmente atendida de imediato (item vindo diretamente do estoque). A definição de um nível de atendimento implica num certo percentual de risco de falta a se aceitar (por exemplo, um nível de atendimento de 80% implica em 20% de risco de falta e não atendimento imediato), sem a especificação direta de uma estimativa de custo de falta.

Diferentes níveis de atendimento são recomendados para diferentes classes de itens de estoque. Para o presente caso, ou seja, para as matérias-primas classe A (as mais importantes), deve-se procurar minimizar as faltas (pois elas, com frequência, representam para a empresa a perda de pedidos de venda) e, com isso, deve-se fixar um alto nível de atendimento ao cliente. De acordo com a literatura, escolheu-se um valor apropriado para tal nível: 95%.

#### 4.3. *Lead-time* de ressuprimento

O *lead-time* de ressuprimento é um dado essencial para a tomada de decisão de quando pedir um dado item. Ele corresponde ao intervalo de tempo decorrido entre o momento da decisão de reposição de um item e o momento da adição deste item ao estoque. Compreende os seguintes componentes: tempo de preparação do pedido na empresa compradora; tempo de transmissão do pedido ao fornecedor; tempo de manufatura e montagem no fornecedor; tempo de trânsito dos produtos do fornecedor à empresa compradora; tempo de preparação (recebimento, inspeção) dos produtos na empresa compradora.

Para o caso das matérias-primas químicas classe A, em virtude da reposição de estoque ser feita através do envio ao fornecedor de uma programação de compras mensal especificando as datas de recebimentos programados, o levantamento dos *lead-times* de ressuprimento não pôde ser feito diretamente através de dados históricos de fornecimento. Uma forma alternativa encontrada para se chegar aos valores dos *lead-times* considerou o caso dos pedidos extras emitidos para evitar falta de estoque (pedidos não programados). Junto ao setor de Compras, perguntou-se ao comprador responsável quanto tempo demorava, em média, para receber uma dada matéria-prima, requisitada através da emissão de um pedido extra, desde o momento em



que se decide pela sua reposição. De acordo com o comprador responsável, na maioria das vezes em que se emite um pedido extra, o fornecedor costuma entregar a matéria-prima em um prazo curto (da ordem de alguns dias) por tê-la disponível em seu estoque. Desta forma, o *lead-time* de ressuprimento corresponde praticamente ao tempo necessário para o fornecedor expedir a matéria-prima e transportá-la até a empresa, não incluindo o tempo de fabricação (os tempos de preparação e transmissão do pedido são relativamente curtos, assim como o tempo de recebimento da matéria-prima na empresa).

A tabela abaixo mostra os *lead-times* médios de ressuprimento das matérias-primas classe A que foram passados pelo setor de Compras, assumindo que o fabricante possa fornecer as matérias-primas diretamente do seu estoque.

Tabela 4.2. *Lead-times* médios de ressuprimento das matérias-primas classe A

<i>MATÉRIA-PRIMA</i>	<i>FORNECEDOR</i>	<i>LEAD-TIME MÉDIO</i>
Propileno Glicol USP	Dow	3 dias
Cloreto de Metileno	Dow	3 dias
Dow Per LM	Dow	3 dias
Glicerina Lever	Lever	3 dias
Neu-Tri	Dow	3 dias
Isopropanol	Rhodia	1 dia
Propileno Glicol Industrial	Dow	3 dias
Monoetileno Glicol	Oxiten	5 dias
Acetona Pura	Rhodia	1 dia
Trietanolamina	Oxiten	5 dias
Percloroetileno	Dow	3 dias
Acetato de Etila	Rhodia	1 dia

#### 4.4. Previsão de vendas<sup>1</sup>

##### 4.4.1. Conceitos gerais<sup>2</sup>

A previsão de vendas consiste em estimar as vendas futuras a partir de informações existentes e adotando-se determinadas hipóteses e métodos. A previsão de vendas é necessária para se determinar os parâmetros do modelo de reposição de estoque que será definido no próximo capítulo.

<sup>1</sup> Na realidade, deveria ser previsão de demanda (vontade de consumo), uma vez que ela engloba, além das vendas realizadas, as vendas não realizadas por falta de produto. Como só estão disponíveis os dados de vendas passadas (não havendo dados disponíveis sobre vendas não realizadas por falta de produto), está-se considerando a hipótese simplificadora de que a quantidade demandada seja igual a quantidade vendida. Assim, prever as vendas futuras acaba significando prever a demanda futura.

<sup>2</sup> Baseado na apostila "Previsão de Vendas" de Francisco de Assis Oliva.

Os principais métodos de previsão de vendas são:

- Método da projeção

Admite que o futuro será a continuação do passado, seja por repetição, seja mantendo as mesmas tendências e ciclos anteriores. Mediante um processo estatístico, tenta-se definir a função que melhor representa a evolução das vendas no passado, e projeta-se para o futuro esta função. Dois métodos costumam ser usados para a estimativa dos parâmetros da função:

- método da média corrida: a estimativa dos parâmetros da função é feita a partir dos valores das vendas observadas nos últimos  $n$  períodos, entrando cada observação com o mesmo peso;

- método da média exponencial: a estimativa se faz com base não apenas nas observações dos últimos  $n$  períodos, porém em todas as observações anteriores, ponderadas convenientemente de modo que o peso de cada observação seja tanto menor quanto mais antiga ela for, segundo uma curva exponencial.

- Método da explicação

Através de análise adequada, procura-se relacionar o volume de vendas com o comportamento de outras variáveis, simultâneas ou precedentes às vendas. Supondo que continue a prevalecer a mesma lei de dependência, as vendas futuras poderão ser estimadas a partir da projeção das outras variáveis.

Este método chega a uma estimativa da demanda geral do bem no mercado, ou seja, chega a uma previsão das vendas da indústria. Para estimar-se as vendas da empresa é necessário projetar-se de alguma forma a percentagem de participação desta última nas vendas da indústria.

- Método da predição

Quando não se pode adotar a hipótese de que no futuro valerão as mesmas tendências ou leis que vinham se observando no passado, os métodos anteriores perdem sua razão de ser. Neste caso, a previsão é feita com base na opinião de pessoas que por sua experiência e pelas informações que dispõem referentes ao mercado e aos múltiplos fatores que influenciam a procura, podem emitir julgamentos muitas vezes acertados sobre a evolução mais provável das vendas. Os métodos de predição procuram sistematizar a coleta de opiniões e estabelecer regras para o processamento dos valores assim obtidos, a fim de obter-se uma média das diversas estimativas.

As hipóteses que podem ser adotadas são as seguintes (para o caso do futuro reproduzir o passado):

- Hipótese de permanência: admite-se que as vendas oscilam de forma aleatória em torno de um valor médio constante;
- Hipótese de trajetória: as vendas oscilam de forma aleatória em torno do valor médio que apresenta uma tendência crescente ou decrescente no decorrer do tempo, segundo determinada lei;
- Hipótese cíclica ou estacional: as vendas obedecem a ciclos de determinada amplitude, geralmente 12 meses. Distribuem-se de forma aleatória em torno dos valores médios para cada período do ciclo. Estes ciclos repetem-se no tempo, ou seja, a grande média ou a média do ciclo é suposta constante;
- Hipótese cíclica com trajetória: as vendas também obedecem a ciclos de determinada amplitude, porém o valor médio varia com o tempo segundo determinada lei.

#### 4.4.2. Escolha do método e da hipótese

A escolha do método de previsão levou em consideração 2 fatores principais: a utilização de dados históricos de venda disponíveis como fonte de informações para a previsão, ao invés de julgamentos e opiniões pessoais (que é de natureza subjetiva), admitindo desta forma que as vendas no futuro evoluirão como uma continuação do que se observou no passado; o comportamento das vendas é considerado como dependente única e exclusivamente da variável independente tempo (além da aleatoriedade). Assim sendo, o método de previsão escolhido foi o método da projeção de vendas.

Matematicamente, a projeção de vendas pode ser assim representada:

$$V_t = f(t) + \xi\sigma(t)$$

Onde:

- $V_t$  = venda no período  $t$
- $f(t)$  = função que representa a lei da evolução das vendas no tempo
- $\xi\sigma(t)$  = componente aleatória, com  $\xi$  sendo uma variável de média 0 e variância unitária e  $\sigma(t)$  sendo o desvio-padrão das vendas sobre a função  $f(t)$ .

Para a estimação dos parâmetros da função  $f(t)$  optou-se por usar o método da média exponencial, que atribui pesos maiores aos dados mais recentes, visto que ele facilita o processamento e requer menor armazenamento de dados históricos.

Com relação à escolha da hipótese, decidiu-se adotar a hipótese de trajetória que considera que o valor médio das vendas apresenta uma tendência crescente ou decrescente no decorrer do tempo. Variações sazonais não foram consideradas. De acordo com Tersine (1988), para que correções sazonais possam ser incluídas num modelo de previsão, devem haver algumas razões conhecidas para os picos e vales periódicos nas vendas e eles devem ocorrer essencialmente no mesmo período a cada ano. A princípio, numa análise preliminar dos dados históricos das vendas das matérias-primas classe A, a condição anteriormente descrita não se verifica. Além disso, o modelo com a hipótese adotada de trajetória será avaliado posteriormente quanto à sua adequação e, desta forma, poder-se-á concluir sobre o acerto ou não na hipótese adotada, e a necessidade ou não de se considerar o efeito da sazonalidade.

Matematicamente, o modelo que representa a evolução das vendas no tempo para a hipótese de trajetória é assim expresso:

$$V_t = X_{t_0} + T * (t - t_0) + \xi\sigma$$

Onde:

- $V_t$  = venda no período  $t$
- $X_{t_0}$  = valor médio ou central da venda no período
- $T$  = variação da média por período
- $\xi\sigma$  = componente aleatória.

#### 4.4.3. O método da média exponencial aplicado a um modelo com trajetória

Conforme visto anteriormente, o método da média exponencial leva em conta na estimativa dos parâmetros do modelo (no modelo com trajetória, tais parâmetros são o valor médio da venda - "X" - e a variação da média - "T", mostrados na expressão anterior) todas as observações já feitas, porém ponderadas de tal forma que quanto mais antiga a observação menor peso ela recebe (segundo uma curva exponencial).

A seguir são apresentadas as etapas envolvidas na aplicação do método da média exponencial a um modelo com trajetória.



#### 4.4.3.1. Procedimento de atualização das estimativas

Ao final de cada período, levando em conta o volume de vendas havido no período, são atualizadas as estimativas tanto do valor central  $\underline{X}$  como da parcela de variação  $\underline{T}$ .

Sejam  $\tilde{X}_{t-1}$  e  $\tilde{T}_{t-1}$  as estimativas de  $\underline{X}$  e  $\underline{T}$  feitas no final do período (t-1). A previsão de vendas para o período  $t$  era então:

$$\tilde{V}_t = \tilde{X}_{t-1} + \tilde{T}_{t-1}$$

Seja  $V_t$  a venda real ocorrida no período  $t$ . A nova estimativa de  $\underline{X}$  será dada por:

$$\tilde{X}_t = a * V_t + (1 - a) * (\tilde{X}_{t-1} + \tilde{T}_{t-1})$$

Dentro do mesmo princípio adotado para  $\underline{X}$ , faz-se a atualização da estimativa  $\underline{T}$ , segundo a fórmula:

$$\tilde{T}_t = b * (\tilde{X}_t - \tilde{X}_{t-1}) + (1 - b) * \tilde{T}_{t-1}$$

Com estes novos valores  $\tilde{X}_t$  e  $\tilde{T}_t$ , a previsão de vendas para um período futuro (t + n) será:

$$\tilde{V}_{t+n} = \tilde{X}_t + n * \tilde{T}_t$$

Utilizando-se o método da média exponencial, também pode-se fazer o acompanhamento sistemático do erro médio de previsão que serve para medir a eficiência do modelo de previsão.

Seja  $\tilde{D}_{t-1}$  a estimativa do desvio médio absoluto (média dos valores absolutos das diferenças entre as vendas reais e as estimadas) feita no final do período (t-1). Tem-se a estimativa  $\tilde{V}_t$  das vendas no período  $t$ . Conhecido o valor real das vendas  $V_t$ , refaz-se a estimativa de  $\underline{D}$ , introduzindo-se o erro observado ponderado pelo coeficiente  $\underline{d}$ :

$$\tilde{D}_t = d * |V_t - \tilde{V}_t| + (1 - d) * \tilde{D}_{t-1}$$

Os fatores  $\underline{a}$ ,  $\underline{b}$  e  $\underline{d}$  (todos com valor entre 0 e 1) são as constantes de suavizamento exponencial, cuja forma de determinação será vista mais adiante.

#### 4.4.3.2. Determinação das estimativas iniciais<sup>3</sup>

Para a determinação das estimativas iniciais dos parâmetros  $\underline{X}$  e  $\underline{T}$ , recomenda-se dividir os dados históricos de venda disponíveis em 2 partes: a primeira contendo os dados mais antigos para serem utilizados justamente na determinação das estimativas iniciais de  $\underline{X}$  e  $\underline{T}$ ; a segunda contendo os dados mais recentes para serem usados na projeção de vendas segundo o método da média exponencial.

Supondo que haja  $n$  períodos de dados históricos de venda (na primeira parte), as estimativas iniciais de  $\underline{X}$  e  $\underline{T}$  são obtidas fazendo-se uma regressão de mínimos quadrados (sem peso) sobre esses  $n$  dados. Numerando os períodos de frente para trás, de forma decrescente (0, -1, -2, -3, ..., -(n-1)), deve-se determinar  $X_0$  e  $T_0$  de forma a:

$$\min \sum_{t=-n+1}^0 \left[ V_t - (\tilde{X}_0 + t * \tilde{T}_0) \right]^2$$

Através do uso de cálculo, chega-se a:

$$\tilde{X}_0 = \frac{6}{n(n+1)} * \sum_{t=-n+1}^0 t * V_t + \frac{2(2n-1)}{n(n+1)} * \sum_{t=-n+1}^0 V_t$$

e

$$\tilde{T}_0 = \frac{12}{n(n^2-1)} * \sum_{t=-n+1}^0 t * V_t + \frac{6}{n(n+1)} * \sum_{t=-n+1}^0 V_t$$

Com  $\tilde{X}_0$  e  $\tilde{T}_0$ , pode-se determinar a estimativa inicial do desvio médio absoluto  $\underline{D}$ , que é feita de acordo com a equação:

$$\tilde{D}_0 = \frac{\sum_{t=-n+1}^0 |V_t - \tilde{V}_t|}{n - p}$$

Onde:

$$\tilde{V}_t = \tilde{X}_0 + \tilde{T}_0 * t$$

-  $p$  = número de parâmetros estimados do modelo (no caso do modelo com trajetória,  $p=2$ ).

<sup>3</sup> Baseado em Silver & Peterson (1985)

#### 4.4.3.3. Seleção das constantes de suavizamento exponencial

Os valores das constantes de suavizamento exponencial  $\underline{a}$ ,  $\underline{b}$  e  $\underline{d}$  variam entre 0 (que corresponde a nenhum peso aos dados recentes) e 1 (todo peso nos dados recentes).

Existe um *tradeoff* básico na escolha dos valores dessas constantes. Valores baixos, que dão pouco peso aos dados recentes (e, portanto, dão peso considerável aos dados passados) são apropriados para condições estáveis de vendas, tendo um maior efeito de suavizamento (sendo pouco influenciados por flutuações aleatórias). Por outro lado, valores altos, que dão grande peso a dados recentes, são apropriados para lidar com mudanças constantes no nível de vendas, respondendo com maior rapidez a elas.

O ideal seria realizar uma simulação com diversas combinações de valores de  $\underline{a}$  e  $\underline{b}$ , com o intuito de se obter a combinação que melhor atenda a um critério de eficácia pré-estabelecido, como por exemplo a minimização dos erros médios absolutos.

De acordo com a literatura, é recomendado utilizar-se valores de  $\underline{a}$  e  $\underline{b}$  compreendidos entre 0,01 e 0,30. Para a constante de suavizamento  $\underline{d}$ , um pequeno valor entre 0,01 e 0,10 deve normalmente ser utilizado.

#### 4.4.3.4. Avaliação do desempenho da previsão

No presente caso, a avaliação do desempenho do modelo de previsão, através da escolha de um indicador apropriado, tem como função principal validar o modelo com a hipótese adotada de trajetória.

O indicador selecionado para tanto foi o “sinal de alerta” (*tracking signal*) que corresponde aos erros de previsão acumulados em determinado número de períodos dividido pelo desvio médio absoluto referente ao último período considerado. O ideal é que o “sinal de alerta” flutue ao redor de zero, o que significa que o modelo de previsão não é enviesado (ou seja, não há uma tendência de consistentemente a previsão estar acima dos valores reais ou estar abaixo dos valores reais).

Matematicamente, o “sinal de alerta” é dado por:

$$SA_t = \frac{\sum_{i=1}^t (V_i - \tilde{V}_i)}{\tilde{D}_t}$$

Onde:

- $SA_t$  = sinal de alerta no período  $t$
- $V_i$  = vendas reais no período  $i$
- $\tilde{V}_i$  = estimativa de vendas para o período  $i$
- $\tilde{D}_t$  = estimativa do desvio médio absoluto para o período  $t$

O valor obtido para o sinal de alerta através da fórmula acima deve ser comparado com limites (superior e inferior) pré-determinados. Conforme Tersine (1988), eles geralmente variam de  $\pm 3$  a  $\pm 8$ . Se o valor do sinal de alerta estiver compreendido entre os limites pré-estabelecidos, então pode-se concluir pela adequação do modelo adotado. Caso contrário, será necessário promover mudanças no modelo de previsão.

#### 4.4.4. Aplicação prática

Uma vez descritos os passos envolvidos na aplicação do método da média exponencial para a projeção de vendas, procede-se agora à sua aplicação aos itens classe A.

Inicialmente, foram coletados os dados históricos de venda, num período de 18 meses, para cada uma das matérias-primas classe A. Em seguida, dividiu-se essa série de dados históricos de 18 meses em duas parcelas: a primeira contendo os 6 primeiros meses (mais antigos) com a finalidade de se determinar as estimativas iniciais dos parâmetros do modelo, assim como a estimativa inicial do desvio médio absoluto; a segunda parcela contendo os 12 meses restantes com o intuito de se realizar a projeção de vendas e avaliar o desempenho do modelo de previsão.

Para a avaliação do desempenho do modelo, estabeleceu-se como limites inferior e superior para o sinal de ajuste os valores  $-5$  e  $+5$  (valores sugeridos por Silver & Peterson (1985)).

Com relação aos valores das constantes de suavizamento  $\underline{a}$ ,  $\underline{b}$  e  $\underline{d}$ , foram realizados diversos testes com diferentes combinações de valores para essas constantes. Pôde-se constatar que, à medida em que se aumentava o valor das constantes (dando, desta forma, maior peso aos dados mais recentes), o valor do sinal de alerta para cada um dos itens reduzia-se. Chegou-se a uma situação em que, dado o alto valor (próximo de 1) concedido para cada uma das constantes (notadamente para as constantes  $\underline{a}$  e  $\underline{b}$ ), o valor do sinal de alerta para cada um dos itens oscilou entre  $-2$  e  $+2$ . Entretanto, esse resultado foi obtido para valores fora da faixa recomendada pela literatura. Conforme já visto, valores elevados fazem com que o modelo de previsão responda mais rapidamente a mudanças nas vendas. Acontece que não se sabe ao certo se tais mudanças resultam de variações aleatórias ou de aumentos (ou diminuições) reais do nível das vendas. Em



contrapartida, valores baixos das constantes possuem um maior efeito de suavizamento, ao dar pesos maiores para dados mais antigos. Desta forma, é conveniente trabalhar com os valores das constantes compreendidos na faixa recomendada pela literatura.

Tendo isso em mente e respeitando os limites recomendados pela literatura, os melhores resultados dos sinais de alerta foram obtidos para os valores máximos recomendados das constantes de suavizamento, ou seja,  $a = 0,3$ ,  $b = 0,3$  e  $d = 0,1$ . Os resultados da projeção de vendas feita para cada um dos itens A encontram-se no ANEXO A.

Dos 12 itens classe A, para 8 deles o sinal de alerta ficou compreendido entre -5 e +5, o que significa que o modelo com a hipótese de trajetória adotada funciona de forma adequada para a maioria dos itens. Desta forma, pode-se utilizá-lo de forma satisfatória para a projeção de vendas dos itens A.

## ***Capítulo 5***

---

# ***Definição do Modelo de Reposição de Estoque***

## 5.1. Introdução

Este capítulo tem como objetivo definir um novo modelo de reposição de estoque para as matérias-primas classe A. Busca-se um modelo com grau de complexidade compatível com a importância de tais matérias-primas e que, ao mesmo tempo, seja de fácil operacionalização e compreensão.

Dada a grande diversidade de modelos existentes na literatura que adotam as mais variadas hipóteses (diferindo entre si por pelo menos uma hipótese diferente adotada), inicialmente procura-se apresentar as hipóteses levadas em consideração e que permitem direcionar a escolha do modelo.

Em seguida, passa-se à escolha do modelo de reposição e à forma de determinação dos seus parâmetros.

Por fim, é feita uma aplicação do modelo aos itens em questão e é avaliado o seu desempenho.

## 5.2. Definição do modelo

### 5.2.1. Considerações gerais

De acordo com Biazzi (1993), “os modelos já desenvolvidos encontrados na literatura, são pouco utilizados pelas empresas devido a pelo menos um dos seguintes motivos:

- desconhecimento (há, inclusive, resistências para o aprendizado de teorias);
- complexidade para seu entendimento ou operacionalização (estatística é uma ferramenta regularmente aplicada);
- necessidade de recursos não disponíveis (computacionais, por exemplo);
- falta de aderência a situações de mercado usuais (a maioria dos modelos apresenta hipóteses de demanda estável, por exemplo)”.

Para que esse quadro seja alterado, ou seja, para que as empresas passem a utilizar mais os modelos de estoque para a tomada de decisões de ressuprimento, algumas recomendações sobre modelagem apresentadas por Silver & Peterson (1985) poderiam ser seguidas:

- começar com um modelo tão simples quanto possível (fazendo diversas hipóteses simplificadoras), apenas adicionando complexidades quando necessário (por exemplo, considerando o *lead-time* como zero e depois passando para *lead-time* constante

diferente de zero, podendo-se chegar, caso seja realmente necessário, a um *lead-time* probabilístico que segue uma determinada distribuição);

- utilizar, na medida do possível, modelos que levem a regras de decisão analíticas (implementáveis através do uso de fórmulas, tabelas, gráficos, etc.);
- utilizar, em contraposição às regras de decisão otimizantes, regras de decisão heurísticas que produzam respostas apropriadas (não necessariamente ótimas) para problemas reais mais complexos, resultando em melhorias significativas sobre as operações correntes.

Um outro conceito importante que deve ser levado em consideração (e já ressaltado por este trabalho) é o de escolher modelos de complexidade compatível com o grau de importância dos itens que estão sendo tratados. Assim, para os itens classe A, modelos mais complexos (do ponto de vista matemático) para determinar a quantidade e a periodicidade de reposição são recomendados.

Na escolha do modelo de reposição de estoque das matérias-primas classe A, procurar-se-á ponderar os aspectos anteriormente citados, de forma que se chegue a um modelo de relativa facilidade de entendimento, operacionalização e adaptação e que, ao mesmo tempo, tenha um embasamento matemático apropriado e contemple características do fornecimento e da demanda de tais itens.

### 5.2.2. Hipóteses adotadas

A adoção de determinadas hipóteses faz com que haja um maior direcionamento na escolha dos modelos de reposição de estoque, além de conferir um maior ou menor grau de complexidade ao modelo. As hipóteses adotadas no presente caso são:

- os *lead-times* de ressurgimento são determinísticos (conhecidos com certeza);
- as demandas são probabilísticas (não são conhecidas com certeza) e estáticas (suas taxas médias variam muito pouco com o tempo);
- as demandas em dois períodos adjacentes são independentes, ou seja, a primeira não tem efeito sobre a segunda demanda (elas não estão correlacionadas);
- não há desconto de preço em função da quantidade adquirida;
- os custos unitários são constantes ao longo do tempo;
- a taxa de fornecimento dos itens é infinita;
- os itens são tratados independentemente (não são consideradas interações entre eles);



- existe uma quantidade mínima de pedido para cada item.

### 5.2.3. Escolha do modelo

Quando da escolha de um modelo de reposição de estoque, uma das decisões mais importantes a serem feitas é a escolha entre um modelo de revisão contínua e um modelo de revisão periódica, podendo ainda optar-se por um modelo baseado no cálculo de necessidades.

Com relação a esse último modelo citado, ele é o mais indicado, segundo Biazzi (1993), para situações em que a demanda possui alterações significativas no curto prazo. Além disso, de acordo com Orlicky (1975), quando um modelo baseado no cálculo de necessidades (como o “ponto de pedido defasado no tempo”, apresentado no capítulo 2) é utilizado apropriadamente, os pedidos são continuamente reprogramados no tempo de forma que suas datas exatas possam coincidir com as datas das necessidades reais projetadas. Tal modelo, aplicada aos itens classe A da empresa, não seria uma escolha apropriada: primeiro, porque a demanda não sofre oscilações tão significativas a curto prazo; segundo, porque reprogramações de pedidos não são costumeiramente aceitas pelos fornecedores distribuídos, devendo, portanto, ser evitadas.

Resta, então, escolher entre um modelo de revisão contínua e um de revisão periódica. Em se tratando de itens classe A, os autores, de uma forma geral, recomendam a utilização de um modelo de revisão contínua, na qual a informação sobre o nível de estoque está disponível a qualquer momento, permitindo um controle mais estrito sobre esses itens. Além disso, tal modelo trabalha com menores estoques de segurança e, conseqüentemente, menores estoques médios. No entanto, a periodicidade da emissão de pedidos costuma ser variável. Aí é que reside o problema com o modelo de revisão contínua: os fornecedores distribuídos não reprogramam suas entregas continuamente, de forma que o atendimento contínuo dos pedidos de ressuprimento da empresa em datas com periodicidade variável torna-se inviável.

Desta forma, um modelo de revisão periódica revela-se a mais adequada para a reposição dos itens em questão. Um fato a ser destacado é que, à medida que se reduz o período de revisão, cada vez mais o modelo de revisão periódica aproxima-se do de revisão contínua. Assim, um modelo com período de revisão suficientemente curto tem um efeito, na prática, equiparável a um modelo de revisão contínua.

O passo seguinte é especificar que tipo de modelo de revisão periódica deve ser utilizado. Os modelos mais comumente utilizados são dois: o modelo (S, R), onde a cada período de revisão  $R$ , coloca-se um pedido cuja quantidade seja suficiente para elevar o nível de estoque

até o nível de referência superior  $\underline{S}$ ; o modelo  $(s, S, R)$ , onde a cada período de revisão  $\underline{R}$ , somente se o nível de estoque for igual ou menor do que o nível de referência inferior  $\underline{s}$ , é que se coloca um pedido cuja quantidade seja suficiente para se atingir o nível de referência superior  $\underline{S}$ .

Dentre esses 2 modelos, aquele que é mais utilizado na prática é o modelo  $(S, R)$  que apresenta como vantagens: operação simples, de fácil compreensão; o cálculo dos parâmetros é mais simples; uniformidade na liberação de pedidos de aquisição (sempre se pede alguma quantidade a cada intervalo de revisão). No entanto, quando o custo de pedido é elevado, ele não é vantajoso. Neste caso, o modelo  $(s, S, R)$  é mais recomendado. Embora este modelo, em condições gerais, possa produzir um menor custo total do sistema de estoque do que outros modelos, ele apresenta dificuldades para se determinar os melhores valores dos 3 parâmetros de controle. Além disso, o modelo  $(s, S, R)$  é de compreensão mais difícil.

Devido à operacionalização mais simples (facilitando a compreensão e a aceitação), à periodicidade constante de emissão de pedidos (o que facilita a programação do fornecedor), além do custo de pedido não ser considerável, escolheu-se o modelo  $(S, R)$  para a reposição dos itens classe A

Com relação ao modelo escolhido, existe uma restrição (apresentada como hipótese no item anterior) que deverá ser respeitada: uma quantidade mínima de pedido imposta pelo fornecedor distribuído, fazendo com que a quantidade total a ser pedida seja um múltiplo dessa quantidade mínima de pedido.

Com isso, o modelo deverá assim funcionar: a cada período de revisão  $\underline{R}$ , deverá ser pedida a menor quantidade múltipla da quantidade mínima de pedido que eleve o nível de estoque até o nível de referência superior  $\underline{S}$ .

#### 5.2.4. Determinação dos parâmetros do modelo

A determinação dos parâmetros  $\underline{R}$  e  $\underline{S}$  do modelo deverá levar em consideração as hipóteses anteriormente adotadas assim como algumas outras que serão feitas para que se possa chegar a regras de decisão consistentes e de fácil operacionalização.

O intervalo de revisão  $\underline{R}$  poderia ser o intervalo econômico de pedido, resultante da divisão da quantidade econômica de pedido (obtida através da minimização dos custos totais de estoque) pela demanda média por unidade de tempo. Tal intervalo econômico seria aquele que minimizaria os custos totais de estoque e teoricamente deveria ser adotado, uma vez que um modelo de reposição de estoque costuma ter como objetivo a minimização dos custos totais

associados aos estoques. No entanto, não somente no presente caso mas também em muitos outros, o intervalo de revisão  $R$  não será o intervalo econômico de pedido por razões externas como exigências do fornecedor (por exemplo, intervalo mínimo entre pedidos) ou ainda por conveniência em se adotar períodos inteiros como semanas, meses.

No presente caso, existe a restrição de uma quantidade mínima de pedido das matérias-primas classe A que corresponde a um carro-tanque por pedido. Como tal quantidade é significativamente maior do que a quantidade econômica de pedido, então é ela quem deve ditar o intervalo de revisão.

Desta forma, o intervalo de revisão  $R$  pode ser obtido dividindo-se a quantidade mínima de pedido pela demanda média diária projetada pelo modelo de previsão. Matematicamente, tem-se:

$$R = Q_{\min} / d$$

Onde:

- $R$  = intervalo de revisão em dias
- $Q_{\min}$  = quantidade mínima de pedido
- $d$  = demanda média diária projetada

Como pode ser obtido um valor não inteiro ou ainda um valor pouco prático para uso rotineiro, deve-se arredondar  $R$  para um número inteiro de semanas (intervalo considerado apropriado para emissão periódica de pedidos). Assim, pode-se ter itens com revisão a cada 1, 2, ..., semanas.

Pelo fato da demanda ser probabilística, há necessidade de se determinar um estoque de segurança para lidar com aumentos da demanda e assim evitar faltas. O nível de referência superior  $S$  deve levar isso em conta. Desta forma, ele pode ser estabelecido como a máxima demanda provável durante o período correspondente ao *lead-time* de ressuprimento  $L$  mais o intervalo de revisão  $R$ .<sup>1</sup> Matematicamente, tem-se:

$$S = d_{L+R} + ES$$

Onde:

- $S$  = nível de referência superior
- $d_{L+R}$  = demanda projetada sobre o *lead-time* de ressuprimento  $L$  + intervalo de revisão  $R$

<sup>1</sup> Num modelo de revisão periódica, é este o período que deverá ser coberto, uma vez que os pedidos são feitos a cada intervalo de revisão. Suponha que uma decisão de ressuprimento seja feita em  $t$ : o pedido chegará em  $t+L$ ; o próximo pedido será feito em  $t+R$  e só chegará em  $t+L+R$ . Entre  $t$  e  $t+L+R$ , há apenas uma única oportunidade de se influenciar o nível de estoque, que decorre justamente da decisão feita em  $t$ . Assim, o nível de referência superior  $S$  deve cobrir a demanda em um período de comprimento  $L+R$ . Como a demanda é variável, para que não se tenha falta de estoque,  $S$  deve cobrir a demanda máxima provável em  $L+R$ .



- ES = estoque de segurança

O estoque de segurança costuma ser expresso da seguinte forma:

$$ES = k \cdot \sigma_{L+R}$$

Onde:

- k = fator de segurança

-  $\sigma_{L+R}$  = desvio-padrão dos erros de previsão sobre o *lead-time* de ressuprimento L + intervalo de revisão R

Desta forma, o nível de referência superior  $\underline{S}$  fica:

$$S = d_{L+R} + k \cdot \sigma_{L+R}$$

O valor de  $\underline{k}$  depende do critério utilizado para se estabelecer o estoque de segurança. Silver & Peterson (1985) apresentam diversos critérios para se estabelecer o estoque de segurança. O critério escolhido foi justamente aquele que considera o nível de atendimento ao cliente (definido em capítulo anterior) ou a fração especificada da demanda satisfeita diretamente do estoque (isto é, sem atraso ou não atendimento).

De acordo com este critério, deve-se selecionar o valor de k que satisfaça a relação abaixo (supondo que os erros de previsão são normalmente distribuídos e que as vendas não atendidas de imediato são perdas):

$$G_u(k) = Q_{\min} \cdot (1 - NA) / (\sigma_{L+R} \cdot NA)$$

Onde:

-  $G_u(k)$  = função especial da variável normal unitária (média 0; desvio-padrão 1)

- NA = nível de atendimento

Obtido  $G_u(k)$ , deve-se entrar com o valor em uma tabela da Distribuição Normal (encontrada em "*Decisions Systems for Inventory Management and Production Planning*" de Silver & Peterson) e achar o valor correspondente de  $\underline{k}$ .

O valor de  $\sigma_{L+R}$  é obtido através de uma estimativa do desvio-padrão dos erros de previsão feita a partir da projeção de vendas. Seja  $\underline{D}$  o desvio médio absoluto (conforme apresentado no capítulo 4). Admitindo a hipótese de que os erros de previsão são normalmente distribuídos, então é válida a relação:

$$\sigma_1 = 1,25 \cdot D$$

Onde:

-  $\sigma_1$  = estimativa do desvio-padrão dos erros de previsão sobre um período básico (período de atualização da previsão - mensal, no presente caso)



Como o *lead-time* de ressuprimento e o intervalo de revisão não estão expressos no mesmo período básico de atualização da previsão, para se obter a estimativa do valor de  $\sigma_{L+R}$  é preciso aplicar a fórmula seguinte:

$$\sigma_{L+R} = (L+R)^{1/2} * \sigma_1$$

Onde:

-  $\sigma_{L+R}$  = estimativa do desvio-padrão dos erros de previsão sobre o *lead-time* L + período de revisão R (L+R expresso no mesmo período de atualização da previsão)

### 5.3. Avaliação do modelo

#### 5.3.1. Cálculo de R e S

Inicialmente, para cada um dos itens classe A foram determinados os parâmetros do modelo R e S. Para tanto, além dos dados de *lead-time* anteriormente coletados, obteve-se junto ao setor de Compras da empresa as quantidades mínimas de pedido de cada item exigidas pelo fornecedor. Além disso, a partir da projeção de vendas feita no capítulo anterior, obteve-se as estimativas da demanda média diária e do desvio médio absoluto. Com esses dados e aplicando-se as fórmulas mencionadas anteriormente, chegou-se aos seguintes valores de R (arredondado para um número inteiro de semanas) e S (arredondado para um número inteiro de Kg), conforme mostram as tabelas abaixo.

Tabela 5.1. Valores de R obtidos para cada item (elaborado pelo autor)

PRODUTO	$Q_{\min}$ (Kg)	d (Kg/dia)	R (semanas)
PROPILENO GLICOL USP	18.000	5.523	1
CLORETO DE METILENO	21.000	6.000	1
DOW PER LM	26.000	8.927	1
GLICERINA LEVER	18.000	1.479	2
NEU-TRI	18.000	2.494	1
ISOPROPANOL	10.000	1.509	1
PROPILENO GLICOL INDL	18.000	1.704	2
MONOETILENO GLICOL	15.000	1.696	2
ACETONA PURA	10.000	1.758	1
TRIETANOLAMINA	3.000	771	1
PERCLOROETILENO	21.000	3.037	1
ACETATO DE ETILA	10.000	798	2

Tabela 5.2. Valores de  $\underline{S}$  obtidos para cada item (elaborado pelo autor)

PRODUTO	L+R (dias)	d (Kg/dia)	D	k (tab.) (NA=95%)	ES (Kg)	S (Kg)
PROPILENO GLICOL USP	8	5.523	12.683	0,91	8.700	53.000
CLORETO DE METILENO	8	6.000	22.003	1,12	18.576	67.000
DOW PER LM	8	8.927	39.419	1,29	38.330	110.000
GLICERINA LEVER	13	1.479	21.950	1,31	27.630	47.000
NEU-TRI	8	2.494	11.460	0,85	7.342	27.000
ISOPROPANOL	6	1.509	9.241	0,98	5.912	15.000
PROPILENO GLICOL INDL	13	1.704	5.864	0,60	3.381	26.000
MONOETILENO GLICOL	15	1.696	11.053	1,10	12.549	38.000
ACETONA PURA	6	1.758	6.622	0,80	3.458	14.000
TRIETANOLAMINA	10	771	6.481	1,51	8.247	16.000
PERCLOROETILENO	8	3.037	14.167	0,89	9.504	34.000
ACETATO DE ETILA	11	798	6.915	0,98	5.990	14.000

### 5.3.2. Simulação do modelo proposto

Uma vez determinados  $\underline{R}$  e  $\underline{S}$ , procedeu-se a uma simulação do modelo proposto com o intuito de avaliar o seu desempenho frente ao modelo atualmente adotado pela empresa.

Para a execução da simulação, foram levantados os dados diários de vendas e de compras durante um período de 2 meses (ou 43 dias úteis), de forma que foi possível “reconstruir” o nível de estoque ao longo do tempo para o modelo de reposição de estoque atualmente adotado.

Embora o horizonte de simulação seja curto, fato que compromete a validação do modelo proposto, ela não deixa de ter utilidade na medida em que fornece alguns subsídios de como o modelo proposto funcionaria na prática. Se o modelo atual tivesse regras de decisão consistentes que permitissem simular o seu funcionamento para períodos futuros de vendas (geradas aleatoriamente a partir do conhecimento de sua distribuição), poder-se-ia utilizar um horizonte de simulação longo o suficiente para compará-lo efetivamente com o modelo proposto. Como isso não ocorre, a forma encontrada para comparar o desempenho do modelo atual com o proposto foi simular o funcionamento deste último sobre os dados de vendas realizadas que se encontravam disponíveis.

Assim, “reconstruído” o funcionamento do modelo atual sobre as vendas reais ocorridas no período considerado de 2 meses, simulou-se o funcionamento do modelo proposto sobre esses mesmos dados de venda, utilizando-se as regras de decisão do modelo.

### 5.3.3. Resultados obtidos

De início, com a aplicação da regra de decisão de pedir, a cada período de revisão  $R$ , a menor quantidade múltipla da quantidade mínima de pedido que elevasse o nível de estoque até o nível de referência superior  $S$ , observou-se que, para a maioria dos itens, isto acarretava por diversas vezes faltas de estoque (se, por exemplo, tivesse que ser pedida uma quantidade 1,8 vezes maior do que a quantidade mínima de pedido, pelas regras atuais, só poderia ser pedida uma quantidade correspondente a uma - e não duas - quantidade mínima de pedido).

Devido a este fato, que inviabilizaria de imediato o modelo proposto, resolveu-se fazer uma alteração na regra de decisão da quantidade de pedido: arredondá-la para o inteiro mais próximo da quantidade mínima de pedido, mesmo sabendo que isso poderia acarretar um nível de estoque superior ao nível  $S$  quando da chegada do pedido (teoricamente, isso não deveria ocorrer; entretanto, sendo  $S$  um nível de referência, a princípio isto não deve ser visto como um entrave que possa inviabilizar o modelo em termos práticos).

Com esta alteração feita, “rodou-se” novamente o modelo, obtendo-se novos resultados. A simulação para cada um dos itens classe A é mostrada com maiores detalhes no ANEXO B. Abaixo, é apresentada, de forma resumida, uma tabela que mostra o desempenho de ambos os modelos, segundo alguns critérios escolhidos, para cada um dos itens.

Tabela 5.3. Desempenho do modelo atual e do proposto (elaborado pelo autor)

PRODUTO	PEDIDOS EMITIDOS			ESTOQUE MÉDIO (Kg)			ESTOQUE MÁXIMO (Kg)		ESTOQUE MÍNIMO (Kg)	
	Mod. Atual	Mod. Prop.	Var.%	Mod. Atual	Mod. Prop.	Var.%	Mod. Atual	Mod. Prop.	Mod. Atual	Mod. Prop.
PROPILENO GLICOL USP	10	8	-20,0%	26.079	23.468	-10,0%	63.401	44.256	5.847	1.212
CLORETO DE METILENO	11	8	-27,3%	27.875	30.620	9,8%	46.395	56.610	5.595	2.705
DOW PER LM	14	8	-42,9%	49.821	57.304	15,0%	84.727	89.072	17.272	8.942
GLICERINA LEVER	5	4	-20,0%	34.868	30.351	-13,0%	49.899	40.068	19.612	18.639
NEU-TRI	8	8	0,0%	14.108	11.328	-19,7%	31.838	28.382	1.134	644
ISOPROPANOL	4	4	0,0%	16.055	13.753	-14,3%	28.646	27.244	3.647	331
PROPILENO GLICOL INDI	4	4	0,0%	28.120	18.299	-34,9%	49.232	32.610	13.500	4.072
MONOETILENO GLICOL	6	4	-33,3%	25.243	15.390	-39,0%	37.269	35.229	12.443	393
ACETONA PURA	7	7	0,0%	21.880	10.471	-52,1%	38.101	16.667	5.074	1.984
TRIETANOLAMINA	3	5	66,7%	9.393	14.416	53,5%	16.304	17.534	1.516	11.554
PERCLOROETILENO	5	5	0,0%	29.213	18.056	-38,2%	56.031	32.267	1.425	4.611
ACETATO DE ETILA	5	4	-20,0%	25.490	7.489	-70,6%	33.633	17.498	15.598	1.221
<b>TOTAL</b>	<b>82</b>	<b>69</b>	<b>-15,9%</b>	<b>308.145</b>	<b>250.946</b>	<b>-18,6%</b>				

\* Não houve falta de estoque para nenhum dos modelos.



De acordo com os dados da tabela anterior, pode-se constatar que, para 9 dos 12 itens, o modelo proposto acarretou menores estoques médios (assim como menores estoque máximos e menores estoques mínimos) e para metade deles, o número de pedidos emitidos foi menor. No cômputo total, houve uma redução geral de 18,6% no estoque médio e de 15,9% no número de pedidos emitidos, indicando que o modelo proposto possa, num prazo maior ao do horizonte de simulação, ser mais adequado do que o modelo atualmente adotado.

Por outro lado, alguns itens apresentaram um valor mínimo de estoque muito baixo (próximo de zero se se considerar a magnitude de suas demandas diárias). Caso ocorresse de se registrar faltas de estoque, dado o horizonte curto de simulação e o alto nível de atendimento pré-especificado (95%), isso seria um sinal de que os parâmetros do modelo devem ser revisados. De acordo com a literatura, recomenda-se para os itens classe A, proceder revisões dos parâmetros do modelo em uma base freqüente, como a cada mês.

Com relação aos custos totais resultantes com o modelo atual e com o modelo proposto, tem-se que, não tendo havido faltas de estoque, o custo total por período de tempo é igual a soma dos custos de pedido e do custo de posse para o período de tempo especificado. Considerando o custo total mensal para fins de comparação entre os modelos, o custo de pedido mensal e o custo de posse mensal ficam assim expressos:

$$\text{custo de pedido mensal} = n^{\circ} \text{ pedidos} * \text{custo unit. pedido} / n^{\circ} \text{ meses}$$

$$\text{custo de posse mensal} = \text{estoque médio} * \text{custo unit. item} * r$$

Onde:

-  $r$  = taxa mensal de se manter o item em estoque

Uma vez que anteriormente tinha-se estimado uma taxa anual de 25% (e não mensal) de se manter o item em estoque, para se determinar a taxa mensal  $r$ , deve-se utilizar a relação:

$$(1 + 0,25)^1 = (1 + r)^{12}$$

Com isso, obtém-se  $r$  igual a 0,018769.

A seguir é apresentada uma tabela comparando o desempenho, em termos de custo, do modelo atual com o modelo proposto.



Tabela 5.4. Desempenho, em termos de custo, do modelo atual e do proposto (elaborado pelo autor)

PRODUTO	Custo unit. item	CUSTO DE PEDIDO MENSAL			CUSTO DE POSSE MENSAL			CUSTO TOTAL MENSAL		
		Mod. Atual	Mod. Prop.	Var.%	Mod. Atual	Mod. Prop.	Var.%	Mod. Atual	Mod. Prop.	Var.%
PROPILENO GLICOL USP	1,38	6,30	5,04	-20,0%	674,41	606,87	-10,0%	680,71	611,91	-10,1%
CLORETO DE METILENO	0,99	6,93	5,04	-27,3%	515,66	566,43	9,8%	522,59	571,47	9,4%
DOW PER LM	0,55	8,82	5,04	-42,9%	512,56	589,55	15,0%	521,38	594,59	14,0%
GLICERINA LEVER	1,55	3,15	2,52	-20,0%	1.011,58	880,53	-13,0%	1.014,73	883,05	-13,0%
NEU-TRI	1,22	5,04	5,04	0,0%	322,67	259,09	-19,7%	327,71	264,13	-19,4%
ISOPROPANOL	0,80	2,52	2,52	0,0%	241,07	206,51	-14,3%	243,59	209,03	-14,2%
PROPILENO GLICOL INDL	1,15	2,52	2,52	0,0%	609,13	396,40	-34,9%	611,65	398,92	-34,8%
MONOETILENO GLICOL	1,00	3,78	2,52	-33,3%	471,60	287,53	-39,0%	475,38	290,05	-39,0%
ACETONA PURA	0,68	4,41	4,41	0,0%	279,07	133,56	-52,1%	283,48	137,97	-51,3%
TRietanolamina	1,36	1,89	3,15	66,7%	238,98	366,75	53,5%	240,87	369,90	53,6%
PERCLOROETILENO	0,55	3,15	3,15	0,0%	303,21	187,41	-38,2%	306,36	190,56	-37,8%
ACETATO DE ETILA	1,08	3,15	2,52	-20,0%	517,29	151,99	-70,6%	520,44	154,51	-70,3%
<b>TOTAL</b>		<b>51,66</b>	<b>43,47</b>	<b>-15,9%</b>	<b>5.697,23</b>	<b>4.632,62</b>	<b>-18,7%</b>	<b>5.748,89</b>	<b>4.676,09</b>	<b>-18,7%</b>

De acordo com os dados da tabela, o modelo proposto proporcionou uma redução dos custos totais mensais dos itens classe A em 18,7%, o que representa uma significativa economia para a empresa.

Desta forma, quando se considera o objetivo global de minimizar os custos totais de estoque, o modelo proposto teve um desempenho superior ao do modelo atual. Quando se considera os objetivos específicos de minimizar as faltas de estoque e de minimizar os excessos de estoque, no primeiro quesito há um empate, enquanto no segundo há significativa vantagem para o modelo proposto. Assim, o modelo proposto mostrou ser mais adequado do que o modelo atual na reposição de estoque dos itens classe A.

## ***Capítulo 6***

---

# ***Propostas de Melhorias na Área Operacional***

## 6.1. Introdução

Este capítulo pretende apresentar propostas de melhorias na área operacional que afetam principalmente a rapidez no carregamento dos caminhões e, conseqüentemente, comprometem o cumprimento das entregas do dia, provocando atrasos indesejados.

Partindo da análise da situação atual feita no capítulo 3, procura-se alternativas viáveis (com possibilidades reais de implantação) para a resolução dos problemas detectados. Para tanto, são consideradas determinadas particularidades da empresa em questão que restringem a adoção de medidas mais profundas. O que se pretende num primeiro momento, dado o estado atual em que a empresa se encontra, é apresentar propostas para os seus problemas operacionais mais visíveis e de resolução mais imediata e que possam servir de incentivo para a identificação e resolução de outros problemas por parte da empresa.

Uma vez apresentadas as propostas, é feita uma avaliação das mesmas, estimando-se os benefícios a serem alcançados com uma possível implantação pela empresa.

## 6.2. Situação atual x situação almejada

Conforme visto no capítulo 3, problemas como a falta de produto envasado na hora do carregamento, fluxo interno de caminhões e produtos caótico e armazenagem dos “produtos acabados” confusa, afetam o tempo de carregamento dos caminhões. Como a atividade de carregamento dos caminhões tem prioridade sobre a atividade de descarregamento e também sobre a retirada de produtos pelo cliente<sup>1</sup> pela razão principal de limitação de espaço interno, um atraso no carregamento significa um atraso no descarregamento, que é uma atividade demorada quando se trata do descarregamento de um carro-tanque (há inclusive uma limitação no número de recebimentos de carros-tanque por dia). Desta forma, pode-se dizer que o carregamento é a atividade operacional mais crítica, com implicações internas (como o atraso no descarregamento) e externas (como a diminuição do tempo de entrega).

Na situação atual, como a maioria dos pedidos é para entrega imediata e só se envasa a matéria-prima na embalagem de comercialização após fechado o pedido, invariavelmente algumas ordens de envase ficam “pendentes” e são executadas no mesmo dia da entrega, tendo como implicação a espera do caminhão na empresa até que se complete o seu carregamento. Além disso, devido à inexistência de docas de recebimento/expedição, os

---

<sup>1</sup> Situação em que o próprio cliente vem retirar o produto na empresa.

caminhões posicionam-se aleatoriamente no espaço interno disponível, não sendo raras as necessidades de manobra quando um caminhão em determinada posição termina o carregamento antes de outros e para que ele possa se dirigir à balança para pesagem final, um outro caminhão (que ainda não terminou o carregamento) deve se movimentar para liberar a passagem. Some a este fato as constantes movimentações das empilhadeiras, no momento do carregamento (a separação de pedidos é feita na hora do carregamento), para transportar os diversos produtos aos respectivos caminhões, e tem-se um fluxo complicado de caminhões e produtos. Um outro ponto crítico é o armazenamento dos “produtos acabados” no depósito 4: apesar da definição de diversas áreas de armazenamento neste depósito, na prática essa divisão não surte efeito, pois pode-se encontrar um mesmo produto em áreas distintas, ou então em uma mesma área pode-se encontrar misturados produtos embalados, produtos envasados e produtos formulados. Isso só traz complicações na hora de carregar os caminhões, pois deve-se primeiro localizar o produto para depois separá-lo, movimentá-lo e colocá-lo no caminhão.

Na situação almejada, tão logo o caminhão entre na empresa de manhã, ele é carregado e liberado o mais cedo possível para as entregas do dia, permitindo que os carros-tanque entrem para o descarregamento. Para que isso seja possível, todos os produtos que serão carregados devem já estar envasados (quando não vem embalados) e, adicionalmente, devem já estar separados. Além disso, o armazenamento dos “produtos acabados” deve permitir a sua rápida localização e separação. Isso sem contar que os fluxos de caminhões e produtos deve ser o mais racional possível.

Para que se possa passar da situação atual para a situação almejada, duas principais propostas de melhoria são apresentadas: o reescalonamento dos horários das diversas atividades e o novo lay-out para as áreas ocupadas pelo depósito 4 e carregamento.

### **6.3. Propostas**

#### **6.3.1. Reescalonamento dos horários**

O reescalonamento dos horários das diversas atividades tem como finalidade principal evitar que matérias-primas sejam envasadas na manhã do dia da entrega, além de introduzir a separação prévia de pedidos para o carregamento. Poder-se-ia pensar em outras alternativas para o problema do envase como uma programação da operação de envase, ao invés de envasar conforme os pedidos de venda vão sendo fechados, ou então manter um certo estoque de



produtos envasados em embalagens de comercialização. Poder-se-ia ainda delimitar um horário máximo para o fechamento de pedido de venda para entrega no dia seguinte (como é o caso dos produtos formulados, cujos pedidos para entrega no dia seguinte devem ser fechados até às 12:00 h do dia anterior ao da entrega). Devido às implicações que cada uma destas alternativas teria para a empresa, seja em termos de sistemas de informação (no caso da programação), seja em termos de espaço de armazenagem para um certo nível de estoque de “produtos acabados”, ou ainda, seja em termos de atendimento das necessidades do cliente (no caso de delimitação do horário de fechamento do pedido), optou-se pela proposta em questão.

A tabela abaixo relaciona os horários atuais (teóricos) das diversas atividades.

Tabela 6.1. Horários atuais das diversas atividades (elaborado pelo autor)

ATIVIDADE	HORÁRIO
Elaboração das OSEs (Ordem de Serviço de Expedição) e dos romaneios do dia	Às 6:00 h
Operação de envase/mistura - 1º turno (4 operadores e 1 empilhador)	Das 6:00 h às 16:00 h
Operação de envase/mistura - 2º turno (4 operadores e 1 empilhador)	Das 7:00 h às 17:00 h
Entrada dos caminhões para carregamento	A partir das 7:00 h
Entrada dos caminhões para descarregamento	A partir das 9:00 h
Fechamento de pedidos de venda e emissão de ordens de envase	Das 8:00 h às 17:00 h
Entrega das notas fiscais, ao setor de Movimentação de Materiais, para elaboração das OSEs e dos romaneios	Às 17:50 h

Da tabela acima, constata-se que pedidos de venda para entrega no dia seguinte podem ser fechados até às 17:00 h, de forma que as ordens de envase também possam ser emitidas até esse horário. No entanto, o expediente de trabalho dos operadores de envase do 2º turno encerra-se às 17:00 h e assim, as ordens de envase emitidas até determinado horário antes das 17:00 h acabam ficando pendentes para o dia seguinte.

Ainda da tabela acima, tem-se que as notas fiscais dos pedidos, necessárias para a elaboração das Ordens de Serviço de Expedição e dos romaneios, são passadas para o setor de Movimentação de Materiais às 17:30 h. O funcionário encarregado de elaborar as OSEs e os romaneios, elabora-os no começo do dia seguinte, a partir das 6:00. Somente quando os caminhões começam a entrar na empresa é que as OSEs são passadas para os empilhadores, que neste momento começam a localizar cada produto descrito na OSE, separando-o, movimentando-o e colocando-o no caminhão correspondente.

As alterações de horários propostas, apresentadas na tabela seguinte, tem como intuito deslocar o horário dos operadores de envase do 2º turno e criar um horário para a separação de pedidos para carregamento.

Tabela 6.2. Horários propostos das diversas atividades (elaborado pelo autor)

ATIVIDADE	HORÁRIO
Separação de produtos para carregamento	Às 6:00 h
Operação de envase/mistura - 1º turno (4 operadores)	Das 6:00 h às 16:00 h
Operação de envase/mistura - 2º turno (4 operadores)	Das 9:00 h às 19:00 h
Entrada dos caminhões para carregamento	A partir das 7:00 h
Entrada dos caminhões para descarregamento	A partir das 9:00 h
Fechamento de pedidos de venda e emissão de ordens de envase	Das 8:00 h às 17:00 h
Entrega das notas fiscais, ao setor de Movimentação de Materiais, para elaboração das OSEs e dos romaneios	Às 17:30 h
Elaboração das OSEs (Ordem de Serviço de Expedição) e dos romaneios do dia seguinte	Às 17:30 h

Deslocando-se o horário de trabalho dos operadores do 2º turno de 7:00/17:00 h para 9:00/19:00 h, tem-se desde a emissão da última ordem de envase do dia (aproximadamente às 17:00 h) até o término do novo expediente (19:00 h), um intervalo de 2:00 h considerado suficiente para que ordens de envase não fiquem pendentes para o dia seguinte. Caso ainda assim haja ordens pendentes (num caso de demanda significativamente acima do normal), os operadores de 1º turno ainda têm um intervalo de 1:00 h para executá-las, antes que os caminhões comecem a entrar para o carregamento.

Essa alteração de horário implica na presença de um empilhador até às 19:00 h para movimentar os produtos envasados. Como em cada turno há um operador de envase que também está habilitado a operar a empilhadeira, não haveria a necessidade de se transferir o horário do empilhador de 2º turno para esse horário proposto. Aliás, tal empilhador deve ter seu horário antecipado (isto é, das 6:00 h às 16:00 h) para ajudar na separação de pedidos e também no carregamento dos caminhões, para que tais atividades possam se desenvolver com rapidez.

Com relação ao horário de elaboração das OSEs e dos romaneios, assim que todas as notas fiscais referentes aos pedidos para entrega no dia seguinte fossem passadas para o setor de Movimentação de Materiais (horário estipulado em 17:30 h), um outro funcionário deste setor (cujo expediente começaria às 9:00 h e terminaria às 19:00 h) seria encarregado de elaborar as OSEs e os romaneios, de forma que eles estivessem disponíveis na manhã do dia seguinte. Assim, a partir das 6:00 h do dia seguinte, os dois empilhadores, de posse das OSEs, já poderiam realizar a separação prévia dos pedidos do dia.

### 6.3.2. Novo lay-out para as áreas ocupadas pelo depósito 4 e carregamento

A proposta de um novo lay-out para as áreas ocupadas atualmente pelo depósito 4 e carregamento visa aproveitar o espaço interno disponível para racionalizar o fluxo de caminhões e de produtos, além de definir uma área para os produtos separados para o carregamento.

Modificações estruturais como ampliação do espaço interno disponível, além de modificações nas formas de movimentação e armazenagem dos “produtos acabados” estão fora do âmbito do presente estudo. O enfoque dado é para o melhor aproveitamento do espaço disponível, mantendo-se inalteradas as formas atuais de movimentação (via empilhadeira com garras para o transporte simultâneo de até 2 tambores) e armazenagem dos produtos no depósito 4 (empilhamento dos tambores de “produtos acabados” paletizados).

De forma esquemática, o novo lay-out das áreas consideradas ficaria conforme a figura abaixo.

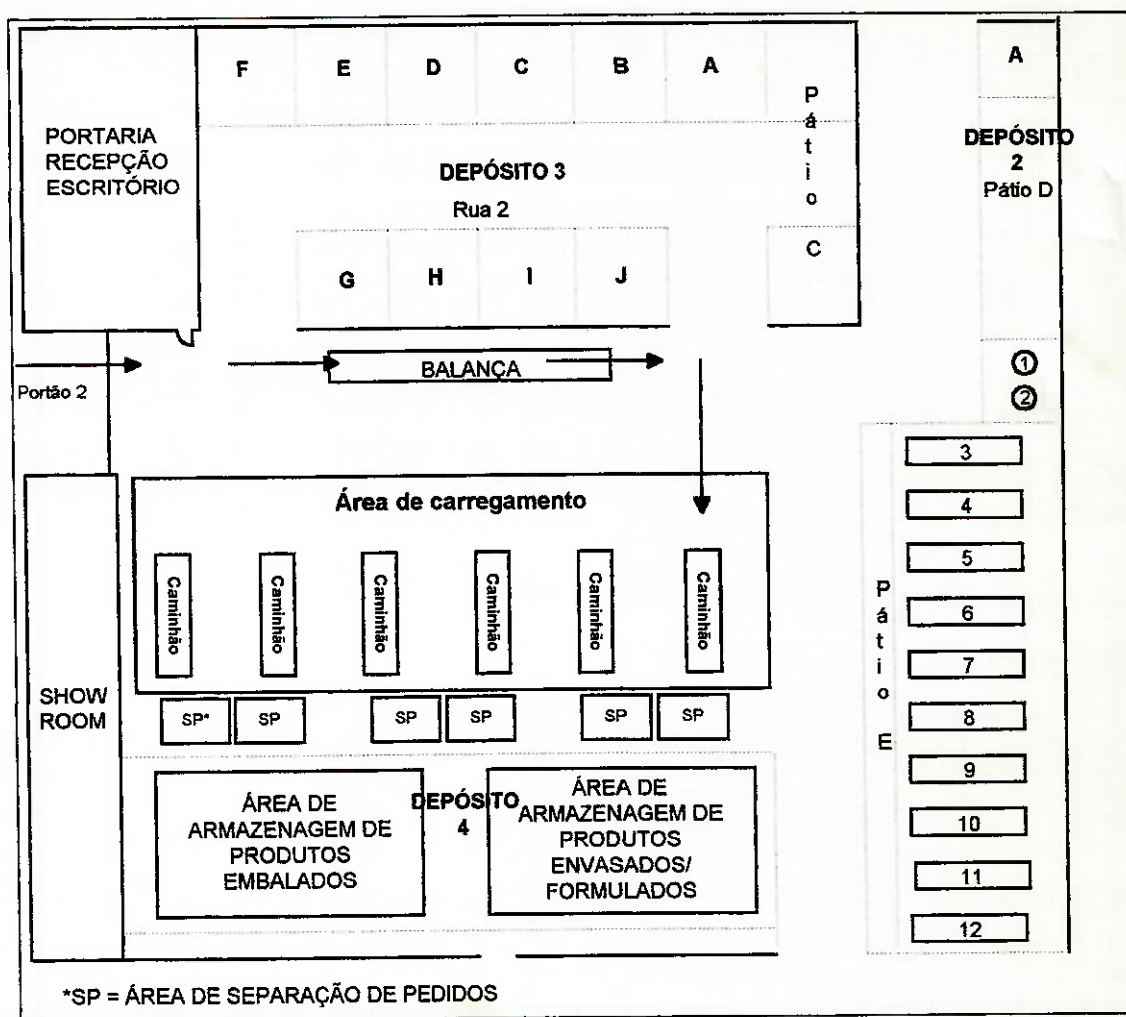


Figura 6.1. Representação esquemática da proposta de novo lay-out (elaborado pelo autor)



Conforme o esquema apresentado anteriormente, a disposição dos caminhões no carregamento foi alterada para facilitar o fluxo dos mesmos na empresa (nenhum caminhão obstrui a passagem de outro, como podia ocorrer na situação vigente - vide figura 3.5), além de terem demarcadas áreas específicas para o carregamento.

Foram criadas áreas de separação de pedidos que, embora diminuam a área de carregamento e a área de armazenagem de “produtos acabados”, agilizam o carregamento dos caminhões.

Com relação às áreas de armazenagem do depósito 4, elas foram redefinidas para que em uma área fiquem armazenados somente os produtos que já vem embalados e na outra área fiquem somente os produtos envasados/formulados. A armazenagem de cada um dos produtos dentro das áreas citadas deverá ser feita conforme a linha a que pertence tal produto.

A seguir, é apresentado um detalhamento da proposta, com o dimensionamento e disposição das áreas reservadas à armazenagem, separação de pedidos e carregamento.

### **6.3.2.1. Detalhamento da proposta**

#### **6.3.2.1.1. Dimensionamento das áreas de armazenagem do depósito 4**

Atualmente, o depósito 4 possui 5 subdivisões (demarcadas no próprio piso) onde são armazenados os “produtos acabados” embalados em tambores de 200 litros de capacidade. Fisicamente, trata-se de um depósito aberto (não há portas, nem colunas) e com cobertura para todas as subdivisões. Expansões ou reduções de seu tamanho podem ser feitas sem implicar em construções ou demolições.

Apesar das subdivisões existentes, a armazenagem é confusa, com produtos embalados misturando-se com produtos envasados e formulados. Observa-se ainda um pequeno aproveitamento da terceira dimensão: apenas alguns produtos paletizados encontram-se empilhados, com os demais se espalhando pela área de armazenagem disponível.

Diante das condições atuais do depósito 4, o que se pretende é redefinir as áreas de armazenagem de modo a torná-lo mais organizando (separando produtos embalados de produtos envasados e formulados) e funcional, além de fazer melhor uso da terceira dimensão. Para tanto, conforme mencionado anteriormente, não serão alteradas as formas atuais de movimentação (via empilhadeira com garras para o transporte simultâneo de 2 tambores) e armazenagem (empilhamento de tambores paletizados até uma altura de 3 cargas).



Para o dimensionamento das áreas de armazenagem deste depósito, serão seguidas as etapas:

- definição dos produtos e quantidades a serem estocadas;
- definição da filosofia apropriada de estocagem;
- determinação das necessidades de espaço para o método de estocagem definido.

Em seguida, será também determinado o espaço dos corredores de acesso às áreas de armazenagem.

- Definição dos produtos e quantidades a serem estocadas

Não haverá mudanças com relação aos produtos que serão estocados no depósito 4 (serão os mesmos produtos embalados que ultimamente ficaram estocados neste depósito, além dos produtos envasados e formulados diariamente). Para a determinação das quantidades a serem estocadas, algumas considerações devem ser feitas.

Todos os produtos embalados estocados no depósito 4 provêm de fornecedores distribuídos. Conforme visto no capítulo 3, para tais produtos “distribuídos”, as necessidades de compra são determinadas utilizando, entre outras informações, a previsão de vendas mensal. Neste caso, um produto pode, em determinado período, não estar estocado (diferentemente de quando se utiliza um modelo de reposição de estoque reativo em que se procura manter continuamente o produto em estoque). Assim sendo, torna-se mais difícil especificar um nível de estoque apropriado a ser mantido para cada produto.

Além disso, conforme se verá mais adiante, pretende-se dispor os produtos embalados de forma que eles fiquem agrupados segundo a linha de produto (ou fornecedor distribuído).

Diante desta situação, procurou-se trabalhar com dados mais agregados, ou seja, com dados sobre as linhas de produto, para a determinação das quantidades a serem estocadas.

Através de um levantamento anual das informações constantes no “Relatório de Inspeção de Estoque”, que registra, quinzenalmente, as quantidades físicas estocadas em cada depósito, chegou-se aos seguintes valores de estoque médio e máximo para cada linha de produto, conforme mostra a tabela 6.3.

Tabela 6.3. Quantidades média e máxima estocadas no depósito 4, por linha de produto  
(elaborado pelo autor)

<i>LINHA DE PRODUTO</i>	<i>QUANTIDADE MÉDIA ESTOCADA</i> <i>(Em tambores de 200 lts)</i>	<i>QUANTIDADE MÁXIMA</i> <i>ESTOCADA</i> <i>(Em tambores de 200 lts)</i>
DOW	414	608
HOECHST	88	136
OXITENO	528	779
RHODIA	92	163

Em relação aos produtos envasados e formulados, o estoque desses produtos é bem menor do que o dos produtos embalados, em virtude de somente se envasar/formular<sup>2</sup> no dia anterior ao da entrega.

Uma grande parcela dos produtos são envasados/formulados em tambores de 200 lts, vindo a seguir os containers de 1000 lts de capacidade, representando uma pequena parcela. De acordo com o Supervisor de Operações, em média 160 tambores e 10 containers são envasados/formulados por dia. O máximo de tambores envasados/formulados em um único dia chegou a aproximadamente 240 tambores, enquanto que para os containers o máximo registrado foi de 15 containers.

- Definição da filosofia apropriada de estocagem

Existem 3 filosofias básicas de estocagem de produto:

- estocagem com localização aleatória, na qual qualquer item pode ser colocado em qualquer local disponível;
- estocagem com localização definida, na qual um determinado item só poderá ser estocado em seu lugar definido e nenhum outro poderá ser estocado naquele lugar;
- estocagem com localização combinada, que envolve a combinação dos 2 anteriores.

De acordo com Moura (1989), “a quantidade de espaço planejado para um item está diretamente relacionada com o método de definição do espaço. Se a estocagem com localização definida for utilizada, então as necessidades de espaço devem se basear no nível máximo. Se a estocagem com localização aleatória for utilizada, então as necessidades de espaço devem se basear no nível médio. Finalmente, se a estocagem com localização combinada for utilizada, então o nível planejado de estoque deve ter um valor entre os níveis máximo e médio”.

A filosofia de estocagem definida foi a estocagem com localização aleatória em virtude da melhor utilização do espaço (“liberando” espaço para a definição da área destinada à separação

<sup>2</sup> A maior parte (aproximadamente 80%) das formulações é feita no dia anterior ao da entrega.

de pedidos). Com isso, serão utilizados os valores dos estoque médios para o dimensionamento da área de estocagem.

Apesar da estocagem com localização aleatória possuir a vantagem de melhor utilização do espaço, ela requer a manutenção de um adequado registro de informações. No caso dos produtos envasados/formulados, isso não será necessário devido à definição da separação de pedidos antes do carregamento (feita na proposta de reescalonamento dos horários), conforme se verá mais adiante. No entanto, para os produtos embalados, isso pode ser necessário mesmo que se facilite a localização agrupando os itens por linha de produto.

- Determinação das necessidades de espaço para o método de estocagem definido

O método de estocagem continuará a ser o atualmente adotado pela empresa: empilhamento de tambores paletizados até uma altura de 3 cargas paletizadas. Uma carga paletizada, no caso dos tambores, corresponde a 4 tambores colocados sobre um pallet de dimensões 1280\*1280 mm (pallet mais utilizado na empresa). Com relação aos containers, eles não são empilhados e uma carga paletizada corresponde a 1 container sobre um pallet de 1280\*1280 mm.

Para a determinação das necessidades de espaço, primeiramente será determinado o número de pilhas (1 pilha = 3 cargas paletizadas empilhadas uma sobre a outra, para o caso dos tambores, e 1 carga paletizada para o caso dos containers) necessárias para a estocagem das diversas linhas.

Com relação aos tambores, em uma pilha haverá 12 tambores (3 cargas paletizadas de 4 tambores cada), enquanto que para os containers, uma pilha corresponderá a 1 container.

Para se determinar o número de pilhas necessárias, basta dividir a quantidade a ser mantida em estoque (expressa em unidades de embalagem) pelo número de embalagens existentes em uma pilha. Desta forma, chegou-se aos resultados mostrados na tabela abaixo.

Tabela 6.4. Número de pilhas de estocagem para cada linha (elaborado pelo autor)

LINHA	QUANTIDADE A SER MANTIDA EM ESTOQUE	QUANTIDADE EM 1 PILHA	NÚMERO DE PILHAS (arredondado para o maior inteiro)
DOW	414 tb	12 tb	35
HOECHST	88 tb	12 tb	8
OXITENO	528 tb	12 tb	44
RHODIA	92 tb	12 tb	8
ENVASADO/FORM. (tb)	160 tb	12 tb	14
ENVASADO/FORM. (ct)	10 ct	1 ct	10



Considerando uma fileira de estocagem como uma sequência de pilhas, deve-se definir quantos pilhas terá cada fileira e assim determinar quantas fileiras de estocagem serão necessárias.

Definindo que cada fileira terá 8 pilhas e dividindo o número de pilhas de cada linha por esse valor, obter-se-á o número de fileiras de estocagem. Como tal valor pode não ser inteiro, convém arredondá-lo para o maior inteiro, corrigindo desta forma o número de pilhas de cada linha (que ficará múltiplo do número de fileiras. Com isso, obteve-se os resultados mostrados na tabela abaixo.

Tabela 6.5. Número de fileiras de estocagem para cada linha (elaborado pelo autor)

LINHA	NÚMERO DE PILHAS	NÚMERO DE FILEIRAS	NÚMERO DE PILHAS "CORRIGIDO"
DOW	35	5	40
HOECHST	8	1	8
OXITENO	44	6	48
RHODIA	8	1	8
ENV./FORM. (tb)	14	2	16
ENV./FORM. (ct)	10	2	16

Por se utilizar pallets de dimensões 1280\*1280 mm, a área ocupada por uma pilha (arredondando para 1,3\*1,3 m) será de 1,69 m<sup>2</sup> e a área ocupada por uma fileira será de 13,52 m<sup>2</sup>. Considerando as 17 fileiras, a área total ocupada para estocagem será de 229,84 m<sup>2</sup>.

- Determinação do espaçamento dos corredores

Dimensionada a área de estocagem, é preciso determinar a largura dos corredores de acesso aos produtos estocados. A largura do corredor deverá ser tal que permita aos equipamentos de movimentação retirar e colocar o produto na área especificada.

Atualmente, os equipamentos de movimentação utilizados são duas empilhadeiras frontais de contrapeso, movidas a GLP, com capacidade para 2,5 ton.

Segundo Moura (1983), a largura mínima do corredor para empilhadeiras frontais de contrapeso de 4 rodas é dada pela expressão:

$$A = R + D + W + C$$

Onde:

- A = largura mínima do corredor para empilhamento em ângulo reto
- R = raio de giro externo
- D = distância da face da carga até a linha do centro do eixo de tração



- W = comprimento da carga
- C = folga desejada

Para as empilhadeiras frontais de contrapeso de 2,5 ton, tem-se:

- R = 2380 mm
- D = 500 mm
- W = 1280 mm
- C = 200 mm

Com isso, obtém-se um valor para a largura mínima do corredor igual a 4,36 m.

#### 6.3.2.1.2. Dimensionamento da área de carregamento

Atualmente, quando do carregamento dos produtos, os caminhões posicionam-se paralelamente à balança rodoviária. Não raro, devido a esse posicionamento, é necessário que um determinado caminhão (ainda em carregamento) tenha que se movimentar para a saída de outro que já acabou de carregar. Ou então, quando isso não ocorre, é necessário que o caminhão, de saída, tenha que efetuar uma manobra mais demorada para passar pela pesagem final na balança. O que se pretende com a mudança do posicionamento dos caminhões (conforme mostrado na figura 6.1) é evitar tal situação e, ao mesmo tempo, determinar posições específicas para um caminhão estacionar e carregar.

Para tanto, deve-se dimensionar a área necessária para que os caminhões possam carregar e manobrar.

De acordo com informações fornecidas pelo setor de Movimentação de Materiais da empresa, são carregados, em média, 6 caminhões por dia. Os caminhões podem ser de 2 tipos: "truck", com capacidade de carga igual a 12,5 ton e "toco", com capacidade de carga igual a 7,5 ton. O carregamento é feito pela lateral do veículo. As dimensões máximas dos caminhões de carregamento não chegam a 7,5 m de comprimento e 2,5 m de largura, de forma que, para efeitos de dimensionamento da área de carregamento, possa-se adotá-los para representar as medidas de um caminhão de carregamento.

Estando estacionado na posição de carregamento proposta (perpendicular à balança rodoviária), o comprimento máximo ocupado será de 7,5 m. Para que o caminhão possa fazer a manobra para a pesagem na balança, estima-se que um comprimento de 10,0 m entre a balança e o caminhão parado na posição de carregamento, deva ser necessário.

Com relação à distância entre os caminhões estacionados, esta deverá permitir um fácil acesso e manobra da empilhadeira durante o carregamento. Utilizando-se como valor de referência para a determinação de tal distância a largura mínima do corredor estabelecida anteriormente, estima-se que uma distância de 4,5 m entre os caminhões seja apropriada. Está-se considerando ainda que o carregamento se dará por uma das laterais (p.e. lateral direita) para todos os caminhões, de forma que se dois caminhões adjacentes estiverem sendo carregados simultaneamente, o carregamento para ambos não será através do espaçamento existente entre eles.

Levando em conta os valores acima definidos, será necessária uma área de carregamento de dimensões iguais a 17,5\*42 m (considerando 6 caminhões ocupando 2,5 m de largura e um espaçamento entre eles igual a 4,5 m).

#### **6.3.2.1.3. Dimensionamento da área de separação de pedidos**

A definição de áreas de separação de pedidos, posicionadas entre a área de carregamento e a área de armazenagem do depósito 4 (conforme mostrado na figura 6.1), tem como função acumular, previamente, todos os pedidos referentes a um dado carregamento, agilizando esta atividade e melhorando o fluxo interno de produtos e veículos.

Essas áreas devem ser capazes de acomodar todos os pedidos referentes a um dado carregamento, independentemente da capacidade do caminhão.

A composição de um carregamento pode apresentar produtos em diversos tipos de embalagem com diferentes capacidades. A embalagem com maior saída é o tambor de 200 lts (presente em mais de 80% dos “produtos acabados” que são vendidos). A maior embalagem, em termos físicos, é o container fabricado pela própria empresa e que apresenta uma capacidade de 1000 lts; mas venda nessa embalagem, em relação aos tambores, é muito menor. Trata-se ainda de uma embalagem que fica na posse do cliente apenas por um período determinado (por exemplo, uma semana), retornando posteriormente à empresa.

De acordo com o setor de Movimentação de Materiais, o caminhão de maior capacidade de carga (12,5 ton) poderia acomodar na sua caçamba até 50 tambores, enquanto que o de menor capacidade de carga (7,5 ton) poderia acomodar até 30 tambores. Isto considerando que o tambor não está paletizado no caminhão, o que se verifica na maioria dos carregamentos realizados. Na área de separação de pedidos, no entanto, convém dispor os produtos sobre pallets, pois alguns deles são carregados paletizados.

Para o dimensionamento da área de separação de pedidos, algumas considerações devem ser feitas.

Se se considerar o máximo carregamento possível (50 tambores), transformá-lo em cargas paletizadas (12, arredondando para baixo) e empilhá-lo até uma altura de 3 cargas, ter-se-á uma área correspondente à ocupada por 4 pilhas, ou seja,  $6,76 \text{ m}^2$  ( $4 \times 1,3 \times 1,3 \text{ m}$ ). Entretanto, se na composição do carregamento existir 5 tipos diferentes de cargas paletizadas (5 tipos diferentes de embalagens), não será possível empilhar essas cargas paletizadas diferentes, de forma que será necessário um espaço, no mínimo, para 5 pilhas ou  $8,45 \text{ m}^2$  ( $5 \times 1,3 \times 1,3 \text{ m}$ ). Observa-se, assim, a importância da composição do carregamento no dimensionamento da área de separação de pedidos.

Uma outra consideração a ser feita é com relação à capacidade de carregamento do maior caminhão em termos de cargas paletizadas: estima-se que na caçamba de tal caminhão seja possível acomodar até 10 cargas paletizadas (para pallet de dimensões  $1280 \times 1280 \text{ mm}$ ).

Conforme visto anteriormente, em média, 160 tambores e 10 containers são envasados/formulados por dia. Transformando esses valores em termos de cargas paletizadas, obtém-se 40 cargas paletizadas de tambores e 10 cargas paletizadas de containers. Dividindo esses valores pelo número médio de caminhões que carregam diariamente, obtém-se 7 cargas paletizadas de tambores por caminhão e 2 cargas paletizadas de containers por caminhão. Somando esses dois valores, chega-se a 9 cargas paletizadas.

Para completar as 10 cargas paletizadas estimadas para o caminhão de maior capacidade, supõe-se que a décima carga seja referente a um outro tipo de embalagem.

Considerando-se que somente cargas paletizadas iguais podem ser empilhadas e respeitando a altura de empilhamento para cada tipo de carga paletizada, obtém-se o número de pilhas que devem ocupar a área de separação de pedidos, conforme mostra a tabela abaixo.

Tabela 6.6. Número de pilhas para determinação da área de separação de pedidos (elaborado pelo autor)

EMBALAGEM	CARGAS PALETIZADAS	ALTURA DE EMPILHAMENTO DE CARGAS PALETIZADAS	NÚMERO DE PILHAS NECESSÁRIAS
TAMBOR	7	3	3
CONTAINER	2	1	2
OUTRA	1	1	1

Cada pilha ocupa uma área igual a  $1,69 \text{ m}^2$  ( $1,3 \times 1,3 \text{ m}$ ). Para 6 pilhas, chega-se a uma área necessária para a separação de pedidos igual a  $10,14 \text{ m}^2$ . Como haverá uma área de separação de

pedidos para cada um dos 6 caminhões de carregamento, no total tem-se uma necessidade de  $60,84 \text{ m}^2$  de área para a acumulação dos pedidos.

#### 6.3.2.1.4. Novo lay-out

Com o dimensionamento das áreas, tem-se as seguintes necessidades líquidas de espaço (não considera áreas dos corredores) mostradas na tabela seguinte.

Tabela 6.7. Necessidades líquidas de espaço para cada área (elaborado pelo autor)

ÁREA	NECESSIDADE LÍQUIDA DE ESPAÇO (em $\text{m}^2$ )
ARMAZENAGEM/DEPÓSITO 4	229,84
CARREGAMENTO	735,00
SEPARAÇÃO DE PEDIDOS	60,84
TOTAL	1025,68

As necessidades líquidas totais de espaço correspondem a  $920,68 \text{ m}^2$ . No lay-out atual, considerando as áreas ocupadas pelo depósito 4 e pelo carregamento, existe uma disponibilidade total de  $1505,00 \text{ m}^2$  (conforme mostra a figura abaixo).

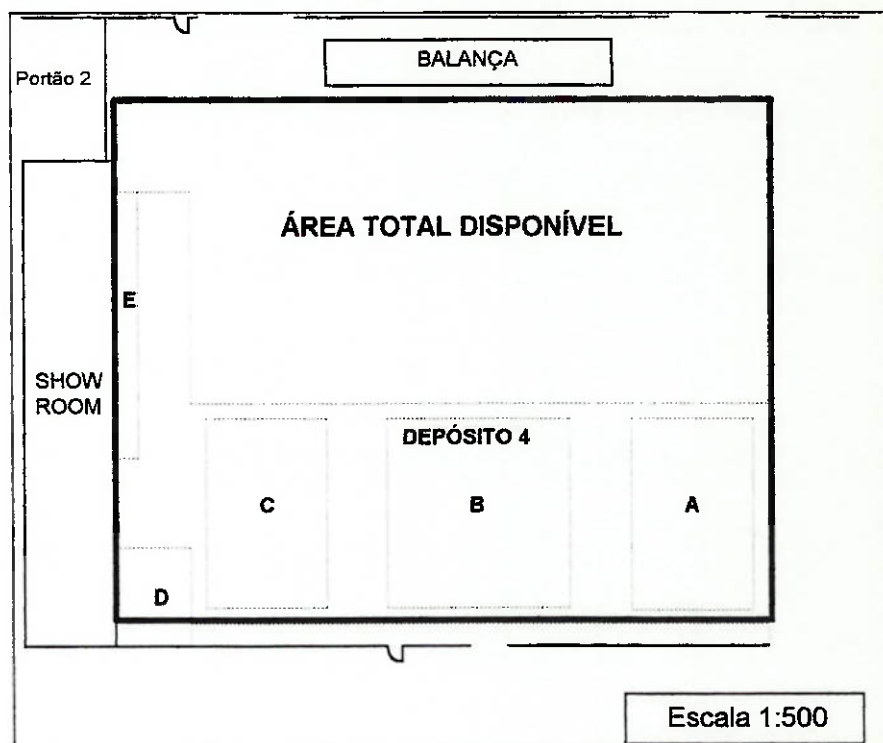


Figura 6.2. Área total disponível (elaborado pelo autor)

Desta forma, mesmo sem considerar as áreas correspondentes aos corredores de acesso, pode-se dizer que há disponibilidade de espaço para as novas áreas propostas.



Resta determinar as disposições das fileiras de estocagem no depósito 4, assim como a disposição do espaço para as áreas de separação de pedidos. Para tanto, fatores como acesso fácil aos produtos estocados e movimentação eficiente dos produtos, devem ser levados em conta.

Após diversas combinações de disposições, chegou-se ao novo lay-out, conforme pode ser visto na figura abaixo.

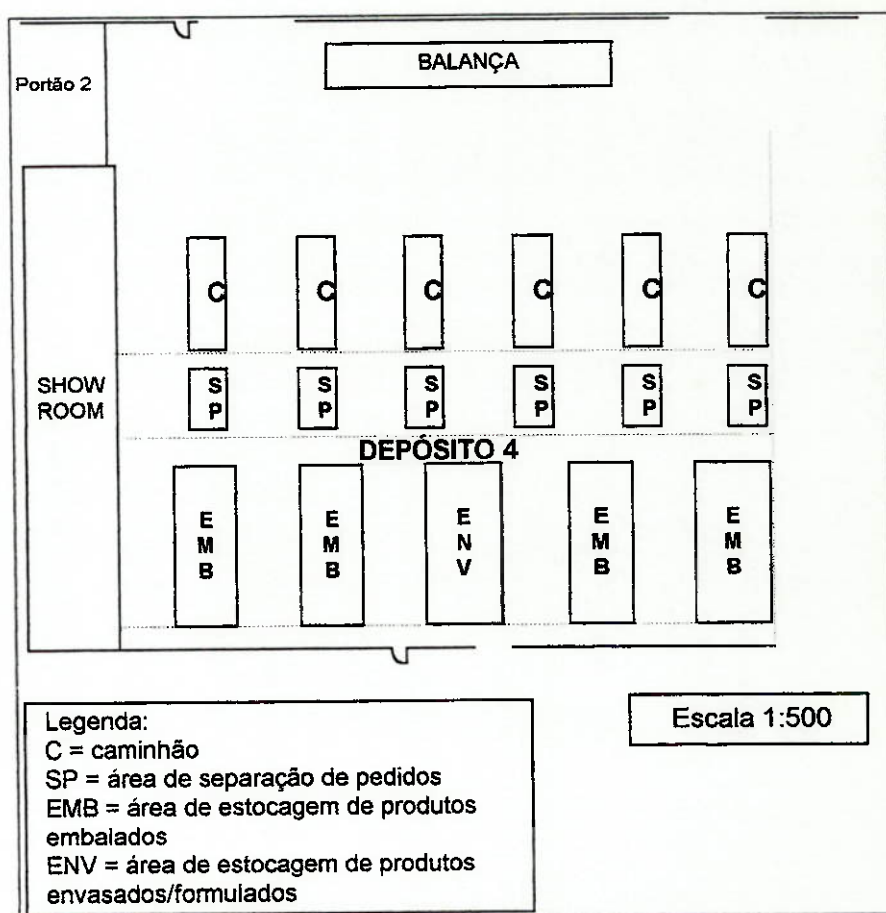


Figura 6.3. Lay-out proposto (elaborado pelo autor)

De acordo com o lay-out proposto, os caminhões ficam dispostos perpendicularmente à balança, entrando de frente nos locais especificados para estacionar e carregar. O carregamento é feito pela lateral do veículo. A posição em que o caminhão deverá estacionar será informada por um funcionário do setor de Movimentação de Materiais e constará na Ordem de Serviço de Expedição para que o empilhador separe os produtos e coloque-os na área de separação apropriada. Caso haja mais de 6 caminhões para se carregar num dia, os pedidos referentes ao sétimo, oitavo, etc. poderão ficar agrupados em uma parte da área destinada ao armazenamento dos produtos envasados/formulados, uma vez que esta área se “esvaziará” temporariamente, de manhã, com a separação dos pedidos antes do carregamento.

Com relação à área de separação de pedidos, ela também funcionará como uma área para acomodar temporariamente os produtos embalados que são descarregados e posteriormente alocados a uma área de armazenagem do depósito 4.

Em relação às áreas de armazenagem do depósito 4, houve uma separação entre os produtos envasados/formulados e os produtos embalados. Destinou-se a área de armazenagem central do depósito aos produtos envasados/formulados devido ao posicionamento que minimiza as distâncias a serem percorridas pela empilhadeira quando da separação dos pedidos.

A seguir, é apresentado um lay-out mais detalhado do depósito 4.

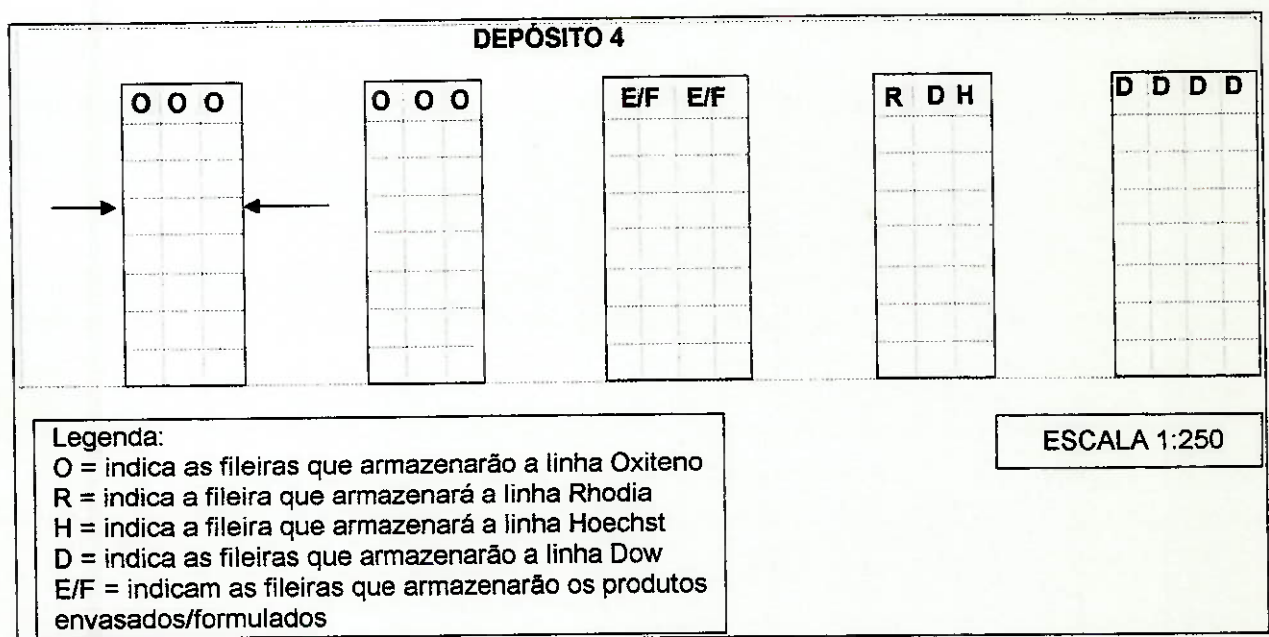


Figura 6.4. Lay-out detalhado do depósito 4 (elaborado pelo autor)

Neste depósito, conforme definido anteriormente, a estocagem é feita de forma aleatória, necessitando assim de um sistema de identificação que facilite a localização do produto desejado. Para os produtos envasados/formulados, isto não será necessário devido à introdução da separação prévia dos pedidos. Quando da separação dos produtos envasados/formulados, o operador de empilhadeira receberá todas as Ordens de Serviço de Expedição (OSEs) que especificarão a posição em que cada caminhão estacionará e os produtos e quantidades que serão carregados em cada caminhão. O empilhador, então, identificará o produto que estiver no começo da fila do estoque de produtos envasados/formulados e verificará nas OSEs em que caminhão o mesmo deverá ser carregado e aonde o caminhão irá estacionar. Com essas informações, ele movimentará e colocará o produto na área de separação indicada.

Com relação aos produtos embalados estocados no depósito 4, um sistema de localização de estoque com a seguinte lógica poderia ser adotado pela empresa:

- i) quando do recebimento de um novo lote de um dado produto, verifica-se os registros de localização do estoque para saber se o produto encontra-se estocado em algum local. Em caso afirmativo, identifica-se a sua localização e se houver disponibilidade de espaço para o produto que chegou, então estoca-se nessa localização e atualiza-se o registro de localização de estoque daquele produto com a nova quantidade disponível no local. Caso o produto não se encontre no estoque ou não haja disponibilidade de espaço para estocar no mesmo local, então o produto é estocado em um local, da mesma linha de produto, que esteja disponível e atualiza-se o registro de localização de estoque do produto com o novo local de estocagem, bem como com a quantidade e o lote do produto;
- ii) quando da retirada de um produto do estoque, consulta-se o registro de localização de estoque do produto e verifica-se onde o mesmo encontra-se estocado. Seguindo o critério FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair), retira-se a quantidade desejada do lote mais antigo (se houver mais de um lote) e atualiza-se o nível de estoque do produto naquele local.

Tal sistema de localização deve ser construído com base em um código de localização.

Para o presente caso, poder-se-ia adotar um código com 4 dígitos:

- i) o primeiro dígito (à esquerda) indicaria o número do depósito em que o produto está armazenado;
- ii) o segundo dígito indicaria a fileira daquele depósito;
- iii) o terceiro dígito indicaria a pilha daquela fileira;
- iv) o quarto dígito indicaria a altura do produto estocado naquela pilha.

A figura seguinte ilustra a aplicação do código.

Código	4	1	1	3
--------	---	---	---	---

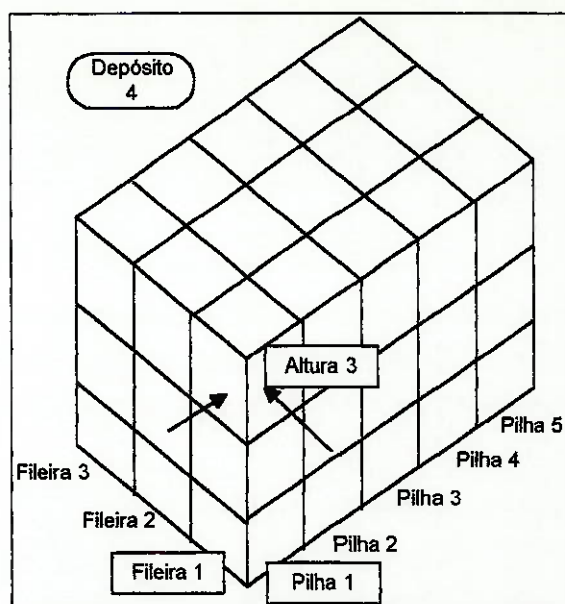


Figura 6.5. Localização de estoque (elaborado pelo autor)

#### 6.4. Avaliação das propostas

De uma forma geral, as propostas feitas visam agilizar a atividade de carregamento dos caminhões (atividade mais crítica identificada), diminuindo o tempo de permanência dos mesmos na empresa e, conseqüentemente, aumentando o tempo para o cumprimento de todas as entregas do dia.

Além de ter um impacto na qualidade do atendimento ao cliente, o cumprimento de todas as entregas do dia evita de o caminhão ficar com alguma carga “pendente” que deverá ser entregue na manhã do dia seguinte. Desta forma, evita-se que o caminhão chegue mais tarde na empresa para o carregamento seguinte. Às vezes, quando há alguma carga pendente, o caminhão retorna para a empresa na manhã do dia seguinte com a carga, diminuindo a sua capacidade de carregamento para os pedidos do dia. Se rotineiramente vários caminhões não cumprem todas as entregas do dia, o aproveitamento de sua capacidade de carregamento tende a diminuir e pode-se chegar a uma situação em que se está mantendo um caminhão a mais do que o necessário para a realização de todas as entregas do dia. Nesta situação, a empresa em questão estará gastando aproximadamente R\$ 4.000,00 mensais (valor médio mensal do frete de um caminhão com entregas diárias) com o caminhão “adicional”.

As propostas apresentadas procuram minimizar a influência das atividades operacionais da empresa no atraso nas entregas, sem no entanto precisar fazer quaisquer investimentos. O único gasto que a empresa terá será na aquisição de tintas para a demarcação das novas áreas.



Com relação aos benefícios quantitativos advindos das propostas feitas, tem-se:

- Redução da área de estocagem

Atualmente, no depósito 4 as áreas de estocagem somam 408,75 m<sup>2</sup>. Com a proposta do novo layout, as novas áreas de estocagem do depósito 4 totalizam 229,84 m<sup>2</sup>. Isto representa uma redução de 43,77% na área de estocagem. Uma parte dessa área “liberada” foi utilizada para a definição das áreas de separação de pedidos.

- Redução do tempo de carregamento

Durante o período de acompanhamento das atividades operacionais do dia-a-dia, pôde-se constatar a relevância do problema do atraso no carregamento dos caminhões. Neste período, levantou-se os dados dos tempos de permanência dos caminhões entre os horários de pesagem inicial e final (registrados no “Gerenciador de Pesagem de Carga”), que corresponde ao tempo de carregamento dos mesmos. Com isso, obteve-se um tempo médio de carregamento igual a 1h12min. Verificou-se que quanto mais cedo o caminhão chegou, maior foi o tempo de carregamento, e vice-versa, por causa principalmente da falta de produto envasado. Em um dos dias analisados, verificou-se que um dado caminhão demorou apenas 20 minutos para carregar completamente. Indagado sobre esse tempo, o Chefe de Movimentação de Materiais afirmou que o carregamento tinha sido rápido devido aos produtos já estarem separados. Dessa forma, pode-se estimar em 20 minutos o tempo de carregamento de um caminhão com a adoção das propostas. Supondo que os 6 caminhões (média diária) cheguem simultaneamente às 7:00 h e havendo somente 2 empilhadores para carregá-los, tem-se que os dois primeiros caminhões ficarão somente 20 minutos para carregar, os dois seguintes ficarão 40 minutos e os dois últimos ficarão 60 minutos. Assim, o tempo médio de carregamento será de 40 minutos, só que todos os 6 caminhões sairão da empresa até às 8:00 h.

Assim sendo, haverá uma redução no tempo médio de carregamento de 1h12min para 40 minutos, o que significa, em termos percentuais, uma redução de 44,44%.

Além desses benefícios quantitativos citados, tem-se os seguintes benefícios:

- melhoria do fluxo interno de veículos e produtos;
- localização mais rápida dos produtos estocados;
- maior facilidade de acesso aos produtos estocados;
- redução do carregamento de produtos errados, com a conferência realizada na separação de pedidos (a atual conferência é feita após o carregamento dos produtos);
- melhor aproveitamento do espaço interno;
- melhoria da imagem da empresa perante os transportadores e clientes.

# *Capítulo 7*

---

## *Conclusão*

As propostas de melhoria apresentadas tanto para a área de gestão de estoques como para a área operacional da empresa mostraram ser adequadas para a situação atual da empresa. Embora para cada proposta tenha-se feito determinadas considerações, simplificações ou adaptações às características peculiares da empresa, o resultado final foi positivo.

O modelo proposto de reposição de estoque para as matérias-primas classe A apresentou resultados superiores ao modelo atualmente utilizado pela empresa, levando em conta as hipóteses adotadas e o objetivo global de minimizar os custos totais de estoque. Além disso, na simulação realizada, o modelo proposto não apresentou faltas de estoque, o que em termos práticos significa a disponibilidade do produto para atendimento imediato, uma situação desejada pela empresa, pois uma parcela dos pedidos de venda que são perdidos deve-se a falta de produto no estoque. A importância do modelo proposto não se restringe somente aos resultados obtidos, mas na própria metodologia utilizada, com base estatística apropriada, que fornece subsídios mais objetivos para a tomada de decisões.

Quanto às propostas do novo lay-out da área operacional e do reescalonamento dos horários, tomadas em conjunto elas tiveram um efeito positivo na redução do tempo de carregamento, além de proporcionar um melhor aproveitamento do limitado espaço interno e um melhor fluxo interno de veículos e produtos. Uma implicação mais ampla dessas propostas é o aumento do tempo que o caminhão terá para cumprir todas as entregas do dia, diminuindo as chances de ocorrer atrasos. Além disso, ambas as propostas podem ser implantadas sem a necessidade de investimentos.

Um ponto crítico com relação à proposta do lay-out para a área operacional é que ela considerou como constantes determinados fatores, tais como os métodos de movimentação e armazenagem atualmente adotados. Existe um significativo inter-relacionamento entre movimentação, armazenagem e lay-out, de forma que o ideal seria tratá-los conjuntamente (considerando suas variações) para se alcançar maiores ganhos. No entanto, dada a abrangência que um estudo desses teria, isto se constituiria, por si só, em um outro trabalho.

Outro ponto a ser destacado foi a decisão de se concentrar os esforços nos problemas considerados prioritários e “visíveis”. Existem vários outros problemas não tão “visíveis”, mas que requerem uma maior atenção por parte da empresa. Espera-se que este trabalho sirva de incentivo para que a empresa possa identificar os diversos problemas existentes e buscar soluções para os mesmos.

Como possíveis extensões deste trabalho, tem-se: a definição de modelos de reposição de estoque para os itens B e C; e um estudo de movimentação e armazenagem nos depósitos da empresa.



# ***Anexo A***

---

## ***Projeção de Vendas***

**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA  
EXPONENCIAL PARA UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Acetato de Etila

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t \text{ (est)} $
-5	22.363,455	(111.817,273)	28.903,104	6.539,649
-4	36.081,456	(144.325,825)	29.029,696	7.051,760
-3	25.717,140	(77.151,419)	29.156,289	3.439,149
-2	31.808,095	(63.616,189)	29.282,881	2.525,213
-1	39.167,700	(39.167,700)	29.409,474	9.758,227
0	20.179,665	0,000	29.536,066	9.356,402

$X_0$ (est)	29.536,066
$T_0$ (est)	126,593
$D_0$ (est)	9.667,600
$V_1$ (est)	29.662,659

Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t \text{ (est)}$
1	29.662,659	38.458,067	32.301,281	918,179	9.580,381	8.795,408
2	33.219,461	34.070,577	33.474,796	994,780	8.707,454	851,117
3	34.469,575	35.584,006	34.803,905	1.095,079	7.948,152	1.114,431
4	35.898,983	31.081,267	34.453,668	661,484	7.635,108	(4.817,716)
5	35.115,152	22.930,903	31.459,878	(435,098)	8.090,023	(12.184,250)
6	31.024,779	19.044,423	27.430,672	(1.513,330)	8.479,056	(11.980,356)
7	25.917,342	15.736,640	22.863,131	(2.429,594)	8.649,221	(10.180,702)
8	20.433,538	16.582,443	19.278,209	(2.776,192)	8.169,408	(3.851,095)
9	16.502,017	13.827,253	15.699,588	(3.016,921)	7.619,944	(2.674,764)
10	12.682,667	15.677,087	13.580,993	(2.747,423)	7.157,391	2.994,420
11	10.833,570	22.303,606	14.274,581	(1.715,120)	7.588,656	11.470,036
12	12.559,461	24.630,550	16.180,787	(628,722)	8.036,899	12.071,089

SA	(1,044)
----	---------

**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL  
PARA UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Acetona Pura

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t(\text{est})$  = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t(\text{est})$  = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t(\text{est})$  = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t(\text{est})$  = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t(\text{est})$	$ V_t - V_t(\text{est}) $
-5	47.206,393	(236.031,966)	44.541,842	2.664,552
-4	45.452,714	(181.810,856)	47.519,222	2.066,508
-3	46.312,242	(138.936,726)	50.496,603	4.184,361
-2	56.633,570	(113.267,140)	53.473,983	3.159,587
-1	57.628,548	(57.628,548)	56.451,364	1.177,184
0	58.678,291	0,000	59.428,744	750,453

$X_0(\text{est})$	59.428,744
$T_0(\text{est})$	2.977,381
$D_0(\text{est})$	3.500,661
$V_1(\text{est})$	62.406,125

Projeção de vendas						
$t$	$V_t(\text{est})$	$V_t$	$X_t(\text{est})$	$T_t(\text{est})$	$D_t(\text{est})$	$V_t - V_t(\text{est})$
1	62.406,125	59.597,178	61.563,441	2.724,575	3.431,490	(2.808,946)
2	64.288,016	42.085,620	57.627,297	726,360	5.308,580	(22.202,397)
3	58.353,657	57.326,424	58.045,487	633,909	4.880,446	(1.027,233)
4	58.679,396	48.915,021	55.750,083	(244,885)	5.368,839	(9.764,375)
5	55.505,198	38.896,289	50.522,525	(1.739,687)	6.492,846	(16.608,910)
6	48.782,839	50.043,074	49.160,909	(1.626,266)	5.969,585	1.260,236
7	47.534,644	42.672,628	46.076,039	(2.063,847)	5.858,828	(4.862,015)
8	44.012,192	41.409,362	43.231,343	(2.298,102)	5.533,228	(2.602,830)
9	40.933,241	42.129,473	41.292,111	(2.190,441)	5.099,528	1.196,232
10	39.101,670	29.810,073	36.314,191	(3.026,685)	5.518,735	(9.291,597)
11	33.287,506	37.586,833	34.577,304	(2.639,745)	5.396,794	4.299,327
12	31.937,559	35.471,942	32.997,874	(2.321,651)	5.210,553	3.534,383

SA	(11,300)
----	----------

**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL PARA  
UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Cloreto de Metileno

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t \text{ (est)} $
-5	148.699,327	(743.496,636)	158.913,105	10.213,778
-4	165.727,866	(662.911,465)	146.743,213	18.984,654
-3	122.501,025	(367.503,075)	134.573,320	12.072,295
-2	128.308,611	(256.617,221)	122.403,427	5.905,184
-1	109.770,327	(109.770,327)	110.233,534	463,207
0	95.923,083	0,000	98.063,641	2.140,558

$X_0$ (est)	98.063,641
$T_0$ (est)	(12.169,893)
$D_0$ (est)	12.444,919
$V_1$ (est)	85.893,748

Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t \text{ (est)}$
1	85.893,748	95.518,441	88.781,156	(11.303,671)	12.162,896	9.624,694
2	77.477,485	108.672,771	86.836,071	(8.496,095)	14.066,135	31.195,286
3	78.339,976	108.600,866	87.418,243	(5.772,615)	15.685,611	30.260,890
4	81.645,629	112.828,055	91.000,357	(2.966,196)	17.235,292	31.182,426
5	88.034,160	74.829,199	84.072,672	(4.154,643)	16.832,259	(13.204,961)
6	79.918,029	89.089,272	82.669,402	(3.329,231)	16.066,158	9.171,243
7	79.340,171	84.790,766	80.975,350	(2.838,677)	15.004,601	5.450,595
8	78.136,672	73.665,055	76.795,187	(3.241,123)	13.951,303	(4.471,617)
9	73.554,064	118.828,805	87.136,486	833,604	17.083,647	45.274,741
10	87.970,090	120.913,370	97.853,074	3.798,499	18.669,610	32.943,280
11	101.651,573	132.321,470	110.852,542	6.558,790	19.869,639	30.669,897
12	117.411,332	138.001,208	123.588,295	8.411,879	19.941,663	20.589,876

SA	11,468
----	--------



**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL  
PARA UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Dow Per LM

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t \text{ (est)} $
-5	141.695,105	(708.475,524)	150.384,882	8.689,777
-4	176.920,105	(707.680,419)	162.741,883	14.178,222
-3	176.979,105	(530.937,314)	175.098,885	1.880,220
-2	197.050,000	(394.100,000)	187.455,887	9.594,113
-1	161.720,000	(161.720,000)	199.812,888	38.092,888
0	233.300,000	0,000	212.169,890	21.130,110

$X_0$ (est)	212.169,890
$T_0$ (est)	12.357,002
$D_0$ (est)	23.391,333
$V_1$ (est)	224.526,891

Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t \text{ (est)}$
1	224.526,891	197.530,000	216.427,824	9.927,281	23.751,888	(26.996,891)
2	226.355,105	194.780,105	216.882,605	7.085,531	24.534,200	(31.575,001)
3	223.968,137	146.665,000	200.777,196	128,249	29.811,093	(77.303,137)
4	200.905,445	186.470,105	196.574,843	(1.170,932)	28.273,518	(14.435,340)
5	195.403,911	138.180,157	178.236,785	(6.321,069)	31.168,542	(57.223,754)
6	171.915,716	124.045,105	157.554,532	(10.629,424)	32.838,748	(47.870,611)
7	146.925,108	151.415,157	148.272,123	(10.225,320)	30.003,879	4.490,049
8	138.046,803	168.992,210	147.330,425	(7.440,233)	30.098,031	30.945,407
9	139.890,192	165.375,105	147.535,666	(5.146,591)	29.636,720	25.484,913
10	142.389,074	158.005,052	147.073,868	(3.741,153)	28.234,645	15.615,978
11	143.332,715	204.676,105	161.735,732	1.779,752	31.545,520	61.343,390
12	163.515,484	243.255,105	187.437,370	8.956,318	36.364,930	79.739,621

SA (1,039)

**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL  
PARA UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Glicerina

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t \text{ (est)} $
-5	4.250,000	(21.250,000)	7.738,095	3.488,095
-4	17.750,000	(71.000,000)	21.059,524	3.309,524
-3	20.750,000	(62.250,000)	34.380,952	13.630,952
-2	69.500,000	(139.000,000)	47.702,381	21.797,619
-1	89.000,000	(89.000,000)	61.023,810	27.976,190
0	45.000,000	0,000	74.345,238	29.345,238

$X_0$ (est)	74.345,238
$T_0$ (est)	13.321,429
$D_0$ (est)	24.886,905
$V_1$ (est)	87.666,667

Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t \text{ (est)}$
1	87.666,667	49.550,000	76.231,667	9.890,929	26.209,881	(38.116,667)
2	86.122,595	45.500,000	73.935,817	6.234,895	27.651,152	(40.622,595)
3	80.170,712	92.500,000	83.869,498	7.344,531	26.118,966	12.329,288
4	91.214,029	29.750,000	72.774,820	1.812,768	29.653,472	(61.464,029)
5	74.587,589	72.750,000	74.036,312	1.647,385	26.871,884	(1.837,589)
6	75.683,697	85.500,000	78.628,588	2.530,853	25.166,326	9.816,303
7	81.159,441	35.250,000	67.386,609	(1.600,997)	27.240,637	(45.909,441)
8	65.785,611	50.250,000	61.124,928	(2.999,202)	26.070,135	(15.535,611)
9	58.125,726	56.300,000	57.578,008	(3.163,517)	23.645,694	(1.825,726)
10	54.414,491	42.000,000	50.690,143	(4.280,822)	22.522,574	(12.414,491)
11	46.409,322	29.750,000	41.411,525	(5.780,161)	21.936,248	(16.659,322)
12	35.631,365	42.500,000	37.691,955	(5.161,983)	20.429,487	6.868,635

SA	(10,053)
----	----------

**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL  
PARA UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Isopropanol

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t \text{ (est)} $
-5	17.078,358	(85.391,791)	21.932,859	4.854,501
-4	21.792,825	(87.171,300)	25.869,838	4.077,013
-3	33.493,989	(100.481,968)	29.806,818	3.687,172
-2	53.808,988	(107.617,975)	33.743,797	20.065,190
-1	27.069,439	(27.069,439)	37.680,777	10.611,337
0	37.408,245	0,000	41.617,756	4.209,510

$X_0$ (est)	41.617,756
$T_0$ (est)	3.936,979
$D_0$ (est)	11.876,181
$V_1$ (est)	45.554,735

Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t \text{ (est)}$
1	45.554,735	35.610,126	42.571,352	3.041,964	11.683,024	(9.944,610)
2	45.613,317	41.443,533	44.362,382	2.666,684	10.931,700	(4.169,784)
3	47.029,066	58.240,449	50.392,481	3.675,708	10.959,668	11.211,384
4	54.068,189	55.408,268	54.470,213	3.796,316	9.997,709	1.340,079
5	58.266,529	43.316,931	53.781,649	2.450,852	10.492,898	(14.949,598)
6	56.232,501	59.959,820	57.350,697	2.786,311	9.816,340	3.727,319
7	60.137,007	38.342,355	53.598,612	824,792	11.014,172	(21.794,652)
8	54.423,403	50.327,720	53.194,698	456,180	10.322,323	(4.095,684)
9	53.650,879	31.555,813	47.022,359	(1.532,376)	11.499,597	(22.095,066)
10	45.489,983	43.012,845	44.746,842	(1.755,318)	10.597,351	(2.477,138)
11	42.991,523	38.563,717	41.663,182	(2.153,821)	9.980,397	(4.427,806)
12	39.509,361	28.847,450	36.310,788	(3.113,393)	10.048,548	(10.661,911)

SA	(7,796)
----	---------

**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL PARA UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Monoetileno Glicol

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t \text{ (est)} $
-5	46.195,142	(230.975,712)	47.910,261	1.715,118
-4	43.149,885	(172.599,539)	43.464,044	314,159
-3	48.556,820	(145.670,459)	39.017,827	9.538,992
-2	29.017,542	(58.035,085)	34.571,611	5.554,068
-1	22.448,782	(22.448,782)	30.125,394	7.676,612
0	31.400,142	0,000	25.679,177	5.720,965

$X_0$ (est)	25.679,177
$T_0$ (est)	(4.446,217)
$D_0$ (est)	7.629,979
$V_1$ (est)	21.232,961

Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t \text{ (est)}$
1	21.232,961	21.429,742	21.291,995	(4.428,506)	6.886,659	196,782
2	16.863,489	18.308,171	17.296,894	(4.298,485)	6.342,461	1.444,682
3	12.998,409	29.577,856	17.972,243	(2.806,335)	7.366,160	16.579,447
4	15.165,908	38.055,371	22.032,747	(746,283)	8.918,490	22.889,463
5	21.286,464	22.034,971	21.511,016	(678,917)	8.101,492	748,507
6	20.832,099	36.534,951	25.542,955	734,339	8.861,628	15.702,852
7	26.277,294	41.136,031	30.734,915	2.071,626	9.461,339	14.858,737
8	32.806,541	53.416,921	38.989,655	3.926,560	10.576,243	20.610,380
9	42.916,215	31.949,914	39.626,325	2.939,593	10.615,249	(10.966,301)
10	42.565,917	31.314,571	39.190,514	1.926,972	10.678,859	(11.251,346)
11	41.117,485	24.524,914	36.139,714	433,640	11.270,230	(16.592,572)
12	36.573,354	37.363,885	36.810,513	504,788	10.222,260	790,531

SA	5,382
----	-------



**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL  
PARA UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Neu-Tri

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t \text{ (est)} $
-5	35.384,574	(176.922,871)	43.240,586	7.856,012
-4	41.671,817	(166.687,269)	47.134,480	5.462,663
-3	62.162,574	(186.487,721)	51.028,375	11.134,199
-2	76.503,120	(153.006,240)	54.922,269	21.580,851
-1	43.382,574	(43.382,574)	58.816,163	15.433,589
0	58.747,271	0,000	62.710,058	3.962,786

$X_0$ (est)	62.710,058
$T_0$ (est)	3.893,894
$D_0$ (est)	16.357,525
$V_1$ (est)	66.603,952

Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t \text{ (est)}$
1	66.603,952	43.827,028	59.770,875	1.843,971	16.999,465	(22.776,924)
2	61.614,846	55.594,877	59.808,855	1.302,174	15.901,515	(6.019,969)
3	61.111,029	43.068,817	55.698,366	(321,625)	16.115,585	(18.042,212)
4	55.376,741	67.116,423	58.898,645	734,946	15.677,995	11.739,682
5	59.633,591	36.547,726	52.707,832	(1.342,782)	16.418,782	(23.085,866)
6	51.365,050	56.544,264	52.918,814	(876,652)	15.294,825	5.179,214
7	52.042,162	65.372,817	56.041,358	323,107	15.098,408	13.330,655
8	56.364,465	47.479,423	53.698,952	(476,547)	14.477,071	(8.885,042)
9	53.222,405	61.314,423	55.650,010	251,734	13.838,566	8.092,018
10	55.901,745	54.757,265	55.558,401	148,731	12.569,157	(1.144,479)
11	55.707,132	63.022,265	57.901,672	807,093	12.043,755	7.315,133
12	58.708,765	46.801,896	55.136,705	(264,525)	12.030,066	(11.906,870)

SA	(3,841)
----	---------

**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL  
PARA UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Percloroetileno

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t(\text{est})$  = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t(\text{est})$  = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t(\text{est})$  = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t(\text{est})$  = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t(\text{est})$	$ V_t - V_t(\text{est}) $
-5	40.148,400	(200.742,000)	35.838,681	4.309,719
-4	27.155,000	(108.620,000)	38.199,795	11.044,795
-3	50.272,500	(150.817,500)	40.560,910	9.711,590
-2	40.545,000	(81.090,000)	42.922,024	2.377,024
-1	43.533,000	(43.533,000)	45.283,138	1.750,138
0	48.794,900	0,000	47.644,252	1.150,648

$X_0(\text{est})$	47.644,252
$T_0(\text{est})$	2.361,114
$D_0(\text{est})$	7.585,979
$V_1(\text{est})$	50.005,367

Projeção de vendas						
$t$	$V_t(\text{est})$	$V_t$	$X_t(\text{est})$	$T_t(\text{est})$	$D_t(\text{est})$	$V_t - V_t(\text{est})$
1	50.005,367	41.752,000	47.529,357	1.618,311	7.652,717	(8.253,367)
2	49.147,668	39.774,500	46.335,718	774,726	7.824,762	(9.373,168)
3	47.110,444	38.287,000	44.463,411	(19,384)	7.924,631	(8.823,444)
4	44.444,027	70.977,500	52.404,069	2.368,629	9.785,515	26.533,473
5	54.772,698	40.616,500	50.525,838	1.094,571	10.222,583	(14.156,198)
6	51.620,409	46.319,100	50.030,017	617,453	9.730,456	(5.301,309)
7	50.647,470	37.636,500	46.744,179	(553,534)	10.058,507	(13.010,970)
8	46.190,645	59.707,500	50.245,701	662,983	10.404,342	13.516,855
9	50.908,684	32.501,000	45.386,379	(993,709)	11.204,676	(18.407,684)
10	44.392,670	56.319,500	47.970,719	79,706	11.276,892	11.926,830
11	48.050,425	78.302,000	57.125,898	2.802,348	13.174,360	30.251,575
12	59.928,245	70.373,000	63.061,672	3.742,376	12.901,399	10.444,755

SA	1,190
----	-------

**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL PARA UM  
MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Propileno Glicol Industrial

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t \text{ (est)} $
-5	29.394,000	(146.970,000)	24.286,571	5.107,429
-4	20.391,000	(81.564,000)	25.349,943	4.958,943
-3	25.668,000	(77.004,000)	26.413,314	745,314
-2	29.415,000	(58.830,000)	27.476,686	1.938,314
-1	21.198,000	(21.198,000)	28.540,057	7.342,057
0	35.604,000	0,000	29.603,429	6.000,571

$X_0$ (est)	29.603,429
$T_0$ (est)	1.063,371
$D_0$ (est)	6.523,157
$V_1$ (est)	30.666,800

Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t \text{ (est)}$
1	30.666,800	18.216,000	26.931,560	(57,201)	7.115,921	(12.450,800)
2	26.874,359	24.861,000	26.270,352	(238,403)	6.605,665	(2.013,359)
3	26.031,949	31.878,000	27.785,764	287,742	6.529,704	5.846,051
4	28.073,506	27.552,000	27.917,054	240,806	5.928,884	(521,506)
5	28.157,860	23.184,000	26.665,702	(206,841)	5.833,382	(4.973,860)
6	26.458,861	27.117,000	26.656,303	(147,609)	5.315,857	658,139
7	26.508,694	22.770,000	25.387,086	(484,091)	5.158,141	(3.738,694)
8	24.902,995	28.794,000	26.070,296	(133,901)	5.031,427	3.891,005
9	25.936,396	37.260,000	29.333,477	885,224	5.660,645	11.323,604
10	30.218,701	40.572,000	33.324,690	1.817,021	6.129,911	10.353,299
11	35.141,711	40.200,000	36.659,198	2.272,267	6.022,748	5.058,289
12	38.931,464	29.394,000	36.070,225	1.413,895	6.374,220	(9.537,464)

SA	0,611
----	-------

**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL PARA  
UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Propileno Glicol USP

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

SA = sinal de alerta

Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t$ (est)
-5	88.839,000	(444.195,000)	85.136,408	3.702,592
-4	76.924,000	(307.696,000)	85.685,885	8.761,885
-3	99.497,000	(298.491,000)	86.235,362	13.261,638
-2	82.613,055	(165.226,110)	86.784,839	4.171,784
-1	72.427,550	(72.427,550)	87.334,317	14.906,767
0	98.760,000	0,000	87.883,794	10.876,206

$X_0$ (est)	87.883,794
$T_0$ (est)	549,477
$D_0$ (est)	13.920,218
$V_1$ (est)	88.433,271

Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t$ (est)
1	88.433,271	102.277,550	92.586,555	1.795,462	13.912,624	13.844,279
2	94.382,017	88.331,425	92.566,840	1.250,909	13.126,421	(6.050,592)
3	93.817,749	93.255,000	93.648,924	1.200,262	11.870,054	(562,749)
4	94.849,186	84.187,550	91.650,695	240,714	11.749,212	(10.661,636)
5	91.891,409	76.818,000	87.369,387	(1.115,892)	12.081,632	(15.073,409)
6	86.253,494	84.685,550	85.783,111	(1.257,007)	11.030,263	(1.567,944)
7	84.526,104	87.373,550	85.380,338	(1.000,737)	10.211,981	2.847,446
8	84.379,600	108.582,775	91.640,553	1.177,549	11.611,101	24.203,175
9	92.818,101	135.441,630	105.605,160	5.013,666	14.712,343	42.623,529
10	110.618,826	91.473,100	104.875,108	3.290,551	15.155,682	(19.145,726)
11	108.165,659	115.609,675	110.398,864	3.960,512	14.384,515	7.444,016
12	114.359,376	122.535,300	116.812,153	4.696,345	13.763,656	8.175,924

SA	3,348
----	-------



**PROJEÇÃO DE VENDAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA EXPONENCIAL  
PARA UM MODELO DE VENDA COM TRAJETÓRIA**

Produto: Trietanolamina

Notação:

$V_t$  = venda real ocorrida no período  $t$

$V_t$  (est) = previsão de vendas para o período  $t$ , feita em  $(t-1)$

$X_t$  (est) = estimativa do valor médio da venda feita no final do período  $t$

$T_t$  (est) = estimativa da variação da média feita no final do período  $t$

$D_t$  (est) = estimativa do desvio absoluto médio feita no final do período  $t$

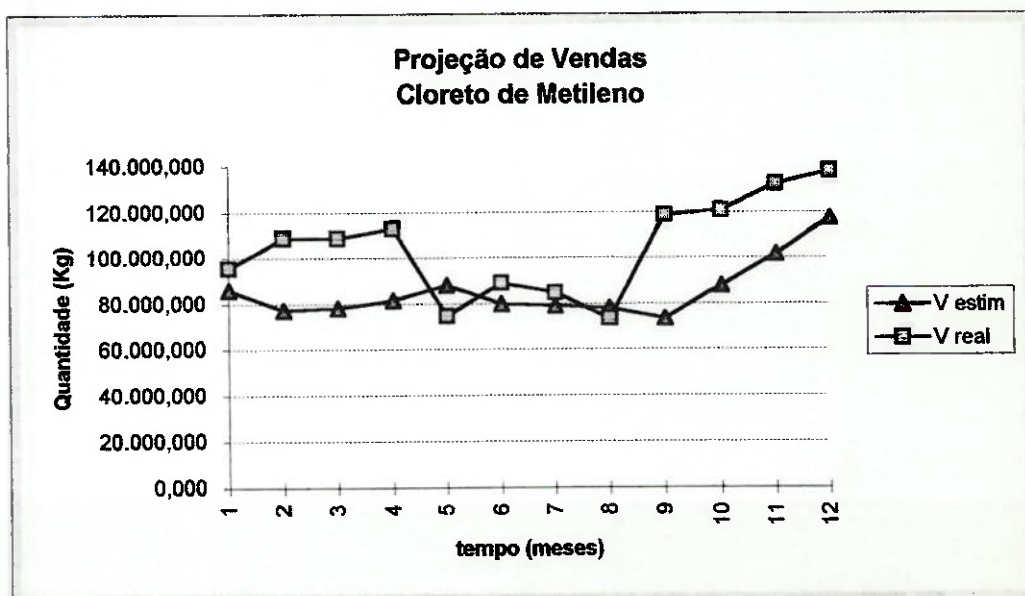
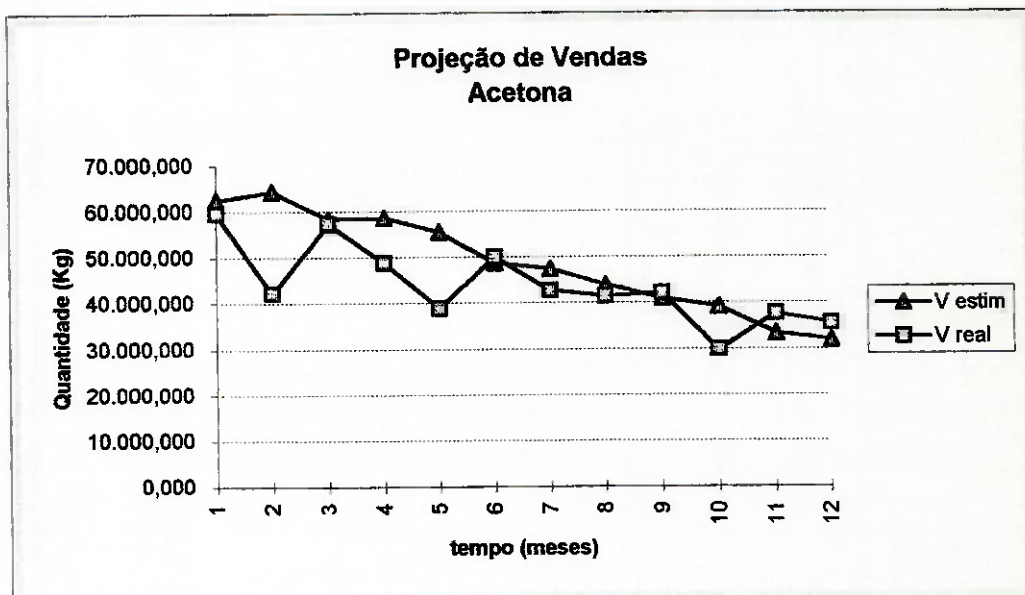
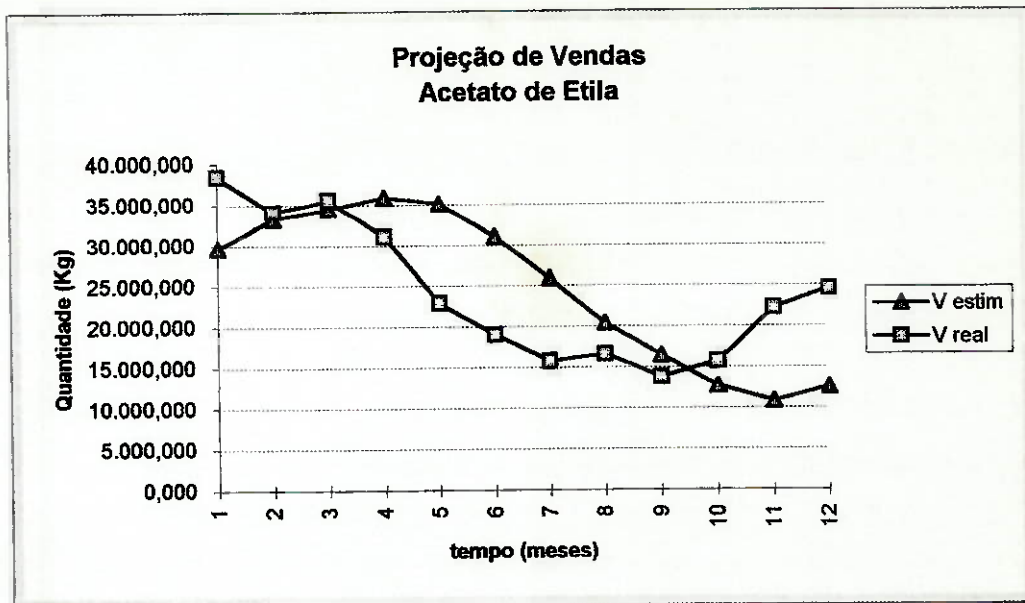
SA = sinal de alerta

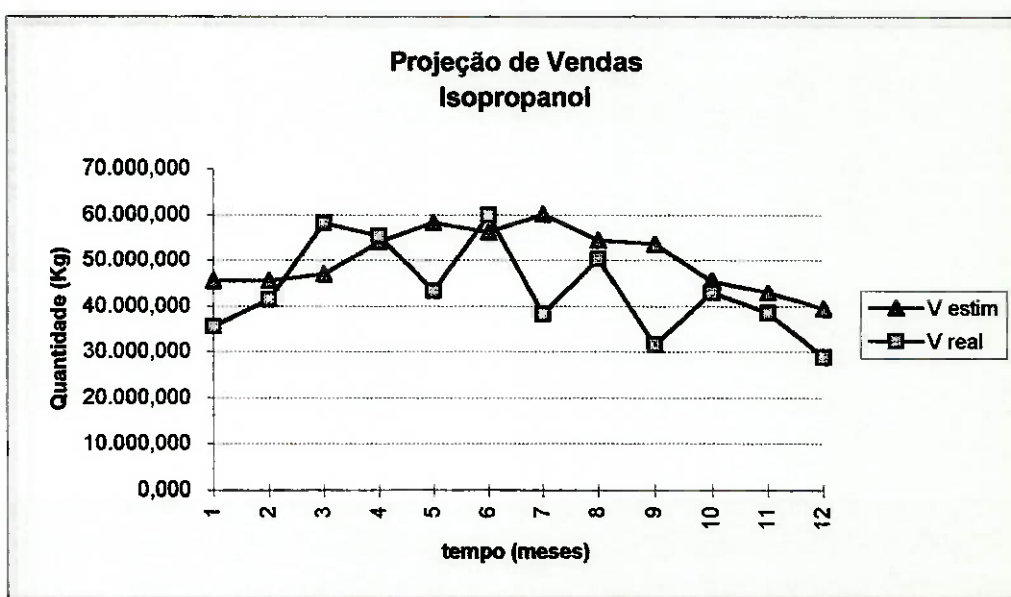
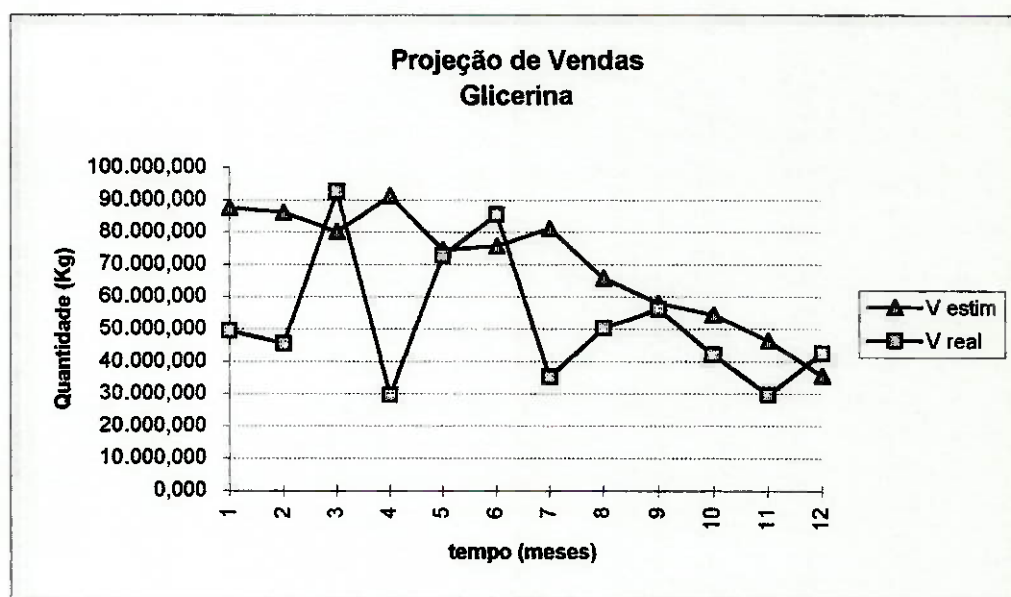
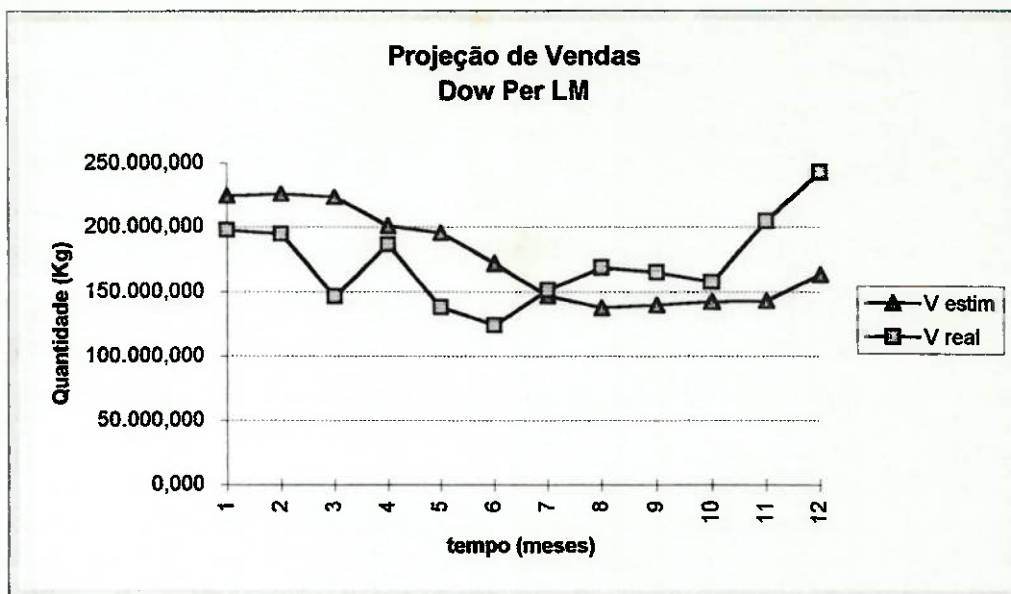
Inicialização do modelo: determinação das estimativas iniciais				
$t$	$V_t$	$t \cdot V_t$	$V_t$ (est)	$ V_t - V_t \text{ (est)} $
-5	31.881,733	(159.408,664)	26.110,112	5.771,621
-4	27.095,025	(108.380,099)	25.477,109	1.617,916
-3	18.287,282	(54.861,847)	24.844,106	6.556,824
-2	19.225,800	(38.451,600)	24.211,103	4.985,303
-1	17.889,406	(17.889,406)	23.578,100	5.688,694
0	32.786,380	0,000	22.945,097	9.841,283

$X_0$ (est)	22.945,097
$T_0$ (est)	(633,003)
$D_0$ (est)	8.615,410
$V_1$ (est)	22.312,094

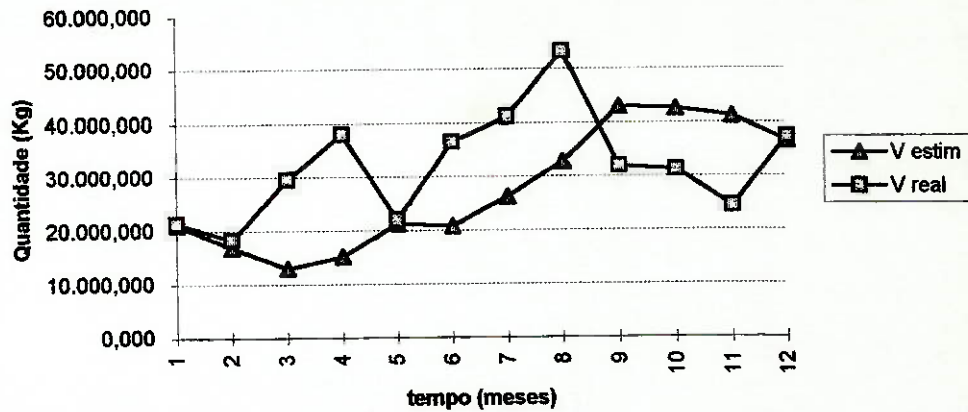
Projeção de vendas						
$t$	$V_t$ (est)	$V_t$	$X_t$ (est)	$T_t$ (est)	$D_t$ (est)	$V_t - V_t \text{ (est)}$
1	22.312,094	24.720,811	23.034,709	(416,218)	7.994,741	2.408,717
2	22.618,491	31.077,420	25.156,169	345,085	8.041,160	8.458,929
3	25.501,255	24.094,875	25.079,341	218,511	7.377,682	(1.406,379)
4	25.297,852	20.093,104	23.736,428	(249,916)	7.160,388	(5.204,748)
5	23.486,511	13.330,460	20.439,696	(1.163,961)	7.459,955	(10.156,051)
6	19.275,735	25.445,829	21.126,763	(608,652)	7.330,969	6.170,094
7	20.518,111	26.801,338	22.403,079	(43,162)	7.226,194	6.283,227
8	22.359,917	32.425,895	25.379,711	862,776	7.510,173	10.065,978
9	26.242,487	9.829,072	21.318,462	(614,431)	8.400,497	(16.413,414)
10	20.704,031	14.614,732	18.877,242	(1.162,468)	8.169,377	(6.089,299)
11	17.714,774	17.218,864	17.566,001	(1.207,100)	7.402,030	(495,910)
12	16.358,901	20.973,040	17.743,143	(791,827)	7.123,241	4.614,139

SA	(0,248)
----	---------

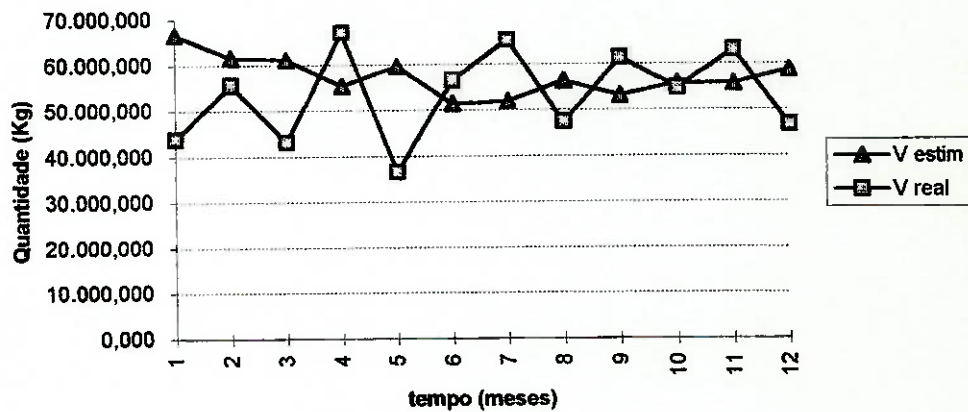




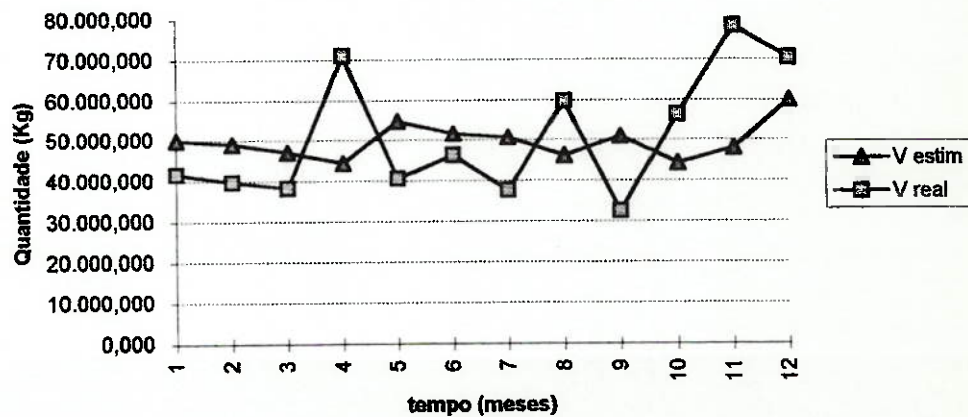
### Projeção de Vendas Monoetileno Glicol



### Projeção de Vendas Neu-Tri

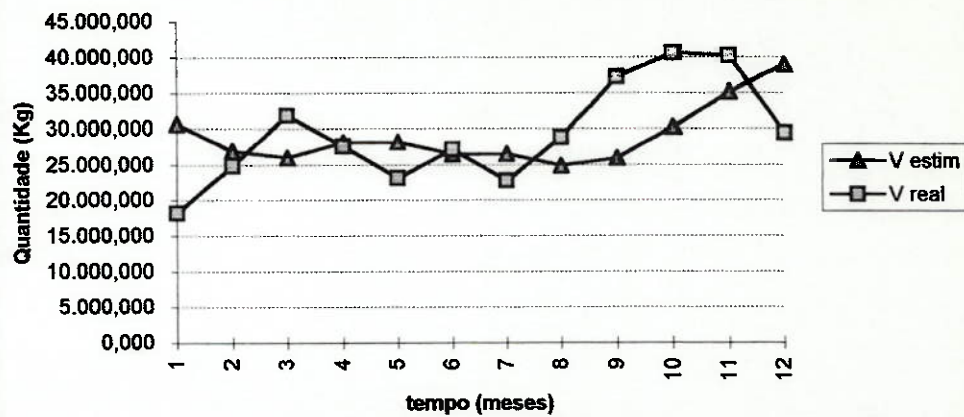


### Projeção de Vendas Percloroetileno

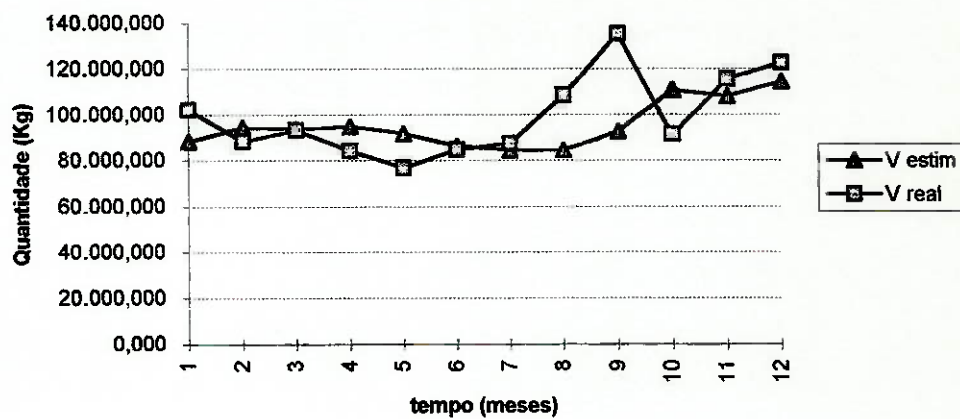




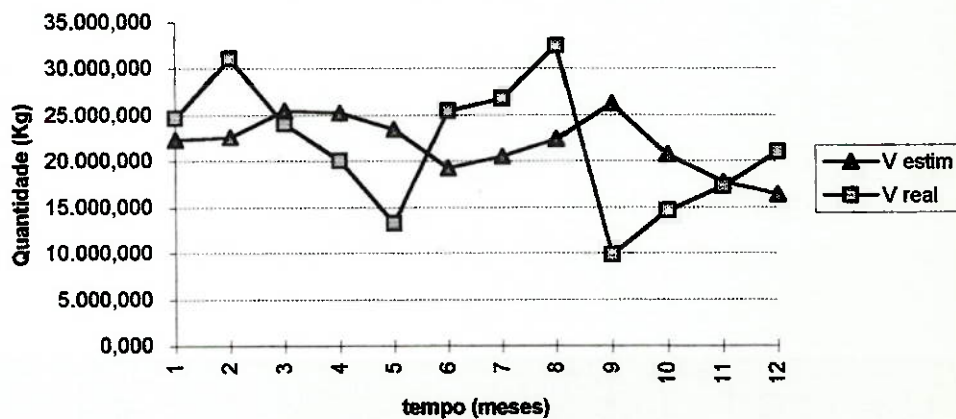
**Projeção de Vendas  
Propileno Glicol Industrial**



**Projeção de Vendas  
Propileno Glicol USP**



**Projeção de Vendas  
Trietanolamina**



***Anexo B***

---

***Simulação***

**Produto: Acetato de Etila**

Quantidade mínima de pedido Q <sub>mín</sub> (Kg)	10000
Período de revisão R (dias)	10
Lead-time L (dias)	1
Nível de referência S (Kg)	15000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est. inic.	Entradas	Saídas	Est. fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>mín</sub> )	Est. inic.	Entradas	Saídas	Est. fin.
1	17.498,010		0,000	17.498,010	1	0	17.498,010		0,000	17.498,010
2	17.498,010		1.900,000	15.598,010	2		17.498,010		1.900,000	15.598,010
3	15.598,010		0,000	15.598,010	3		15.598,010		0,000	15.598,010
4	15.598,010		0,000	15.598,010	4		15.598,010		0,000	15.598,010
5	15.598,010	11.510,000	1.925,000	25.183,010	5		15.598,010		1.925,000	13.673,010
6	25.183,010		1.750,000	23.433,010	6		13.673,010		1.750,000	11.923,010
7	23.433,010		1.852,000	21.581,010	7		11.923,010		1.852,000	10.071,010
8	21.581,010		1.750,000	19.831,010	8		10.071,010		1.750,000	8.321,010
9	19.831,010		2.015,000	17.816,010	9		8.321,010		2.015,000	6.306,010
10	17.816,010	11.510,000	0,000	29.326,010	10		6.306,010		0,000	6.306,010
11	29.326,010		188,000	29.138,010	11	1	6.306,010		188,000	6.118,010
12	29.138,010		10,000	29.128,010	12		6.118,010	10.000,000	10,000	16.108,010
13	29.128,010		260,000	28.868,010	13		16.108,010		260,000	15.848,010
14	28.868,010		3.184,000	25.684,010	14		15.848,010		3.184,000	12.664,010
15	25.684,010		2.707,500	22.976,510	15		12.664,010		2.707,500	9.956,510
16	22.976,510		3.160,000	19.816,510	16		9.956,510		3.160,000	6.796,510
17	19.816,510		0,000	19.816,510	17		6.796,510		0,000	6.796,510
18	19.816,510	13.530,000	193,000	33.153,510	18		6.796,510		193,000	6.603,510
19	33.153,510		900,000	32.253,510	19		6.603,510		900,000	5.703,510
20	32.253,510		3.961,000	28.292,510	20		5.703,510		3.961,000	1.742,510
21	28.292,510		521,043	27.771,467	21	1	1.742,510		521,043	1.221,467
22	27.771,467	11.670,000	5.808,000	33.633,467	22		1.221,467	10.000,000	5.808,000	5.413,467
23	33.633,467		1.300,000	32.333,467	23		5.413,467		1.300,000	4.113,467
24	32.333,467		1.052,000	31.281,467	24		4.113,467		1.052,000	3.061,467
25	31.281,467		0,000	31.281,467	25		3.061,467		0,000	3.061,467
26	31.281,467		130,000	31.151,467	26		3.061,467		130,000	2.931,467
27	31.151,467		78,000	31.073,467	27		2.931,467		78,000	2.853,467
28	31.073,467		81,000	30.992,467	28		2.853,467		81,000	2.772,467
29	30.992,467		911,000	30.081,467	29		2.772,467		911,000	1.861,467
30	30.081,467		0,000	30.081,467	30		1.861,467		0,000	1.861,467
31	30.081,467		0,000	30.081,467	31	1	1.861,467		0,000	1.861,467
32	30.081,467		1.925,000	28.156,467	32		1.861,467	10.000,000	1.925,000	9.936,467
33	28.156,467		2.271,000	25.885,467	33		9.936,467		2.271,000	7.665,467
34	25.885,467		0,000	25.885,467	34		7.665,467		0,000	7.665,467
35	25.885,467		1.750,000	24.135,467	35		7.665,467		1.750,000	5.915,467
36	24.135,467		1.957,500	22.177,967	36		5.915,467		1.957,500	3.957,967
37	22.177,967		56,000	22.121,967	37		3.957,967		56,000	3.901,967
38	22.121,967		8,500	22.113,467	38		3.901,967		8,500	3.893,467
39	22.113,467		211,000	21.902,467	39		3.893,467		211,000	3.682,467
40	21.902,467		1.925,000	19.977,467	40		3.682,467		1.925,000	1.757,467
41	19.977,467		0,000	19.977,467	41	1	1.757,467		0,000	1.757,467
42	19.977,467	11.630,000	48,000	31.559,467	42		1.757,467	10.000,000	48,000	11.709,467
43	31.559,467		1.755,000	29.804,467	43		11.709,467		1.755,000	9.954,467

**Produto: Acetona**

Quantidade mínima de pedido Q <sub>min</sub> (Kg)	10000
Período de revisão R (dias)	5
Lead-time L (dias)	1
Nível de referência S (Kg)	14000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>min</sub> )	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	14.194,620		3.189,000	11.005,620	1		14.194,620		3.189,000	11.005,620
2	11.005,620		0,000	11.005,620	2		11.005,620		0,000	11.005,620
3	11.005,620		0,000	11.005,620	3		11.005,620		0,000	11.005,620
4	11.005,620		1.176,000	9.829,620	4		11.005,620		1.176,000	9.829,620
5	9.829,620		1.500,000	8.329,620	5		9.829,620		1.500,000	8.329,620
6	8.329,620		2.460,000	5.869,620	6	1	8.329,620		2.460,000	5.869,620
7	5.869,620	9.960,000	0,000	15.829,620	7		5.869,620	10.000,000	0,000	15.869,620
8	15.829,620		3.750,000	12.079,620	8		15.869,620		3.750,000	12.119,620
9	12.079,620	11.670,000	1.500,000	22.249,620	9		12.119,620		1.500,000	10.619,620
10	22.249,620	11.230,000	1.750,000	31.729,620	10		10.619,620		1.750,000	8.869,620
11	31.729,620		1.500,000	30.229,620	11	1	8.869,620		1.500,000	7.369,620
12	30.229,620		1.176,000	29.053,620	12		7.369,620	10.000,000	1.176,000	16.193,620
13	29.053,620		0,000	29.053,620	13		16.193,620		0,000	16.193,620
14	29.053,620		1.500,000	27.553,620	14		16.193,620		1.500,000	14.693,620
15	27.553,620		18,000	27.535,620	15		14.693,620		18,000	14.675,620
16	27.535,620		0,000	27.535,620	16	0	14.675,620		0,000	14.675,620
17	27.535,620		0,000	27.535,620	17		14.675,620		0,000	14.675,620
18	27.535,620	11.810,000	5.184,342	34.161,278	18		14.675,620		5.184,342	9.491,278
19	34.161,278		1.500,000	32.661,278	19		9.491,278		1.500,000	7.991,278
20	32.661,278		1.650,000	31.011,278	20		7.991,278		1.650,000	6.341,278
21	31.011,278		3.000,000	28.011,278	21	1	6.341,278		3.000,000	3.341,278
22	28.011,278	11.740,000	1.650,000	38.101,278	22		3.341,278	10.000,000	1.650,000	11.691,278
23	38.101,278		2.480,150	35.621,128	23		11.691,278		2.480,150	9.211,128
24	35.621,128		64,000	35.557,128	24		9.211,128		64,000	9.147,128
25	35.557,128		1.500,000	34.057,128	25		9.147,128		1.500,000	7.647,128
26	34.057,128		980,000	33.077,128	26	1	7.647,128		980,000	6.667,128
27	33.077,128		0,000	33.077,128	27		6.667,128	10.000,000	0,000	16.667,128
28	33.077,128		1.596,000	31.481,128	28		16.667,128		1.596,000	15.071,128
29	31.481,128		4.750,000	26.731,128	29		15.071,128		4.750,000	10.321,128
30	26.731,128		1.500,000	25.231,128	30		10.321,128		1.500,000	8.821,128
31	25.231,128		3.350,000	21.881,128	31	1	8.821,128		3.350,000	5.471,128
32	21.881,128		0,000	21.881,128	32		5.471,128	10.000,000	0,000	15.471,128
33	21.881,128		1.924,000	19.957,128	33		15.471,128		1.924,000	13.547,128
34	19.957,128		4.625,000	15.332,128	34		13.547,128		4.625,000	8.922,128
35	15.332,128		32,000	15.300,128	35		8.922,128		32,000	8.890,128
36	15.300,128		3.230,000	12.070,128	36	1	8.890,128		3.230,000	5.660,128
37	12.070,128		64,000	12.006,128	37		5.660,128	10.000,000	64,000	15.596,128
38	12.006,128		5.752,500	6.253,628	38		15.596,128		5.752,500	9.843,628
39	6.253,628		1.180,000	5.073,628	39		9.843,628		1.180,000	8.663,628
40	5.073,628	11.470,000	0,000	16.543,628	40		8.663,628		0,000	8.663,628
41	16.543,628		6.680,000	9.863,628	41	1	8.663,628		6.680,000	1.983,628
42	9.863,628		1.500,000	8.363,628	42		1.983,628	10.000,000	1.500,000	10.483,628
43	8.363,628	21.990,000	2.550,000	27.803,628	43		10.483,628		2.550,000	7.933,628



**Produto: Cloreto de Metileno**

Quantidade mínima de pedido Qmin (Kg)	21000
Período de revisão R (dias)	5
Lead-time L (dias)	3
Nível de referência S (Kg)	67000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Qmin)	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	44.530,000		4.800,000	39.730,000	1		44.530,000		4.800,000	39.730,000
2	39.730,000		7.245,000	32.485,000	2	1	39.730,000		7.245,000	32.485,000
3	32.485,000		1.920,000	30.565,000	3		32.485,000		1.920,000	30.565,000
4	30.565,000	21.930,000	6.100,000	46.395,000	4		30.565,000		6.100,000	24.465,000
5	46.395,000		0,000	46.395,000	5		24.465,000	21.000,000	0,000	45.465,000
6	46.395,000		14.490,000	31.905,000	6		45.465,000		14.490,000	30.975,000
7	31.905,000		8.170,000	23.735,000	7	2	30.975,000		8.170,000	22.805,000
8	23.735,000		1.035,000	22.700,000	8		22.805,000		1.035,000	21.770,000
9	22.700,000		9.300,000	13.400,000	9		21.770,000		9.300,000	12.470,000
10	13.400,000	21.180,000	20.700,000	13.880,000	10		12.470,000	42.000,000	20.700,000	33.770,000
11	13.880,000		0,000	13.880,000	11		33.770,000		0,000	33.770,000
12	13.880,000		0,000	13.880,000	12	2	33.770,000		0,000	33.770,000
13	13.880,000	22.160,000	5.610,000	30.430,000	13		33.770,000		5.610,000	28.160,000
14	30.430,000		10.350,000	20.080,000	14		28.160,000		10.350,000	17.810,000
15	20.080,000		3.200,000	16.880,000	15		17.810,000	42.000,000	3.200,000	58.610,000
16	16.880,000		11.285,000	5.595,000	16		58.610,000		11.285,000	45.325,000
17	5.595,000	22.070,000	0,000	27.665,000	17	1	45.325,000		0,000	45.325,000
18	27.665,000		12.500,000	15.165,000	18		45.325,000		12.500,000	32.825,000
19	15.165,000		0,000	15.165,000	19		32.825,000		0,000	32.825,000
20	15.165,000	21.990,000	935,000	36.220,000	20		32.825,000	21.000,000	935,000	52.890,000
21	36.220,000		8.020,000	28.200,000	21		52.890,000		8.020,000	44.870,000
22	28.200,000		0,000	28.200,000	22	1	44.870,000		0,000	44.870,000
23	28.200,000	21.900,000	18.600,000	31.500,000	23		44.870,000		18.600,000	26.270,000
24	31.500,000		3.370,000	28.130,000	24		26.270,000		3.370,000	22.900,000
25	28.130,000		0,000	28.130,000	25		22.900,000	21.000,000	0,000	43.900,000
26	28.130,000	21.730,000	6.320,000	43.540,000	26		43.900,000		6.320,000	37.580,000
27	43.540,000		15.625,000	27.915,000	27	1	37.580,000		15.625,000	21.955,000
28	27.915,000		10.350,000	17.565,000	28		21.955,000		10.350,000	11.605,000
29	17.565,000	21.440,000	7.770,000	31.235,000	29		11.605,000		7.770,000	3.835,000
30	31.235,000		0,000	31.235,000	30		3.835,000	21.000,000	0,000	24.835,000
31	31.235,000		4.800,000	26.435,000	31		24.835,000		4.800,000	20.035,000
32	26.435,000	21.070,000	4.650,000	42.855,000	32	2	20.035,000		4.650,000	15.385,000
33	42.855,000		0,000	42.855,000	33		15.385,000		0,000	15.385,000
34	42.855,000		12.680,000	30.175,000	34		15.385,000		12.680,000	2.705,000
35	30.175,000		6.100,000	24.075,000	35		2.705,000	42.000,000	6.100,000	38.605,000
36	24.075,000		1.870,000	22.205,000	36		38.605,000		1.870,000	36.735,000
37	22.205,000	21.200,000	4.895,000	38.510,000	37	1	36.735,000		4.895,000	31.840,000
38	38.510,000		0,000	38.510,000	38		31.840,000		0,000	31.840,000
39	38.510,000		0,000	38.510,000	39		31.840,000		0,000	31.840,000
40	38.510,000		10.025,000	28.485,000	40		31.840,000	21.000,000	10.025,000	42.815,000
41	28.485,000		8.280,000	20.205,000	41		42.815,000		8.280,000	34.535,000
42	20.205,000		11.200,000	9.005,000	42	2	34.535,000		11.200,000	23.335,000
43	9.005,000	21.430,000	2.070,000	28.365,000	43		23.335,000		2.070,000	21.265,000

**Produto: Dow Per**

Quantidade mínima de pedido Q <sub>min</sub> (Kg)	26000
Período de revisão R (dias)	5
Lead-time L (dias)	3
Nível de referência S (Kg)	110000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>min</sub> )	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	25.541,500		6.100,000	19.441,500	1	3	25.541,500		6.100,000	19.441,500
2	19.441,500	25.820,000	1.600,000	43.661,500	2	0	19.441,500		1.600,000	17.841,500
3	43.661,500		8.900,000	34.761,500	3	0	17.841,500		8.900,000	8.941,500
4	34.761,500	25.810,000	13.860,000	46.711,500	4	0	8.941,500	78.000,000	13.860,000	73.081,500
5	46.711,500		11.860,000	34.851,500	5	0	73.081,500		11.860,000	61.221,500
6	34.851,500	26.340,000	9.300,000	51.891,500	6	2	61.221,500		9.300,000	51.921,500
7	51.891,500		6.170,000	45.721,500	7	0	51.921,500		6.170,000	45.751,500
8	45.721,500		9.300,000	36.421,500	8	0	45.751,500		9.300,000	36.451,500
9	36.421,500	26.350,000	4.800,000	57.971,500	9	0	36.451,500	52.000,000	4.800,000	83.651,500
10	57.971,500		9.300,000	48.671,500	10	0	83.651,500		9.300,000	74.351,500
11	48.671,500		4.895,000	43.776,500	11	1	74.351,500		4.895,000	69.456,500
12	43.776,500		1.920,000	41.856,500	12	0	69.456,500		1.920,000	67.536,500
13	41.856,500	25.510,000	3.200,000	64.166,500	13	0	67.536,500		3.200,000	64.336,500
14	64.166,500	25.780,000	12.500,000	77.446,500	14	0	64.336,500	26.000,000	12.500,000	77.836,500
15	77.446,500		16.230,000	61.216,500	15	0	77.836,500		16.230,000	61.606,500
16	61.216,500		6.100,000	55.116,500	16	2	61.606,500		6.100,000	55.506,500
17	55.116,500		1.600,000	53.516,500	17	0	55.506,500		1.600,000	53.906,500
18	53.516,500		8.170,000	45.346,500	18	0	53.906,500		8.170,000	45.736,500
19	45.346,500	25.370,000	11.125,000	59.591,500	19	0	45.736,500	52.000,000	11.125,000	86.611,500
20	59.591,500		8.020,000	51.571,500	20	0	86.611,500		8.020,000	78.591,500
21	51.571,500		6.400,000	45.171,500	21	1	78.591,500		6.400,000	72.191,500
22	45.171,500		0,000	45.171,500	22	0	72.191,500		0,000	72.191,500
23	45.171,500		9.300,000	35.871,500	23	0	72.191,500		9.300,000	62.891,500
24	35.871,500		18.600,000	17.271,500	24	0	62.891,500	26.000,000	18.600,000	70.291,500
25	17.271,500	26.030,000	8.000,000	35.301,500	25	0	70.291,500		8.000,000	62.291,500
26	35.301,500	25.770,000	11.200,000	49.871,500	26	2	62.291,500		11.200,000	51.091,500
27	49.871,500		7.770,000	42.101,500	27	0	51.091,500		7.770,000	43.321,500
28	42.101,500		4.650,000	37.451,500	28	0	43.321,500		4.650,000	38.671,500
29	37.451,500	25.690,000	1.600,000	61.541,500	29	0	38.671,500	52.000,000	1.600,000	89.071,500
30	61.541,500		17.070,000	44.471,500	30	0	89.071,500		17.070,000	72.001,500
31	44.471,500		6.320,000	38.151,500	31	1	72.001,500		6.320,000	65.681,500
32	38.151,500	25.320,000	0,000	63.471,500	32	0	65.681,500		0,000	65.681,500
33	63.471,500		15.625,000	47.846,500	33	0	65.681,500		15.625,000	50.056,500
34	47.846,500	26.550,000	13.630,000	60.766,500	34	0	50.056,500	26.000,000	13.630,000	62.426,500
35	60.766,500		11.680,000	49.086,500	35	0	62.426,500		11.680,000	50.746,500
36	49.086,500	25.790,000	4.650,000	70.226,500	36	2	50.746,500		4.650,000	46.096,500
37	70.226,500		4.870,000	65.356,500	37	0	46.096,500		4.870,000	41.226,500
38	65.356,500	25.470,000	6.100,000	84.726,500	38	0	41.226,500		6.100,000	35.126,500
39	84.726,500		10.025,000	74.701,500	39	0	35.126,500	52.000,000	10.025,000	77.101,500
40	74.701,500		11.200,000	63.501,500	40	0	77.101,500		11.200,000	65.901,500
41	63.501,500		4.800,000	58.701,500	41	2	65.901,500		4.800,000	61.101,500
42	58.701,500		1.600,000	57.101,500	42	0	61.101,500		1.600,000	59.501,500
43	57.101,500		12.105,000	44.996,500	43	0	59.501,500		12.105,000	47.396,500

**Produto: Glicerina**

Quantidade mínima de pedido Q <sub>min</sub> (Kg)	18000
Período de revisão R (dias)	10
Lead-time L (dias)	3
Nível de referência S (Kg)	47000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>min</sub> )	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	27.340,800		1.470,000	25.870,800	1		27.340,800		1.470,000	25.870,800
2	25.870,800		2.210,000	23.660,800	2	1	25.870,800		2.210,000	23.660,800
3	23.660,800		0,000	23.660,800	3		23.660,800		0,000	23.660,800
4	23.660,800		0,000	23.660,800	4		23.660,800		0,000	23.660,800
5	23.660,800	16.550,000	3.370,000	36.840,800	5		23.660,800	18.000,000	3.370,000	38.290,800
6	36.840,800		2.160,000	34.680,800	6		38.290,800		2.160,000	36.130,800
7	34.680,800		880,000	33.800,800	7		36.130,800		880,000	35.250,800
8	33.800,800		42,000	33.758,800	8		35.250,800		42,000	35.208,800
9	33.758,800	17.880,000	1.740,000	49.898,800	9		35.208,800		1.740,000	33.468,800
10	49.898,800		0,000	49.898,800	10		33.468,800		0,000	33.468,800
11	49.898,800		6.980,000	42.918,800	11		33.468,800		6.980,000	26.488,800
12	42.918,800		540,000	42.378,800	12	1	26.488,800		540,000	25.948,800
13	42.378,800		2.271,000	40.107,800	13		25.948,800		2.271,000	23.677,800
14	40.107,800		260,000	39.847,800	14		23.677,800		260,000	23.417,800
15	39.847,800		1.350,000	38.497,800	15		23.417,800	18.000,000	1.350,000	40.067,800
16	38.497,800		0,000	38.497,800	16		40.067,800		0,000	40.067,800
17	38.497,800		920,000	37.577,800	17		40.067,800		920,000	39.147,800
18	37.577,800		1.170,000	36.407,800	18		39.147,800		1.170,000	37.977,800
19	36.407,800		0,000	36.407,800	19		37.977,800		0,000	37.977,800
20	36.407,800		3.360,000	33.047,800	20		37.977,800		3.360,000	34.617,800
21	33.047,800		0,000	33.047,800	21		34.617,800		0,000	34.617,800
22	33.047,800		9.960,000	23.087,800	22	1	34.617,800		9.960,000	24.657,800
23	23.087,800		1.120,000	21.967,800	23		24.657,800		1.120,000	23.537,800
24	21.967,800		2.260,000	19.707,800	24		23.537,800		2.260,000	21.277,800
25	19.707,800		96,000	19.611,800	25		21.277,800	18.000,000	96,000	39.181,800
26	19.611,800		0,000	19.611,800	26		39.181,800		0,000	39.181,800
27	19.611,800	17.540,000	1.950,000	35.201,800	27		39.181,800		1.950,000	37.231,800
28	35.201,800		1.280,000	33.921,800	28		37.231,800		1.280,000	35.951,800
29	33.921,800		5.830,000	28.091,800	29		35.951,800		5.830,000	30.121,800
30	28.091,800	18.040,000	4.372,000	41.759,800	30		30.121,800		4.372,000	25.749,800
31	41.759,800		2.450,000	39.309,800	31		25.749,800		2.450,000	23.299,800
32	39.309,800		1.660,000	37.649,800	32	1	23.299,800		1.660,000	21.639,800
33	37.649,800		2.920,000	34.729,800	33		21.639,800		2.920,000	18.719,800
34	34.729,800		81,000	34.648,800	34		18.719,800		81,000	18.638,800
35	34.648,800		980,000	33.668,800	35		18.638,800	18.000,000	980,000	35.658,800
36	33.668,800		0,000	33.668,800	36		35.658,800		0,000	35.658,800
37	33.668,800		3.140,000	30.528,800	37		35.658,800		3.140,000	32.518,800
38	30.528,800	17.460,000	890,000	47.098,800	38		32.518,800		890,000	31.628,800
39	47.098,800		1.540,000	45.558,800	39		31.628,800		1.540,000	30.088,800
40	45.558,800		375,000	45.183,800	40		30.088,800		375,000	29.713,800
41	45.183,800		2.230,000	42.953,800	41		29.713,800		2.230,000	27.483,800
42	42.953,800		0,000	42.953,800	42	1	27.483,800		0,000	27.483,800
43	42.953,800		1.480,000	41.473,800	43		27.483,800		1.480,000	26.003,800



**Produto: Isopropanol**

Quantidade mínima de pedido Q <sub>min</sub> (Kg)	10000
Período de revisão R (dias)	5
Lead-time L (dias)	1
Nível de referência S (Kg)	15000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>min</sub> )	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	27.244,394		3.153,500	24.090,894	1		27.244,394		3.153,500	24.090,894
2	24.090,894		1.614,000	22.476,894	2		24.090,894		1.614,000	22.476,894
3	22.476,894		775,000	21.701,894	3		22.476,894		775,000	21.701,894
4	21.701,894		656,000	21.045,894	4		21.701,894		656,000	21.045,894
5	21.045,894		1.550,000	19.495,894	5		21.045,894		1.550,000	19.495,894
6	19.495,894		800,000	18.695,894	6		19.495,894		800,000	18.695,894
7	18.695,894		0,000	18.695,894	7		18.695,894		0,000	18.695,894
8	18.695,894	9.950,000	0,000	28.645,894	8		18.695,894		0,000	18.695,894
9	28.645,894		1.070,000	27.575,894	9		18.695,894		1.070,000	17.625,894
10	27.575,894		310,000	27.265,894	10		17.625,894		310,000	17.315,894
11	27.265,894		869,500	26.396,394	11		17.315,894		869,500	16.446,394
12	26.396,394		880,000	25.516,394	12		16.446,394		880,000	15.566,394
13	25.516,394		96,000	25.420,394	13		15.566,394		96,000	15.470,394
14	25.420,394		0,000	25.420,394	14		15.470,394		0,000	15.470,394
15	25.420,394		584,500	24.835,894	15		15.470,394		584,500	14.885,894
16	24.835,894		1.550,000	23.285,894	16		14.885,894		1.550,000	13.335,894
17	23.285,894		0,000	23.285,894	17		13.335,894		0,000	13.335,894
18	23.285,894		0,000	23.285,894	18		13.335,894		0,000	13.335,894
19	23.285,894		4.030,000	19.255,894	19		13.335,894		4.030,000	9.305,894
20	19.255,894		7.424,750	11.831,144	20		9.305,894		7.424,750	1.881,144
21	11.831,144		1.550,000	10.281,144	21	1	1.881,144		1.550,000	331,144
22	10.281,144		0,000	10.281,144	22		331,144	10.000,000	0,000	10.331,144
23	10.281,144		4.955,000	5.326,144	23		10.331,144		4.955,000	5.376,144
24	5.326,144		1.679,500	3.646,644	24		5.376,144		1.679,500	3.696,644
25	3.646,644	9.950,000	880,000	12.716,644	25		3.696,644		880,000	2.816,644
26	12.716,644		480,000	12.236,644	26	1	2.816,644		480,000	2.336,644
27	12.236,644		155,000	12.081,644	27		2.336,644	10.000,000	155,000	12.181,644
28	12.081,644		2.549,000	9.532,644	28		12.181,644		2.549,000	9.632,644
29	9.532,644		1.550,000	7.982,644	29		9.632,644		1.550,000	8.082,644
30	7.982,644		0,000	7.982,644	30		8.082,644		0,000	8.082,644
31	7.982,644		0,000	7.982,644	31	1	8.082,644		0,000	8.082,644
32	7.982,644		3.495,000	4.487,644	32		8.082,644	10.000,000	3.495,000	14.587,644
33	4.487,644	11.620,000	480,000	15.627,644	33		14.587,644		480,000	14.107,644
34	15.627,644		1.870,000	13.757,644	34		14.107,644		1.870,000	12.237,644
35	13.757,644		0,000	13.757,644	35		12.237,644		0,000	12.237,644
36	13.757,644		2.220,000	11.537,644	36	0	12.237,644		2.220,000	10.017,644
37	11.537,644		1.550,000	9.987,644	37		10.017,644	10.000,000	1.550,000	18.467,644
38	9.987,644		32,000	9.955,644	38		18.467,644		32,000	18.435,644
39	9.955,644		629,500	9.326,144	39		18.435,644		629,500	17.806,144
40	9.326,144		2.202,000	7.124,144	40		17.806,144		2.202,000	15.604,144
41	7.124,144		0,000	7.124,144	41		15.604,144		0,000	15.604,144
42	7.124,144		1.040,000	6.084,144	42		15.604,144		1.040,000	14.564,144
43	6.084,144	6.190,000	155,000	12.119,144	43		14.564,144		155,000	14.409,144



**Produto: Monoetileno Glicol**

Quantidade mínima de pedido Q <sub>min</sub> (Kg)	15000
Período de revisão R (dias)	10
Lead-time L (dias)	5
Nível de referência S (Kg)	38000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>min</sub> )	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	27.340,000		1.100,000	26.240,000	1		27.340,000		1.100,000	26.240,000
2	26.240,000		247,670	25.992,330	2		26.240,000		247,670	25.992,330
3	25.992,330		0,000	25.992,330	3		25.992,330		0,000	25.992,330
4	25.992,330		0,000	25.992,330	4		25.992,330		0,000	25.992,330
5	25.992,330		2.200,000	23.792,330	5		25.992,330		2.200,000	23.792,330
6	23.792,330		0,000	23.792,330	6	1	23.792,330		0,000	23.792,330
7	23.792,330	15.350,000	5.500,000	33.642,330	7		23.792,330		5.500,000	18.292,330
8	33.642,330		0,000	33.642,330	8		18.292,330		0,000	18.292,330
9	33.642,330		8.600,000	25.042,330	9		18.292,330		8.600,000	9.692,330
10	25.042,330		9.299,600	15.742,730	10		9.692,330		9.299,600	392,730
11	15.742,730		0,000	15.742,730	11		392,730	15.000,000	0,000	15.392,730
12	15.742,730		3.300,000	12.442,730	12		15.392,730		3.300,000	12.092,730
13	12.442,730		0,000	12.442,730	13		12.092,730		0,000	12.092,730
14	12.442,730	15.350,000	1.430,000	26.362,730	14		12.092,730		1.430,000	10.662,730
15	26.362,730		0,000	26.362,730	15		10.662,730		0,000	10.662,730
16	26.362,730		0,000	26.362,730	16	2	10.662,730		0,000	10.662,730
17	26.362,730		3.300,000	23.062,730	17		10.662,730		3.300,000	7.362,730
18	23.062,730		0,000	23.062,730	18		7.362,730		0,000	7.362,730
19	23.062,730	14.250,000	44,000	37.268,730	19		7.362,730		44,000	7.318,730
20	37.268,730		4.442,780	32.825,950	20		7.318,730		4.442,780	2.875,950
21	32.825,950		9.844,000	22.981,950	21		2.875,950	30.000,000	9.844,000	23.031,950
22	22.981,950		2.711,000	20.270,950	22		23.031,950		2.711,000	20.320,950
23	20.270,950	16.190,000	5.500,000	30.960,950	23		20.320,950		5.500,000	14.820,950
24	30.960,950		0,000	30.960,950	24		14.820,950		0,000	14.820,950
25	30.960,950		2.200,000	28.760,950	25		14.820,950		2.200,000	12.620,950
26	28.760,950		6.292,000	22.468,950	26	2	12.620,950		6.292,000	6.328,950
27	22.468,950		0,000	22.468,950	27		6.328,950		0,000	6.328,950
28	22.468,950		1.100,000	21.368,950	28		6.328,950		1.100,000	5.228,950
29	21.368,950		0,000	21.368,950	29		5.228,950		0,000	5.228,950
30	21.368,950		0,000	21.368,950	30		5.228,950		0,000	5.228,950
31	21.368,950		0,000	21.368,950	31		5.228,950	30.000,000	0,000	35.228,950
32	21.368,950		2.244,000	19.124,950	32		35.228,950		2.244,000	32.984,950
33	19.124,950	16.730,000	13.376,000	22.478,950	33		32.984,950		13.376,000	19.608,950
34	22.478,950	14.480,000	0,000	36.958,950	34		19.608,950		0,000	19.608,950
35	36.958,950		0,000	36.958,950	35		19.608,950		0,000	19.608,950
36	36.958,950		2.200,000	34.758,950	36	1	19.608,950		2.200,000	17.408,950
37	34.758,950		1.100,000	33.658,950	37		17.408,950		1.100,000	16.308,950
38	33.658,950		0,000	33.658,950	38		16.308,950		0,000	16.308,950
39	33.658,950		12.100,000	21.558,950	39		16.308,950		12.100,000	4.208,950
40	21.558,950		0,000	21.558,950	40		4.208,950		0,000	4.208,950
41	21.558,950		0,000	21.558,950	41		4.208,950	15.000,000	0,000	19.208,950
42	21.558,950		0,000	21.558,950	42		19.208,950		0,000	19.208,950
43	21.558,950		2.200,000	19.358,950	43		19.208,950		2.200,000	17.008,950

**Produto: Neu-Tri**

Quantidade mínima de pedido Q <sub>mín</sub> (Kg)	18000
Período de revisão R (dias)	5
Lead-time L (dias)	3
Nível de referência S (Kg)	27000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>mín</sub> )	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	13.633,600		9.706,000	3.927,600	1	1	13.633,600		9.706,000	3.927,600
2	3.927,600		1.450,000	2.477,600	2		3.927,600		1.450,000	2.477,600
3	2.477,600		0,000	2.477,600	3		2.477,600		0,000	2.477,600
4	2.477,600	17.580,000	0,000	20.057,600	4		2.477,600	18.000,000	0,000	20.477,600
5	20.057,600		13.040,000	7.017,600	5		20.477,600		13.040,000	7.437,600
6	7.017,600		2.900,000	4.117,600	6	1	7.437,600		2.900,000	4.537,600
7	4.117,600		1.450,000	2.667,600	7		4.537,600		1.450,000	3.087,600
8	2.667,600		0,000	2.667,600	8		3.087,600		0,000	3.087,600
9	2.667,600		150,000	2.517,600	9		3.087,600	18.000,000	150,000	20.937,600
10	2.517,600	17.490,000	14.500,000	5.507,600	10		20.937,600		14.500,000	6.437,600
11	5.507,600	17.340,000	0,000	22.847,600	11	1	6.437,600		0,000	6.437,600
12	22.847,600		5.794,000	17.053,600	12		6.437,600		5.794,000	643,600
13	17.053,600		0,000	17.053,600	13		643,600		0,000	643,600
14	17.053,600		2.929,000	14.124,600	14		643,600	18.000,000	2.929,000	15.714,600
15	14.124,600		2.900,000	11.224,600	15		15.714,600		2.900,000	12.814,600
16	11.224,600		7.740,000	3.484,600	16	1	12.814,600		7.740,000	5.074,600
17	3.484,600		0,000	3.484,600	17		5.074,600		0,000	5.074,600
18	3.484,600	17.790,000	1.508,000	19.766,600	18		5.074,600		1.508,000	3.566,600
19	19.766,600		2.929,000	16.837,600	19		3.566,600	18.000,000	2.929,000	18.637,600
20	16.837,600		5.800,000	11.037,600	20		18.637,600		5.800,000	12.837,600
21	11.037,600		0,000	11.037,600	21	1	12.837,600		0,000	12.837,600
22	11.037,600		2.904,000	8.133,600	22		12.837,600		2.904,000	9.933,600
23	8.133,600		7.000,000	1.133,600	23		9.933,600		7.000,000	2.933,600
24	1.133,600	16.900,000	0,000	18.033,600	24		2.933,600	18.000,000	0,000	20.933,600
25	18.033,600		8.700,000	9.333,600	25		20.933,600		8.700,000	12.233,600
26	9.333,600		4.100,000	5.233,600	26	1	12.233,600		4.100,000	8.133,600
27	5.233,600	17.740,000	0,000	22.973,600	27		8.133,600		0,000	8.133,600
28	22.973,600		7.100,000	15.873,600	28		8.133,600		7.100,000	1.033,600
29	15.873,600		2.900,000	12.973,600	29		1.033,600	18.000,000	2.900,000	16.133,600
30	12.973,600		3.045,000	9.928,600	30		16.133,600		3.045,000	13.088,600
31	9.928,600		5.800,000	4.128,600	31	1	13.088,600		5.800,000	7.288,600
32	4.128,600	17.560,000	0,000	21.688,600	32		7.288,600		0,000	7.288,600
33	21.688,600		3.350,000	18.338,600	33		7.288,600		3.350,000	3.938,600
34	18.338,600	17.940,000	4.441,000	31.837,600	34		3.938,600	18.000,000	4.441,000	17.497,600
35	31.837,600		0,000	31.837,600	35		17.497,600		0,000	17.497,600
36	31.837,600		4.129,000	27.708,600	36	1	17.497,600		4.129,000	13.368,600
37	27.708,600		2.900,000	24.808,600	37		13.368,600		2.900,000	10.468,600
38	24.808,600		0,000	24.808,600	38		10.468,600		0,000	10.468,600
39	24.808,600		87,000	24.721,600	39		10.468,600	18.000,000	87,000	28.381,600
40	24.721,600		0,000	24.721,600	40		28.381,600		0,000	28.381,600
41	24.721,600		0,000	24.721,600	41	0	28.381,600		0,000	28.381,600
42	24.721,600		1.450,000	23.271,600	42		28.381,600		1.450,000	26.931,600
43	23.271,600		3.770,000	19.501,600	43		26.931,600		3.770,000	23.161,600

**Produto: Percloroetileno**

Quantidade mínima de pedido Q <sub>min</sub> (Kg)	21000
Período de revisão R (dias)	5
Lead-time L (dias)	3
Nível de referência S (Kg)	34000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>min</sub> )	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	27.460,000		1.486,500	25.973,500	1		27.460,000		1.486,500	25.973,500
2	25.973,500		315,400	25.658,100	2	0	25.973,500		315,400	25.658,100
3	25.658,100		11.810,000	13.848,100	3		25.658,100		11.810,000	13.848,100
4	13.848,100		2.259,000	11.589,100	4		13.848,100		2.259,000	11.589,100
5	11.589,100	25.730,000	1.890,000	35.429,100	5		11.589,100		1.890,000	9.699,100
6	35.429,100		320,000	35.109,100	6		9.699,100		320,000	9.379,100
7	35.109,100		2.958,000	32.151,100	7	1	9.379,100		2.958,000	6.421,100
8	32.151,100		930,000	31.221,100	8		6.421,100		930,000	5.491,100
9	31.221,100		880,000	30.341,100	9		5.491,100		880,000	4.611,100
10	30.341,100	25.690,000	0,000	56.031,100	10		4.611,100	21.000,000	0,000	25.611,100
11	56.031,100		2.225,000	53.806,100	11		25.611,100		2.225,000	23.386,100
12	53.806,100		0,000	53.806,100	12	1	23.386,100		0,000	23.386,100
13	53.806,100		3.166,500	50.639,600	13		23.386,100		3.166,500	20.219,600
14	50.639,600		1.600,000	49.039,600	14		20.219,600		1.600,000	18.619,600
15	49.039,600		8.800,000	40.239,600	15		18.619,600	21.000,000	8.800,000	30.819,600
16	40.239,600		7.930,000	32.309,600	16		30.819,600		7.930,000	22.889,600
17	32.309,600		2.333,000	29.976,600	17	1	22.889,600		2.333,000	20.556,600
18	29.976,600		2.195,000	27.781,600	18		20.556,600		2.195,000	18.361,600
19	27.781,600		4.545,000	23.236,600	19		18.361,600		4.545,000	13.816,600
20	23.236,600		2.550,000	20.686,600	20		13.816,600	21.000,000	2.550,000	32.266,600
21	20.686,600		3.200,000	17.486,600	21		32.266,600		3.200,000	29.066,600
22	17.486,600		1.830,000	15.656,600	22	0	29.066,600		1.830,000	27.236,600
23	15.656,600		2.141,500	13.515,100	23		27.236,600		2.141,500	25.095,100
24	13.515,100		10.870,000	2.645,100	24		25.095,100		10.870,000	14.225,100
25	2.645,100		1.220,000	1.425,100	25		14.225,100		1.220,000	13.005,100
26	1.425,100	26.440,000	1.128,000	26.737,100	26		13.005,100		1.128,000	11.877,100
27	26.737,100		1.280,000	25.457,100	27	1	11.877,100		1.280,000	10.597,100
28	25.457,100		2.210,000	23.247,100	28		10.597,100		2.210,000	8.387,100
29	23.247,100		1.220,000	22.027,100	29		8.387,100		1.220,000	7.167,100
30	22.027,100		930,000	21.097,100	30		7.167,100	21.000,000	930,000	27.237,100
31	21.097,100		1.441,500	19.655,600	31		27.237,100		1.441,500	25.795,600
32	19.655,600		1.830,000	17.825,600	32	0	25.795,600		1.830,000	23.965,600
33	17.825,600		1.235,000	16.590,600	33		23.965,600		1.235,000	22.730,600
34	16.590,600		1.890,000	14.700,600	34		22.730,600		1.890,000	20.840,600
35	14.700,600	26.360,000	1.998,000	39.062,600	35		20.840,600		1.998,000	18.842,600
36	39.062,600		3.155,000	35.907,600	36		18.842,600		3.155,000	15.687,600
37	35.907,600		305,000	35.602,600	37	1	15.687,600		305,000	15.382,600
38	35.602,600		8.155,000	27.447,600	38		15.382,600		8.155,000	7.227,600
39	27.447,600		2.210,000	25.237,600	39		7.227,600		2.210,000	5.017,600
40	25.237,600	26.450,000	3.750,000	47.937,600	40		5.017,600	21.000,000	3.750,000	22.267,600
41	47.937,600		2.306,000	45.631,600	41		22.267,600		2.306,000	19.961,600
42	45.631,600		930,000	44.701,600	42	1	19.961,600		930,000	19.031,600
43	44.701,600		5.260,000	39.441,600	43		19.031,600		5.260,000	13.771,600



**Produto: Propileno Glicol Industrial**

Quantidade mínima de pedido Q <sub>min</sub> (Kg)	18000
Período de revisão R (dias)	10
Lead-time L (dias)	3
Nível de referência S (Kg)	26000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>min</sub> )	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	22.523,400		1.450,000	21.073,400	1		22.523,400		1.450,000	21.073,400
2	21.073,400	18.260,000	2.280,000	37.053,400	2		21.073,400		2.280,000	18.793,400
3	37.053,400		0,000	37.053,400	3		18.793,400		0,000	18.793,400
4	37.053,400		1.630,000	35.423,400	4		18.793,400		1.630,000	17.163,400
5	35.423,400		935,000	34.488,400	5		17.163,400		935,000	16.228,400
6	34.488,400		0,000	34.488,400	6	1	16.228,400		0,000	16.228,400
7	34.488,400		0,000	34.488,400	7		16.228,400		0,000	16.228,400
8	34.488,400		3.140,000	31.348,400	8		16.228,400		3.140,000	13.088,400
9	31.348,400		96,000	31.252,400	9		13.088,400	18.000,000	96,000	30.992,400
10	31.252,400	17.980,000	0,000	49.232,400	10		30.992,400		0,000	30.992,400
11	49.232,400		1.560,000	47.672,400	11		30.992,400		1.560,000	29.432,400
12	47.672,400		12.710,000	34.962,400	12		29.432,400		12.710,000	16.722,400
13	34.962,400		6.630,000	28.332,400	13		16.722,400		6.630,000	10.092,400
14	28.332,400		0,000	28.332,400	14		10.092,400		0,000	10.092,400
15	28.332,400		1.170,000	27.162,400	15		10.092,400		1.170,000	8.922,400
16	27.162,400		560,000	26.602,400	16	1	8.922,400		560,000	8.362,400
17	26.602,400		4.290,000	22.312,400	17		8.362,400		4.290,000	4.072,400
18	22.312,400		0,000	22.312,400	18		4.072,400		0,000	4.072,400
19	22.312,400		1.330,000	20.982,400	19		4.072,400	18.000,000	1.330,000	20.742,400
20	20.982,400		48,000	20.934,400	20		20.742,400		48,000	20.694,400
21	20.934,400		220,000	20.714,400	21		20.694,400		220,000	20.474,400
22	20.714,400		0,000	20.714,400	22		20.474,400		0,000	20.474,400
23	20.714,400		1.850,000	18.864,400	23		20.474,400		1.850,000	18.624,400
24	18.864,400		480,000	18.384,400	24		18.624,400		480,000	18.144,400
25	18.384,400	16.640,000	2.350,000	32.674,400	25		18.144,400		2.350,000	15.794,400
26	32.674,400		0,000	32.674,400	26	1	15.794,400		0,000	15.794,400
27	32.674,400		1.088,000	31.586,400	27		15.794,400		1.088,000	14.706,400
28	31.586,400		0,000	31.586,400	28		14.706,400		0,000	14.706,400
29	31.586,400		96,000	31.490,400	29		14.706,400	18.000,000	96,000	32.610,400
30	31.490,400		2.230,000	29.260,400	30		32.610,400		2.230,000	30.380,400
31	29.260,400		3.240,000	26.020,400	31		30.380,400		3.240,000	27.140,400
32	26.020,400		560,000	25.460,400	32		27.140,400		560,000	26.580,400
33	25.460,400		11.960,000	13.500,400	33		26.580,400		11.960,000	14.620,400
34	13.500,400	17.770,000	0,000	31.270,400	34		14.620,400		0,000	14.620,400
35	31.270,400		1.156,000	30.114,400	35		14.620,400		1.156,000	13.464,400
36	30.114,400		1.840,000	28.274,400	36	1	13.464,400		1.840,000	11.624,400
37	28.274,400		978,000	27.296,400	37		11.624,400		978,000	10.646,400
38	27.296,400		0,000	27.296,400	38		10.646,400		0,000	10.646,400
39	27.296,400		3.170,000	24.126,400	39		10.646,400	18.000,000	3.170,000	25.476,400
40	24.126,400		0,000	24.126,400	40		25.476,400		0,000	25.476,400
41	24.126,400		1.070,000	23.056,400	41		25.476,400		1.070,000	24.406,400
42	23.056,400		740,000	22.316,400	42		24.406,400		740,000	23.666,400
43	22.316,400		3.890,000	18.426,400	43		23.666,400		3.890,000	19.776,400



**Produto: Propileno Glicol USP**

Quantidade mínima de pedido Qmin (Kg)	18000
Período de revisão R (dias)	5
Lead-time L (dias)	3
Nível de referência S (Kg)	53000

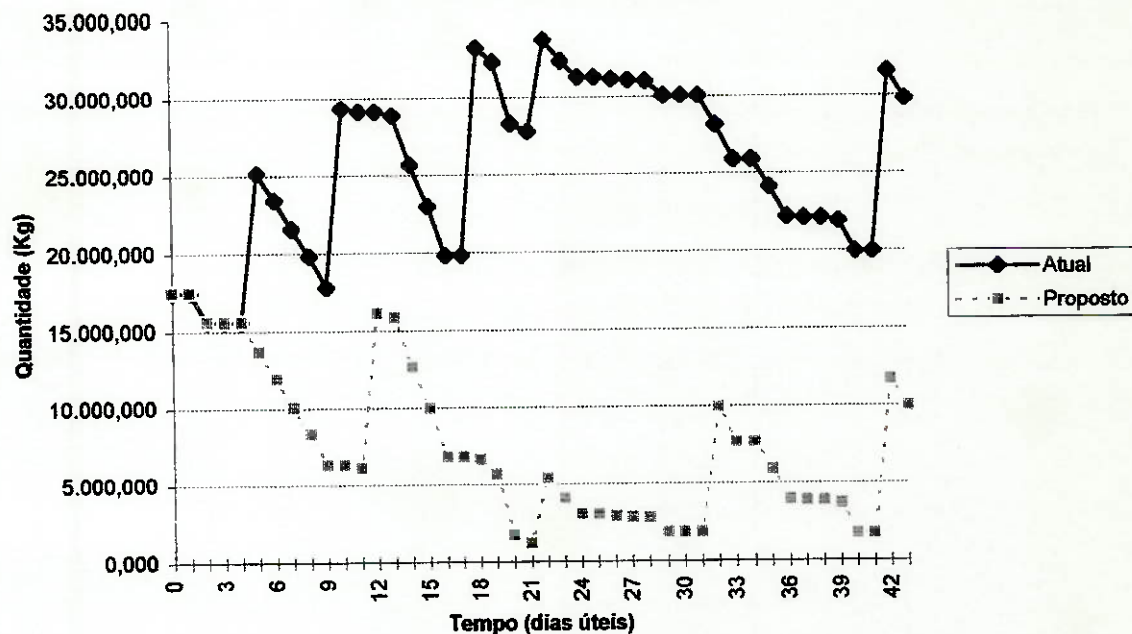
MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Qmin)	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	35.997,400		7.245,000	28.752,400	1	1	35.997,400		7.245,000	28.752,400
2	28.752,400		4.140,000	24.612,400	2		28.752,400		4.140,000	24.612,400
3	24.612,400		18.630,000	5.982,400	3		24.612,400		18.630,000	5.982,400
4	5.982,400	18.500,000	0,000	24.482,400	4		5.982,400	18.000,000	0,000	23.982,400
5	24.482,400		11.385,000	13.097,400	5		23.982,400		11.385,000	12.597,400
6	13.097,400		0,000	13.097,400	6	2	12.597,400		0,000	12.597,400
7	13.097,400		4.140,000	8.957,400	7		12.597,400		4.140,000	8.457,400
8	8.957,400	26.450,000	7.245,000	28.162,400	8		8.457,400		7.245,000	1.212,400
9	28.162,400		11.385,000	16.777,400	9		1.212,400	36.000,000	11.385,000	25.827,400
10	16.777,400		0,000	16.777,400	10		25.827,400		0,000	25.827,400
11	16.777,400		0,000	16.777,400	11	2	25.827,400		0,000	25.827,400
12	16.777,400	26.330,000	1.035,000	42.072,400	12		25.827,400		1.035,000	24.792,400
13	42.072,400		20.700,000	21.372,400	13		24.792,400		20.700,000	4.092,400
14	21.372,400		1.035,000	20.337,400	14		4.092,400	36.000,000	1.035,000	39.057,400
15	20.337,400		14.490,000	5.847,400	15		39.057,400		14.490,000	24.567,400
16	5.847,400	26.430,000	21,000	32.256,400	16	2	24.567,400		21,000	24.546,400
17	32.256,400		0,000	32.256,400	17		24.546,400		0,000	24.546,400
18	32.256,400		21.735,000	10.521,400	18		24.546,400		21.735,000	2.811,400
19	10.521,400		935,000	9.586,400	19		2.811,400	36.000,000	935,000	37.876,400
20	9.586,400	26.380,000	5.610,000	30.356,400	20		37.876,400		5.610,000	32.266,400
21	30.356,400		1.870,000	28.486,400	21	1	32.266,400		1.870,000	30.396,400
22	28.486,400		0,000	28.486,400	22		30.396,400		0,000	30.396,400
23	28.486,400		4.140,000	24.346,400	23		30.396,400		4.140,000	26.256,400
24	24.346,400		0,000	24.346,400	24		26.256,400	18.000,000	0,000	44.256,400
25	24.346,400	26.370,000	10.350,000	40.366,400	25		44.256,400		10.350,000	33.906,400
26	40.366,400		14.490,000	25.876,400	26	1	33.906,400		14.490,000	19.416,400
27	25.876,400		10.350,000	15.526,400	27		19.416,400		10.350,000	9.066,400
28	15.526,400		0,000	15.526,400	28		9.066,400		0,000	9.066,400
29	15.526,400		2.070,000	13.456,400	29		9.066,400	18.000,000	2.070,000	24.996,400
30	13.456,400	26.290,000	0,000	39.746,400	30		24.996,400		0,000	24.996,400
31	39.746,400		1.449,000	38.297,400	31	2	24.996,400		1.449,000	23.547,400
32	38.297,400		11.285,000	27.012,400	32		23.547,400		11.285,000	12.262,400
33	27.012,400		10.560,000	16.452,400	33		12.262,400		10.560,000	1.702,400
34	16.452,400		0,000	16.452,400	34		1.702,400	36.000,000	0,000	37.702,400
35	16.452,400	18.470,000	0,000	34.922,400	35		37.702,400		0,000	37.702,400
36	34.922,400		935,000	33.987,400	36	1	37.702,400		935,000	36.767,400
37	33.987,400		10.350,000	23.637,400	37		36.767,400		10.350,000	26.417,400
38	23.637,400		10.350,000	13.287,400	38		26.417,400		10.350,000	16.067,400
39	13.287,400	26.430,000	0,000	39.717,400	39		16.067,400	18.000,000	0,000	34.067,400
40	39.717,400		2.805,000	36.912,400	40		34.067,400		2.805,000	31.262,400
41	36.912,400	26.510,000	21,000	63.401,400	41	1	31.262,400		21,000	31.241,400
42	63.401,400		4.675,000	58.726,400	42		31.241,400		4.675,000	26.566,400
43	58.726,400		8.280,000	50.446,400	43		26.566,400		8.280,000	18.286,400

**Produto: Trietanolamina**

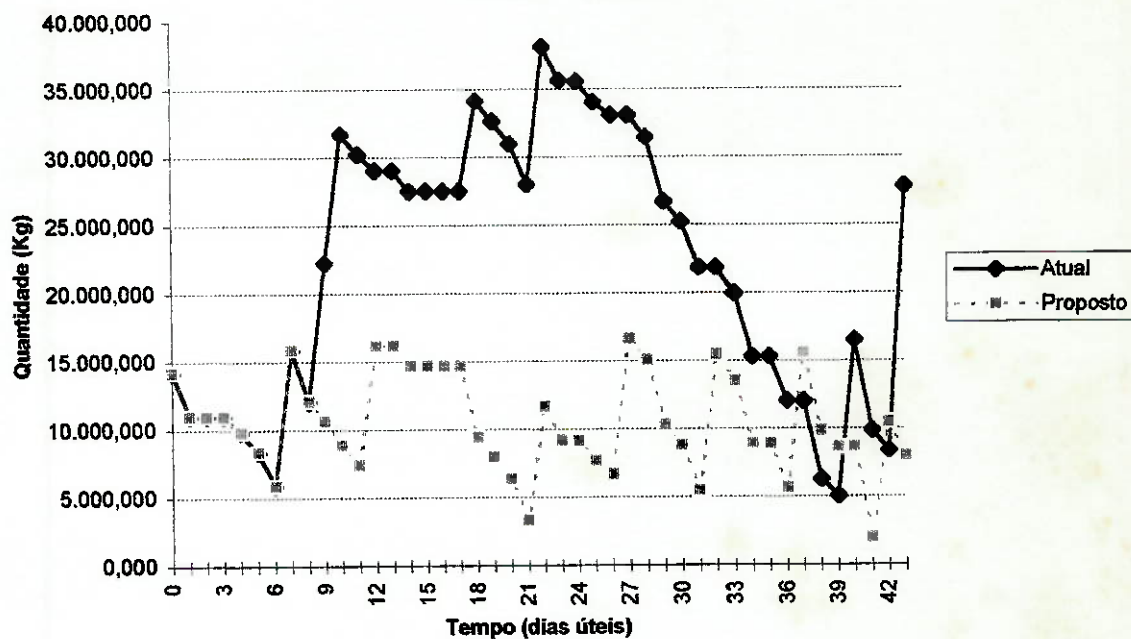
Quantidade mínima de pedido Q <sub>min</sub> (Kg)	3000
Período de revisão R (dias)	5
Lead-time L (dias)	5
Nível de referência S (Kg)	16000

MODELO ATUAL					MODELO PROPOSTO					
Dia útil	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.	Dia útil	Emissão de pedido (em múltiplo de Q <sub>min</sub> )	Est.inic.	Entradas	Saídas	Est.fin.
1	16.304,446		1.760,000	14.544,446	1		16.304,446		1.760,000	14.544,446
2	14.544,446		0,000	14.544,446	2		14.544,446		0,000	14.544,446
3	14.544,446		0,000	14.544,446	3		14.544,446		0,000	14.544,446
4	14.544,446		660,000	13.884,446	4		14.544,446		660,000	13.884,446
5	13.884,446		440,000	13.444,446	5		13.884,446		440,000	13.444,446
6	13.444,446		0,000	13.444,446	6	1	13.444,446		0,000	13.444,446
7	13.444,446		0,000	13.444,446	7		13.444,446		0,000	13.444,446
8	13.444,446		1.160,000	12.284,446	8		13.444,446		1.160,000	12.284,446
9	12.284,446		0,000	12.284,446	9		12.284,446		0,000	12.284,446
10	12.284,446		730,000	11.554,446	10		12.284,446		730,000	11.554,446
11	11.554,446		0,000	11.554,446	11	1	11.554,446	3.000,000	0,000	14.554,446
12	11.554,446		12,000	11.542,446	12		14.554,446		12,000	14.542,446
13	11.542,446		0,000	11.542,446	13		14.542,446		0,000	14.542,446
14	11.542,446		440,000	11.102,446	14		14.542,446		440,000	14.102,446
15	11.102,446		0,000	11.102,446	15		14.102,446		0,000	14.102,446
16	11.102,446		146,740	10.955,706	16	1	14.102,446	3.000,000	146,740	16.955,706
17	10.955,706		0,000	10.955,706	17		16.955,706		0,000	16.955,706
18	10.955,706		0,000	10.955,706	18		16.955,706		0,000	16.955,706
19	10.955,706		880,000	10.075,706	19		16.955,706		880,000	16.075,706
20	10.075,706		1,334	10.074,372	20		16.075,706		1,334	16.074,372
21	10.074,372		1.540,000	8.534,372	21	0	16.074,372	3.000,000	1.540,000	17.534,372
22	8.534,372		31,900	8.502,472	22		17.534,372		31,900	17.502,472
23	8.502,472		0,000	8.502,472	23		17.502,472		0,000	17.502,472
24	8.502,472		1.540,000	6.962,472	24		17.502,472		1.540,000	15.962,472
25	6.962,472		0,000	6.962,472	25		15.962,472		0,000	15.962,472
26	6.962,472		1.007,614	5.954,858	26	0	15.962,472		1.007,614	14.954,858
27	5.954,858		0,000	5.954,858	27		14.954,858		0,000	14.954,858
28	5.954,858		0,000	5.954,858	28		14.954,858		0,000	14.954,858
29	5.954,858		464,000	5.490,858	29		14.954,858		464,000	14.490,858
30	5.490,858		0,000	5.490,858	30		14.490,858		0,000	14.490,858
31	5.490,858		0,000	5.490,858	31	1	14.490,858		0,000	14.490,858
32	5.490,858		0,000	5.490,858	32		14.490,858		0,000	14.490,858
33	5.490,858		382,800	5.108,058	33		14.490,858		382,800	14.108,058
34	5.108,058		2.052,000	3.056,058	34		14.108,058		2.052,000	12.056,058
35	3.056,058		0,000	3.056,058	35		12.056,058		0,000	12.056,058
36	3.056,058		1.540,000	1.516,058	36	1	12.056,058	3.000,000	1.540,000	13.516,058
37	1.516,058		0,000	1.516,058	37		13.516,058		0,000	13.516,058
38	1.516,058		0,000	1.516,058	38		13.516,058		0,000	13.516,058
39	1.516,058	1.980,000	880,000	2.616,058	39		13.516,058		880,000	12.636,058
40	2.616,058	13.200,000	880,000	14.936,058	40		12.636,058		880,000	11.756,058
41	14.936,058	440,000	1.859,000	13.517,058	41	1	11.756,058	3.000,000	1.859,000	12.897,058
42	13.517,058		0,000	13.517,058	42		12.897,058		0,000	12.897,058
43	13.517,058		0,000	13.517,058	43		12.897,058		0,000	12.897,058

**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Acetato de Etila**

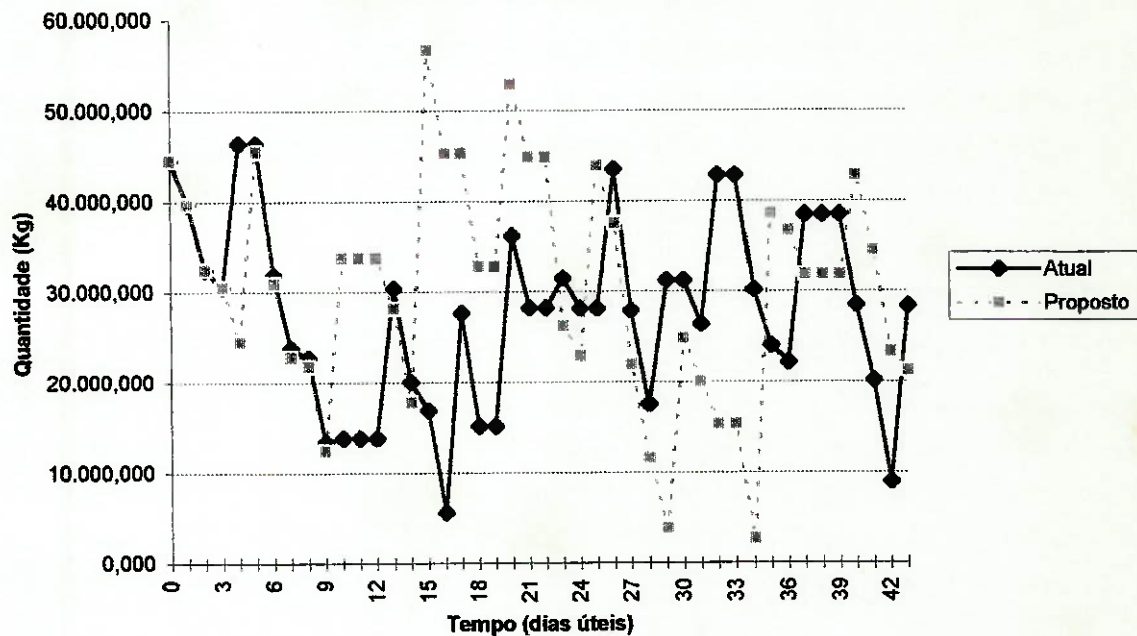


**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Acetona**

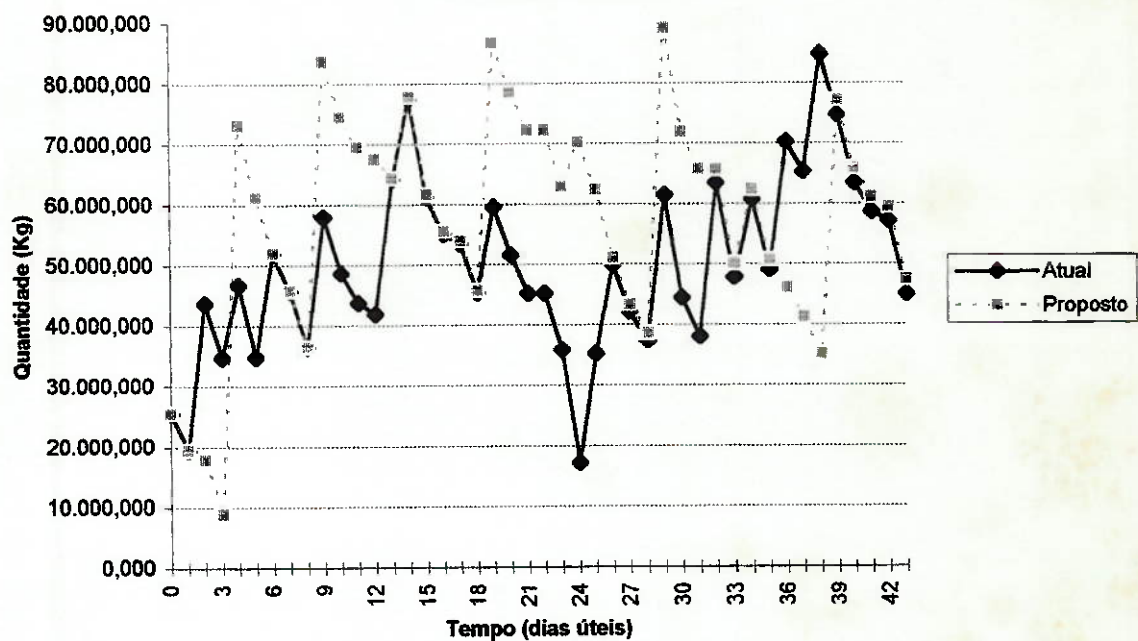




**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Cloreto de Metileno**

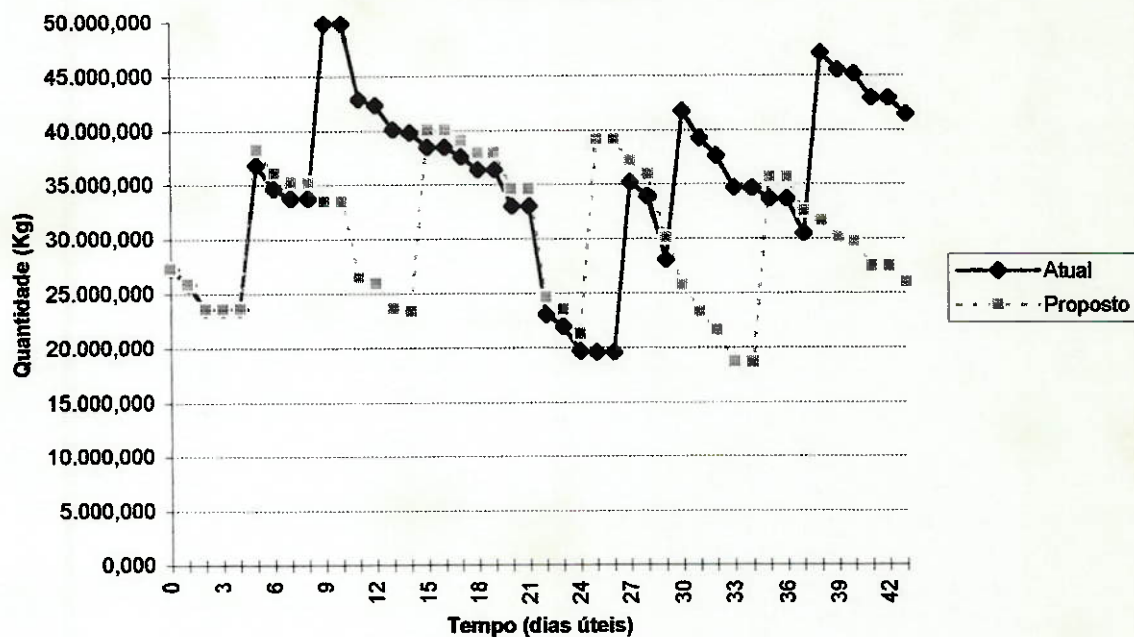


**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Dow Per**

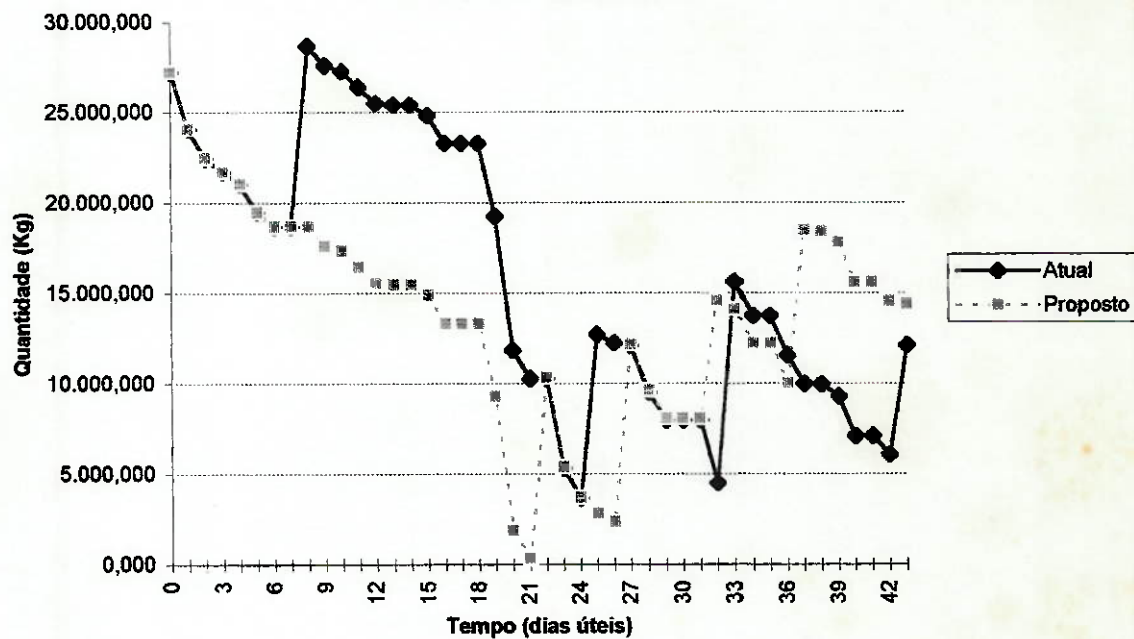




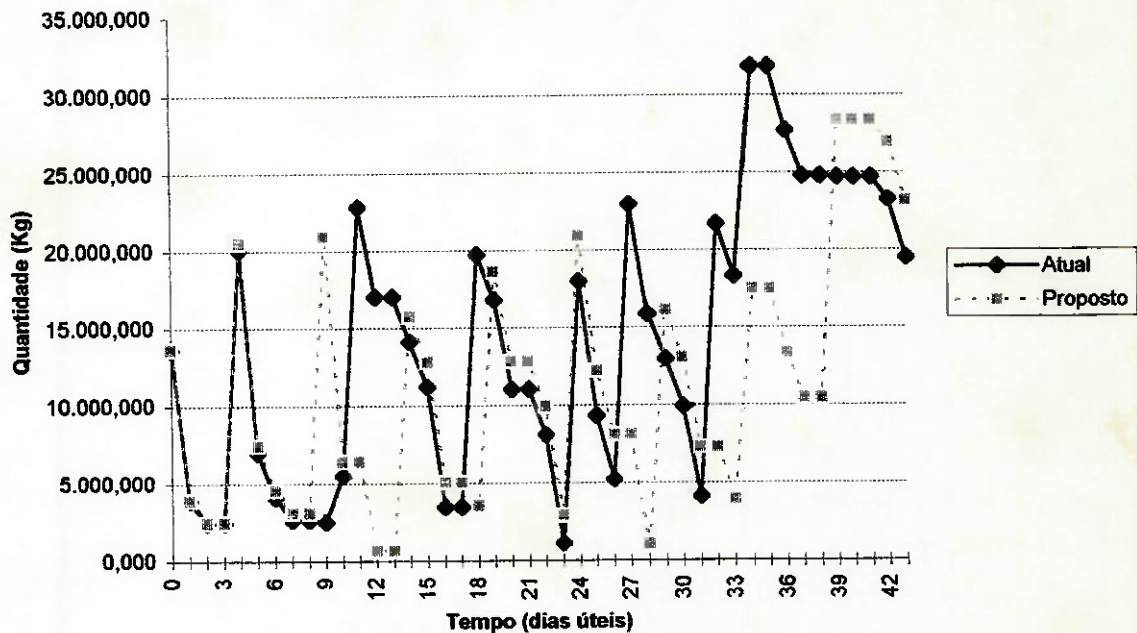
**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Glicerina**



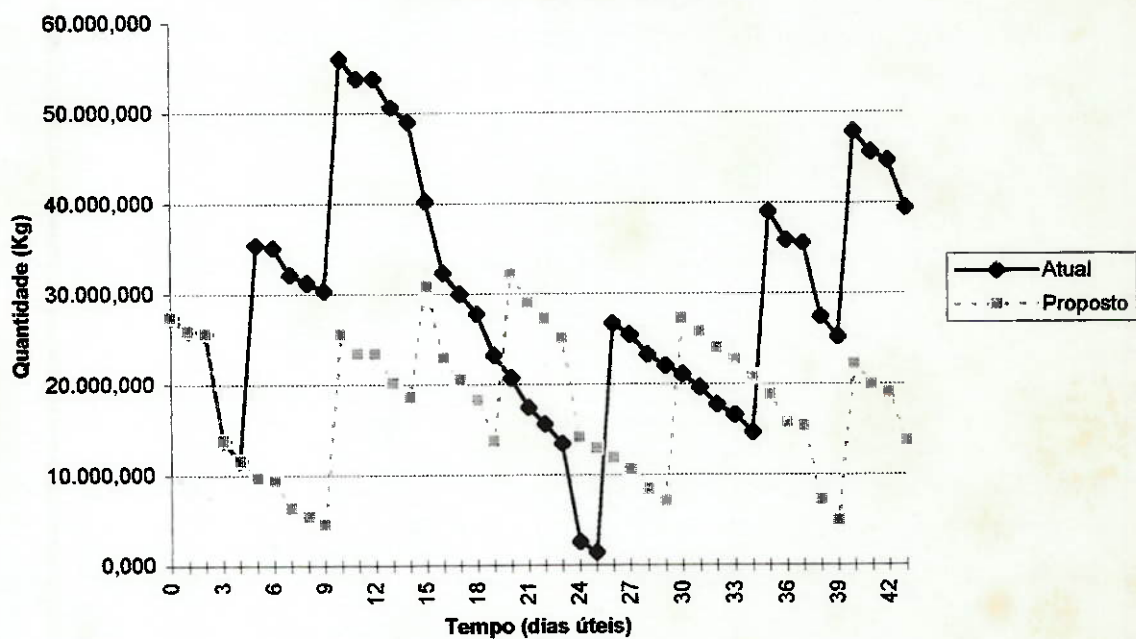
**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Isopropanol**

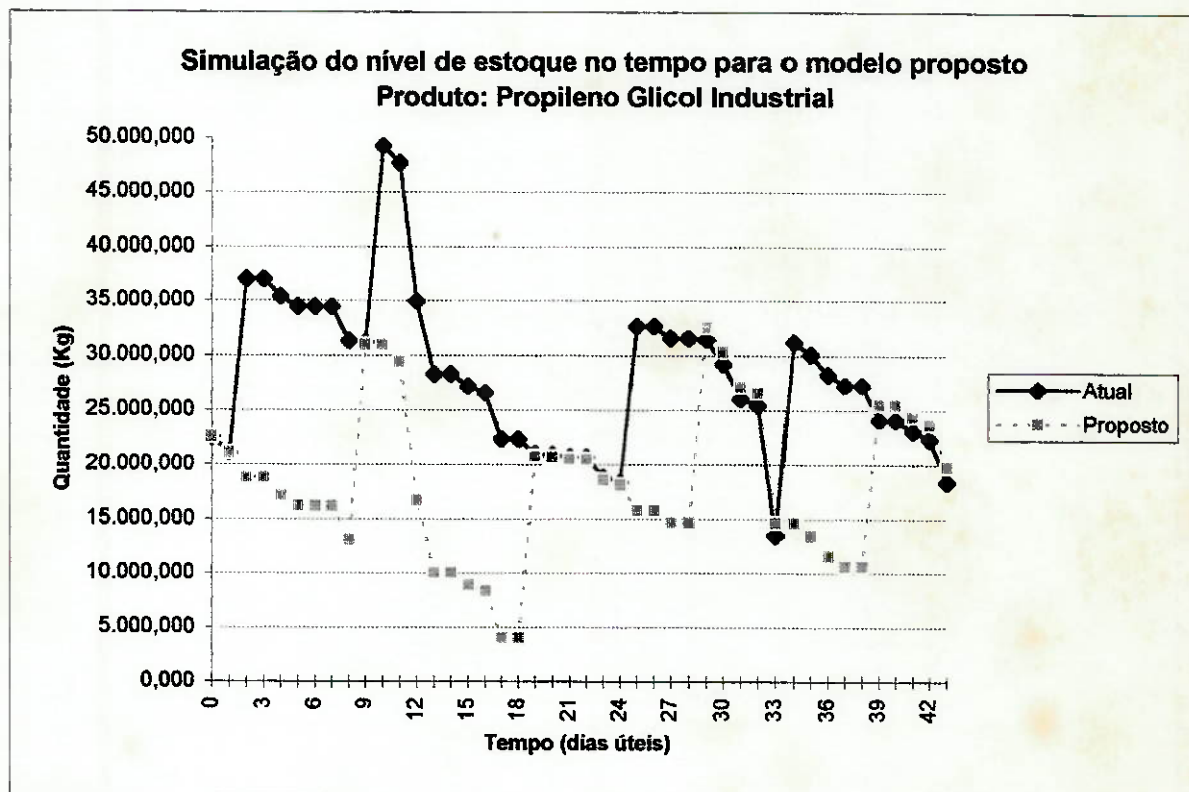
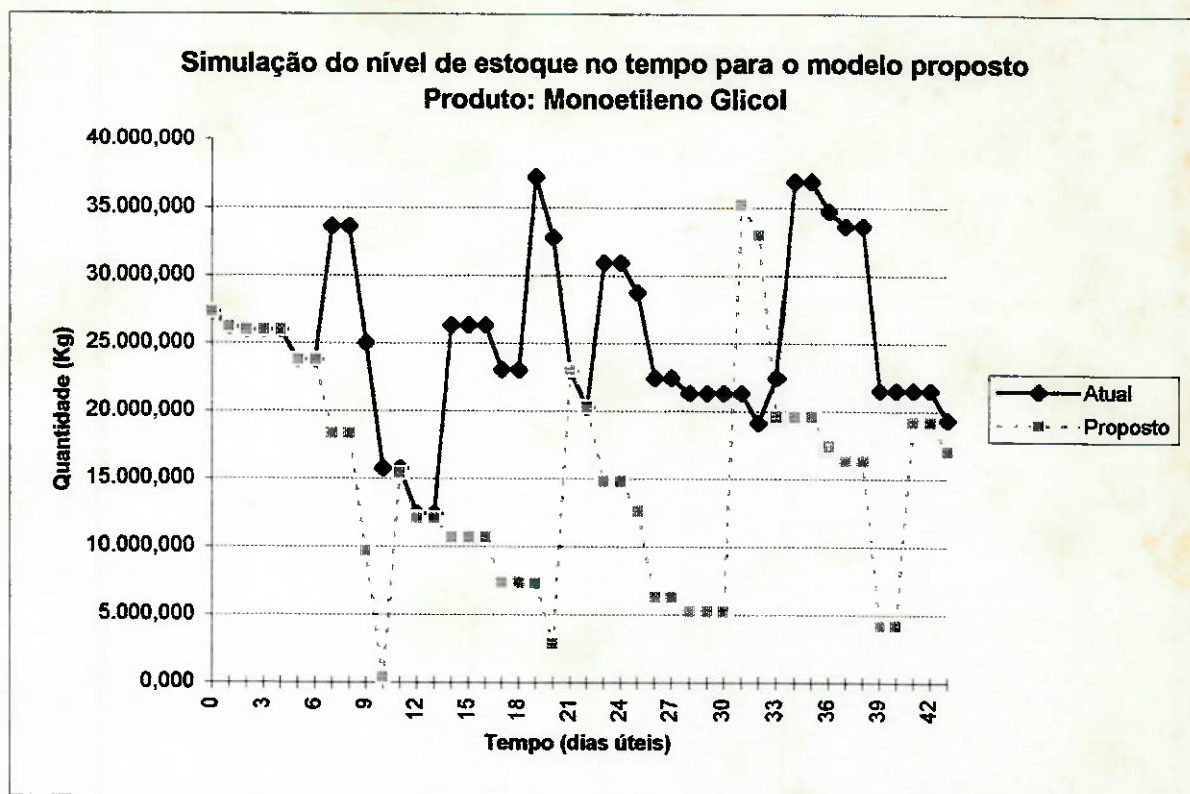


**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Neu-Tri**

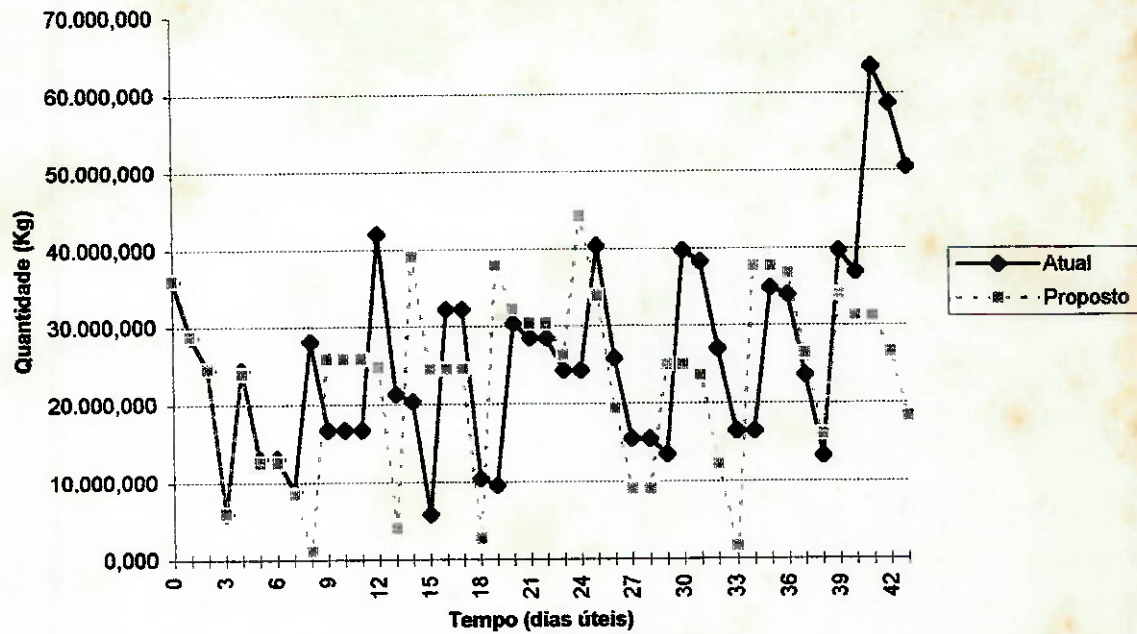


**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Percloroetileno**

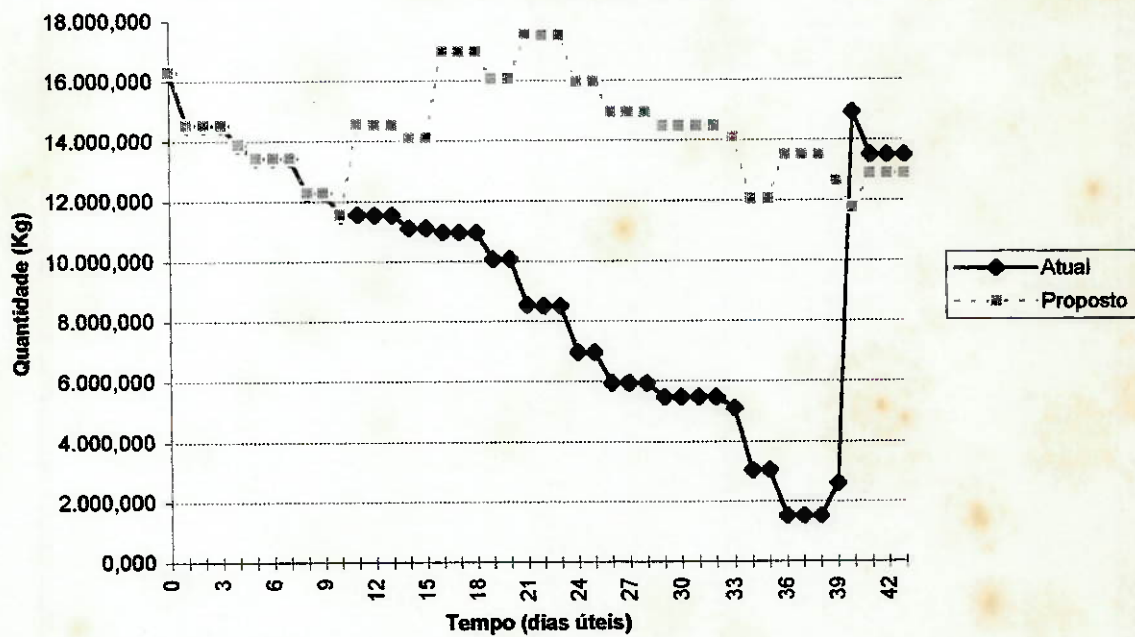




**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Propileno Glicol USP**



**Simulação do nível de estoque no tempo para o modelo proposto**  
**Produto: Trietanolamina**





## BIBLIOGRAFIA

- [1] BIAZZI, J. L. Administração de estoques para bens de varejo não perecíveis. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Produção. EPUSP, 1993.
- [2] GONÇALVES, P. S.; SCHWEMBER, E. Administração de estoques: teoria e prática. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.
- [3] HARMON, R. L. Reinventando a distribuição: logística de distribuição classe mundial. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- [4] HAX, A.; CANDEA, D. Production and inventory management. Englewood Cliffs: N. J., Prentice Hall, 1984.
- [5] LOVE, S. F. Inventory control. New York: McGraw-Hill, 1979.
- [6] MACHADO, M. A. Movimentação e armazenagem de materiais em uma indústria química. São Paulo. Trabalho de Formatura - Departamento de Engenharia de Produção. EPUSP, 1987.
- [7] MOURA, R. A. Logística: suprimentos, armazenagem, distribuição física. São Paulo: IMAM, 1989.
- [8] \_\_\_\_\_. Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais: materials handling. São Paulo: IMAM, 1983.
- [9] MUTHER, R. Planejamento do lay-out: sistema SLP. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.
- [10] OLIVA, F. A. C. Previsão de vendas: métodos da média corrida e da média exponencial. s.n.t. (Apostila).
- [11] ORLICKY, J. Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management. New York: McGraw-Hill, 1975.
- [12] PETERSON, R.; SILVER, E. A. Decision systems for inventory management and production control. New York: John Wiley & Sons, 1985.
- [13] SANTORO, M. C. Planejamento e controle de estoques. s.n.t. (Apostila).
- [14] SLACK, N.; et. al. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1997.
- [15] TERSINE, R. J. Principles of inventory and materials management. New York: Elsevier Science Publishing Co, 1988.