

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ACURACIDADE DOS MÉTODOS DE PREVISÃO E A SUA RELAÇÃO COM O  
DIMENSIONAMENTO DOS ESTOQUES DE PRODUTOS ACABADOS.**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina  
para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.

**MARCELO SCHWITZKY**

Florianópolis, novembro de 2001.

**MARCELO SCHWITZKY**

**ACURACIDADE DOS MÉTODOS DE PREVISÃO E A SUA RELAÇÃO COM O  
DIMENSIONAMENTO DOS ESTOQUES DE PRODUTOS ACABADOS.**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de "Mestre em Engenharia", Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.



---

Prof. RICARDO MIRANDA BARCIA, PhD.  
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



---

Prof. OSCAR CIRO LÓPEZ VACA, Dr.  
Orientador



---

Prof. OSMAR POSSAMAI, Dr.



---

Prof. DALVIO FERRARI TUBINO, Dr.

Dedico a Deus pela oportunidade de viver e evoluir;  
À minha esposa Cláudia pelo apoio e compreensão;  
Ao meu saudoso avô Guilherme.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Oscar Ciro López Vaca, pelas valiosas sugestões e orientações que contribuíram para o desenvolvimento e enriquecimento do trabalho.

Ao professor Osmar Possamai, pelas oportunas sugestões e motivações dadas para a conclusão deste trabalho, em reuniões na Softville.

Aos demais professores e funcionários da UFSC e os colegas do curso de pós-graduação que contribuíram direta ou indiretamente com informações e apoio necessários durante o desenvolvimento desta dissertação.

Ao professor da UNIVILLE - Raul Landmann - que contribuiu com muitas sugestões, principalmente no início do desenvolvimento da dissertação.

À UNIVILLE, por disponibilizar sua biblioteca à comunidade acadêmica da região para a realização de pesquisa bibliográfica.

À empresa que disponibilizou meios para realizar simulações com dados reais do dia-a-dia.

À diretoria, gerências e demais colegas de trabalho da empresa onde trabalho, pelo apoio necessário que forneceram, possibilitando a realização deste trabalho. E, em especial, ao gerente da área de logística, ao supervisor do PCP e ao analista de sistemas, pela troca de experiências e conhecimentos que contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

À minha esposa Cláudia, pelo amor e compreensão nos momentos difíceis e, também, aos demais familiares que de alguma forma contribuíram e me incentivaram nesta caminhada.

E, principalmente, a Deus, sempre presente em todos os momentos, por me ter dado a inteligência e a capacidade necessárias para o desenvolvimento deste trabalho e para a vida como um todo.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>

### 1 – INTRODUÇÃO

<b>1.1 - Origem do Trabalho .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 - Justificativa .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3 - Objetivos .....</b>	<b>2</b>
1.3.1 - Objetivo Geral .....	2
1.3.2 - Objetivos Específicos .....	2
<b>1.4 - Metodologia .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 - Limitações do Trabalho .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 - Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>4</b>

### 2 - OS PRAZOS DE ENTREGA, OS ESTOQUES E AS PREVISÕES DE DEMANDA

<b>2.1 – Os Prazos de Entrega .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 – As Funções dos Estoques .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 - Os Custos de se Manter Estoques .....</b>	<b>11</b>
2.3.1 – Custo por Item .....	12
2.3.2 – Custos de Estocagem.....	12
2.3.3 – Custos de Pedidos .....	13
2.3.4 – Custos de Esvaziamento de Estoque.....	14
2.3.5 – Custos Relacionados à Capacidade .....	15
<b>2.4 – Os Demonstrativos Financeiros e o Estoque.....</b>	<b>15</b>
2.4.1 – Balanço Patrimonial.....	15
2.4.2 – Conta Resultado .....	16
2.4.3 – Análise do Fluxo de Caixa .....	16
2.4.4 – Mensuração do Desempenho Financeiro de Estoques.....	17
<b>2.5 – O Sistema ABC de Controle de Estoques.....</b>	<b>18</b>

<b>2.6 – Os Indicadores das Dimensões dos Estoques .....</b>	<b>21</b>
2.6.1 – Variedades de Itens.....	21
2.6.2 – Volume de Material.....	22
2.6.3 – Valor dos Materiais Estocados.....	23
<b>2.7 - Os Níveis de Estoques .....</b>	<b>24</b>
2.7.1 - Os Níveis de Estoques <i>versus Lead Times</i> .....	24
2.7.1.1 - Fatores que Influenciam o <i>Lead Time</i> de Produção.....	27
2.7.1.2 – Influência do <i>Lead Time</i> no Estoque de Segurança.....	29
<b>2.8 – Dimensionamento dos Estoques .....</b>	<b>29</b>
2.8.1 – Sistema Ponto de Pedido .....	20
2.8.2 – Sistema de Reposição Periódica .....	32
2.8.3 – Estoque de Segurança .....	34
2.8.3.1 – Com Demanda Variável e Tempo de Atendimento Constante.....	35
2.8.3.2 – Com Demanda Constante e Tempo de Atendimento Variável.....	38
2.8.3.3 – Com Demanda e Tempo de Atendimento Variável.....	40
<b>2.9 – Nível de serviço <i>versus</i> Investimento em Estoque .....</b>	<b>44</b>
<b>2.10 – O Planejamento .....</b>	<b>45</b>
2.10.1 – O processo de Planejamento .....	47
<b>2.11 – Previsão da Demanda .....</b>	<b>49</b>
2.11.1 – Principais Métodos de Previsão .....	54
2.11.2 – Métodos Alternativos de Previsão .....	56
<b>2.12 – Monitoramento dos Modelos de Previsão .....</b>	<b>57</b>
2.12.1 – Fatores que Influenciam o Desempenho de um Modelo .....	58
2.12.2 – Fontes de Erros de Previsão .....	59
<b>2.13 – Escolha do Método de Previsão .....</b>	<b>60</b>
<b>2.14 – Classificação dos Modelos .....</b>	<b>61</b>
2.14.1 – Modelos Matemáticos e Estatísticos .....	62
2.14.2 – Modelos de Regressão .....	62
<b>2.15 – Os Métodos de Previsão Utilizados nas Simulações .....</b>	<b>63</b>
2.15.1 – Média Móvel .....	63
2.15.2 – Média Exponencial Móvel .....	64
2.15.3 – Tendência Linear .....	65
2.15.4 – Tendência Exponencial .....	66
2.15.5 – Suavizamento Exponencial .....	66

2.15.6 – Índices de Sazonalidade .....	67
<b>2.16 – Avaliação de Métodos de Previsão Aplicados nas Simulações .....</b>	<b>68</b>
2.16.1 – Desvio Médio Absoluto (MAD).....	69
2.16.2 – Desvio Padrão ( $\sigma_D$ ).....	69
2.16.3 – Desvio Acumulado (DA) .....	70
<b>2.17 – Trabalhos Publicados na Área .....</b>	<b>71</b>
<b>2.18 – Considerações .....</b>	<b>73</b>

### **3 - PROPOSTA PARA VERIFICAR A ACURACIDADE DA PREVISÃO DA DEMANDA E SUA INFLUÊNCIA NO ESTOQUE**

<b>3.1 – Levantamento de Dados de Demanda .....</b>	<b>74</b>
<b>3.2 – Classificação dos Produtos pela Curva ABC.....</b>	<b>75</b>
<b>3.3 – Simulações de Previsões de Demanda .....</b>	<b>75</b>
<b>3.4 – Verificação da Acuracidade dos Métodos de Previsões de Demanda .....</b>	<b>76</b>
3.4.1 – Verificação pelo Desvio Médio Absoluto (MAD) .....	77
3.4.2 – Verificação pelo Desvio Padrão ( $\sigma_D$ ) .....	77
3.4.3 – Verificação pelo Desvio Acumulado (DA) .....	78
<b>3.5 – Dimensionamento dos Estoques de Segurança .....</b>	<b>78</b>
<b>3.6 – Nível de Estoque <i>versus</i> Previsão de Demanda .....</b>	<b>80</b>
<b>3.7 – Custo Anual da Manutenção do Estoque .....</b>	<b>82</b>
<b>3.8 – Considerações .....</b>	<b>82</b>

### **4 - VERIFICAÇÃO DA ACURACIDADE DA PREVISÃO DA DEMANDA E SUA INFLUÊNCIA NO ESTOQUE**

<b>4.1 – Levantamento e Organização dos Dados .....</b>	<b>84</b>
<b>4.2 – Previsões de Demanda.....</b>	<b>86</b>
<b>4.3 – Acuracidade das Previsões .....</b>	<b>92</b>
4.3.1 – Avaliação pelo Desvio Médio Absoluto (MAD) e Desvio Padrão ( $\sigma_D$ ).....	93
4.3.2 – Avaliação pelo Desvio Acumulado (DA).....	100
4.3.3 – Conclusões sobre os Métodos de previsões.....	105
<b>4.4 – Nível de Estoque <i>versus</i> Acuracidade da Previsão .....</b>	<b>108</b>
<b>4.5 – Comparação dos Custos de Manutenção dos Estoques .....</b>	<b>112</b>
<b>4.6 – Considerações .....</b>	<b>113</b>

**5 – CONCLUSÕES****5.1 – Conclusões ..... 114****5.2 – Sugestões para Trabalhos Futuros ..... 116****REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 117**



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Gráfico com a Previsão menor que a Demanda .....	25
Figura 2.2 – Gráfico com a Previsão maior que a Demanda .....	25
Figura 2.3 – Composição do <i>Lead Time</i> Produtivo .....	27
Figura 2.4 – Quantidade disponível <i>versus</i> tempo: item de demanda independente .....	31
Figura 2.5 – Sistema de Revisão Periódica .....	32
Figura 2.6 – Estoque de Segurança com Demanda Variável e Tempo de Atendimento Constante .....	35
Figura 2.7 – Estoque de Segurança com Demanda Constante e Tempo de Atendimento Variável .....	39
Figura 2.8 - Estoque de segurança com demanda e tempo de atendimento variável .....	41
Figura 2.9 – Investimento em estoque <i>versus</i> Nível de serviço .....	45
Figura 2.10 - Dinâmica do processo de planejamento .....	47
Figura 2.11 - Efeito da “inércia” das decisões de planejamento .....	48
Figura 2.12 - Sub-Horizontes dentro do Horizonte de Planejamento .....	49
Figura 2.13 - Combinando carteira de pedidos e previsões .....	51
Figura 2.14 - Etapas do modelo de previsão de demanda .....	52
Figura 2.15 - Os erros de previsão crescem com o horizonte, para um mesmo nível de agregação .....	53
Figura 2.16 - Compensação parcial dos erros crescentes de previsão pela agregação crescente .....	54
Figura 2.17 - Aspecto de uma série temporal .....	55
Figura 2.18 - Fatores que influenciam séries históricas .....	56
Figura 3.1 - Estoque de segurança <i>versus</i> desvio padrão .....	80
Figura 3.2 - Acuracidade da Previsão da Demanda <i>versus</i> Nível de Estoque .....	81
Figura 4.1 - Gráfico do Comportamento da Demanda para P1, P2 e P3 da Curva A .....	85
Figura 4.2 - Gráfico do Comportamento da Demanda para P1, P2 e P3 da Curva B .....	85
Figura 4.3 - Gráfico do Comportamento da Demanda para P1, P2 e P3 da Curva C .....	86
Figura 4.4 - Gráfico das Previsões para o Produto P1 da Curva A .....	87
Figura 4.5 - Gráfico das Previsões para o Produto P2 da Curva A .....	88
Figura 4.6 - Gráfico das Previsões para o Produto P3 da Curva A .....	88
Figura 4.7 - Gráfico das Previsões para o Produto P1 da Curva B .....	89
Figura 4.8 - Gráfico das Previsões para o Produto P2 da Curva B .....	90

Figura 4.9 - Gráfico das Previsões para o Produto P3 da Curva B .....	90
Figura 4.10 - Gráfico das Previsões para o Produto P1 da Curva C .....	91
Figura 4.11 - Gráfico das Previsões para o Produto P2 da Curva C .....	91
Figura 4.12 - Gráfico das Previsões para o Produto P3 da Curva C .....	92
Figura 4.13 - Gráfico de Controle para P1 da Curva A - Limite 4 MAD (TL) .....	95
Figura 4.14 - Desvio Acumulado de P1 da Curva A - TL - Limite 4 MAD .....	105
Figura 4.15 - Métodos de Previsão Selecionados para o Produto P1 da Curva A .....	106
Figura 4.16 - Métodos de Previsão Selecionados para o Produto P1 da Curva B .....	107
Figura 4.17 - Métodos de Previsão Selecionados para o Produto P1 da Curva C .....	107
Figura 4.18 - A Acuracidade da Previsão e o Estoque – P1 da Curva A .....	110
Figura 4.19 - A Acuracidade da Previsão e o Estoque – P1 da Curva B .....	111
Figura 4.20 - A Acuracidade da Previsão e o Estoque – P1 da Curva C .....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Exemplo de Classificação de Itens em A, B e C .....	19
Tabela 2.2 – Tabela de Fatores de Segurança .....	36
Tabela 2.3 – Tempo de Atendimento <i>versus</i> Probabilidade .....	40
Tabela 2.4 – Levantamento de dados: demanda, tempo de atendimento e probabilidades .....	42
Tabela 2.5 – Demanda <i>versus</i> tempo de atendimento .....	43
Tabela 2.6 – Itens faltantes <i>versus</i> probabilidade .....	43
Tabela 2.7 - Vendas Previstas e reais com viés .....	71
Tabela 3.1 - Comparação dos desvios padrões .....	79
Tabela 3.2 - Nível de Estoque <i>versus</i> Previsão de Demanda .....	81
Tabela 4.1 - Demanda dos últimos 24 períodos – Produtos P1, P2 e P3 da Curva A .....	84
Tabela 4.2 - Simulações de Previsão de Demanda para o Produto P1 da Curva A .....	87
Tabela 4.3 – Desvios das Previsões – Produto P1 da Curva A .....	93
Tabela 4.4 – Desvios das Previsões – Produto P2 da Curva A .....	93
Tabela 4.5 – Desvios das Previsões – Produto P3 da Curva A .....	94
Tabela 4.6 – Desvios das Previsões – Produto P1 da Curva B .....	96
Tabela 4.7 – Desvios das Previsões – Produto P2 da Curva B .....	96
Tabela 4.8 – Desvios das Previsões – Produto P3 da Curva B .....	97
Tabela 4.9 – Desvios das Previsões – Produto P1 da Curva C .....	98
Tabela 4.10 – Desvios das Previsões – Produto P2 da Curva C .....	98
Tabela 4.11 – Desvios das Previsões – Produto P3 da Curva C .....	99
Tabela 4.12 – Desvio Acumulado do Produto P1 da Curva A .....	100
Tabela 4.13 – Desvio Acumulado do Produto P2 da Curva A .....	101
Tabela 4.14 – Desvio Acumulado do Produto P3 da Curva A .....	101
Tabela 4.15 – Desvio Acumulado do Produto P1 da Curva B .....	102
Tabela 4.16 – Desvio Acumulado do Produto P2 da Curva B .....	102
Tabela 4.17 – Desvio Acumulado do Produto P3 da Curva B .....	103
Tabela 4.18 – Desvio Acumulado do Produto P1 da Curva C .....	103
Tabela 4.19 – Desvio Acumulado do Produto P2 da Curva C .....	104
Tabela 4.20 – Desvio Acumulado do Produto P3 da Curva C .....	104
Tabela 4.21 – Resumo dos Resultados dos Métodos de Previsão .....	106
Tabela 4.22 - Nível de Estoque <i>versus</i> Previsão da Demanda – P1 da Curva A – TL .....	108

Tabela 4.23 - Estoque Médio <i>versus</i> Acuracidade da Previsão - Curva A .....	109
Tabela 4.24 - Estoque Médio <i>versus</i> Acuracidade da Previsão - Curva B .....	109
Tabela 4.25 - Estoque Médio <i>versus</i> Acuracidade da Previsão - Curva C .....	110
Tabela 4.26 - Número de Períodos com Estoque Final Negativo .....	112

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 2.1 – Relação da demanda e do tempo de atendimento variável <i>versus</i> atendimento de pedidos.....	41
Quadro 2.2 – Comparação das Técnicas de Previsão de Demanda .....	61

## RESUMO

Este trabalho analisa a relação entre a acuracidade da previsão da demanda e o estoque de produtos acabados, identificando formas de avaliação e monitoramento da acuracidade.

As empresas que atendem aos clientes com os estoques e executam o planejamento da produção baseado em previsões de demanda, precisam utilizar métodos de previsão, os quais apresentem uma boa acuracidade e, também, necessitam monitorar esta acuracidade para tomada de ações, quando necessário.

Se a previsão apresenta uma baixa acuracidade, o processo de planejamento da produção, também, será de baixa precisão. Nestes casos, podem ser gerados estoques excessivos, ou podem ocorrer faltas nos estoques com conseqüente atraso nas entregas a clientes, insatisfações de clientes e possibilidade de perdê-los para a concorrência.

É da satisfação dos clientes que depende a sobrevivência de uma empresa.

Dentro deste contexto, serão descritas as formas de avaliação e de monitoramento da acuracidade da previsão da demanda, como determinar o método de previsão que apresenta a melhor acuracidade e de que forma essa acuracidade influencia o nível dos estoques e os respectivos custos anuais de manutenção de estoques.

**Palavras-chave:** Previsão, Acuracidade e Estoque.

## ABSTRACT

This work analyzes the relationship between the accuracy of demand forecast and the stock of finished products, identifying the ways of assessment and monitoring of accuracy.

The companies which supply the customers with the products in stock and carry out the production planning based on demand forecasts, need to use forecast methods which have a good accuracy. Further, they must monitor this accuracy in order to take action, if necessary.

If the forecast has a low accuracy, the production planning process will also have a low precision. In these cases, excess of stocks may be created, or out-of-stock products may occur, resulting in late delivery services to the customers, unsatisfied customers, and the possibility of losing them to competitors.

The survival of a company depends on the satisfaction of its customers.

Within this context, an attempt is made to describe the ways of assessment and monitoring of the demand forecast accuracy, to provide a way to determine which forecast method is most accurate and how this accuracy affects the stock level, and to indicate the respective annual costs for maintaining these stocks.

**Key-words:** Forecast, Accuracy and Stock.

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1 – Origem do Trabalho**

Produzir para repor estoques de produtos acabados de demanda independente e planejar a reposição destes estoques, de forma que as faltas de produtos acabados sejam minimizadas e, também, não se mantenha estoque excessivo destes produtos acabados, são atividades que requerem uma atenção especial do gestor, pois são atividades que têm uma relação direta com o nível de atendimento ao cliente e com os custos oriundos do investimento em estoque e de sua manutenção.

Outros fatores levados em conta são: necessidade de possuir uma boa acuracidade na previsão de demanda, área física limitada para depósito de produtos acabados, atraso na entrega de alguns produtos acabados a clientes, dificuldade em cumprir o prazo de entrega de certos produtos acabados, necessidade de possuir sempre alguns produtos disponíveis para entrega a clientes e significativo capital investido nos inventários.

### **1.2 – Justificativa**

Pode-se dizer que a questão do prazo de entrega aos clientes será cada vez mais determinante para a sobrevivência das empresas no mercado, apesar de não ser o único fator.

Quando o cliente que está disposto a comprar uma determinada mercadoria, entra na loja e não encontra o que está procurando, podem surgir as seguintes situações:

- ou ele não compra mais aquela mercadoria por mudar de idéia e não sentir mais a necessidade ou desejo da compra,
- ou compra um produto substituto,
- ou compra em outra loja.

Se um cliente deixa de comprar em determinado estabelecimento por não encontrar o que precisava, surge um grande potencial da perda daquele cliente ou perda da sua fidelidade.

Estar com o produto acabado ou serviço disponível aos clientes e aos clientes potenciais é uma vantagem competitiva para a organização num ambiente globalizado. Porém, para manter estes produtos ou serviços prontamente disponíveis, é necessário um investimento, o qual tem seu custo, que muitas vezes é tão alto que não é suportado pela organização.



Quanto maior o prazo de entrega para o cliente, menor é o nível de estoque, maior é o giro do estoque, menor é o investimento necessário e menores são os custos. Porém, pior é o nível de atendimento ao cliente.

Quando o planejamento é baseado em previsões e quando estas se desviam muito da demanda, os objetivos traçados no planejamento ficam difíceis de serem alcançados, podendo ocorrer faltas ou excessos nos estoques. Tanto as faltas como os excessos nos estoques são indesejáveis numa empresa, pois são geradores de insatisfações de clientes e de custos, respectivamente.

Sendo assim, surge a necessidade de se determinar um método de previsão para obter uma boa acuracidade da previsão e, além disso, monitorar esta acuracidade.

O resultado esperado por este trabalho é responder a seguinte pergunta: Qual método de previsão de séries temporais apresenta a melhor acuracidade para certa demanda e qual o impacto desta acuracidade nos estoques de produtos acabados ?

Como hipóteses tem-se o seguinte:

- O método de previsão que apresenta o menor desvio padrão das diferenças entre previsão e demanda, possui a melhor acuracidade para certa demanda.
- Melhores acuracidades das previsões de demanda permitem manter menores níveis de estoques de produtos acabados com um mesmo nível de atendimento.

### **1.3 – Objetivos**

#### **1.3.1 – Objetivo Geral**

Verificar qual método de previsão de demanda, de série temporais, apresenta a melhor acuracidade, bem como identificar o impacto desta acuracidade nos estoques de produtos acabados de demanda independente.

#### **1.3.2 – Objetivos Específicos**

- ◆ Verificar a acuracidade de métodos de previsão de demanda, de séries temporais, para determinado comportamento de demanda através de simulação;
- ◆ Determinar formas de avaliar e monitorar a acuracidade de previsões de demanda;

- ◆ Simular o relacionamento da acuracidade da previsão de demanda com o nível de estoque de produtos acabados;
- ◆ Avaliar o custo anual de manutenção do estoque de produtos acabados.

#### 1.4 - Metodologia

A metodologia a ser utilizada no presente trabalho para verificar qual método de previsão de demanda, de série temporais, apresenta a melhor acuracidade para certa demanda e identificar o impacto da acuracidade da previsão nos estoques de produtos acabados será exploratória e avaliativa, através de simulação matemática.

A pesquisa exploratória fornece uma visão geral do que existe atualmente na literatura em relação ao problema e em relação aos fatores que influenciam no nível dos estoques, no prazo de entrega, na qualidade do planejamento e na acuracidade da previsão da demanda.

Através de observações e levantamento de dados, realizam-se simulações matemáticas de alguns métodos de previsão estatísticos de série temporais e verificam-se as acuracidades, bem como se determinam formas de monitoramento e verificação do impacto da acuracidade no nível de estoque dos produtos acabados.

Utilizando-se das simulações para determinar o método de previsão que apresenta a melhor acuracidade para e monitorar a acuracidade, pode-se melhorar a otimização da relação entre o nível dos estoques de produtos acabados *versus* prazos de entrega de forma a oferecer um bom atendimento aos clientes com melhores níveis de estoques de produtos acabados.

#### 1.5 – Limitações do Trabalho

Este trabalho se limita ao estudo para aplicação em empresas, as quais atendem os clientes com os estoques de produtos acabados de demanda independente, planejam e produzem as reposições destes estoques baseados em previsões de demanda, onde os métodos de previsão utilizados são de séries temporais.

Neste estudo são analisados os processos desde os sistemas de produção, dimensionamento dos estoques, previsões de demanda até a armazenagem dos produtos acabados na expedição, disponibilizando-os aos clientes.

Os estoques, aos quais se refere o presente trabalho, são os de produtos acabados de demanda independente postos na expedição e utiliza-se o sistema de revisão periódica para repor os estoques destes produtos acabados.

## 1.7 - Estrutura do Trabalho

Para atender aos objetivos, além deste capítulo, este trabalho está estruturado da seguinte forma:

### - Capítulo 2 – Os Prazos de Entrega, os Estoques e as Previsões de Demanda

Este capítulo descreve os problemas encontrados quando se deseja disponibilizar os produtos imediatamente aos clientes e como os estoques podem ajudar neste sentido.

Este trabalho está focado em empresas que atendem à demanda com os estoques de produtos acabados de demanda independente e planejam a produção, baseado em previsões de demanda, onde os métodos de previsão utilizados são de séries temporais. E, segundo CHING (1999, p. 31), “Nunca se tem certeza da quantidade a ser solicitada pelos clientes e da quantidade a ser enviada para armazenagem.” Surge, então, um problema: dificilmente se acertará a previsão. Aqui se apresenta um levantamento bibliográfico de como o problema vem sendo resolvido e o porquê vale a pena se aprofundar no estudo deste problema.

Neste capítulo apresentam-se as equações e meios utilizados para se aplicar a proposta para verificar a acuracidade da previsão da demanda e sua influência no estoque de produtos acabados. É descrito como classificar os produtos acabados pela curva ABC, como calcular o desvio padrão e o estoque de segurança. São apresentadas as equações para simular previsões pelos métodos de previsão estatísticos de séries temporais e são descritas as formas de monitoramento da acuracidade da previsão. Ao final, mostra-se como mensurar o custo anual de manutenção do estoque, baseado nos estoques resultantes das simulações e apresentam-se resumos de trabalhos elaborados nesta área;

### - Capítulo 3 – Proposta para Verificar a Acuracidade da Previsão da Demanda e sua Influência no Estoque

Neste capítulo apresenta-se a proposta para verificar a acuracidade da previsão da demanda, de séries temporais, e sua influência no estoque de produtos acabados.

Utilizando-se das equações detalhadas no Capítulo 2, são apresentados os passos para verificar a acuracidade da previsão da demanda de forma simulada, desde o levantamento de dados da demanda dos produtos acabados até a determinação do custo anual de manutenção do estoque destes produtos acabados. Nesta fase, são descritos como realizar: o levantamento de dados, o agrupamento dos produtos pela curva ABC, as previsões de demanda, a verificação da acuracidade (pelo desvio médio absoluto, pelo desvio padrão e pelo desvio acumulado), o dimensionamento do estoque de segurança e do estoque médio dos produtos acabados em função de cada previsão e a avaliação do estoque dos produtos acabados como um todo;

### - Capítulo 4 – Verificação da Acuracidade da Previsão da Demanda e sua Influência no Estoque

Mostra-se neste capítulo como se realiza a verificação da acuracidade da previsão da demanda, de séries temporais, e como se verifica sua influência no estoque de produtos acabados, através de simulação, conforme proposto no Capítulo 3. Como resultado das simulações, verifica-se qual método de previsão apresenta a melhor acuracidade na previsão, para os valores de demanda utilizados. Obtida a acuracidade de cada método de previsão utilizado neste capítulo, realiza-se um comparativo da acuracidade da previsão de demanda *versus* nível de estoque de produtos acabados e custo anual da manutenção do estoque;

### - Capítulo 5 – Conclusões

Este capítulo apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2 – OS PRAZOS DE ENTREGA, OS ESTOQUES E AS PREVISÕES DE DEMANDA**

Este capítulo aborda a importância do cumprimento do prazo de entrega ao cliente e o que pode ser feito para evitar o não cumprimento do mesmo.

Uma das formas é manter estoques em níveis mais altos para evitar as faltas. Os estoques possuem várias funções. Porém, existe o custo de mantê-los e, além disso, influenciam no demonstrativo financeiro - resultado da empresa - conforme é detalhado neste capítulo.

O planejamento e a previsão de demanda têm um papel fundamental na manutenção de um bom nível de atendimento ao cliente. Porém, previsões sem uma boa acuracidade trazem resultados negativos, tanto para o planejamento como para a empresa como um todo.

Neste capítulo apresentam-se os métodos de previsão de séries temporais utilizados nos Capítulos 3 e 4, bem como as características de cada um. Os métodos utilizados nas simulações abordadas nesta dissertação são os seguintes: média móvel, média exponencial móvel, tendência linear, tendência exponencial, suavizamento exponencial e índices de sazonalidade. As equações utilizadas, para se aplicar a proposta para verificar a acuracidade da previsão da demanda e sua influência no estoque de produtos acabados e no respectivo custo de manutenção, são descritas neste capítulo.

### **2.1 – Os Prazos de Entrega**

Nos últimos tempos, as pessoas não têm mais tido paciência para esperar pela entrega de alguma mercadoria que estão comprando. Quando estão realizando a compra já querem levar a mercadoria.

Com a globalização, abertura das fronteiras, surgimento de novos fornecedores e novas lojas, o consumidor tem cada vez mais opções para realizar suas compras e quem quiser sobreviver precisa ser competitivo através da satisfação dos clientes.

Mas, como satisfazer os clientes ? Será pela Qualidade Total ?

PALADINI (1997, p. 25) faz a seguinte consideração: “A Qualidade Total é um meio de atendimento das empresas à sociedade. Não se trata de um modo simples de atuação, caracterizado apenas por embalagens bem cuidadas, vendedores educados e gentis, produto entregue no prazo adequado ou preços acessíveis.”

A Qualidade Total é um meio de atendimento à sociedade, de forma muito mais ampla, como por exemplo, nível de atendimento no contato com o cliente, preços, prazos, garantia após a venda, serviços após venda, peças de reposição canais de fácil acesso para compra, entre outros. Preço mais alto muitas vezes é visto como sinônimo de melhor qualidade, assim como preço mais baixo muitas vezes é visto como sinônimo de pior qualidade. Tudo é muito relativo e depende da situação.

CHING (1999, p. 61), também, apresenta opinião similar ao do PALADINI: “Antes de comprar, o cliente pesquisa preço, características, qualidade, garantia, assistência técnica, nível de serviço, enfim, tudo que melhor atenda suas necessidades.”

Pode-se observar que a satisfação dos clientes não é obtida apenas por produtos entregues no prazo adequado ou preços acessíveis. Mas, em muitas situações estes fatores podem ser decisivos na escolha do produto.

Para CHING (1999, p. 60): “... possuir transporte eficiente, contar com níveis mínimos de estoques necessários, levar pouco tempo para processar os pedidos e oferecer serviço de entrega com nenhuma perda, tem impacto positivo sobre os clientes e conseqüentemente sobre as vendas.”

Possuir transporte eficiente, pouco estoque e rapidez nos processos para entrega dos produtos e sem erros podem conquistar a fidelidade do cliente. O cliente sente-se motivado a comprar de empresas que oferecem rapidez nas entregas e têm uma boa confiabilidade, pois isso representa menores custos com seus inventários (CHING, 1999).

Rápidas entregas implicam em menor *lead time* e, conseqüentemente, menores níveis de estoques. É uma forma de aumentar o giro dos estoques, reduzir custos, melhorar a flexibilidade, a confiabilidade e o nível de atendimento ao cliente.

TUBINO (1999, p. 28) afirma que: “Satisfazer as necessidades dos clientes significa entender e responder aos seus anseios, fornecendo produtos com qualidade no momento em que forem solicitados.”

É importante a satisfação das necessidades dos clientes. Porém, o papel de interpretar as suas necessidades é bastante complexo. Existem situações, onde o cliente deseja receber um produto num determinado momento, nem antes e nem depois, como por exemplo, um bolo para uma festa de aniversário. Uma semana antes ou uma semana depois, não atende a necessidade. De forma similar é com a prestação de um certo serviço. Deve ser fornecido no momento especificado pelo solicitante.

PALADINI (1997, p. 26) analisa a missão da empresa em seu contexto mais abrangente: “... torna-se claro que o objetivo de qualquer empresa é sobreviver. E a única forma que a

empresa dispõe, para tanto, é colocar seus produtos na casa dos consumidores, ou seja, manter sua presença na faixa de mercado onde pretende atuar. Como qualquer ser vivo, deve ser ambição natural da empresa seu crescimento, contínuo desenvolvimento, ampliação de sua capacidade e das operações. Isso só será possível se realizar maior volume de vendas, ou seja, conquistando novos mercados. Para sobreviver, assim, não há como a empresa deixar de considerar o cliente como meta fundamental: afinal, de sua plena satisfação vai depender a manutenção dos produtos no mercado.”

O objetivo de qualquer empresa é sobreviver, bem como crescer, pela sua própria natureza. Pode-se fazer uma analogia com um indivíduo na sociedade que sonha em crescer profissionalmente e ganhar melhores salários. Para uma empresa crescer, ela precisa aumentar suas vendas, conquistar novos mercados e para isto, precisa estar com seu foco voltado para os clientes. É necessário satisfazer as suas necessidades, de modo que os objetivos, produtos e serviços da empresa coincidam com estas necessidades.

CHING (1999, p. 66) escreve que: “A empresa somente poderá obter vantagens competitivas por meio de aumento de produtividade, diferenciação do produto e níveis altos de serviço ao cliente.”

A vantagem competitiva de uma empresa frente aos seus concorrentes precisa ser uma constante. Existem várias formas de obter esta vantagem, que em determinados quesitos pode ser maior do que em outros. Neste caso, CHING (1999) considera a produtividade, diferenciação do produto a altos níveis de serviço ao cliente, que engloba menores prazos de entrega. Uma análise de valor pode ajudar a empresa a obter vantagem competitiva, pois é através desta análise que se descobre o que está agregando valor e o que não está. Durante esta análise, em muitas situações, podem ser percebidos quesitos que determinado produto não possui e então um novo valor é possível de ser agregado.

Segundo CORRÊA (2000, p. 274): “O nível de serviço ao cliente procura avaliar o desempenho da empresa em relação a quatro importantes aspectos”:

- ◆ Disponibilidade do produto para pronta entrega;
- ◆ *Lead Time* ou prazo de entrega do produto, contando a partir do momento do recebimento do pedido até a entrega efetiva do produto acabado;
- ◆ Confiabilidade do prazo de entrega informado ao cliente;
- ◆ Flexibilidade de entrega, que se refere à facilidade com que a empresa modifica as condições iniciais do pedido, principalmente em relação a quantidades e datas de entrega.

Pode-se dizer que existe uma grande relação entre disponibilidade do produto, prazo, confiabilidade e flexibilidade. Normalmente, a primeira pergunta é sobre a disponibilidade do produto e caso não esteja disponível, quando pode ser entregue. Entrega prometida e não cumprida gera perda da confiabilidade, principalmente, quando ocorre reincidência. Assim, produtos com qualidade e entregues no prazo podem fazer a diferença.

Logo, a satisfação dos clientes não pode ser baseada em apenas um elemento, mas sim em um conjunto de elementos. E, se a satisfação dos clientes não estiver inserida na missão da empresa, considerando um conjunto de elementos, a sua sobrevivência estará ameaçada.

## 2.2 – As Funções dos Estoques

As funções dos estoques definidas por ARNOLD (1999, p. 268): “Na produção em lotes, o propósito básico dos estoques é separar o suprimento da demanda.”

Com a separação do suprimento da demanda através de estoques, qualquer problema que surgir durante o tempo de suprimento, que poderia comprometer algum prazo de entrega aos clientes é anulado. No suprimento, quando por exemplo, quebra uma máquina, um fornecedor atrasa alguma entrega, a demanda de certo produto cresce de forma imprevisível, é o estoque que consegue evitar as faltas de produtos acabados para entrega ao cliente.

Segundo ARNOLD (1999, p. 271): “Os estoques ajudam a maximizar o atendimento aos clientes, protegendo a empresa da incerteza. Se fosse possível prever exatamente o que os clientes querem e quando, um plano seria feito para satisfazer à demanda sem incertezas. Entretanto, a demanda e o *lead time* necessários para produzir um item são sempre incertos, possivelmente resultando em esvaziamentos de estoques e na insatisfação dos clientes.”

Difícilmente se consegue prever o que, quanto e quando os clientes querem. Somente se consegue saber estas informações após as mesmas terem sido negociadas ou feito o pedido. O *lead time* na maioria das vezes, além de ser muito longo, também varia, gerando incertezas no tocante a atendimento aos clientes. Para minimizar estas incertezas, são criados os estoques que nos ajudam a maximizar o atendimento aos clientes.

A função dos estoques de produtos acabados é regular diferenças entre as taxas de produção e de demanda do mercado. Essas diferenças podem ter sua origem em função de decisões gerenciais ou por ocorrências inesperadas (CORRÊA, 2000).

Muitas vezes pode ser impossível ou inviável coordenar as fases do processo de transformação de forma a alterar suas curvas de suprimento de modo que ela seja igual à



curva de consumo, dispensando a necessidade de estoques entre elas. Esta situação é típica para produtos acabados, os quais possuem demanda sazonal. Então, realiza-se uma análise estratégica e econômica para se encontrar o equilíbrio entre a variação da taxa de produção e o nível de estoque para os períodos de baixa demanda.

O estoque, normalmente, é um armazenamento intermediário entre:

- ◆ Oferta e demanda;
- ◆ Demanda dos clientes e produtos acabados;
- ◆ Produtos acabados e disponibilidade dos componentes;
- ◆ Exigências de uma operação e resultado da operação anterior;
- ◆ Peças e materiais necessários no início da produção e fornecedores de materiais.

Os estoques podem ser classificados de acordo com as funções que desempenham, conforme a seguir:

– **Estoques de Antecipação:** são criados antecipando-se uma demanda futura. Normalmente, são criados antes de futuros picos de venda, sendo que para estes picos de venda a capacidade de produção da empresa teria que ser aumentada em muito, incorrendo em custos de treinamento, contratação, demissão quando ocorrerem quedas dos picos e outros custos. Este estoque de antecipação muitas vezes, também, cria-se antes de um programa de promoções, das férias coletivas ou diante de uma possível ameaça de greve. O objetivo principal deste estoque de antecipação é nivelar a produção e reduzir os custos das mudanças das taxas de produção.

– **Estoque de Flutuação:** realiza-se para compensar flutuações imprevisíveis do suprimento, da demanda e do *lead time* maior do que normalmente é. Sua finalidade é prevenir contra perturbações na produção ou no atendimento aos clientes, como por exemplo, atrasos nas entregas. Também é conhecido como estoque de segurança ou de reserva.

– **Estoque de Tamanho de Lote:** são gerados quando o tamanho de lote é maior do que o necessário. Ele é maior por várias razões, como por exemplo: descontos em função de compras em grande quantidade, lote mínimo do fornecedor ou de fabricação, redução dos custos de transportes e custos de escritório. À medida que os pedidos entram, os produtos são entregues, os estoques diminuem e são reabastecidos ciclicamente.

– **Estoque de Transporte:** existem em função de transportar os produtos de um lugar para outro, ou de uma fábrica para outra, ou da fábrica para o centro de distribuição ou a um cliente. Este estoque é proporcional ao tempo para efetuar o transporte e ao volume transportado.

– **Estoque de Especulação:** são gerados quando certos produtos variam muito de preço e os compradores têm expectativa de aumento futuro. Então, os mesmos compram uma grande quantidade para estocar e vender quando os preços já estiverem mais altos. O objetivo é antecipar a ocorrência de escassez, criar valor ao produto e a correspondente efetivação do lucro.

Este trabalho está focado nos estoques de produtos acabados de demanda independente. Nunca se tem certeza da quantidade que será pedida pelo cliente, quando ele vai pedir, quando ele deseja receber este produto e qual é o produto. Para compensar estas incertezas mantêm-se estoques.

Assim, consegue-se planejar melhor a reposição dos produtos e minimizar as faltas dos mesmos, para fornecer um bom nível de atendimento ao cliente.

### 2.3 - Os Custos de se Manter Estoques

Os estoques têm funções muito abrangentes, porém o seu excesso pode trazer resultados indesejáveis para a empresa.

SHINGO (1996, p. 52) comenta que: “Inicialmente pensava-se que somente três fatores poderiam gerar lucro nas atividades de produção: (1) custos mais baixos de matéria-prima, (2) custos mais baixos de mão-de-obra e (3) custos indiretos mais baixos. Mas um fator extremamente importante para gerar lucro foi deixado de lado: (4) maior taxa de giro de capital, ou seja, aumentar lucros via redução de estoques.”

Este quarto fator, em muitas empresas é analisado, mas não é controlado com muita atenção. Onde existem grandes potenciais de redução dos estoques que consomem o capital, nem sempre são tratados com a devida importância, pois além dos custos do capital, existem outros custos que serão detalhados mais adiante.

Segundo PADOVEZE (1997, p. 57): “a empresa deve manter seu estoque o mais baixo possível, objetivando reduzir os impactos financeiros de manutenção de investimentos no capital de giro e, principalmente, reduzir os desperdícios futuros com obsolescência tecnológica dos itens.”

O capital investido em estoques é inversamente proporcional ao retorno calculado sobre o ativo, ou seja, quanto maior o investimento em estoques, menor é o giro e o retorno sobre o ativo, além de maiores custos de manutenção dos estoques.

Os seguintes custos relacionados utilizam-se nas decisões sobre a administração dos estoques: custo por item, custos de estocagem, custos de pedidos, custos de esvaziamento de estoque e custos relacionados à capacidade (ARNOLD, 1999).

A meta de qualquer empresa é ganhar dinheiro – gerar lucro. Atualmente, os preços são ditados pelo mercado e o lucro é o objetivo da empresa. Portanto, a única variável que resta é o custo, ou seja, para sobreviver é necessário continuamente reduzir custos, principalmente aqueles relacionados a desperdícios.

### 2.3.1 – Custo por Item

O valor pago na compra de um item e demais custos diretamente associados para trazê-lo à fábrica, como por exemplo: transportes, taxas de alfândega e seguro devem ser levados em conta. Se o item for fabricado na própria empresa, o seu custo inclui a matéria-prima, mão-de-obra direta e os custos indiretos de fabricação (ARNOLD, 1999).

Dependendo do princípio de custeio adotado pela empresa, os custos indiretos não fazem parte do custo do item, sendo considerados como despesa do período. Este princípio de custeio é chamado custeio variável (BORNIA, 2000).

Este custo pode-se obter no departamento de compras se for item comprado e, se for fabricado, é obtido no departamento de custos ou contabilidade da empresa.

### 2.3.2 – Custos de Estocagem

São todas as despesas que a empresa incorre ao manter determinado estoque. Este custo é proporcional ao volume estocado e pode-se subdividi-lo em três categorias: custos de capital, custos de armazenamento e custos de risco (ARNOLD, 1999).

Os custos de capital, no mínimo, são os juros perdidos por não investir aquele dinheiro às taxas vigentes, que dependendo das oportunidades de investimento disponíveis, são bastante significativas. É um custo de oportunidade. Este capital, também, poderia ser investido em tecnologia, máquinas e outros investimentos.

O espaço necessário para a estocagem, os equipamentos e os funcionários compõem os custos de armazenagem.

Os riscos de manter estoques são:

- ◆ Obsolescência resultante das mudanças ocorridas nos modelos em termos de estilo ou novas tecnologias;
- ◆ Danos aos produtos que podem ocorrer durante o manuseio e transporte das mercadorias;
- ◆ Furtos ou perdas de mercadorias e
- ◆ Deterioração que pode ser por apodrecimento, ou dissipação na armazenagem, ou por ter data de validade limitada.

CHING (1999) comenta que estes custos de estocagem podem incluir o custo de seguro, o custo de deterioração e obsolescência, os quais fazem parte do custo do risco de se manter estoques. Além disso, também, considera o custo de oportunidade de empregar o dinheiro que ao invés de estar empregado em estoque, poderia estar empregado em outro negócio de maior rentabilidade para a empresa.

Conforme ARNOLD (1999, p. 275) “O custo de estocagem é geralmente definido como uma porcentagem em valores monetários do estoque por unidade de tempo (geralmente um ano). Os livros didáticos tendem a utilizar um valor de 20 – 30 % em setores industriais.”

Daí, pode-se escrever a equação (1):

$$\text{Custo anual (Ca)} = \text{Estoque médio (EM)} \times \text{Custo unitário (C)} \times \text{Taxa (i)} \quad (1)$$

Estes custos englobam os vários custos envolvidos com os estoques. Com esta taxa única é mais simples calcular o quanto nosso estoque está nos custando e quanto se consegue economizar quando o diminuimos.

### 2.3.3 – Custos de Pedidos

Estes custos são proporcionais ao número de pedidos emitidos, pois se emitirmos um pedido de 30 unidades ou 3.000 unidades, os custos são os mesmos.

Segundo CHING (1999, p. 29) os custos de pedidos: “Incluem os custo fixos administrativos associados ao processo de aquisição das quantidades requeridas para reposição do estoque – custo para preencher pedido de compra, processar o serviço burocrático, na contabilidade, no almoxarifado, de receber o pedido e verificação contra nota e a quantidade física. Os custos de pedir são definidos em termos monetários por pedido.”

Os custos de pedidos em uma fábrica podem incluir: custos de controle de produção, custos de preparação e desmontagem, custos de capacidade perdida e custos de pedidos de compra (ARNOLD, 1999).

Os custos de controle da produção correspondem aos custos de emissão, ao fechamento, à programação, à determinação de carga, ao despacho e à expedição do pedido.

Cada vez que um pedido é emitido, os centros de trabalho envolvidos necessitam fazer uma preparação para executar o trabalho e ao terminar, precisam desmontar esta preparação novamente. E, cada vez que se faz uma preparação no centro de trabalho, uma parte do tempo produtivo é perdido. Isto pode ser muito custoso se este centro de trabalho for um gargalo.

Pode-se dizer que os custos de pedidos de compra incluem a preparação do pedido, o seguimento, a expedição, o recebimento e pagamento da fatura.

O custo de pedidos pode ser reduzido aumentando-se o número de unidades requisitadas por pedido, porém isto aumentará o nível do estoque e, também, o custo anual com a manutenção do estoque (ARNOLD, 1999).

Como o aumento do tamanho do pedido diminui o custo dos pedidos, aumenta os níveis de estoque e seus custos e a diminuição do tamanho do pedido aumenta os custos de pedidos, diminui os níveis de estoques e seus custos, há necessidade de encontrar o ponto de equilíbrio, onde o somatório dos custos envolvidos seja minimizado.

#### 2.3.4 – Custos de Esvaziamento de Estoque

Pode-se considerá-los a soma do lucro perdido e de uma insatisfação gerada. O ideal é obter o equilíbrio entre a compensação de manter o estoque para satisfazer a demanda e os custos resultantes das faltas de estoques (DAVIS, 2001).

A falta de estoque pode ocorrer quando a demanda exceder a previsão durante o *lead time* ou ainda quando por razões diversas o *lead time* for maior do que normalmente.

O custo pode ser potencialmente caro por causa dos pedidos de clientes não atendidos, de vendas perdidas e de clientes possivelmente perdidos. Estas faltas podem ser reduzidas com estoque extra (ARNOLD, 1999).

Este custo é difícil de mensurar, porém, sabe-se que um cliente se conquista e, depois de perdê-lo, pode ser muito custoso reconquistá-lo.

### 2.3.5 – Custos Relacionados à Capacidade

Quando se alteram os níveis de produção para elevação da capacidade, pode haver um aumento de custos devido às horas extras, contratações, treinamentos, turnos extras e demissões.

ARNOLD (1999, p. 277) afirma que: “Estes custos podem ser evitados por meio do nivelamento da produção, ou seja, pela produção em períodos de folga para serem vendidos em períodos de pico. Entretanto, isso aumenta o estoque nos períodos de folga.”

Quando a empresa tem sazonalidade na demanda e restrições de capacidade, muitas vezes pode ser mais econômico gerar um estoque temporariamente maior do que normalmente, para atender à demanda.

## 2.4 – Os Demonstrativos Financeiros e o Estoque

### 2.4.1 – Balanço Patrimonial

O balanço patrimonial mostra os ativos, passivos e o patrimônio líquido. Um ativo é algo que tem valor e do qual a empresa espera que traga benefícios às operações futuras da empresa. Passivos são as obrigações ou quantias devidas pela empresa. O patrimônio líquido é a diferença entre os ativos e passivos (PADOVESE, 1997).

Depois de pagas as contas do passivo, o que sobrou representa o retorno do investimento aos proprietários.

O capital é a quantia que os proprietários investiram na empresa para a compra dos equipamentos, construções, realizar pesquisas, treinamentos, tecnologia, entre outros. Porém, o treinamento e o conhecimento obtido através de pesquisas, em geral, não se considera como ativo, para efeito de balanço patrimonial.

A aplicação dos recursos depende da decisão dos gestores das empresas. Mas, se pode ter uma idéia de como o investimento nos estoques influencia na administração financeira da empresa e nos seus resultados.

#### 2.4.2 – Conta Resultado

A receita vem das vendas de produtos e as despesas são oriundas dos custos incorridos nos processos de obtenção da receita.

As despesas são compostas pelo custo das mercadorias vendidas (que é aquele em função do processo de fabricação dos produtos) e despesas gerais e administrativas (que são todos os outros custos para funcionamento da empresa), como por exemplo: publicidade, seguros, taxas de propriedade, salários e benefícios não oriundos da produção e talvez outros.

E ARNOLD (1999, p. 279) diz que o propósito primeiro da empresa é: “aumentar o patrimônio líquido dos proprietários pela obtenção dos lucros. Por essa razão, o patrimônio líquido é subdividido em uma série de contas, chamadas contas de receita, que mostram o que aumentou o patrimônio líquido, e contas de despesas, que mostram o que diminuiu o patrimônio líquido.”

#### 2.4.3 – Análise do Fluxo de Caixa

Quando o estoque é comprado em forma de matéria-prima, este é registrado como ativo e é pago pelo caixa ou é registrado no passivo como contas a pagar. Na medida que este material entra na produção para fabricação, quando é processado seu valor aumenta pela mão-de-obra aplicada e demais custos de processamento, gerando-se despesas que precisam ser pagas.

Porém, os produtos acabados somente se transformam em receita quando efetivamente vendidos, a qual é necessária para repor o caixa para pagamento das despesas.

Qualquer falta de caixa precisa ser sanada. Pode-se saná-la através de empréstimos, renegociação de prazo do pagamento em vencimento, ou de alguma outra forma.

Portanto, quanto antes a matéria-prima se transformar em produto acabado e for vendida, melhor será o fluxo de caixa e menores os investimentos em estoques. Logo, pode-se dizer que quanto menor o *lead time*, melhor o fluxo de caixa da empresa.

#### 2.4.4 – Mensuração do Desempenho Financeiro de Estoques

Segundo PADOVESE (1997, p. 155): “Para obtermos o maior rendimento do capital próprio, é possível atacarmos dois pontos básicos: reduzir a necessidade de investimento no ativo; ter a menor participação possível de capital próprio na estrutura de passivos da empresa, ou seja, buscar a alavancagem financeira ideal.”

Os estoques são ativos. Portanto, uma das formas de obter um maior rendimento do capital próprio é reduzir as necessidades de estoques. Mas, é necessária uma boa análise antes e reduzir este estoque com cautela. Uma forma de diminuir os estoques é trabalhar em cima dos fatores que geram os níveis mais altos de estoque.

De um ponto de vista financeiro, o estoque é um ativo e representa dinheiro preso que não pode ser utilizado para outros propósitos. Estes estoques têm seu custo de estocagem. A área de finanças deseja o menor estoque possível e precisa de alguma mensuração do nível do estoque. Uma medida conveniente para saber se os estoques estão sendo utilizados com eficiência é a taxa de giro de estoque (ARNOLD, 1999).

Dinheiro preso pode se tornar crítico para uma empresa, principalmente quando ela precisa dele com urgência. Quando se trata de estoque de material em processo, para a empresa transformá-lo em dinheiro imediatamente, em algumas situações, ela se sente obrigada a vender este estoque a preço de sucata. E, quando o estoque for de produto acabado, as empresas acabam realizando promoções e vendas a preço de custo para transformar aquele capital investido em dinheiro para saldar compromissos.

Talvez, estes fatores justifiquem a opinião de DAVIS (2001), a qual vem a seguir, de não considerar o estoque com o ativo, mas sim como passivo.

Segundo DAVIS (2001, p. 491), “Os gerentes das melhores companhias estão se conscientizando de que o estoque realmente não é um ativo, mas na verdade, um passivo. Conseqüentemente, a quantidade média de estoque que estas empresas possuem relativamente a suas vendas anuais tem diminuído.”

A equação (2) é a mais utilizada para mensuração do giro do estoque. Quanto menos estoques, maior o giro, menor é a quantidade de dinheiro preso e menores são os custos de estocagem e do capital investido.

$$\text{Giro de estoque} = \frac{\text{Custo anual das mercadorias vendidas}}{\text{Estoque médio em valores monetários}} \quad (2)$$



Por ser complicado, recomenda-se que o cálculo do estoque médio seja realizado pela contabilidade de custos.

Observa-se que o estoque influencia no fluxo de caixa – dinheiro livre para saldar compromissos – e no resultado da empresa. Com a diminuição do estoque se pode melhorar o fluxo de caixa e aumentar os lucros da empresa. Porém, é bom salientar que a falta de estoque pode trazer resultados negativos para a empresa. Há necessidade de se encontrar o nível ideal – o ponto de equilíbrio entre o custo da falta de estoque com o custo de manutenção do estoque.

## **2.5 - O Sistema ABC de Controle dos Estoques**

De acordo com ARNOLD (1999), quatro perguntas necessitam de respostas no controle de estoque. São as seguintes:

1. Qual é a importância do item no estoque ?
2. Como os itens são controlados ?
3. Quantas unidades devem ser pedidas de cada vez ?
4. Quando um pedido deve ser emitido ?

O sistema de classificação ABC de estoques responde as duas primeiras perguntas, determinando a importância dos itens permitindo assim diferentes níveis de controle baseados na importância relativa dos itens. As outras duas são respondidas pelo sistema de planejamento, com o por exemplo, utilizando um MRP.

O controle de estoque é exercido pelo controle de cada item individualmente e para um eficiente controle dos estoques é necessário observar as perguntas citadas por ARNOLD (1999) e as respectivas respostas.

Segundo DAVIS (2001), manter o estoque atualizado através de contagem, fazendo pedidos, recebimento de materiais consome tempo e dinheiro. Quando existem limites nestes recursos, focaliza-se nos itens mais importantes do estoque.

Se um estoque é composto de milhares de itens, uma boa alternativa é a classificação ABC para definir a importância de cada item, onde os mais importantes devem receber a maior atenção. Mas, não existe restrição de quantidades de itens para se aplicar a classificação ABC. Se a quantidade de itens for pequena, também, pode ser aplicada a classificação ABC.

Cada produto pode possuir um comportamento de demanda diferente, independente da curva a qual pertence. Alguns possuem comportamento similar na demanda. Assim, para cada produto ou grupo de produtos pode-se ter que utilizar sistemas de previsão diferentes para que a previsão seja de boa qualidade.

Esta classificação, também, pode diferenciar os níveis de atendimento desejados estrategicamente para produtos de cada curva.

Segundo ARNOLD (1999), o procedimento de classificação dos itens por utilização anual em valores monetários é a seguinte:

1. Determinar a quantidade anual utilizada para cada item;
2. Determinar o custo médio de cada item;
3. Calcular o custo anual para cada item multiplicando a quantidade utilizada pelo custo médio;
4. Ordenar em uma tabela o custo anual calculado em valores decrescentes;
5. Calcular na coluna ao lado os valores acumulados do custo anual;
6. Calcular o percentual deste valor acumulado em relação ao todo;
7. Com base na porcentagem acumulada, classificar os itens nos grupos A, B e C.

A tabela 2.1 apresenta um exemplo de classificação de itens através da curva ABC.

TABELA 2.1 – EXEMPLO DE CLASSIFICAÇÃO DE ITENS EM A, B E C

Nº da peça	Utilização anual (\$)	Utilização acumulada (\$)	Porcentagem acumulada de utilização (%)	% acumulada de itens	Classe
2	24.000	24.000	62,75	10	A
5	6.000	30.000	78,43	20	A
8	3.000	33.000	86,27	30	B
1	2.200	35.200	92,03	40	B
4	1.300	36.500	95,42	50	B
10	500	37.000	96,73	60	C
9	400	37.400	97,78	70	C
3	400	37.800	98,82	80	C
6	250	38.050	99,48	90	C
7	200	38.250	100,00	100	C

Fonte: ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de Materiais**. São Paulo: Atlas, 1999.

Desta forma, os itens compreendidos na faixa de percentual acumulado de zero a 80 % são da classe A, os que estão na faixa acima de 80 % até 95 % são da classe B e os demais da classe C. Assim, 80 % dos itens pertencem à classe A, 15 % e 5 % dos itens pertencem às

classes B e C, respectivamente. Os valores 80 %, 15 % e 5 % são considerados valores aproximados.

Segundo ARNOLD (1999, p. 284): “Observa-se, geralmente, que a relação entre a percentagem de itens e a porcentagem de utilização anual em valores monetários segue um padrão.”

Este padrão é o seguinte:

- a – Cerca de 20 % dos itens correspondem a aproximadamente 80 % da utilização em valores monetários.
- b – Cerca de 30 % dos itens correspondem a aproximadamente 15 % da utilização em valores monetários.
- c – Cerca de 50 % dos itens correspondem a aproximadamente 5 % da utilização em valores monetários.”

Como geralmente poucos itens (cerca de 20%) representam a maior utilização em valores monetários (aproximadamente 80 %), a quantidade de itens que necessitam de maior atenção são poucos, o que facilita o controle.

CORRÊA (2000, p. 70) observa o seguinte: “Na região classificada como A, poucos itens são responsáveis por grande parte do valor de uso total. Logo, estes deveriam ser os itens a merecerem maior atenção gerencial, para os quais vale mais a pena manter controles de estoque mais precisos e rigorosos.”

Os comentários de Corrêa são coerentes e para saber quais itens são mais importantes, em termos de investimentos e giro do estoque, o sistema ABC nos dá a resposta. O sistema ABC pode ser uma ferramenta muito útil, também, para definir quais devem ser os primeiros itens de uma relação para se implantar um sistema de controle de estoque ou sistema de previsão de demanda.

Segundo CHING (1999, p. 47): “Estamos em posição de estabelecer uma política de estoque baseada na curva ABC. Podemos decidir que a empresa terá níveis diferenciados de serviços aos clientes para os três distintos grupos. Por exemplo, 99 % para itens A, 95 % para itens B e 85 % para itens C. Isso reduzirá o capital total empatado em estoque.”

Em algumas situações pode ser importante, além da classificação pela curva ABC, classificar em família de produtos, pois normalmente a equipe de vendas ou marketing realiza promoções em determinadas famílias de produtos e isto deve ser considerado na previsão.

O sistema de controle de estoques através da curva ABC pode nos ajudar em muito na redução dos estoques e seus respectivos investimentos, pois é uma forma de classificar os

itens dos mais representativos para os menos representativos. Inclusive, serve como parâmetro para definição de vários níveis de atendimento ao cliente.

## 2.6 - Os Indicadores das Dimensões dos Estoques

Segundo RODRIGUES (1993, p. 2): “Podemos enxergá-lo e medi-lo de três maneiras: em função da variedade de itens, do volume de material e do valor dos materiais estocados.”

Antes de definir o indicador de dimensão do estoque que será utilizado, é importante conhecer cada um e verificar qual é mais adequado para a organização, ou para determinada família de produtos, ou para determinada fábrica. Pois, cada indicador analisa o estoque de um ponto de vista diferente.

Cabe ao gerente ou administrador verificar qual indicador melhor representa ganhos para o resultado da empresa.

### 2.6.1 – Variedades de Itens

O número de itens existentes em um estoque tem tendência natural de crescer nesse tocante, principalmente, porque muitas vezes não existe uma visão global dos custos com materiais. A preocupação está em especificar aquele que gere menos perda possível e isto acaba fazendo com que tenhamos cada vez mais itens semelhantes em estoque.

Mas, qual é o problema ? Está-se diminuindo o custo, embora aumentando o número de itens em estoque.

O problema é que o novo material pode ter um baixo consumo, o que pode implicar em que o lote necessário pode ser menor que o lote mínimo de compra ou fabricação, provocando um aumento nos níveis de estoque.

De acordo com RODRIGUES (1993, p. 12): “Ter um item, ao invés de dois, faz com que tenhamos lotes de compras maiores com um conseqüente aumento do poder de compra.”

Portanto, é muito importante uma análise criteriosa antes de criar um novo item.

A racionalização, também, é muito importante, pois além de possibilitar um balanceamento do estoque, traz as seguintes vantagens:

- ◆ Menos itens para administrar
- ◆ Menos documentação e menos registro no computador
- ◆ Menos pedidos de compra ou fabricação

- ◆ Pedidos de compras com lotes maiores, com conseqüente aumento do poder de barganha com o comprador
- ◆ Lotes econômicos de fabricação compatíveis com a demanda
- ◆ Melhor aproveitamento da área do depósito
- ◆ Menos recebimento
- ◆ Menor número de itens a controlar.

Esta lista ainda pode crescer, se forem considerados outros ganhos indiretos.

### 2.6.2 – Volume de Material

Dentre as três dimensões de estoque, o volume de material estocado necessita uma atenção especial, pois além do valor do estoque envolvido, temos o custo da área ocupada. A quantidade de material em estoque é teoricamente determinada por dois parâmetros: estoque de segurança e lote de compra (RODRIGUES, 1993).

Quando o volume dos materiais estocados é muito grande, pode se necessitar de ampliação das áreas de armazenagem. Isto pode implicar em aumentar a área construída ou alugar depósitos de terceiros. Sem dúvida, isto aumenta os custos de armazenagem.

O Estoque de Segurança e os Lotes de Compra podem ser em dias e, quando multiplicados pela previsão de consumo diária, se transformam em quantidade de material.

O fato de considerar os estoques em dias facilita a determinação do estoque de cada item através da multiplicação pela previsão de demanda diária. Porém, é importante que esta multiplicação seja feita para que se possa analisar o volume que este estoque representa.

Para se calcular o Estoque Médio (EM), tem-se a equação (3):

$$EM = ES + \frac{Q}{2} \quad (3)$$

Onde: ES = Estoque de Segurança em dias

Q = Lote de Compra em dias

Obs.: para transformar o EM em unidades de produtos, basta multiplicar pela demanda média diária.

Para cada classe têm-se, normalmente, parâmetros diferentes. Então, calcula-se a composição do EM considerando 80 % , 15 % e 5 % para as classes A, B e C, respectivamente, e se efetua a soma no final.

A partir desta informação pode-se calcular o giro do estoque planejado com a equação (4) abaixo.

$$\text{Giro} = \frac{\text{Dias úteis}}{\text{Dias de Estoque Dimensionado}} \quad (4)$$

Depois de conhecido o giro do estoque planejado, pode-se calcular o giro real obtido, para então se comparar os dois valores e se encontrar os motivos pelos quais o planejado não está sendo alcançado.

Para melhorar continuamente, é necessário descobrir as causas do não atingimento do giro do estoque planejado, analisar estas causas e planejar ações corretivas e preventivas, para que não se deixe de alcançar os objetivos.

Muitos materiais, embora não representam muito em termos globais, representam bastante no nível médio de estoque e serão nossos futuros problemas. Partindo do mesmo princípio de baixo valor, além do lote de compra, é possível que o administrador aumente o estoque de segurança desses itens.

Se houver uma tendência de comprar materiais de classe B e C em grandes lotes, como por exemplo 06 meses, e os de classe A em pequenos lotes, a participação, em porcentagem de valor, dos materiais de classe B e C sobem, podendo atingir altos valores.

### 2.6.3 – Valor dos Materiais Estocados

Segundo RODRIGUES (1993, p. 18): “É necessário planejarmos a formação dos estoques com os olhos permanentemente voltados para a questão do dinheiro envolvido na operação. Haja vista que quando diminuimos a quantidade física de material no depósito, não estamos somente pensando na economia da área, mas também nas suas conseqüências nos custos indiretos (Movimentação e Armazenagem, Administração, Qualidade, Obsolescência, Oportunidade, Seguro, etc.) e resultados diretos no desempenho financeiro. Enfim, o que realmente conta é o dinheiro.”

O administrador de materiais deve falar das coisas (códigos, kg, área, etc.) e da linguagem do dinheiro. Pois, a meta da empresa é ganhar dinheiro.

Estoque sem giro não gera lucro, apenas despesas que, muitas vezes acabam anulando todo o ganho, inclusive o da especulação.

O valor dos estoques pode ser medido pelo capital investido nos estoques e/ou pelo giro do estoque, considerando os valores monetários. Para cálculo do giro pode-se utilizar a equação (2). Se não prestarmos atenção nos valores estocados, é possível estar desperdiçando dinheiro sem perceber.

## 2.7 - Os Níveis de Estoques

### 2.7.1 - Os Níveis de Estoques *versus Lead Times*

Quanto maiores forem os *Lead Times*, maiores serão as quantidades de pedidos colocados nos fornecedores e quanto maior for o horizonte coberto por previsões, maior é a chance desta previsão já nascer errada (RODRIGUES, 1993).

Se uma previsão estiver errada, qual a chance do planejamento da produção sair correta? Com certeza, gerará um planejamento errado, possibilidades de falta de determinados itens e excesso de estoque de outros.

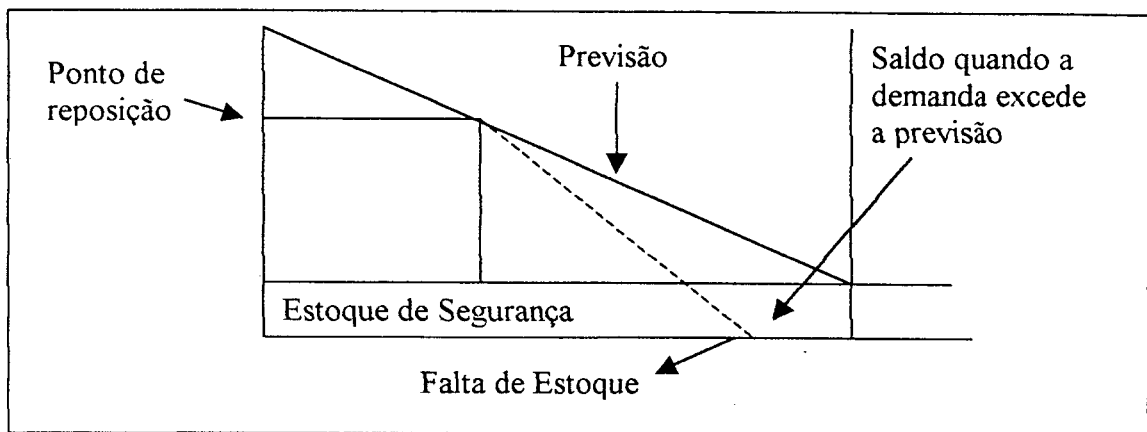
Segundo TUBINO (1999, p. 111): “*Lead Time*, ou tempo de atravessamento ou fluxo, é uma medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados”.

Desta forma pode-se concluir a tamanha influência da variável tempo no tamanho que nossos estoques podem tomar. Um pedido colocado para um fornecedor baseado numa previsão e depois de recebido o material, se esta previsão não se concretiza, o mesmo vai fazer com que o estoque cresça. Por outro lado, se esta previsão se concretiza para mais, o estoque diminui, podendo até faltar material, o que pode gerar um atraso na entrega do produto ao cliente.

Observam-se nas figuras 2.1 e 2.2, graficamente dois exemplos da influência das previsões nos pedidos de materiais ou itens.

Na figura 2.1 a previsão é menor do que a demanda e os estoques são insuficientes para atender a esta demanda.

FIGURA 2.1 – GRÁFICO COM A PREVISÃO MENOR QUE A DEMANDA.



Fonte: RODRIGUES, Gerson J. J.. **Redução do Estoque em 3 Dimensões**. São Paulo: IMAM, 1993.

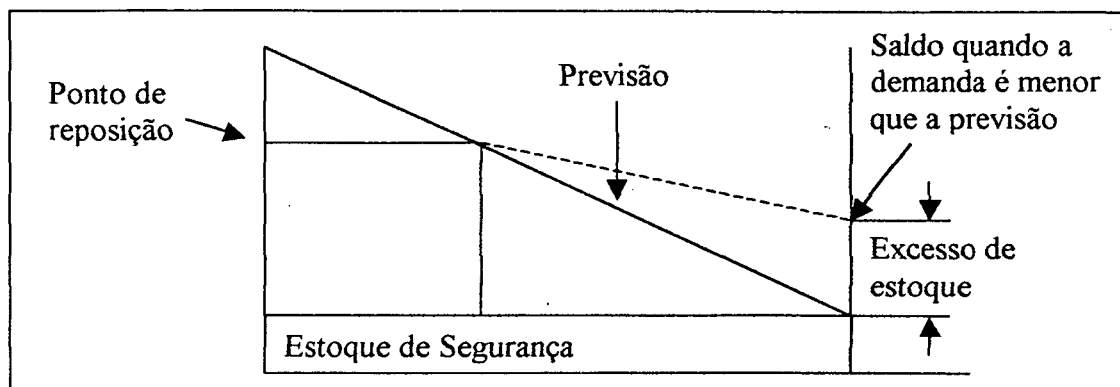
Para evitar esta falta de estoque, têm-se várias alternativas para tomar uma decisão. Mas, qual é a melhor decisão ?

- ◆ Se for item comprado, antecipar a entrega do fornecedor ?
- ◆ Será que ele conseguirá antecipar ?
- ◆ Será que não cobrará nada pela antecipação ?
- ◆ E, se for produto fabricado pela própria empresa, fazer horas extras, as quais aumentariam as despesas operacionais ?
- ◆ Interromper a produção de itens em andamento, perdendo a preparação já feita, diminuindo a produtividade e, possivelmente, atrasando o suprimento de outros itens ?

As alternativas são muitas, mas todas podem apresentar perdas para a empresa. Será que uma boa alternativa seria aumentar a qualidade do sistema de previsão que se está utilizando ?

Na figura 2.2, a previsão é maior do que a demanda e os estoques crescem.

FIGURA 2.2 – GRÁFICO COM A PREVISÃO MAIOR QUE A DEMANDA.



Fonte: RODRIGUES, Gerson J. J.. **Redução do Estoque em 3 Dimensões**. São Paulo: IMAM, 1993.



E neste caso, que decisão tomar ?

- ◆ Deixar o estoque crescer ou parar a produção ?
- ◆ Se parar a produção, o que fazer com a mão-de-obra ?
- ◆ Colocá-los para trabalhar em outros produtos, escolhendo aqueles que geram um menor aumento de estoque ?

Deixar simplesmente os estoques crescerem pode trazer outros problemas, como por exemplo: falta de espaço disponível para armazenagem e aumento do custo em função do custo do capital investido, da obsolescência e do manuseio.

Se o *lead time* fosse menor, a possibilidade de todos estes transtornos e problemas citados acima ocorrerem, tanto no caso da falta de estoque como no seu excesso, seria bem menor.

Tanto para itens fabricados na própria empresa como para itens comprados de fornecedores, o comportamento é análogo.

Como não se deseja atrasar entregas aos clientes, os estoques geralmente são aumentados para compensar as oscilações na demanda.

Quanto menos se fizer uso de previsões, mais próximos do real se estará e menores estoques são necessários, ou até desnecessários.

Para os casos em que o *Lead Time* é menor que o prazo de entrega oferecido ao cliente, ou o prazo de entrega é definido em função do *Lead Time*, os estoques são mínimos ou não existem. Este sistema de produção é o de fabricação sob encomenda. Porém, este sistema não é objeto deste trabalho e não se detalhará o assunto.

Voltando à questão do *Lead Time*, RODRIGUES (1993) diz que se pode fazer as seguintes perguntas:

- ◆ Será que todos os responsáveis das diversas áreas pela dilatação dos tempos das empresas sabem de seu efeito ?
- ◆ Se soubessem, poderiam minimizá-los ?
- ◆ Será que o problema está ligado à conscientização e convencimento do pessoal ?

Se fosse realizado um levantamento, com diversas pessoas responsáveis pelo crescimento dos estoques, poderia se perceber que muitas não teriam idéia dos efeitos do alto *lead time*. Se não sabem do seu efeito, muitos não estarão preocupados em diminuí-los. Em geral, sabem que alto *lead time* aumenta os níveis de estoques, mas eles não vêem grandes problemas nisso.

Por outro lado, das pessoas que sabem dos efeitos do alto *lead time*, várias não se preocupam em diminuí-los.

Portanto, um trabalho de treinamento e conscientização poderia proporcionar uma redução do *lead time* sem muita dificuldade.

Quanto menor o tempo de conversão de matérias-primas em produtos acabados, maior a flexibilidade da empresa e menores serão os custos do sistema produtivo no atendimento das necessidades dos clientes (TUBINO, 1999).

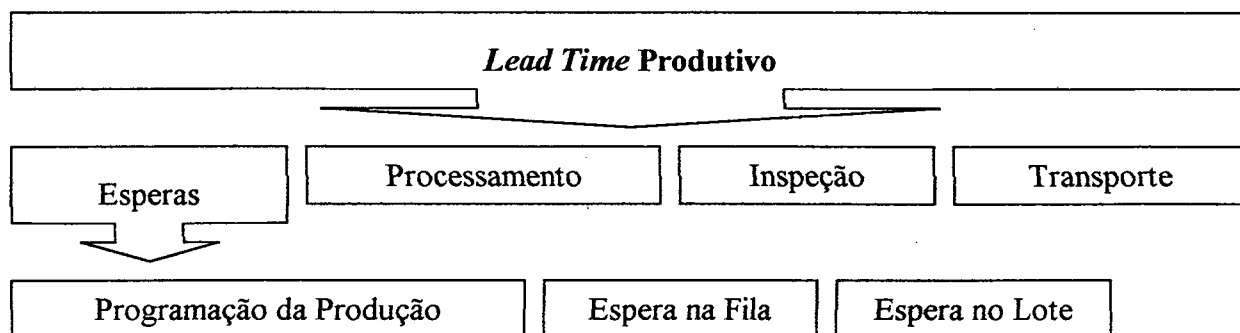
O *Lead Time* pode ser decomposto basicamente em *lead time* de compras e *lead time* de produção. Como este trabalho está focado em cima de produtos acabados, não se entrará em detalhes do *lead time* de compras, apenas no *lead time* de produção.

#### 2.7.1.1 - Fatores que Influenciam o *Lead Time* de Produção

O *lead time* produtivo é composto basicamente de: tempo de espera, tempo de processamento, tempo de inspeção e tempo de transporte.

A figura 2.3 está representando isto num esquema.

FIGURA 2.3 – COMPOSIÇÃO DO *LEAD TIME* PRODUTIVO



Fonte: TUBINO, Dalvio F. **Sistemas de Produção: A Produtividade no Chão de Fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

Em processos convencionais, os tempos de espera podem chegar em até 80 % do *lead time* produtivo. Por isso as técnicas JIT procuram utilizar processos contínuos de produção em pequenos lotes (TUBINO, 1999).

Pode-se imaginar o quanto esta redução do *lead time* representa em termos de aumento da flexibilidade da empresa e diminuição dos seus estoques.

De acordo com TUBINO (1999, p. 113), “O tempo de processamento é o tempo gasto com a transformação da matéria-prima em produto acabado (é o único que agrega valor).”

Porém, não é por ser o único que agrega valor, que se deve deixar de se preocupar com ele em termos da redução do mesmo. A sua redução também é importante e deve ser feita. Mas, os resultados em relação ao *lead time* produtivo são bem menos significativos.

É recomendável que sempre se trabalhe com maior intensidade nos tempos mais representativos para obter maiores resultados em menor espaço de tempo, quando se deseja diminuir o *lead time*.

Como o ambiente *Just-In-Time* reduz os estoques do sistema, fica mais fácil administrar os estoques. Porém, com a redução da quantidade solicitada por pedido, as atividades burocráticas com as papeladas e registros acabam aumentando. O desafio é então diminuir o número de transações que precisam ser registradas. Um sistema que pode ser adotado é o pós-dedução (ARNOLD, 1999).

Um outro sistema que diminui o número de transações que precisam ser registradas e que muitas empresas já adotam é, por exemplo, pelas requisições feitas do material para utilização na produção durante determinado período, sendo efetuados os pagamentos ao fornecedor baseados pelas saídas das requisições.

*Just-In-Time* é muito mais do que um sistema de redução de estoques. É muito mais do que reduzir tempos de troca de ferramentas. É muito mais do que usar *Kanban*. É muito mais do que modernizar a fábrica. Ele é, num certo sentido, fazer uma fábrica funcionar para a empresa exatamente como o corpo humano funciona para o indivíduo. O nosso sistema nervoso responde mesmo quando estamos dormindo. O nosso corpo humano funciona saudavelmente quando bem alimentado, bem cuidado, se exercitando com frequência e tratado com respeito (OHNO, 1997).

O JIT é uma filosofia bastante ampla e engloba vários aspectos dentro de uma organização, que pode ir desde uma redução de estoques até o modo de relacionamento das pessoas no ambiente de trabalho. Estes estoques são reduzidos com a diminuição do *lead time*.

### 2.7.1.2 – Influência do *Lead Time* no Estoque de Segurança

O objetivo do estoque de segurança é proteger contra a incerteza na demanda e na oferta, para evitar a falta de materiais ou produtos durante o *lead time* de suprimento, procurando garantir a entrega dentro do prazo aos clientes.

Segundo ARNOLD (1999), o estoque de segurança necessário depende dos seguintes fatores:

- ◆ Variabilidade da demanda durante o *lead time*;
- ◆ Frequência de novos pedidos;
- ◆ Nível de atendimento desejado;
- ◆ Extensão do *lead time*.

Quanto maior for o *lead time*, mais estoque de segurança deve ser mantido para oferecer um nível específico de atendimento aos clientes. Essa é uma das razões da importância de reduzir os *lead times* tanto quanto possível.

A possibilidade da demanda variar em relação à previsão é maior quando o *lead time* é maior. Se a demanda é menor que a previsão, os clientes não correm riscos de receber seus produtos com atraso. Porém, os estoques crescem, gerando um custo para a empresa. Mas, se a demanda for maior do que a previsão e o *lead time* for muito grande, pode não haver tempo suficiente para responder à demanda e clientes poderão não receber os produtos no prazo, o que pode gerar uma insatisfação dos mesmos.

Nunca se pode esquecer de que da satisfação dos clientes depende a sobrevivência da empresa.

## 2.8 – Dimensionamento dos Estoques

O dimensionamento dos estoques é feito para itens de demanda dependente e demanda independente. O foco deste trabalho é sobre os itens de demanda independente, ou seja, os produtos acabados.

Segundo MOREIRA (1993, p. 507), “Um item possui demanda independente se o seu consumo variar apenas em função da movimentação do mercado. Os itens de demanda dependente, por sua vez, eram aqueles cujo consumo era interno à empresa, ou seja, eram itens usados na fabricação de produtos e mercadorias para o mercado externo.”

O dimensionamento do estoque de itens de demanda independente é calculado em função da previsão de demanda, enquanto que os seus respectivos itens dependentes têm seu estoque dimensionado em função da previsão dos itens independentes. Na árvore da estrutura de produto fica fácil visualizar.

Basicamente, existem três sistemas que determinam quando repor os estoques. São eles: sistema ponto de pedido, sistema de revisão periódica e MRP. Os dois primeiros são para demanda independente e o último, para demanda dependente (ARNOLD, 1999).

Como o escopo deste trabalho é o estudo dos produtos acabados de demanda independente, se descreverá apenas os sistemas ponto de pedido e revisão periódica, deixando de lado o sistema MRP.

Para que se possa disponibilizar um bom nível de atendimento aos clientes, é importante possuir uma sistemática eficiente para a reposição dos estoques.

### 2.8.1 – Sistema Ponto de Pedido

De acordo com ARNOLD (1999, p. 319), utilizando esse sistema, “um pedido deve ser emitido quando ainda há estoque suficiente para satisfazer à demanda do momento em que o pedido é emitido até que o novo estoque chegue.”

Vamos supor que o *lead time* de reposição seja de duas semanas e a demanda semanal seja de 200 unidades. Logo, se o pedido for emitido quando tiverem 400 unidades em estoque, haverá uma média de estoque suficiente até a nova remessa chegar.

Porém, durante o *lead time* de reposição, tanto a demanda como o tempo para reposição pode variar para mais ou para menos em relação à média. Quando esta variação for para mais, poderá ocorrer uma falta de estoque. Para resolver este problema, são acrescentados os estoques de segurança.

A equação (5) determina como calcular o ponto de pedido.

$$PP = DDLT + ES \quad (5)$$

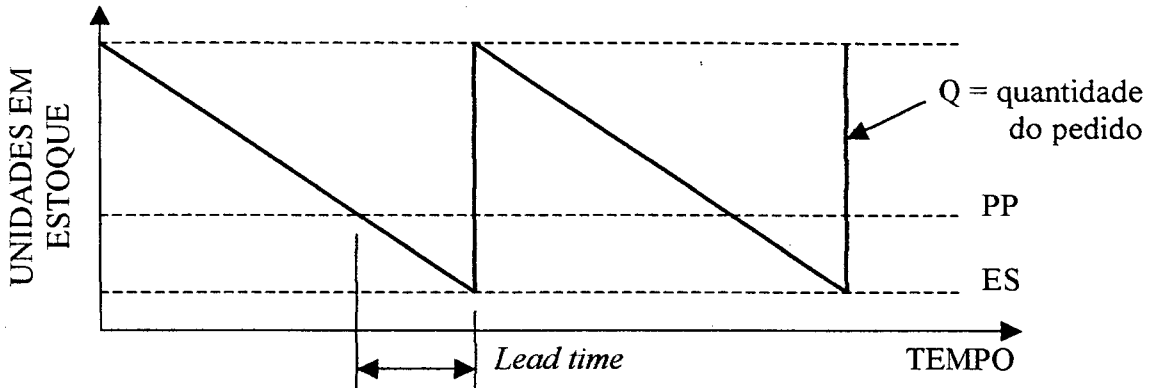
Onde: PP – ponto de pedido

DDLT – demanda durante o *lead time*

ES – estoque de segurança

A figura 2.4 apresenta um gráfico mostrando o ponto de pedido (PP), *lead time*, estoque de segurança (ES), a quantidade do pedido (Q) e as variações no estoque em função do tempo.

FIGURA 2.4 – QUANTIDADE DISPONÍVEL *VERSUS* TEMPO: ITEM DE DEMANDA INDEPENDENTE



Fonte: ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de Materiais**. São Paulo: Atlas, 1999.

Os intervalos entre as reposições podem variar em função da variação da demanda, enquanto as quantidades pedidas são constantes.

O estoque médio (EMQ) é igual à metade da quantidade por entrega ( $QE \div 2$ ) somado ao estoque de segurança (ES), representado na equação (6) abaixo (ARNOLD, 1999).

$$EMQ = \frac{QE}{2} + ES \quad (6)$$

Para determinar o estoque médio pode-se utilizar a equação (6), a qual mostra que quanto maior a quantidade do pedido, maior será o estoque médio. A determinação do estoque de segurança será descrita mais adiante.

A quantidade pedida, apesar de ser constante para este sistema, pode ser determinada basicamente de duas maneiras: pelo tempo que cada pedido deve suprir a demanda futura ou calculando a quantidade econômica do pedido (QEP).

Quando se leva em conta apenas o tempo que cada pedido deve suprir demandas futuras, nem sempre se está minimizando os custos. Normalmente é utilizada quando os custos envolvidos são pouco representativos.

A quantidade econômica de pedido QEP pode ser determinada pela equação (7) (TUBINO, 2001):

$$QEP = \sqrt{\frac{2 \times A \times S}{i \times C}} \quad (7)$$

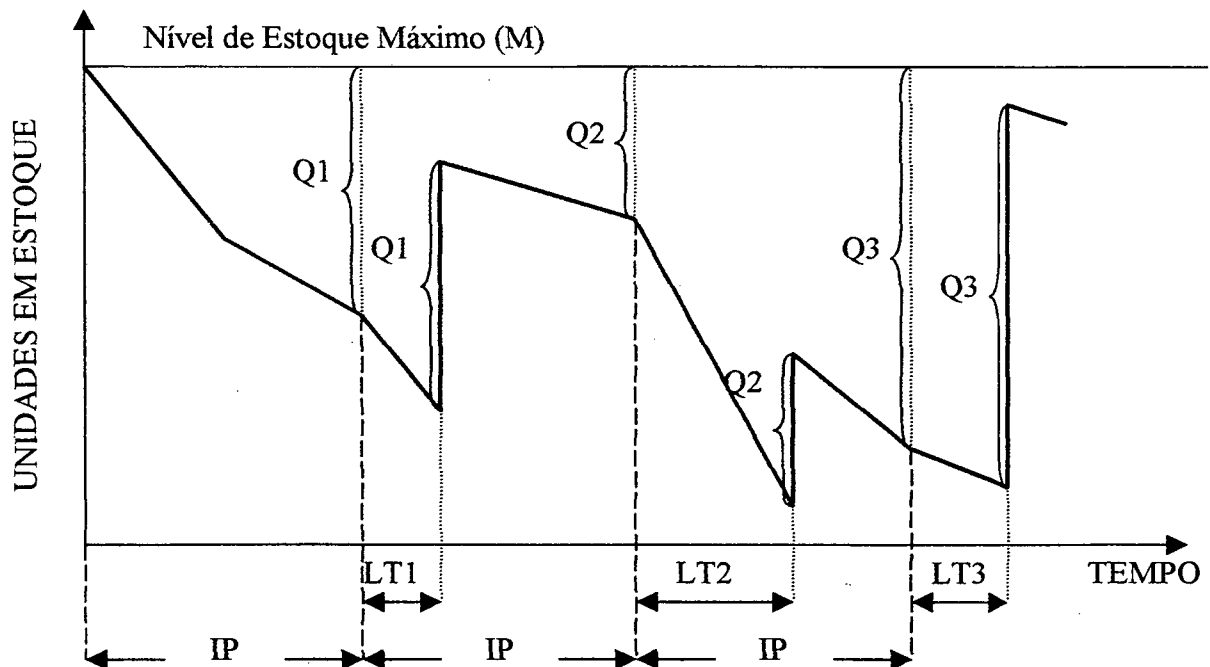
Onde: A = unidades utilizadas anualmente  
 S = custo por pedido  
 i = custo anual de armazenagem do estoque (%)  
 C = custo de cada unidade pedida

### 2.8.2 – Sistema de Revisão Periódica

Conforme ARNOLD (1999, p. 336), “No sistema de revisão periódica a quantidade disponível de um item é determinada em intervalos de tempo especificados e fixos e assim um pedido é emitido.”

A figura 2.5 representa um sistema de revisão periódica.

FIGURA 2.5 – SISTEMA DE REVISÃO PERIÓDICA



Fonte: MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

Os intervalos de tempo entre os pedidos emitidos são constantes e a quantidade a ser pedida varia em função do estoque máximo permitido e o estoque disponível, ou seja, a

quantidade pedida (Q) é igual ao estoque máximo (M) subtraído da quantidade de estoque disponível (ED). Isto é representado pela equação (8) abaixo:

$$Q = M - ED \quad (8)$$

O nível-alvo ou nível máximo de estoque (M) é determinado pela soma do estoque de segurança (ES) com a demanda (D) durante o *lead time* (LT) e durante a duração do período de revisão (IP) (ARNOLD, 1999). A equação (9) representa o nível máximo de estoque (M):

$$M = D (IP + LT) + ES \quad (9)$$

Conforme se observa na figura 2.5, os intervalos de reposição são constantes. Porém, o *lead time* e a demanda variam, implicando na variação das quantidades pedidas.

O intervalo padrão para realização da revisão dos estoques para realização de novos pedidos é determinado de forma empírica, aproximada, de modo que a quantidade pedida seja próxima da quantidade econômica calculada pela equação (7) (MOREIRA, 1993).

O intervalo padrão pode ser calculado pela equação (10) (MOREIRA, 1993):

$$IP = \sqrt{\frac{2 \times S}{C \times i \times A}} \quad (10)$$

Onde: S = custo por pedido  
C = custo de cada unidade pedida  
i = custo anual de armazenagem do estoque (%)  
A = unidades utilizadas ou vendidas anualmente

De acordo com ARNOLD (1999), o sistema de revisão periódica é útil nas seguintes situações:

- ◆ Quando há muitas liberações pequenas de estoques e os custos de atualização das transações no registro de estoque são muito caras;
- ◆ Quando os custos com pedidos são pequenos. Normalmente, quando uma grande diversidade de itens é pedida de um mesmo fornecedor;
- ◆ Quando muitos itens são pedidos de uma só vez para completar uma carga de caminhão ou perfazer uma operação de produção.



Para definir que sistema utilizar, sistema Ponto de Pedido ou Revisão Periódica, é importante analisar as vantagens e desvantagens de cada sistema. Situações onde é útil o sistema de Revisão Periódica foi citado por ARNOLD.

### 2.8.3 – Estoque de Segurança

O estoque de segurança tem a função de compensar variações do tempo de atendimento (tempo de ressurgimento), as variações da demanda e os desvios da previsão em relação à demanda.

O desvio padrão é muito utilizado na área estatística. Neste trabalho, será utilizado para determinar do estoque de segurança e avaliar métodos de previsão.

Normalmente, para determinação do estoque de segurança, o desvio padrão tem sido calculado em relação à variação da demanda.

O cálculo do desvio padrão dos desvios da previsão em relação à demanda, tanto para determinar o estoque de segurança como avaliar a qualidade do método de previsão, realiza-se através da equação (11).

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n - 1}} \quad (11)$$

Onde:  $x_i$  - valor de determinada diferença entre previsão de demanda e demanda  
 $x_m$  - média das diferenças entre previsão de demanda e demanda  
 $n$  - número de períodos analisados

Obs.: A definição de cada variável da equação (11) foi adaptada de DIAS (1993).

Neste capítulo são apresentadas três situações possíveis de variação: apenas a demanda é variável, apenas o tempo de atendimento é variável e tanto a demanda como o tempo de atendimento é variável. Um estudo da variação dos desvios da previsão em relação à demanda é apresentado nos próximos capítulos.

### 2.8.3.1 – Com Demanda Variável e Tempo de Atendimento Constante

Segundo MARTINS (2000, p. 202), estudos demonstram “que a demanda durante o período de atendimento pode se aproximar de uma distribuição normal, de Poisson ou de uma exponencial negativa – atendimento de varejo e atacado.”

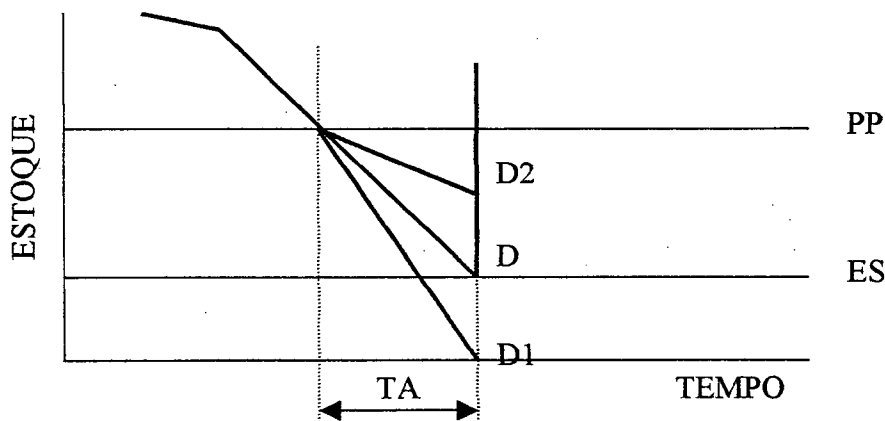
Para simplificar, considera-se apenas o caso como sendo uma distribuição normal, tendo a média  $D$  e o desvio padrão igual a  $\sigma_D$ .

O estoque de segurança determina-se para compensar um aumento de demanda após a emissão do pedido, de forma que não haja falta de estoque e não comprometa a entrega de produtos ao cliente.

Quando o ponto de pedido (PP) é atingido, emite-se um novo pedido. Como neste caso o tempo de atendimento (TA) é constante, passados determinados dias, o pedido é entregue.

Podemos verificar isto na figura 2.6 a seguir.

FIGURA 2.6 – ESTOQUE DE SEGURANÇA COM DEMANDA VARIÁVEL E TEMPO DE ATENDIMENTO CONSTANTE



Fonte: MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

Analisando-se a figura 2.6, basicamente três situações podem ocorrer durante o tempo de atendimento:

- ◆ A demanda ( $D$ ) pode coincidir exatamente com a média dos períodos anteriores. Desta forma, quando o pedido for entregue, o saldo em estoque será igual ao estoque de segurança, não comprometendo as entregas aos clientes.

- ◆ A demanda (D2) pode ser inferior à média dos períodos anteriores. Quando o pedido for entregue, o estoque será superior ao estoque de segurança, não afetando as entregas aos clientes.
- ◆ A demanda (D1) pode ser superior à média dos períodos anteriores. Quando o pedido for entregue, o estoque de segurança pode ter sido suficiente ou não para evitar que o estoque zere. Se a demanda for maior que (D) e menor que (D1), ainda haverá estoque no momento da entrega do pedido. Porém, se a demanda for maior que (D1), haverá zeramento do estoque antes da entrega do pedido, podendo afetar as entregas aos clientes.

Devemos assumir um certo risco de não atender à demanda quando ela for superior a D1. Este risco é chamado de  $\alpha$  (alfa), o qual é a probabilidade de que a demanda exceda D1, considerando sua distribuição aproximadamente normal (MARTINS, 2000).

O risco de não atender à demanda ou ao atendimento de clientes define-se, normalmente, em função dos custos de manutenção de altos estoques ou pela política adotada pela própria empresa.

ARNOLD (1999) propõe valores para  $Z\alpha$  baseado no nível de atendimento definido, como ilustrado na tabela 2.2. Nesta tabela pode-se encontrar o valor de  $Z\alpha$  correspondente ao nível de atendimento utilizado na equação, a qual determina o estoque de segurança.

TABELA 2.2 – TABELA DE FATORES DE SEGURANÇA

Nível de atendimento $\alpha$ (%)	Fatores de segurança (valor de $Z\alpha$ )
50,0	0,00
75,0	0,67
80,0	0,84
85,0	1,04
90,0	1,28
94,0	1,56
95,0	1,65
96,0	1,75
97,0	1,88
97,5	1,96
98,0	2,05
99,0	2,33
99,86	3,00
99,99	4,00

Fonte: ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de Materiais**. São Paulo: Atlas, 1999.

A definição do nível de atendimento para determinação do estoque de segurança normalmente é apontada pelo gestor baseado em vários fatores, como por exemplo: espaço físico necessário, capital investido em estoques, custo do capital, satisfação do cliente e práticas das concorrências.

Podem ser utilizados diferentes níveis de atendimento para os diferentes grupos de produtos das curvas A, B e C ou linhas de produtos.

Vamos supor que em 100 pedidos admita-se 03 casos de não atendimento. Neste caso, o não-atendimento é de 3% e o de atendimento é de 97%. Através da tabela 2.2 acima, encontra-se  $Z_{\alpha} = 1,88$ .

Segundo MARTINS (2000), o estoque de segurança (ES) é determinado pela equação (12) abaixo.

$$ES = Z_{\alpha} \times \sigma_D \times \sqrt{TA} \quad (12)$$

Em que:  $Z_{\alpha}$  – define o nível de atendimento  
 $\sigma_D$  – desvio padrão  
 TA – tempo de atendimento

Sempre que o intervalo de tempo considerado para determinar o desvio padrão da demanda for diferente do *lead time* ou tempo de atendimento (TA), para o Sistema Ponto de Pedido, ou diferente da soma do *lead time* ou tempo de atendimento (TA) com o intervalo padrão (IP), para o Sistema de Revisão Periódica, há necessidade de se fazer um ajuste ao valor do desvio padrão, conforme a equação (13) a seguir (ARNOLD, 1999):

$$\text{Novo Desvio Padrão} = \text{Antigo Desvio Padrão} \times \sqrt{\frac{\text{Novo Intervalo}}{\text{Antigo Intervalo}}} \quad (13)$$

No caso do modelo do intervalo padrão (IP), sistema de revisão periódica, a determinação do estoque de segurança segue raciocínio análogo, pela equação (14).

$$ES = Z_{\alpha} \times \sigma_D \times \sqrt{IP} \quad (14)$$

Segundo Martins (2000, p. 205) “Muitos autores consideram, para maior segurança, o seguinte ajuste:”

$$ES = Z_{\alpha} \times \sigma_D \times \sqrt{IP + TA} \quad (15)$$

Em que:  $Z_{\alpha}$  – define o nível de atendimento  
 $\sigma_D$  – desvio padrão  
 IP – intervalo padrão  
 TA – tempo de atendimento

A equação (15) resulta num estoque de segurança sempre maior do que a equação (14), minimizando a possibilidade da falta de estoque quando a demanda aumenta.

Esta segurança maior é importante, pois o modelo do intervalo padrão é mais vulnerável à variação da demanda, ou seja, a variação da demanda influencia diretamente durante todo intervalo de revisão mais o tempo de atendimento, enquanto que no modelo ponto de pedido, esta influência direta ocorre somente durante o tempo de atendimento, no que tange à possibilidade de falta de estoque.

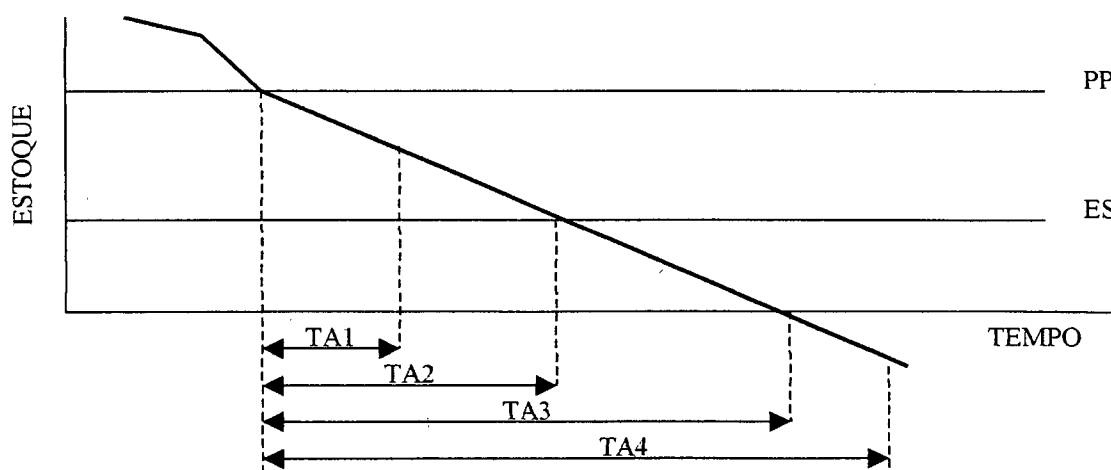
#### 2.8.3.2 – Com Demanda Constante e Tempo de Atendimento Variável

De acordo com MARTINS (2000, p. 205), “A abordagem desse caso geralmente é feita considerando o tempo de atendimento com uma variação discreta, como possibilidades associadas.”

Não é considerada uma variação contínua, como por exemplo, 1 a 2 dias (1 – 1,1 – 1,11 – 1,111 – 1,112 ... 1,999 – 2), mas sim, uma variação discreta ( 2 – 3 – 4 – 5 ... ).

Através da figura 2.7, tira-se várias conclusões. Se o tempo de atendimento for igual TA1, o estoque disponível quando o pedido for entregue será maior que o estoque de segurança; se o tempo de atendimento for igual a TA2, que representa o tempo médio de entrega dos últimos períodos, o estoque disponível será igual ao estoque de segurança; e, se o tempo de atendimento for igual a TA3, o estoque será zero quando for entregue o pedido. A preocupação é quando o tempo de atendimento for igual a TA4, ou seja, maior que TA3, pois nesta situação haverá falta de estoque e clientes poderão deixar de serem atendidos.

FIGURA 2.7 – ESTOQUE DE SEGURANÇA COM DEMANDA CONSTANTE E TEMPO DE ATENDIMENTO VARIÁVEL



Fonte: MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

Pode-se resumir o seguinte: quando o tempo de atendimento for menor que  $TA_3$  ( $TA < TA_3$ ), todas as solicitações poderão ser atendidas; quando o tempo de atendimento for maior que  $TA_3$  ( $TA > TA_3$ ), nem todas as solicitações poderão ser atendidas, podendo gerar insatisfações de clientes.

O tempo de atendimento médio ( $TA_M$ ) pode ser determinado através de levantamento estatístico, com a equação (16):

$$TA_M = \sum (TA_i \times P_i) \quad (16)$$

Em que:  $TA_i$  – tempo de atendimento

$P_i$  – probabilidade de tempo de atendimento  $TA_i$  acontecer

Exemplo: Um item de estoque tem demanda constante de 450 unidades/mês. O tempo de atendimento varia discretamente, conforme tabela abaixo. Determine o ponto de pedido e o estoque de segurança para um nível de atendimento de 98%, considerando um mês de 30 dias.

Solução:

Primeiramente, realiza-se o levantamento estatístico, conforme tabela 2.3:

TABELA 2.3 – TEMPO DE ATENDIMENTO *VERSUS* PROBABILIDADE.

(i)	Tempo de atendimento (TA <sub>i</sub> )	Probabilidade (P <sub>i</sub> )
1	8 dias	5 %
2	9 dias	10 %
3	10 dias	60 %
4	11 dias	15 %
5	12 dias	8 %
6	13 dias	2 %

Para determinar o TA<sub>M</sub> utiliza-se a equação (16)

$$TA_M = \sum ( TA_i \times P_i ) = 8 \times 0,05 + 9 \times 0,10 + 10 \times 0,60 + 11 \times 0,15 + 12 \times 0,08 + 13 \times 0,02 = 10,17 \text{ dias}$$

$$\text{A demanda (D)} = 450 \text{ unidades/mês} \div 30 \text{ dias/mês} = 15 \text{ unidades/dia}$$

$$\text{O consumo médio} = TA_M \times D = 10,17 \text{ dias} \times 15 \text{ unidades/dia} = 152,55 \Rightarrow 153 \text{ unidades}$$

Pelos dados da tabela 2.3, fica fácil deduzir que a probabilidade do tempo de atendimento não ultrapassar 12 dias é de 98%. Agora, quanto vai ser consumido durante estes 12 dias ?  
Veja:

$$\text{Consumo} = \text{consumo médio/dia} \times \text{nº de dias} = 15 \times 12 = 180 \text{ unidades}$$

Logo, o estoque de segurança é igual à diferença entre o consumo durante o tempo de atendimento para o nível de atendimento desejado (C<sub>A</sub>) e o consumo médio (C<sub>M</sub>), conforme representado na equação (17).

$$ES = C_A - C_M \quad (17)$$

$$\text{Aplicando a equação (17), } ES = C_A - C_M = 180 - 153 = 27 \text{ unidades}$$

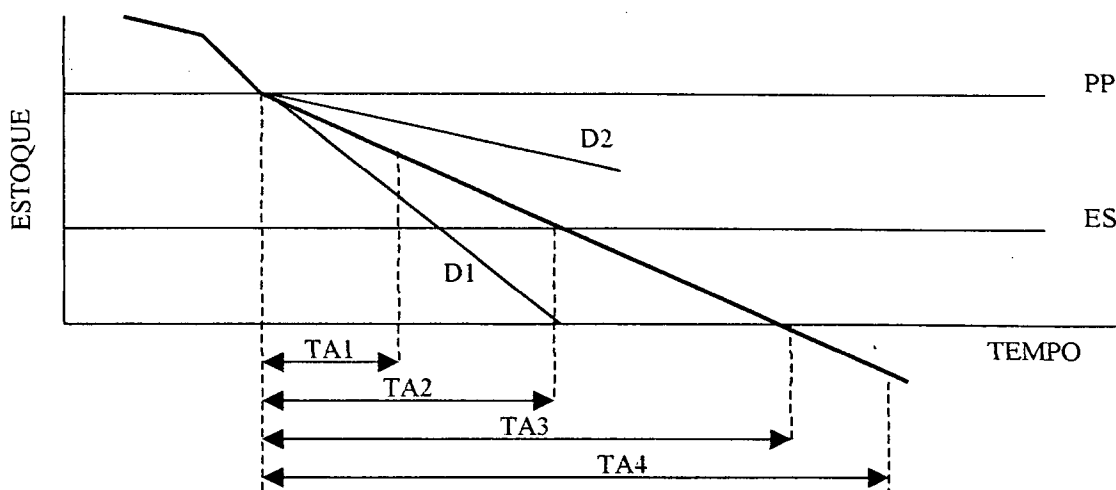
Para o ponto de pedido, podemos utilizar a equação (5) que determinará o mesmo valor já encontrado para C<sub>A</sub>, ou seja, 180 unidades.

### 2.8.3.3 – Com Demanda e o Tempo de Atendimento Variável

O estudo da condição em que tanto a demanda como o tempo de atendimento varia, assume complexidade matemática. A solução é simplificada considerando-se as duas distribuições como discretas (MARTINS, 2000).

A figura 2.8 apresenta a situação onde tanto a demanda como o tempo de atendimento está variando.

FIGURA 2.8 - ESTOQUE DE SEGURANÇA COM DEMANDA E TEMPO DE ATENDIMENTO VARIÁVEL



Fonte: MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

Em função da complexidade matemática, são adotadas distribuições discretas para a demanda e para o tempo de atendimento.

A situação na qual a demanda e o tempo de atendimento são variáveis, provavelmente é a mais encontrada nas empresas. A demanda varia em função do mercado e o tempo de atendimento, em função da complexidade dos processos, variação do ritmo de trabalho, etc.

Na realidade, a demanda e o tempo de atendimento são difíceis de se manterem constantes. A variação, em algumas situações, pode ser minimizada, mas está longe de ser eliminada.

O quadro 2.1 é resultado da interpretação das hipóteses oriundas da figura 2.8.

QUADRO 2.1 - RELAÇÃO DA DEMANDA E DO TEMPO DE ATENDIMENTO VARIÁVEL  
VERSUS ATENDIMENTO DE PEDIDOS.

	$D < D_2$	$D_2 < D \leq D_1$	$D > D_1$
$TA < TA_1$	Atende 100%	Atende 100%	Pode haver não-atendimento
$TA_1 < TA \leq TA_3$	Atende 100%	Pode haver não-atendimento	Pode haver não-atendimento
$TA > TA_3$	Pode haver não-atendimento	Pode haver não-atendimento	Pode haver não-atendimento

Fonte: MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

Exemplo: Um item de estoque cuja demanda é variável segundo tabela a seguir, possui tempo de atendimento variável, também conforme tabela 2.4. Elaborar uma análise para



determinação do estoque de segurança, em função de níveis de serviço diferentes. Considerar mês de 30 dias.

Solução:

Para determinar a demanda média ( $D_M$ ), utiliza-se a equação (18):

$$D_M = \sum (D_i \times P_i) \quad (18)$$

Em que:  $D_i$  – demanda

$P_i$  – probabilidade da demanda  $D_i$  ocorrer

A tabela 2.4 apresenta um levantamento de dados.

TABELA 2.4 – LEVANTAMENTO DE DADOS: DEMANDA, TEMPO DE ATENDIMENTO E PROBABILIDADES.

<b>Demanda (<math>D_i</math>) (unidades/mês)</b>	<b>Probabilidade (<math>P_i</math>)</b>	<b>Tempo de Atendimento</b>	<b>Probabilidade</b>
700	10 %	10 dias	30 %
800	15 %	15 dias	40 %
900	50 %	20 dias	30 %
1.000	15 %	--	--
1.100	10 %	--	--

Fonte: MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

Pela equação (18), a demanda média é:

$$D_M = \sum (D_i \times P_i) = 700 \times 0,10 + 800 \times 0,15 + 900 \times 0,50 + 1.000 \times 0,15 + 1.100 \times 0,10 = 900 \text{ unidades/mês ou } 30 \text{ unidades/dia}$$

Se for considerado um tempo de atendimento médio de 15 dias e o estoque de segurança igual a zero, pela equação (5), o ponto de pedido (PP) é:

$$PP = DDLT + ES = 15 \times 30 + 0 = 450 \text{ unidades}$$

A partir desta informação, pode-se fazer várias considerações:

1. Se  $D = 700$  unidades (probabilidade de 10%) e  $TA = 10$  dias (probabilidade de 30%), o consumo durante o tempo de atendimento é:  $(700/30) \times 10 = 233,33$  unidades. Como se está considerando um estoque de 450 unidades para o ponto de pedido e 233 é menor que 450, então não haverá falta de estoque. A probabilidade conjunta desse evento é  $0,10 \times 0,30 = 0,03 = 3\%$  (MARTINS, 2000).
2. Se  $D = 1.000$  unidades (probabilidade de 15%) e  $TA = 20$  dias (probabilidade de 30%), o consumo durante o tempo de atendimento é:  $(1.000/30) \times 20 = 666,67$  unidades. Considerando-se um ponto de pedido de 450 unidades, então haverá falta de estoque, ou seja, faltarão 217 unidades ( $667 - 450$ ). A probabilidade conjunta desse evento é  $0,15 \times 0,30 = 0,045 = 4,5\%$  (MARTINS, 2000).

Continuando este raciocínio, obtém-se a tabela 2.5:

TABELA 2.5 – DEMANDA *VERSUS* TEMPO DE ATENDIMENTO

	<b>D = 700</b> <b>(0,10)</b>	<b>D = 800</b> <b>(0,15)</b>	<b>D = 900</b> <b>(0,50)</b>	<b>D = 1.000</b> <b>(0,15)</b>	<b>D = 1.000</b> <b>(0,10)</b>
TA = 10 (0,30)	0 (0,030)	0 (0,045)	0 (0,150)	0 (0,045)	0 (0,030)
TA = 15 (0,40)	0 (0,040)	0 (0,060)	0 (0,200)	50 (0,060)	100 (0,040)
TA = 20 (0,30)	17 (0,030)	83 (0,045)	150 (0,150)	217 (0,045)	283 (0,030)

Fonte: MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

A partir da tabela 2.5 pode-se construir a tabela 2.6 que nos ajudará a determinar o estoque de segurança de acordo com o nível de atendimento desejado.

TABELA 2.6 – ITENS FALTANTES *VERSUS* PROBABILIDADE

Itens Faltantes	Probabilidade	Probabilidade Acumulada
0	0,600	0,600
17	0,030	0,630
50	0,060	0,690
83	0,045	0,735
100	0,040	0,775
150	0,150	0,925
217	0,045	0,970
283	0,030	1,000

Fonte: MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

Com base na tabela 2.6, pode-se concluir que, se for escolhido um estoque de segurança de 150 unidades, é obtido um nível de atendimento de 92,5%. Ou, se for escolhido um estoque de segurança de 217 unidades, o nível de atendimento é de 97%.

Segundo MARTINS (*apud* Monks, 1996, p. 259), quando se considera tanto a demanda como o tempo de atendimento como variáveis contínuas, com médias e desvios padrões conhecidos, pode-se utilizar a equação (19) para cálculo de estoque de segurança:

$$ES = Z\alpha \times \sqrt{\mu_{TA} \times \sigma_D^2 + \mu_D^2 \times \sigma_{TA}^2} \quad (19)$$

Em que :  $Z\alpha$  – é função do nível de atendimento

$\mu_{TA}$  – tempo médio de atendimento

$\sigma_D$  – desvio padrão da demanda durante o tempo médio de atendimento

$\mu_D$  – demanda média durante o tempo médio de atendimento

$\sigma_{TA}$  –desvio padrão do tempo de atendimento

Segundo MARTINS (2000, p. 211), “As incertezas, presentes em quase tudo o que fazemos, estão também nos estudos dos estoques.”

Portanto, é necessário utilizar alguma forma de dimensionar os estoques que nos dê, pelo menos, uma certa segurança para que pedidos de clientes não deixem de ser atendidos. Uma ferramenta muito usual é o método estatístico aplicado aos estudos de estoques.

## 2.9 – Nível de serviço *versus* Investimento em Estoque

De acordo com BALLOU (1995, p. 205), “Estoques auxiliam a função de marketing a vender os produtos da empresa.”

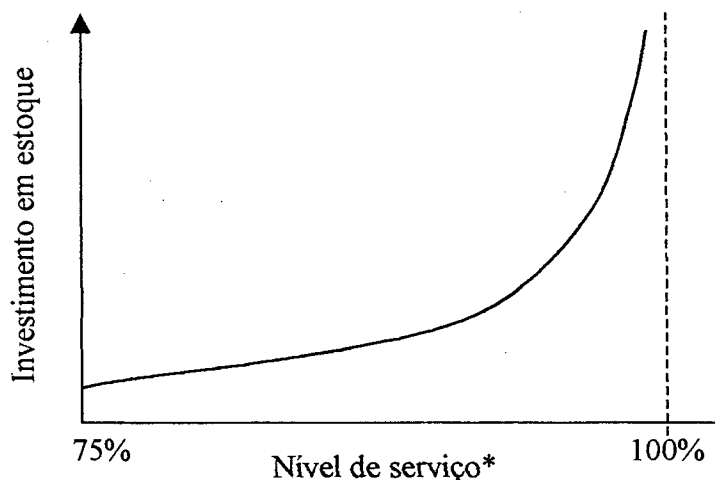
É através dos estoques que se consegue obter disponibilidade imediata dos produtos aos clientes e quando eles requerem este nível de disponibilidade, isto pode ser uma vantagem competitiva da empresa fornecedora perante seus concorrentes e menor possibilidade de vendas perdidas.

De acordo com CHING (1999), um aumento de apenas alguns pontos percentuais, devidos a pressões da área de vendas, tem um efeito dramático no capital investido em estoque.

Portanto, deve-se ter grande cautela ao se fixar o nível de serviço. Antes de aumentar a disponibilidade em apenas alguns pontos percentuais, por causa de pressões de marketing, vendas ou por julgamento apressado, deve-se avaliar o efeito no capital investido em inventário. Após avaliação do capital investido e do custo deste capital, recomenda-se compará-lo com as vantagens que se espera obter com este aumento.

A figura 2.9 apresenta um gráfico onde se pode observar a relação entre o investimento em estoque e o nível de serviço.

FIGURA 2.9 – INVESTIMENTO EM ESTOQUE *VERSUS* NÍVEL DE SERVIÇO



\* Porcentagem de vendas do item que podem ser atendidos imediatamente com o estoque disponível.

Fonte: BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1995.

Observando a figura 2.9, observa-se como o investimento em estoque cresce explosivamente quando se deseja nível de serviço elevado, principalmente quando se aproxima de 100 %. Portanto, há necessidade de se determinar um ponto de equilíbrio.

## 2.10 – O Planejamento

O planejamento é muito importante dentro da administração da produção, para qualquer segmento do mercado, pois melhores condições de resposta aos imprevistos que possam ocorrer na evolução de um mercado se conseguem através de ações planejadas. Sendo assim,

MARTINS (1999, p.173) define planejamento da seguinte forma: “Planejamento é o processo lógico que descreve as atividades necessárias para ir do ponto no qual nos encontramos até o objetivo definido”.

Segundo CORRÊA (2000, p.33), duas definições são válidas para este conceito: “Planejar é entender como a consideração conjunta da situação presente e da visão de futuro, influencia as decisões tomadas no presente para que se atinjam determinados objetivos no futuro”; e ainda “Planejar é projetar um futuro que é diferente do passado, por causas sobre as quais se tem controle”.

É importante enfatizar que, para se obter um bom planejamento, é essencial que essa visão do futuro seja a mais realista possível e para isso se deve utilizar métodos de previsão eficazes.

A inércia intrínseca dos processos decisórios, também, é outro conceito bastante importante apresentado por CORRÊA (2000). Esta inércia é o tempo que necessariamente tem que decorrer desde a tomada de decisão até que a decisão tenha efeito.

Nos sistemas produtivos, faz-se necessária a elaboração de um plano, que é a definição das metas a serem alcançadas – planejadas - tendo como finalidade permitir um acompanhamento da situação bem como direcionar a ação dos recursos humanos sobre os recursos físicos (TUBINO, 2000).

Para MOREIRA (1996), independentemente do tamanho da empresa ou do ramo de negócio, o planejamento é uma atividade comum e envolve todas as áreas. Neste sentido, muitas decisões compõem ou são derivadas do planejamento, por exemplo:

- quanto se deve produzir de um determinado produto no próximo período;
- que tipo de produto ou serviço oferecer nos próximos dois, três ou dez anos;
- evolução da tecnologia prevista para os próximos anos;
- necessidade de investimentos futuros;
- adoção de novas tecnologias e processos;
- treinamento e contratação futura de pessoal;
- necessidade de matérias- primas, etc.

Através de um cenário previamente definido, o planejamento busca formar um conjunto de possíveis decisões, sendo algumas delas em diferentes horizontes e com diferentes previsões. Nesse sentido, é interessante que se separem os horizontes de tempo, visto que para planejar para diferentes horizontes buscam-se diferentes decisões.

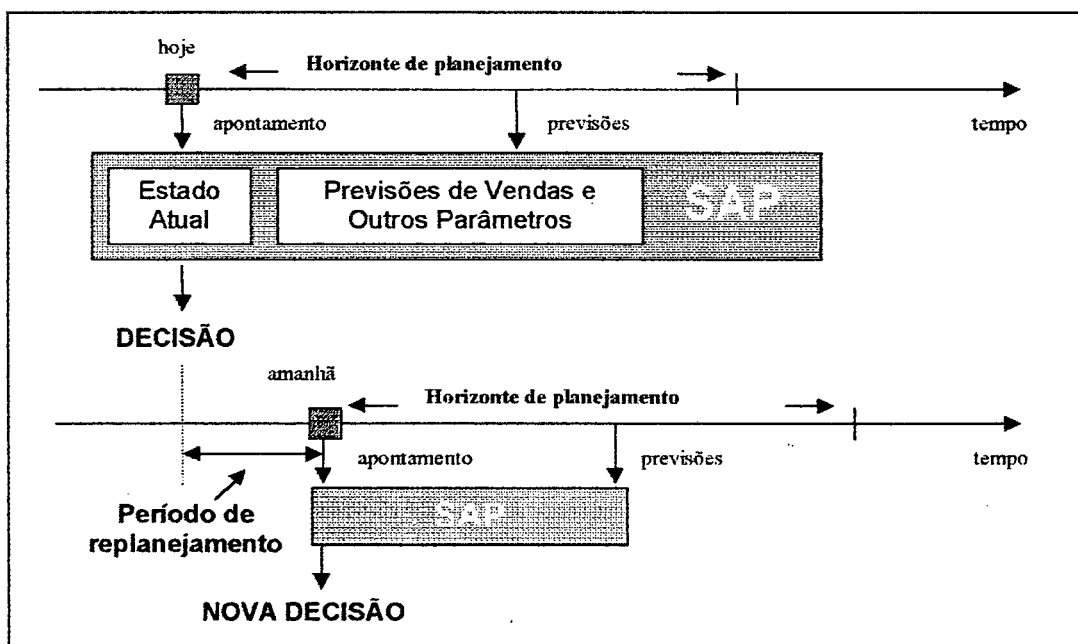
### 2.10.1 - O Processo de Planejamento

Segundo CORRÊA (2000), o processo de planejamento deve ser contínuo, devendo-se sempre ter uma boa noção da situação presente, uma visão de futuro e os objetivos que devem ser alcançados devem ser bem claros. Com o passar do tempo a visão de futuro deve ser deslocada de forma que o horizonte fixado se mantenha constante. A seguinte dinâmica é sugerida pelo autor:

- passo 1: levantamento da situação presente, fotografar a situação em que se encontram as atividades e os recursos para que esta esteja presente no processo de planejamento;
- passo 2: desenvolvimento e reconhecimento da visão de futuro, com ou sem nossa intervenção;
- passo 3: tratamento conjunto da situação presente e da visão de futuro, por alguma lógica que transforme os dados coletados em informações para tomada de decisão;
- passo 4: tomada de decisão gerencial: o que, quanto, quando produzir e comprar e com que recursos produzir;
- passo 5: execução do plano: período em que as decisões vão tomando efeito.

A figura 2.10 ilustra a dinâmica do processo de planejamento.

FIGURA 2.10 - DINÂMICA DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO.



Fonte: CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N. e CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção : MRP II/ERP : conceitos, uso e implantação**. 3. ed. São Paulo : Atlas, 2000.

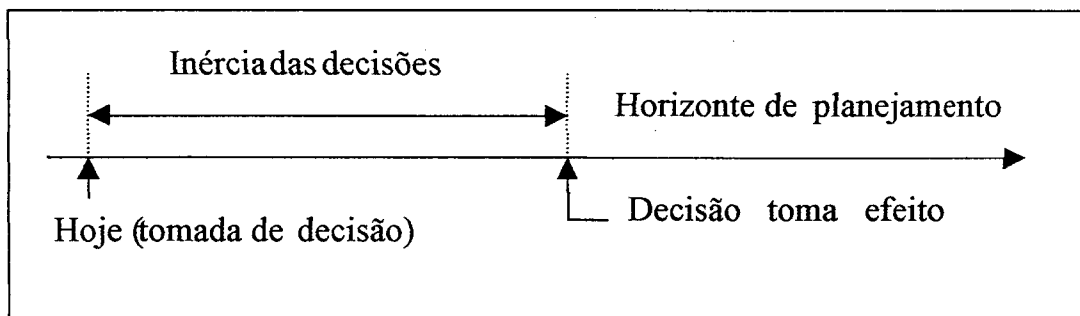
Como nem sempre as coisas acontecem como foram planejadas. Em determinado período é prudente tirar outra fotografia da situação presente e voltar ao passo 1.

Não existe uma receita pronta para a definição do horizonte de planejamento, pode-se então utilizar a prática de considerar aquele ponto no futuro onde as decisões do presente têm pouca ou nenhuma influência.

O horizonte de planejamento pode ser subdividido em diferentes espaços de tempo. Isso é possível porque as decisões têm diferentes inércias – tempo necessário para que as decisões tenham efeito. Num primeiro nível, estão as decisões de longo prazo – maior inércia. Procura-se trabalhar com famílias de produtos. Em um segundo nível estão as decisões de médio prazo, cujas decisões são restringidas pelas decisões de longo prazo, existindo um nível a mais de desagregação, onde se trabalha com os produtos de forma individualizada. Em um terceiro nível têm-se as decisões de curto prazo, onde se trabalha com os componentes que formam os produtos.

A figura 2.11 mostra o efeito da inércia nas decisões.

FIGURA 2.11 - EFEITO DA “INÉRCIA” DAS DECISÕES DE PLANEJAMENTO.



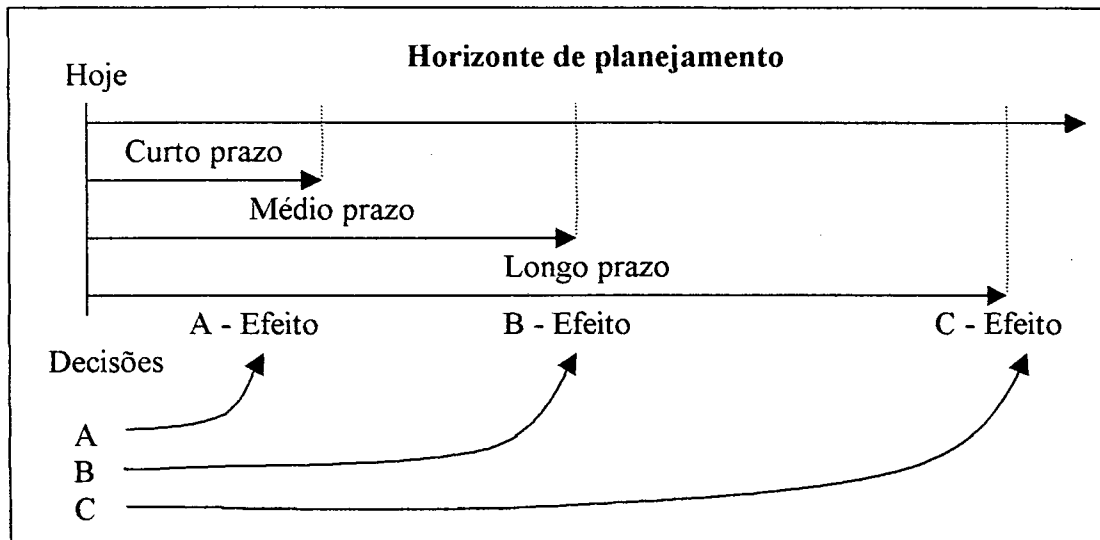
Fonte: CORRÊA, Henrique e GIANESI, Irineu. Sistemas de planejamento e controle da produção. In CONTADOR, José Celso. **Gestão de operações**. São Paulo : Edgard Blücher, 1997. p.287-316.

Diferentes decisões têm diferentes inércias. Portanto, é necessário considerar vários horizontes.

Independente do horizonte com o qual se esteja trabalhando, as previsões de venda são de extrema importância em qualquer processo de planejamento, pois muitas ações são planejadas em função desta previsão de venda.

A figura 2.12 mostra os sub-horizontes dentro do horizonte de planejamento.

FIGURA 2.12 - SUB-HORIZONTES DENTRO DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO.



Fonte: CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N. e CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção : MRP II/ERP : conceitos, uso e implantação**. 3. ed. São Paulo : Atlas, 2000.

### 2.11 – Previsão da Demanda

Sendo uma das atividades mais importantes dentro de um sistema de produção e um dos objetivos explorados neste estudo, as previsões da demanda são a base para o processo de planejamento.

MARTINS (1999, p. 173) define previsão da seguinte maneira: “Previsão é um processo metodológico para a determinação de dados futuros baseado em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente definida”.

Os sistemas produtivos são divididos em dois tipos básicos: os sistemas de produção para estoque e os sistemas de produção sob pedido/encomenda. Para os sistemas de produção sob encomenda a previsão da demanda é bastante simplificada. Já para os sistemas de produção para estoque a tarefa de previsão de demanda é mais complexa, tendo o planejador que recorrer às metodologias clássicas de previsão, como o exemplo dos métodos baseados em séries temporais. (PIRES, 1995)

Segundo KOTLER (2000), as previsões de venda são utilizadas por vários setores da empresa, entre eles: o departamento de finanças, para determinar o caixa necessário aos investimentos e às operações; pelo departamento de produção, para o estabelecimento de níveis de capacidade e de produção; pelo departamento de compras, para a aquisição de



suprimentos; pelo departamento de recursos humanos, para a contratação de funcionários, quando necessário.

De acordo com ARNOLD (1999, p. 229), “A maioria das empresas não pode esperar que os pedidos sejam realmente recebidos antes de começarem a planejar o que produzir.”

Sendo assim, estas empresas lançam mão de previsões para antecipar a demanda e planejar o que, quanto e quando produzir.

Segundo CHING (1999, p. 31), “Nunca se tem certeza da quantidade a ser solicitada pelos clientes e da quantidade a ser enviada para armazenagem.”

A previsão da demanda é difícil de ser acertada e é um assunto crítico, pois é baseado na previsão que é feito todo o planejamento de manufatura. Se a previsão for menor que a demanda, pode ocorrer falta de produtos e, se a previsão for maior que a demanda, podem surgir estoques excessivos.

Outra observação feita por ARNOLD (1999, p. 235) é que “As previsões são mais precisas para períodos de tempos mais próximos. O futuro próximo impõe menos incertezas que o futuro distante.”

Portanto, qualquer melhoria para dedução do *lead time* proporcionará uma maior precisão no processo de previsão da demanda.

Segundo CORRÊA (2000, p. 234), as incertezas de previsões e os erros correspondentes provêm de duas formas distintas: a primeira delas corresponde ao próprio mercado, de baixa previsibilidade; a segunda corresponde ao sistema de previsão.

Como a baixa previsibilidade do mercado faz parte de sua natureza, pouco se pode fazer para melhorá-la. Inclusive, é uma condição igual para todos os concorrentes do mercado.

Porém, em relação ao sistema de previsão, este sim pode fazer diferença quanto ao desempenho da empresa frente aos seus concorrentes. Portanto, o sistema de previsão merece atenção especial no que tange à qualidade e precisão da previsão.

Na determinação do estoque de segurança, por exemplo, quanto maior a diferença entre a demanda e a previsão, como fica a dimensão do estoque de segurança? Será que é proporcional à diferença?

Tem-se como hipótese que sim. Mas isto é verificado e apresentado no Capítulo 4.

A previsão da demanda deve ser feita com cautela, pois seu impacto nos demais setores da empresa é bastante expressivo, influenciando diretamente setores como produção, pessoal, finanças e a maioria dos outros departamentos (LAS CASAS, 1999).

Com previsões muito otimistas pode-se gerar um nível de estoque maior que o necessário e, ainda, aumentar as despesas da empresa, pois, provavelmente, se realizaram horas extras, as

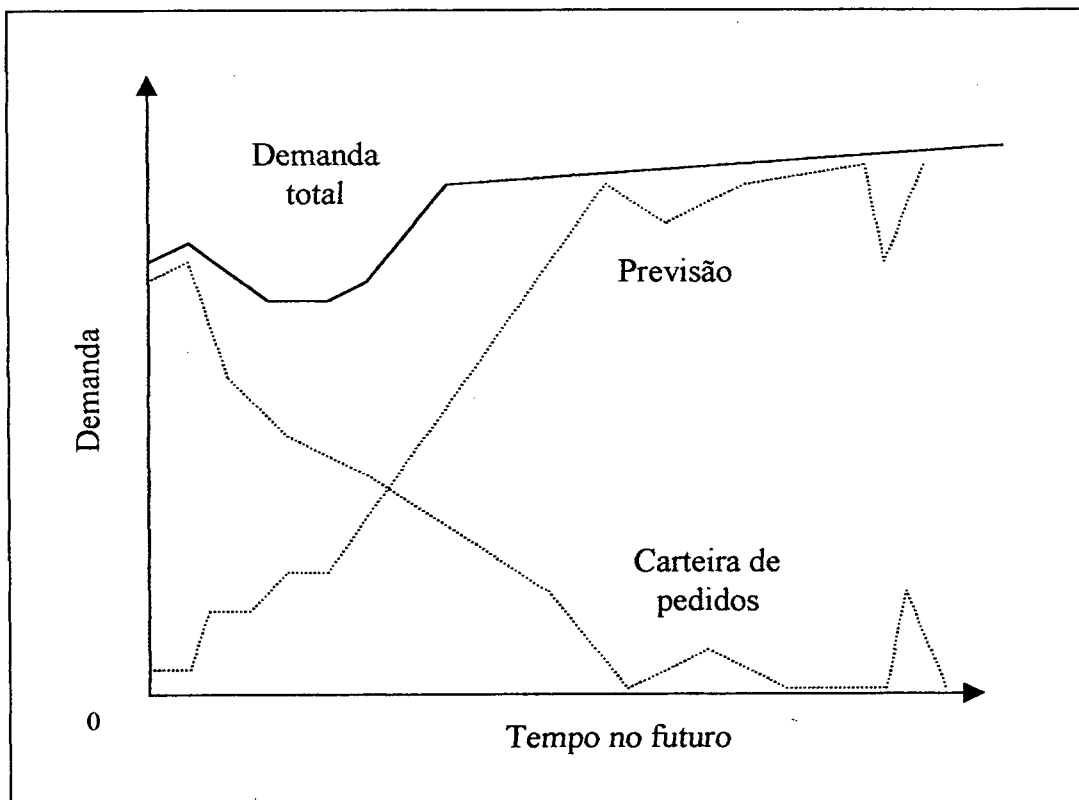
quais são mais caras que as horas normais de trabalho, se contratou pessoal, o qual necessitou de treinamento e depois este pessoal poderá ser dispensado em função da necessidade de diminuir as despesas e os estoques.

O contrário – previsões muito pessimistas – gera nível de estoque mais baixo, mas pode comprometer entregas de produtos a clientes, pois o risco do estoque se esvaziar é maior e nem sempre a flexibilidade da empresa apresenta nível tal que consiga compensar os baixos níveis de estoque.

Para SLACK (1997), as empresas que trabalham com carteiras de pedidos, devem operar com uma combinação de variáveis de pedidos firmes e previsões. Entretanto, diferentes tipos de empresas têm diferentes graus de certeza sobre sua demanda, no momento em que tomam decisões de planejamento e controle da produção.

A figura 2.13 apresenta um gráfico, o qual mostra a combinação dos pedidos em carteira e das previsões.

FIGURA 2.13 - COMBINANDO CARTEIRA DE PEDIDOS E PREVISÕES.



Fonte: SLACK, Nigel. et al. **Administração da produção**. São Paulo : Atlas, 1997.

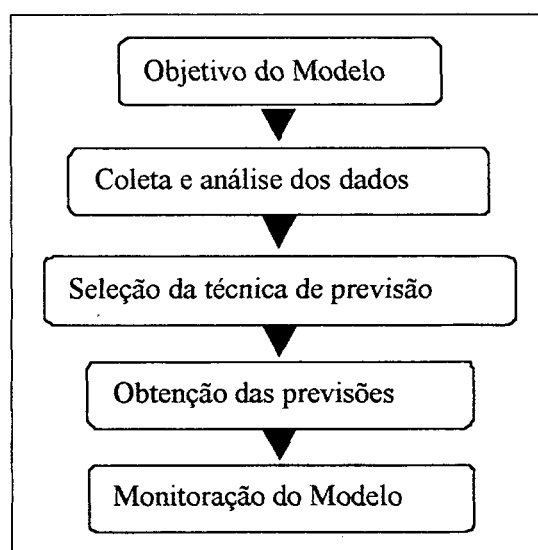
A previsão da demanda é importante para a utilização adequada das máquinas, para a realização da reposição dos materiais no momento e na quantidade certa e para a programação das outras atividades do processo produtivo. Para que esta atividade – previsão de demanda –

seja a mais precisa possível deve-se ter um cuidado especial na escolha do modelo de previsão e na coleta dos dados. (MARTINS, 1999)

A previsão da demanda, segundo TUBINO (2000), é a variável mais importante, em especial para as atividades de PCP – Planejamento e Controle da Produção, e é utilizada em dois momentos distintos: para planejar o sistema produtivo e para planejar o uso deste sistema produtivo. Entretanto, apesar dos recursos computacionais e da sofisticação matemática dos métodos, a previsão de demanda não é uma ciência exata, envolvendo uma boa dose de experiência e julgamento pessoal do planejador.

Para a elaboração de um modelo de previsão de demanda o autor sugere as seguintes etapas, como mostra a figura 2.14. Inicialmente, definem-se os objetivos do modelo; baseado nesses objetivos os dados são coletados e analisados; seleciona-se então a técnica mais apropriada; calcula-se a previsão da demanda e faz-se o acompanhamento do modelo, onde os parâmetros são constantemente atualizados.

FIGURA 2.14 - ETAPAS DO MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA.



Fonte: TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2 ed. São Paulo : Atlas, 2000.

Para MOREIRA (1996), a previsão de demanda é um processo racional de busca de informações acerca do valor das vendas futuras. Devendo fornecer, também quando possível, informações sobre a qualidade a ser exigida no futuro.

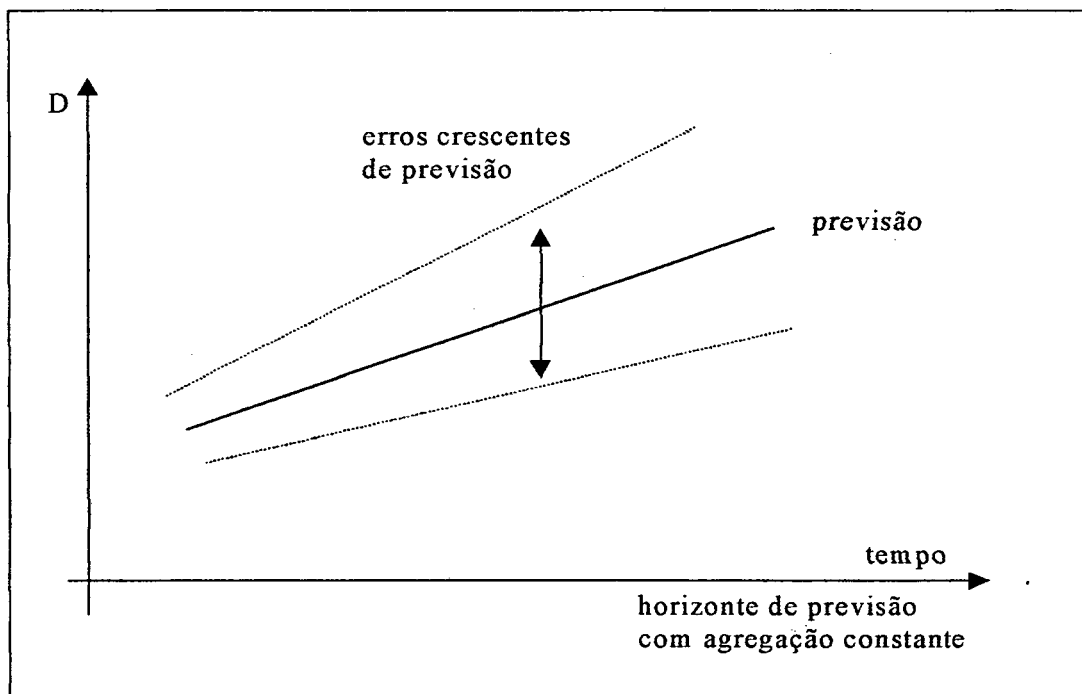
CORRÊA (2000) relaciona alguns requisitos, os quais devem ser observados para se efetivarem boas previsões:

- conhecer os mercados, suas necessidades e comportamentos;
- conhecer os produtos e seus usos;

- saber analisar os dados históricos;
- conhecer a concorrência e seu comportamento;
- conhecer as ações da empresa que afetam à demanda;
- formar uma base de dados relevantes para a previsão;
- documentar todas as hipóteses feitas na elaboração da previsão;
- trabalhar com fatos e não apenas com opiniões;
- articular diversos setores para a elaboração da previsão.

O autor complementa observando que as decisões de diferentes horizontes são hierarquicamente relacionadas, ou seja, as decisões de longo prazo restringem as de médio prazo, que por sua vez, restringem as decisões de curto prazo. Outro aspecto que o autor aborda é o fato das previsões para horizontes maiores terem um grau de incerteza maior, ou seja, o erro é crescente com o tempo. A figura 2.15 mostra um gráfico, o qual apresenta este fenômeno.

FIGURA 2.15 - OS ERROS DE PREVISÃO CRESCEM COM O HORIZONTE, PARA UM MESMO NÍVEL DE AGREGAÇÃO.

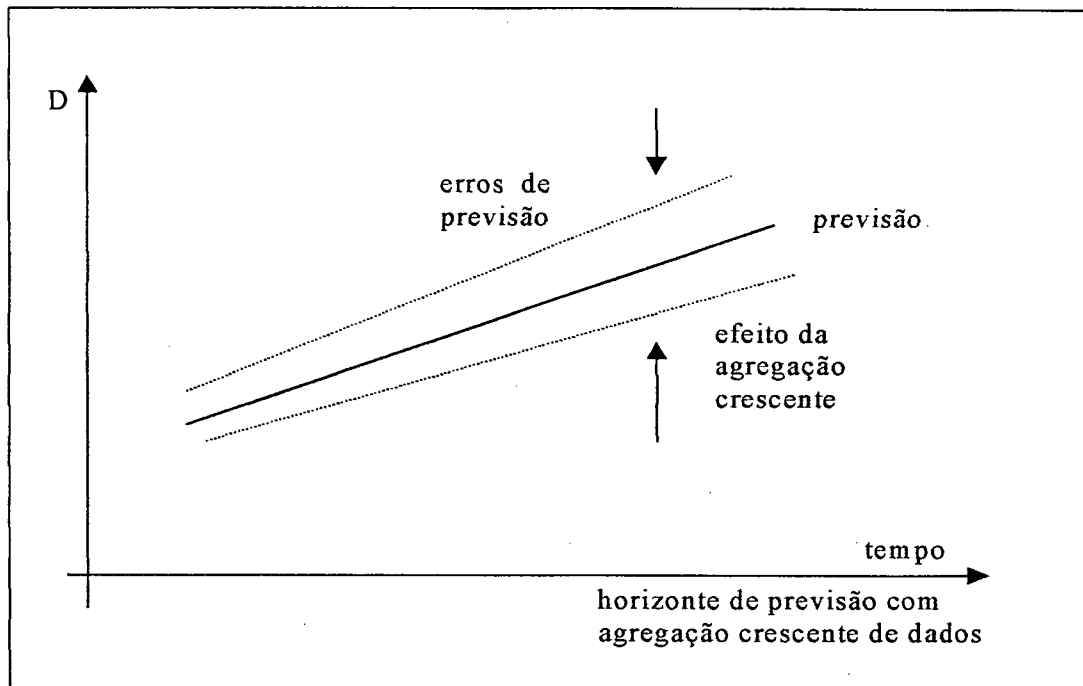


Fonte: CORRÊA, Henrique e GIANESI, Irineu. Sistemas de planejamento e controle da produção. In CONTADOR, José Celso. **Gestão de operações**. São Paulo : Edgard Blücher, 1997. p.287-316.

Quanto ao nível de agregação no processo de previsão, CORRÊA (1997) sugere um maior nível de agregação de produtos quando o horizonte de tempo é maior. Dessa forma,

quanto maior for o período de previsão, maior deve ser a agregação, pois os erros a menor de alguns produtos tendem a anular os erros a maior de outros produtos. A figura 2.16 mostra a diminuição do erro com a agregação crescente.

FIGURA 2.16 - COMPENSAÇÃO PARCIAL DOS ERROS CRESCENTES DE PREVISÃO PELA AGREGAÇÃO CRESCENTE.



Fonte: CORRÊA, Henrique e GIANESI, Irineu. Sistemas de planejamento e controle da produção. In CONTADOR, José Celso. **Gestão de operações**. São Paulo : Edgard Blücher, 1997. p.287-316.

### 2.11.1 – Principais Métodos de Previsão

As previsões de demanda são realizadas de duas formas: qualitativamente e quantitativamente. As previsões por métodos qualitativos baseiam-se em opiniões pessoais, ou seja, consideram o relato/posição de pessoas com experiência em cada ramo de atividade como gerentes, vendedores, clientes e fornecedores. Já os métodos quantitativos utilizam modelos matemáticos para a determinação de valores futuros. (MOREIRA, 1996).

Para o autor, os métodos quantitativos podem ser subdivididos em dois grupos:

- relacionamentos causais – onde a demanda está correlacionada com variáveis internas ou externas à empresa;
- séries temporais – consiste em avaliar o comportamento de uma coleção de valores tomados em instantes específicos de tempo.

Segundo MARTINS (1999), as previsões podem ser de curto, médio e longo prazos, sendo que para as previsões de curto prazo o autor sugere a consideração de um período de até três meses, para o médio prazo até dois anos e para o longo prazo, acima de dois anos.

Para o curto prazo o autor sugere a utilização de métodos estatísticos baseados em médias ou no ajustamento de retas. Já para os períodos de médio e longo prazo recomenda a utilização de modelos explicativos e econométricos.

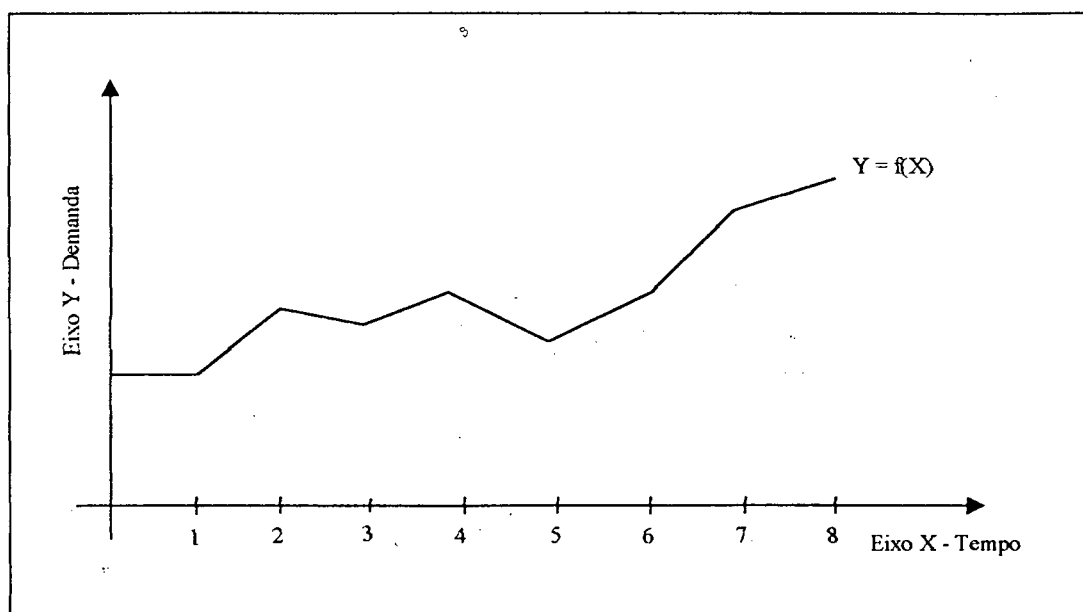
Do mesmo modo DAVIS (2001) afirma que as análises das séries temporais, normalmente, devem ser utilizadas para o curto prazo, e as previsões causais utilizadas para problemas de longo prazo.

TUBINO (2000) e MOREIRA (1996) observam que alguns pressupostos são assumidos pelos métodos de previsão. O primeiro deles é que as causas que estiveram presentes no passado, configurando a demanda, terão a mesma influência no futuro. O segundo é que quanto maior o horizonte previsto maior é a chance de erro.

As previsões baseadas nas séries temporais são amplamente usadas, haja vista a simplicidade de uso de seus métodos. Esses métodos procuram identificar uma tendência nas observações da demanda ao longo do tempo. Em geral, as observações levantadas têm um espaçamento constante (dias, semanas, meses, anos, etc.).

Um dos pressupostos desses métodos é que os valores projetados podem ser estimados com base nos valores passados. A figura 2.17 mostra o aspecto geral de uma série temporal (MOREIRA, 1996).

FIGURA 2.17 - ASPECTO DE UMA SÉRIE TEMPORAL.



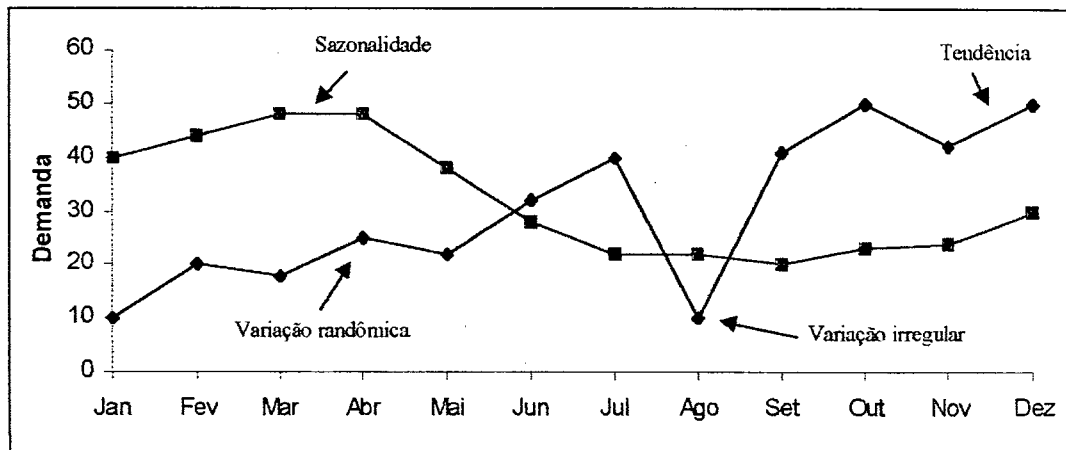
Fonte: MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2.ed. São Paulo : Pioneira, 1996.

Segundo TUBINO (2000), as curvas obtidas pelas séries temporais podem conter tendências, sazonalidade, variações irregulares e variações randômicas.

As tendências apresentam-se como movimentos graduais ao longo do tempo, seja de redução, aumento ou estabilização dos dados. As variações sazonais são variações cíclicas – seguem um padrão temporal – relacionadas ao fator tempo, como influências climáticas ou férias escolares. As variações irregulares são resultantes de fatos excepcionais, como tragédias, greves, mudanças no plano econômico do país ou mundial, os quais não podem ser previstos. Finalmente, têm-se as variações randômicas ou aleatórias, geralmente tratadas pela média.

A figura 2.18 apresenta duas séries de dados e os fatores influentes.

FIGURA 2.18 - FATORES QUE INFLUENCIAM SÉRIES HISTÓRICAS



Fonte: TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2 ed. São Paulo : Atlas, 2000

Os métodos de previsão de demanda a serem utilizados neste trabalho serão abordados na seção 2.15.

### 2.11.2 – Métodos Alternativos de Previsão

Entre os métodos alternativos destacam-se:

- O método *Delphi* é um exemplo de um modelo complementar aos modelos quantitativos (estatísticos) e qualitativos. Neste método um grupo de pessoas (especialistas) responde a um questionário e o entregam a um coordenador que tabula as informações e envia de volta aos participantes um novo questionário, podendo estes, então, alterar suas

respostas. Este processo é repetido até que se obtenha um consenso. Este método tem sido bastante utilizado na previsão de cenários futuros, e tem apresentado bons resultados (MARTINS, 1999);

- b) As pesquisas de mercado, também, podem ser consideradas como técnicas de previsão, sendo utilizadas para previsões de longo prazo e para a venda de novos produtos. Elas podem ter a forma de entrevistas, levantamentos, etc. que servem para testar hipóteses sobre o mercado (DAVIS, 2001). O autor comenta ainda que analogias históricas podem ser aplicadas, onde a previsão de demanda de um produto é derivada da trajetória de um produto similar;
- c) As redes neurais também estão despontando como uma nova técnica para previsão de demanda. Essa técnica tenta simular o aprendizado humano, desenvolvendo um entendimento dos relacionamentos complexos existentes entre entradas e saídas de um modelo de previsão. DAVIS (2001), menciona a divisão das redes neurais em duas categorias gerais: as supervisionadas e as não-supervisionadas. Nos modelos não supervisionados, o software pesquisa e identifica padrões existentes em um conjunto de dados. Já os supervisionados, utilizam dados históricos para treinar a rede.

A combinação de modelos pode ser uma forma de obter-se previsões melhores ou como alternativa para melhorar os resultados de um modelo em específico. O previsor de temperaturas baseado em redes neurais e modelos ARIMA, proposto por HIPPERT et al. (1999), é um exemplo desta aplicação combinada.

Segundo HAYKIN (2001), a habilidade de aprendizado das redes neurais, a partir dos dados, dotou-as com uma propriedade poderosa. Esta habilidade de aprendizado, a partir dos exemplos, tornou as redes neurais ferramentas inestimáveis em aplicações como: modelagem, análise de séries temporais, reconhecimento de padrões, processamento e controle de sinais.

## **2.12 – Monitoramento dos Modelos de Previsão**

Quando um erro de previsão, em que a demanda mostra-se consistentemente para cima ou para baixo, este erro é chamado de viés (ARNOLD, 1999).

Isto pode significar que o sistema de previsão está sempre muito otimista ou muito pessimista. Também, pode ser que as previsões não estão sendo atualizadas, ou ainda que o mercado está muito variável e imprevisível no momento.



Conforme TUBINO (2000), existe a necessidade de acompanhamento do desempenho dos modelos de previsão como forma de confirmar sua validade e mantê-los atualizados. Este monitoramento é realizado através de cálculos do erro nas previsões e tem por objetivo:

- verificar a acuracidade dos valores previstos;
- identificar, isolar e corrigir variações anormais;
- permitir a escolha de técnicas, ou parâmetros, mais eficientes.

É através do monitoramento que se consegue verificar se o método de previsão está sendo eficiente ou não, o que pode ser feito para melhorar a acuracidade, quais variáveis estão comprometendo a qualidade da previsão e, assim, pode-se melhorar continuamente a acuracidade da previsão.

Para CORRÊA (2000), dois aspectos devem ser considerados quando analisamos os erros de previsão:

- a magnitude das incertezas envolvidas no processo de previsão, as quais geram erros aleatórios;
- o grau de viés na previsão, erros não distribuídos simetricamente.

TUBINO (2000), sugere que o erro acumulado seja comparado com um múltiplo do desvio médio absoluto, conhecido como *MAD – Mean Absolute Deviation*.

Na seção 2.16 apresentam-se os métodos de avaliação utilizados nesta dissertação para verificar a acuracidade da previsão de demanda.

Para CORRÊA (2000), pode-se adotar um procedimento de cálculo de média móvel para o MAD, de forma que este não seja excessivamente influenciado por valores muito antigos.

Valores muito antigos podem esconder desvios da previsão em relação à demanda que estão acontecendo no presente. Estes desvios podem ser aleatórios ou por viés. Por esta razão, o planejador deve analisar quantos períodos deve utilizar para o cálculo da média móvel para o MAD.

### 2.12.1 – Fatores que Influenciam o Desempenho de um Modelo

Na visão de TUBINO (2000), o desempenho dos modelos de previsão é afetado por uma série fatores, apontando como os mais comuns:

- uso incorreto da técnica de previsão;

- perda da validade da técnica, devido à mudança em uma variável importante, ou devido ao aparecimento de uma nova variável;
- variações irregulares na demanda podem ter acontecido em função de greves, formação de estoques temporários, catástrofes naturais, etc.;
- ações estratégicas da concorrência, afetando à demanda;
- variações aleatórias inerentes aos dados da demanda.

Para o autor um modelo de previsão funciona adequadamente quando apenas erros causados por variações aleatórias ocorrem.

As variações aleatórias são dadas por eventos causais, sendo que se retiramos da demanda total todas as causas conhecidas da demanda, como: média, tendência, sazonalidade e cíclica, o que sobra é a parte inexplicável da demanda (DAVIS, 2001).

No Capítulo 3 apresenta-se um modelo para avaliar a técnica de previsão e sua validade através de simulações de previsões e verificação dos desvios destas previsões em relação à demanda. Nesta avaliação é escolhido o modelo de previsão que apresenta a melhor acuracidade. Mas, se em períodos futuros outro modelo de previsão apresentar a melhor acuracidade, então o modelo anterior é substituído pelo que está apresentando o melhor desempenho.

#### 2.12.2 – Fontes de Erros de Previsão

Os erros podem ter origens diferentes, entretanto os mais comuns são causados pela realização de previsões futuras por tendências passadas, onde, geralmente, existe a fixação de uma faixa de segurança, porém, o erro de previsão pode estar equivocadamente definido pela faixa de confiança definida (DAVIS, 2001).

Quanto à classificação dos erros de previsão, o autor considera-os como distorções ou erros aleatórios. Os erros aleatórios, como mencionado anteriormente, podem ser definidos como aqueles que não podem ser explicados. Quanto aos erros por distorções, estes incluem:

- falha na inclusão de valores corretos;
- utilização de relacionamentos errados entre variáveis;
- emprego da linha de tendência errada;
- localização da demanda sazonal em pontos diferentes de onde ela normalmente ocorre;
- existência de algumas tendências seculares indeterminadas.

Os planejadores podem analisar, entre os métodos existentes, quais métodos geram menor erro no tempo. Esse pode ser um bom indicador de desempenho dos modelos para cada demanda em particular.

### 2.13 – Escolha do Método de Previsão

Para MOREIRA (1996), os métodos qualitativos e causais adaptam-se melhor às previsões de médio e longo prazo, enquanto que a análise das séries temporais se adapta melhor às previsões no curto prazo.

Segundo TUBINO (2000), ao optar-se por uma técnica, deve-se ponderar uma série de fatores, principalmente custo e acuracidade. Geralmente, os métodos mais caros na elaboração levam a uma acuracidade maior e é com base nessa curva custo-acuracidade que o planejador deve decidir qual método é o mais adequado para a determinação das previsões.

O autor apresenta, ainda, outros fatores que devem ser observados na escolha do método:

- disponibilidade de dados históricos;
- disponibilidade de recursos computacionais;
- experiência passada com a aplicação de determinada técnica;
- disponibilidade de tempo para coletar, analisar e preparar os dados e a previsão;
- período de planejamento para o qual necessitamos da previsão.

QUADRELLI e SOUZA (1999) afirmam que a escolha do método de previsão depende do tipo de previsão que se deseja, da facilidade de uso e da facilidade de realimentação das previsões.

Pode-se dizer que, atualmente, com os recursos computacionais disponíveis, não é difícil manter um banco de dados com as informações necessárias para se realizar previsões com os métodos de previsão de séries temporais.

Para DAVIS (2001), os fatores que as empresas devem observar, na adoção de um modelo de previsão, são os seguintes:

- horizonte de previsão;
- disponibilidade de dados;
- precisão necessária;
- tamanho do orçamento para previsões;
- disponibilidade de pessoal qualificado.

Pode-se dizer que os modelos com tratamento estatístico costumam ser mais adequados a determinados horizontes de tempo. Para cada horizonte de tempo que se deseja realizar as previsões, certos métodos de previsão apresentam melhores resultados em termos de acuracidade do que outros métodos. Logo, este fator deve ser observado pelo planejador ao escolher um determinado método de previsão.

Para MARTINS (1999), diferentes métodos podem ser utilizados para selecionar o modelo de previsão que melhor se ajusta aos dados, entre eles:

- soma acumulada dos erros da previsão (SAE);
- erro quadrado médio (EQM);
- desvio padrão (DP) =  $\sqrt{EQM}$  ;
- média da soma dos erros absolutos (MSEA), em que o erro é a diferença entre o valor real da demanda e o valor da previsão. (Também conhecido como MAD – Mean Absolute Deviation)

Outra forma de escolha do método é a observação do comportamento dos dados temporais. Entretanto, esta forma pode não ser tão precisa quanto as de cálculo do erro. O quadro 2.2 apresenta um comparativo entre as principais técnicas de previsão de demanda.

QUADRO 2.2 - COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA.

Técnica	Horizonte de tempo	Complexidade do modelo	Precisão do modelo	Dados necessários
<b>I. Qualitativo</b>				
Método Delphi	Longo	Alta	Variável	Muitos
<b>II. Séries Temporais</b>				
Média Móvel	Curto	Muito baixa	Média	Poucos
Média Ponderada Exponencial	Curto	Baixa	Adequada	Muito poucos
Regressão Linear	Longo	Média alta	Média alta	Muitos
<b>III. Causal</b>				
Análise de regressão	Longo	adequada	Alta	Muitos

Fonte: DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. 3.ed. Porto Alegre : Bookman Editora, 2001.

## 2.14 – Classificação dos Modelos

Os modelos podem ser classificados como modelos teóricos e estatísticos. Os modelos teóricos, geralmente, expressam leis, podendo conter formas matemáticas. Já os modelos estatísticos são aqueles que utilizam regressões, contendo formas matemáticas, definições de variáveis e equações para verificação de fenômenos.

### 2.14.1 – Modelos Matemáticos e Estatísticos

Um modelo matemático é definido como um relacionamento dado por uma função matemática  $y = f(x)$  sobre um conjunto de valores  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ), onde os pontos  $(x_i, y_i)$ , se plotados em um gráfico, verifica-se que eles pertencem à curva que representa o modelo matemático. Para os modelos estatísticos, pode ser que a variável dependente ( $y$ ) seja influenciada por outros fatores, além da variável independente, ou seja, existe um erro associado à função. Desta forma a função é representada por  $y_i = f(x_i) + e_i$ , onde o  $e_i$  é o erro não explicado pela função. (HOFFMANN, 1977).

### 2.14.2 – Modelos de Regressão

Segundo DAVIS (2001), este método de previsão é útil nas previsões de longo prazo e para realizar o planejamento agregado. Por exemplo, para a previsão da demanda para uma família de produtos, apesar de se saber que para produtos individuais dentro de uma mesma família, esta demanda possa variar ao longo do tempo, enquanto que a variação da demanda da família de produtos é mais suave.

Pode-se dizer que os modelos de regressão possuem três aspectos em especial: o primeiro, quanto à estrutura; o segundo, quanto à classificação; e por fim, quanto às qualidades desejáveis ao modelo.

Quanto à estrutura, os modelos de regressão envolvem quatro elementos básicos:

- variáveis envolvidas (dependentes ou independentes);
- relações ou equações que expressam o modelo;
- parâmetros ou coeficientes das variáveis;
- erro ou perturbação estocástica.

Quanto à classificação dos modelos de regressão, estes podem ser lineares, representados por funções de primeiro grau; e não-lineares, que assumem formas exponenciais, por exemplo, quadráticas.

Para a qualidade desejável ao modelo de regressão, pode-se avaliá-lo segundo sua plausibilidade, exatidão, simplicidade das previsões, etc..

Os modelos de análise regressão clássicos tem um forte apelo por sua difusão, sendo disponíveis em vários softwares e de fácil utilização (SALLES, 1996).

Como se observa, existem vários métodos de previsão para realizar o processo de previsão de demanda e métodos para verificar a qualidade desta previsão. Logo, se o planejador aplicar o método de previsão corretamente e realizar as avaliações de acuracidade, o processo de planejamento torna-se mais eficiente, trazendo melhores resultados para toda a empresa.

## 2.15 – Os Métodos de Previsão Utilizados nas Simulações

As diferenças entre as previsões e a demanda real são um problema que afeta muitas empresas. As empresas necessitam de informações precisas, dentro do possível, de forma a melhorarem suas fases de planejamento, sempre procurando se preparar para os acontecimentos futuros.

Com certeza, a utilização de métodos de previsão de demanda, com os quais os planejadores podem fazer um acompanhamento do método, procurando identificar possíveis desvios de forma e corrigi-los, pode aumentar a confiabilidade dos resultados, o que é importante para se ter um bom resultado no planejamento da produção.

Os métodos de previsão que serão utilizados nas simulações são: média móvel (MM), média exponencial móvel (MEM), tendência linear (TL), tendência exponencial (TE), suavizamento exponencial (SE) e índices de sazonalidade (IS).

A seguir descrevem-se as equações utilizadas por estes métodos de previsão.

### 2.15.1 - Média Móvel

Gera uma previsão média com menor variabilidade que os dados originais, pois, por média, faz com que valores baixos, se combinem com valores altos. O método da média móvel estabelece uma média dos valores, normalmente os mais recentes, e com o passar do tempo novos valores são introduzidos, descartando-se os mais antigos. A obtenção da média pode ser feita pela equação (20) (TUBINO, 2000).

$$Mm_n = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (20)$$

Onde,  $Mm_n$  = média móvel de n períodos;  
 $D_i$  = demanda ocorrida no período i;  
n = número de períodos;  
i = índice do período (i=1, 2, 3, ...).

Este método de previsão – média móvel – realiza-se com uma quantidade pequena de períodos. Normalmente, três períodos. Esta quantidade de períodos utilizada facilita a operacionalização e a implantação deste método pela organização é rápida, pois utiliza poucos dados históricos, comparando-se com outros métodos.

Porém, para determinados comportamentos de demanda, outros métodos podem apresentar uma melhor acuracidade.

#### 2.15.2 - Média Exponencial Móvel

Neste método, a previsão é obtida através da última previsão, acrescida ou deduzida de uma parcela do erro cometido nesta – diferença entre o previsto e o real. A parcela do erro é definida por um coeficiente de correção (ponderação) *alfa* que é definido pelo planejador, dentro de uma faixa que varia de 0 a 1 (percentual do erro). Isto é representado a seguir pela equação (21) (TUBINO, 2000):

$$M_t = M_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - M_{t-1}) \quad (21)$$

onde,  $M_t$  = previsão para o período t;  
 $M_{t-1}$  = previsão para o período t-1;  
 $\alpha$  = coeficiente de ponderação, assumindo valores entre [0-1];  
 $D_{t-1}$  = demanda do período t-1.

Quanto maior o valor de *alfa*, mais as previsões ficam sujeitas às variações aleatórias, oscilando muito os valores previstos. Normalmente, os valores de *alfa* utilizados ficam na faixa de valores 0,05 a 0,50.

A média móvel e a média exponencial móvel precisam de poucos dados, tendendo a serem mais fáceis de serem utilizadas no curto prazo.

### 2.15.3 - Tendência Linear

A previsão por tendência linear parte do pressuposto que existe uma reta que ajusta a tendência evolutiva dos dados no tempo. Esta tendência pode ser de crescimento ou de decrescimento ou estável, dependendo, também, da quantidade dos períodos utilizados para realizar a análise.

A equação da tendência pode ser obtida através do método dos Mínimos Quadrados, que é um método de regressão simples, aplicado à análise das séries temporais. Neste método a variável independente é o tempo (dias, semanas, meses ou anos) e os resultados (variável dependente) estão em função do tempo.

Para a determinação da reta de melhor ajuste - linha que minimiza as diferenças entre a reta e cada ponto de uma seqüência de dados - pelo método dos *Mínimos Quadrados*, utiliza-se a equação (22) - equação da reta. (LÓPEZ, 2000)

$$Y = a + bX \quad (22)$$

Cálculos matemáticos definem as denominadas equações normais, necessárias à determinação das variáveis  $a$  e  $b$  da equação de uma reta a partir do sistema de equações (23).

$$\begin{cases} \sum Y = na + b \sum X \\ \sum XY = a \sum X + b \sum X^2 \end{cases} \quad (23)$$

Onde:  $Y$  = valor da demanda na reta de tendência

$a$  = valor inicial da reta de tendência;

$b$  = coeficiente angular da reta de tendência;

$n$  = número de pontos observados;

$X$  = período de tempo.

Os valores necessários à resolução das equações normais, ou seja,  $\sum Y$ ,  $\sum X$ ,  $\sum XY$ , e  $\sum X^2$ , são obtidos por aproximação tabular, dos valores  $X$  e  $Y$ .

Dependendo da quantidade de períodos utilizados e do comportamento da demanda, este método de previsão apresenta boa acuracidade, porém este método é mais complexo do que os



métodos das médias. O método de previsão tendência linear é adequada para horizontes de previsão mais longos.

#### 2.15.4 - Tendência Exponencial

Quando a evolução dos dados é mais bem representada por uma curva do que por uma reta, ocorre a tendência exponencial e, em geral, efetua-se uma regressão simples não linear. As regressões simples não lineares, normalmente, assumem a forma exponencial, podendo assumir outras como a parabólica e a polinomial (LÓPEZ, 2000).

A forma exponencial é representada pela função exponencial, equação (24):

$$Y = ab^X \quad (24)$$

Para determinar os coeficientes  $a$  e  $b$ , pode-se utilizar o método dos mínimos quadrados com algumas modificações nas equações do sistema:

$$\begin{cases} \sum (\log Y) = n(\log a) + \sum X(\log b) \\ \sum (X \log Y) = \sum X(\log a) + \sum X^2(\log b) \end{cases} \quad (25)$$

Os valores necessários à resolução das equações normais, da mesma forma que a tendência linear, são obtidos por aproximação tabular.

#### 2.15.5 - Suavizamento Exponencial

O método suavizamento exponencial para a tendência consiste em adicionar ao método da média exponencial móvel - equação (21) - uma estimativa da tendência do erro, que é apresentada através da equação (26) (TUBINO, 2000):

$$T_t = T_{t-1} + \alpha_2((P_t - P_{t-1}) - T_{t-1}) \quad (26)$$

Onde,  $T_t$  = previsão da tendência para o período  $t$ ;

$T_{t-1}$  = previsão da tendência para o período  $t-1$ ;

- $\alpha_2$  = coeficiente de ponderação da tendência, assumindo valores entre [0-1];
- $P_t$  = previsão da demanda para o período t;
- $P_{t-1}$  = previsão da demanda para o período t-1.

Da mesma forma como no método de previsão média exponencial móvel, quanto maior o valor de *alfa*, mais as previsões ficam sujeitas às variações aleatórias, oscilando muito os valores previstos. Normalmente, os valores de *alfa* utilizados devem ficar na faixa de valores 0,05 a 0,50.

Neste método, quando a demanda apresenta tendência, a média exponencial móvel demora para reagir, fazendo com que a previsão da demanda fique abaixo da demanda real quando ocorre a tendência de alta. E, quando ocorre a tendência de baixa a previsão fica acima da demanda real. Assim, com o ajustamento através da tendência de erro, o método suavizamento exponencial acaba melhorando o desempenho, comparando-se com a média exponencial. Mas, isto tudo depende, também, do comportamento da demanda.

#### 2.15.6 - Índices de Sazonalidade

As variações sazonais ocorrem em intervalos regulares de tempo. A técnica de previsão por sazonalidade procura determinar um coeficiente de variação de cada um dos períodos do ciclo sazonal. Este valor é obtido dividindo-se o valor da demanda no período pela média móvel centrada neste período, onde o período que forma a média é o ciclo sazonal (TUBINO, 2000).

Para os casos em que os dados apresentam sazonalidade e tendência, há a necessidade de incorporação destas duas técnicas. O autor sugere empregar-se os seguintes passos:

- retirar o componente de sazonalidade da série de dados históricos, dividindo-os pelos correspondentes índices de sazonalidade;
- com esses dados, desenvolver uma equação que represente o componente de tendência;
- com a equação da tendência, fazer a previsão da demanda e multiplicá-la pelo índice de sazonalidade.

A equação (27) pode ser utilizada na obtenção dos índices de sazonalidade da demanda em um período:

$$IS_i = \frac{P_i}{\frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}} \quad (27)$$

Onde,  $IS_i$  = índice de sazonalidade do período  $i$ ;  
 $P_i$  = valor demandado no período  $i$ ;  
 $n$  = número de períodos do padrão sazonal.

O padrão sazonal é, então, representado por  $[IS_i, IS_{i+1}, \dots, IS_n]$ .

Se não houver tendência de aumento ou decrescimento, de um padrão sazonal para os seguintes, não há a necessidade de obtenção dos índices de sazonalidade, sendo o próprio valor do período a previsão para o próximo período do padrão sazonal seguinte. No entanto, se os dados – série de valores do período sazonal - apresentarem tendência, há a necessidade de incorporação das duas técnicas – tendência e índices de sazonalidade.

Cada método de previsão de demanda possui sua característica, portanto há necessidade de se avaliar o comportamento de cada método frente ao comportamento da demanda para verificar qual o método que será mais adequado para a demanda em estudo. Na próxima seção, apresentam-se métodos para realizar a avaliação da acuracidade das previsões para cada método de previsão apresentado.

## 2.16 – Avaliação de Métodos de Previsão Aplicados das Simulações

Como visto no item 2.2, existe a necessidade de acompanhar o desempenho dos métodos de previsão, com o objetivo de confirmar sua validade ou mantê-los atualizados, pois para os diversos comportamentos de demanda, diferentes métodos de previsão podem ser mais adequados e apresentar melhor acuracidade.

Esta verificação periódica – monitoramento - é realizada através da observação dos erros cometidos durante o processo de previsão, sempre comparando a demanda ocorrida com a prevista. No Capítulo 4, são analisados os erros cometidos pelos métodos de previsão por séries temporais.

### 2.16.1 - Desvio Médio Absoluto (MAD)

Para as verificações dos erros cometidos pelos métodos de previsão por séries temporais – tradicionais – foi escolhido o MAD – *Mean Absolute Deviation*, ou desvio médio absoluto, o qual, de modo semelhante ao desvio padrão, mede a dispersão dos dados em torno dos valores esperados (DAVIS, 2001).

O MAD é calculado utilizando-se a equação (28):

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |At - Ft|}{n} \quad (28)$$

Onde,  $At$  = demanda real para o período  $t$ ;

$Ft$  = demanda prevista para o período  $t$ ;

$n$  = número de previsões realizadas.

O MAD é igual à média das diferenças absolutas, entre a demanda real e a prevista, ou seja, o MAD mostra a variação que os métodos apresentaram durante um determinado período.

Normalmente,  $4 \cdot MAD$  equivalem a três desvios padrões. Assim, pode-se fazer um monitoramento dos desvios (valor real - não absoluto) de cada período num gráfico de controle, definindo como limite superior e inferior  $4 \cdot MAD$ . Se um desvio ultrapassar um dos limites, ações corretivas deverão ser tomadas (TUBINO, 2000).

Quando se possui uma grande quantidade de produtos para avaliar a acuracidade da previsão, a verificação é mais simples através de tabelas e planilhas eletrônicas. A utilização de gráficos apenas é viável quando se deseja analisar um produto específico ou poucos produtos.

### 2.16.2 – Desvio Padrão ( $\sigma_D$ )

Para avaliar a acuracidade de um método de previsão através do desvio padrão é utilizada a equação (11), já apresentada na seção 2.8.3. Uma das vantagens de se utilizar a desvio padrão é que, além de servir de indicador de acuracidade do método de previsão que está sendo utilizado, pode ser utilizado para determinação do estoque de segurança.

Quando for determinado o desvio padrão, para efeito de verificar a acuracidade de um método de previsão de demanda, este deve ser calculado baseado nas diferenças entre demanda e previsão.

Uma característica do desvio padrão, quando os erros de previsão se distribuem de forma aleatória, é que o valor do MAD é igual ao desvio padrão dividido por 1,25 (TUBINO, 2000).

De forma similar ao MAD, pode-se fazer um monitoramento dos desvios de cada período, definindo-se como limite superior e inferior  $3\sigma_D$ . Se um desvio ultrapassar um dos limites, ações corretivas precisam ser tomadas.

### 2.16.3 – Desvio Acumulado (DA)

Quando ocorre um desvio da previsão de demanda em relação à demanda real sistematicamente para cima (ou para baixo), este desvio é chamado de viés (ARNOLD, 1999).

Uma forma de monitorar a variação por viés é comparar os valores das previsões acumuladas para certa quantidade de períodos com a demanda real. O objetivo é que a diferença entre estes valores acumulados seja nula.

Outra forma de monitoramento é calcular período a período o desvio e ir acumulando (somando) estes valores. O ideal é que seja o mais próximo possível de zero.

Quando se está comparando métodos de previsão, aquele que possuir o menor valor do desvio acumulado é o que possui o menor erro por viés.

De forma análoga, na comparação dos valores acumulados das previsões com os valores acumulados das demandas reais, aquele que possuir uma menor diferença em relação à demanda acumulada, possui o menor erro por viés.

Recomenda-se que não sejam considerados valores muito antigos, pois erros muito antigos podem evitar a revelação de um desvio excessivo recente. O ideal é que valores antigos sejam descartados à medida que novos valores são introduzidos. Uma quantidade de 6 a 12 períodos, normalmente, é adequada. Cabe ao planejador avaliar e definir a quantidade ideal para seu processo de avaliação da previsão.

Na tabela 2.7, como exemplo, pode-se observar que se tem um desvio sistemático para cima e após 06 meses a diferença acumulada foi de 120 acima do acumulado previsto e acima de  $4\text{MAD} = 80$ . Isto pode significar atrasos na entrega de pedidos, cancelamento de pedidos e perda de clientes.

TABELA 2.7 - VENDAS PREVISTAS E REAIS COM VIÉS.

Mês	Prevista		Real	
	Mensal	Acumulada	Mensal	Acumulada
1	100	100	110	110
2	100	200	125	235
3	100	300	120	355
4	100	400	125	480
5	100	500	130	610
6	100	600	110	720
Total	600	600	720	720

Fonte: ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de Materiais**. São Paulo: Atlas, 1999.

Quando o desvio acumulado exceder ao valor de  $4 \cdot \text{MAD}$ , o problema deve ser identificado e o método deve ser revisto (TUBINO, 2000).

Pode-se dizer que o desvio médio absoluto e o desvio padrão apresentam as mesmas funções. Eles são utilizados para verificar a acuracidade da previsão da demanda – desvio da previsão em relação à demanda.

O desvio acumulado vem complementar as funções do desvio médio absoluto ou desvio padrão. Ele verifica se a previsão se apresenta seguidas vezes para baixo (ou para cima) em relação à demanda real. É mais adequado para o monitoramento dos métodos de previsão do que para uma determinação inicial, antes da sistemática implantada. Pois, a sua função é alertar para a tomada de ações quando os desvios são por viés.

## 2.17 – Trabalhos Publicados na Área

CAVANHA FILHO (2000) elaborou um simulador para treinamento em logística, focalizando o *trade-off* estoques x transportes, com foco especial no custo da falta, em que o operador escolhe quantidades e formas de transportes para atender determinada demanda do mercado, procurando o menor custo logístico total. Outros custos também são considerados, como por exemplo, custos de transportes (aéreo, rodoviário, ferroviário e hidroviário), envolvendo tempos de entrega e riscos (confiabilidade) distintos, custos de estoques, em contrapartida com o atendimento à demanda apresentada.

MOREIRA (2001) apresenta estratégias de reposição de estoques em supermercados, ou seja, uma forma de visualizar as melhorias que a automação comercial pode vir a trazer a um varejo (supermercado) de médio e pequeno porte. Esta visualização se dá através de uma simulação no software Arena, verificando os níveis de estoque do varejo, item que melhor

identifica as melhorias da automação e que promove ganho imediato, caso seja bem trabalhado. Utiliza um esquema de parceria com o fornecedor, através de EDI (Transferência Eletrônica de Dados), e com reposição diária.

FABRIS (2000) busca a estruturação de um modelo de previsão de demanda para o mercado nacional de frangos de corte. O modelo proposto, procurou utilizar duas formas diferentes de previsão: a primeira, utilizando métodos tradicionais de previsão, onde se verificam os erros cometidos no tempo pelos métodos, procurando-se utilizar nas previsões aquele que gerou menor erro; a segunda forma, em adição às previsões tradicionais, utilizou-se de um método econométrico, onde através de sua função, gera-se uma previsão com base em valores previstos de algumas variáveis contextuais no mercado do frango. Após a obtenção das duas previsões, o planejador decide pelo ajuste na previsão.

O método de cálculo do estoque de segurança proposto por REBELLO (2000) tem como objetivo compensar os erros de previsão de demanda e do tempo de ressuprimento. Para medir a dispersão dos erros de previsão é utilizado o MAD (*Mean Absolute Deviation*), o qual, em conjunto com o nível de atendimento desejado, dimensiona o estoque de segurança.

Foi analisada e identificada a relação entre previsão e planejamento, por FRIZZO (2000), em uma indústria do setor alimentício - um frigorífico de aves. Para avaliar os erros das previsões de venda, foi considerada a demanda prevista dividida pela demanda real e multiplicado por 100.

Em seu artigo publicado, DIAS (1999) propõe o processo para previsão de vendas: a) coletar e analisar os dados; b) fazer a previsão quantitativa - resumo computacional; c) revisar a previsão e d) monitorar o erro.

LAPA (1998) determinou um modelo econométrico que seja consistente e representativo para a previsão da demanda brasileira de automóveis, através da aplicação da técnica de modelagem dinâmica, com o uso de séries temporais de dados mensais. Como resultado, propõe não só um modelo dinâmico para a previsão da demanda de automóveis no mercado brasileiro no curto prazo, como também, um modelo dinâmico para previsão da produção e outro para previsão do preço desses automóveis.

FILDERS e ORD (2001) apresentam um artigo, no qual consideram uma competição entre métodos/processos de previsão pela busca de uma melhor acuracidade e descrevem como mensurar a performance de cada previsão realizada.

CLEMENTS e SMITH (1998) analisam as performances das previsões utilizando modelos lineares e não-lineares, na mudança da taxa de desemprego nos Estados Unidos.

Uma pesquisa foi realizada, por HENDRY e MIZON (1998), sobre a relação entre

modelos estatísticos de previsão e os modelos econométricos designados para a análise de políticas econômicas. Em particular, eles investigaram três aspectos. Primeiro, quando existem fundamentos para considerar as análises de políticas econômicas como o melhor sistema de previsão. Segundo, quando a previsão falha em um modelo econométrico e impede seu uso para a análise da política econômica. Finalmente, quando a política muda, previsões melhoradas podem ser obtidas pelo uso de cenários, derivados de um modelo econométrico, para modificar uma previsão estatística inicial.

## 2.18 – Considerações

É da satisfação do cliente que depende a sobrevivência de uma empresa, independente do ramo de atividade e segmento de mercado.

Vários são os fatores avaliados pelos clientes, como por exemplo: preço, garantia, prazo de entrega, funcionalidade, praticidade no uso e outros. Este trabalho está focado mais sobre o prazo de entrega - disponibilidade do produto - e indiretamente o preço.

Os estoques têm a função de proteger a demanda contra as faltas de produtos, devido a variações da demanda e erros de previsão.

Se a previsão não for de boa acuracidade, o planejamento não é eficiente, pois o mesmo é baseado nas previsões. Portanto, é muito importante utilizar métodos de previsão que tenham boa acuracidade e, também, sejam monitorados continuamente.

Neste capítulo, também foram apresentados os métodos de previsão baseados em séries temporais utilizados nos Capítulos 3 e 4 e as características de cada método. Os métodos apresentados foram os seguintes: média móvel, média exponencial móvel, tendência linear, tendência exponencial, suavizamento exponencial e índices de sazonalidade.

Apresentaram-se as equações que serão utilizadas para simular as previsões de demanda, verificar a acuracidade da previsão, determinar o estoque de segurança e o custo anual da manutenção do estoque.

Além disso, foram apresentados alguns trabalhos publicados na área da previsão.

No próximo capítulo é iniciado o detalhamento de como determinar o melhor método de previsão para uma certa demanda e como realizar o monitoramento para a manutenção da acuracidade. No Capítulo 3 se apresenta a proposta para verificar a acuracidade da previsão da demanda e sua influência no estoque.



## **CAPÍTULO 3 - PROPOSTA PARA VERIFICAR A ACURACIDADE DA PREVISÃO DA DEMANDA E SUA INFLUÊNCIA NO ESTOQUE**

Neste capítulo apresenta-se a proposta para verificar a acuracidade de métodos de previsão de demanda, descobrir qual método de previsão está apresentando a melhor acuracidade para certa demanda e analisar a influência desta acuracidade no estoque.

Basicamente, utilizam-se somente os métodos de previsão baseados em séries temporais, pois o objetivo aqui não é realizar previsões de demanda, mas sim demonstrar (e sensibilizar o planejador para) a importância de se utilizar um método de previsão com a melhor acuracidade possível em relação à demanda real.

Utilizando-se das equações detalhadas no Capítulo 2, apresentam-se os passos para verificar a acuracidade da previsão da demanda, desde o levantamento de dados de demanda dos produtos acabados até a determinação do custo anual de manutenção do estoque.

Para verificar a acuracidade de métodos de previsão de demanda, descobrir qual método de previsão está apresentando a melhor acuracidade para certa demanda e analisar a influência desta acuracidade no estoque, esta proposta apresenta as seguintes etapas:

1. Levantamento de dados de demanda;
2. Classificação dos produtos acabados pela curva A, B e C;
3. Simulação de previsões de demanda;
4. Verificação da acuracidade dos métodos de previsão utilizados e determinação do método que apresenta a melhor acuracidade;
5. Dimensionamento do estoque de segurança e do estoque médio para cada método de previsão simulado;
6. Comparação do nível de estoque com a acuracidade da previsão de demanda;
7. Determinação do custo anual de manutenção de estoque em função de cada método de previsão simulado.

Todas estas etapas apresentadas são explicadas a seguir.

### **3.1 – Levantamento de Dados de Demanda**

Para ser possível realizar simulações com os métodos de previsão, avaliá-los nos 12 períodos seguintes e se obter um resultado imediato para escolha do método mais adequado, é necessário levantar os dados de demanda dos produtos acabados nos últimos 24 períodos.

Quando não existem tantos dados disponíveis, trabalha-se com os dados disponíveis e aumenta-se a quantidade de períodos com o passar do tempo após implantação do modelo de avaliação dos métodos de previsão.

Depois de implantado o modelo de avaliação e monitoramento dos métodos de previsão, recomenda-se manter os dados dos últimos 12 períodos referentes aos valores previstos para cada método e referente às demandas ocorridas nos mesmos 12 períodos para que se obtenha dados disponíveis para monitorar e reavaliar os métodos de previsão, quando necessário.

Para uma melhor visualização do comportamento da demanda, sugere-se a visualização gráfica. Mas, se a quantidade de produtos acabados for muito grande, antes da visualização, deve-se agrupar estes produtos conforme descrito na seção 3.2. Depois do agrupamento, visualiza-se graficamente o comportamento de cada grupo de produtos acabados.

### **3.2 – Classificação dos Produtos Através da Curva ABC**

Os produtos acabados são classificados e agrupados de acordo com a curva ABC, conforme descrito no item 2.5.

Porém, se a empresa trabalha com os produtos acabados agrupados por linha de produção ou segmento de mercado, pode-se considerar assim já agrupado. No entanto, é bom salientar que determinados métodos de previsão não são adequados para produtos que possuem demanda muito irregular, o que normalmente acontece com aqueles que se enquadram na curva C. Assim, recomenda-se uma classificação através da curva ABC, dentro de cada família de produtos acabados ou segmento de mercado.

### **3.3 – Simulação de Previsões de Demanda**

A simulação de previsão de demanda realiza-se com os métodos tradicionais utilizados no modelo matemático - baseados em séries temporais. A sugestão do número de períodos a serem utilizados por estes, são os seguintes:

- média móvel - MM (últimos três períodos);
- média exponencial móvel - MEM (último período);
- tendência linear - TL (últimos doze períodos);

- tendência exponencial - TE (últimos doze períodos);
- suavizamento exponencial - SE (último período);
- índices de sazonalidade - IS (últimos doze períodos);

O método de previsão suavizamento exponencial não é adequado para produtos que tenham demanda baixa ou intermitente (ARNOLD, 1999).

De forma análoga, o método de previsão média exponencial móvel, também, não é adequado para produtos que tenham demanda baixa ou intermitente, pois, também, leva em conta apenas o último período para realizar as previsões.

Os valores de *alfa* que são utilizados para realizar as simulações de previsão com os métodos de previsão média exponencial móvel e suavizamento exponencial serão 0,1 – 0,2 e 0,3. Após uma simulação prévia será determinado um valor de *alfa* para o método média exponencial móvel e outro valor para o método suavizamento exponencial, podendo, inclusive, ser o mesmo.

Atualmente, já existem softwares que simulam e determinam o valor de *alfa* ótimo para cada método e para cada produto individualmente, o que é a situação ideal quando se deseja obter a melhor acuracidade nas previsões de demanda.

A previsão realiza-se baseada em dados históricos dos períodos 01 ao 12. As previsões são para os períodos 13 ao 24 (últimos 12 períodos), para se comparar com a demanda real dos últimos 12 períodos e realizar a avaliação da acuracidade de cada método de previsão. Esta previsão realiza-se para cada produto acabado individualmente.

Para efeito das simulações a serem realizadas e apresentadas nesta dissertação, em função do grande número de produtos acabados, apenas é simulada uma amostra de três produtos acabados de cada curva A, B e C, os quais são os três primeiros na classificação ABC, dentro de cada curva A, B e C. As equações utilizadas estão detalhadas no item 2.15.

### **3.4 – Verificação da Acuracidade dos Métodos de Previsões de Demanda**

Em primeiro lugar, para verificação da acuracidade dos métodos de previsão de demanda, tabula-se os valores da demanda e das previsões simuladas. Para uma análise mais detalhada no comportamento da demanda e do método de previsão para certo produto acabado, pode-se construir um gráfico, o qual mostra as demandas e as previsões deste produto.

Olhando somente os gráficos, muitas vezes é difícil concluir, com certeza, qual método de previsão está sendo mais eficiente. Nestas situações, os cálculos matemáticos dão uma resposta mais precisa.

Isto é válido, principalmente, quando a empresa atende o cliente com estoques e produz baseado em previsões de venda.

A avaliação da acuracidade dos métodos de previsão realiza-se através do desvio médio absoluto, do desvio padrão e do desvio acumulado, os quais são descritos a seguir. Utilizam-se os três modelos para se comparar os resultados de ambos.

Porém, o desvio acumulado complementa o monitoramento, tanto do desvio médio absoluto como do desvio padrão. Na prática é suficiente, para efetuar a avaliação, o desvio padrão com o desvio acumulado ou o desvio médio absoluto com o desvio acumulado.

O planejador pode escolher o modelo que achar de mais fácil utilização e vantajoso para seu sistema de previsão, levando em conta os recursos que possui para realizar estas tarefas e o nível de precisão que requer.

#### 3.4.1 – Verificação pelo Desvio Médio Absoluto (MAD)

O desvio médio absoluto tem como vantagem a facilidade de uso, pois os cálculos são simples e de fácil interpretação. O procedimento para determinar o desvio médio absoluto está descrito no item 2.16.1.

O desvio médio absoluto calcula-se para cada método de previsão para 12 períodos e para cada produto acabado para avaliar qual método está com melhor acuracidade para as respectivas variações de demanda.

Após se determinar o MAD, quando se deseja realizar uma análise mais detalhada de certo produto acabado, pode-se construir um gráfico de controle para monitoramento do desvio com seu sinal, onde o valor do limite superior e inferior é  $4 * MAD$ .

#### 3.4.2 – Verificação pelo Desvio Padrão ( $\sigma_D$ )

Para verificação da acuracidade dos métodos de previsão de demanda, o desvio padrão é um pouco mais complexo para ser calculado.

O desvio padrão calcula-se para cada método de previsão para 12 períodos e para cada produto acabado para avaliar qual método está com melhor acuracidade para as respectivas variações de demanda.

Após se determinar o desvio padrão, quando se deseja realizar uma análise mais detalhada de certo produto acabado, pode-se construir um gráfico de controle para monitoramento dos desvios de cada período, onde o valor do limite superior e inferior é 3 desvios padrão.

O método de previsão que apresenta o menor desvio padrão, é considerado como o que possui a melhor acuracidade para o respectivo produto acabado, pois outros métodos de previsão podem ser mais adequados para comportamentos de demanda diferentes.

#### 3.4.3 – Verificação pelo Desvio Acumulado (DA)

O desvio acumulado utiliza-se para monitorar os desvios por viés. O monitoramento é realizado nos últimos 12 períodos para os métodos de previsão apresentados no item 3.3 e para todos os produtos acabados. Recomenda-se realizar a verificação do desvio acumulado (DA) somente nas previsões simuladas que são consideradas como as melhores pelo desvio médio absoluto e/ou pelo desvio padrão, pois para os demais pode ser desnecessário.

O monitoramento é realizado comparando-se a demanda real acumulada com a demanda prevista acumulada, onde a diferença não deve ultrapassar ao valor de  $4 * MAD$  ou  $3 * \sigma_D$ .

É importante realizar este monitoramento, pois desvios de viés para cima são geradores de estoques excessivos e os desvios de viés para baixo podem gerar falta de produtos acabados, atrasos nas entregas, cancelamentos de pedidos, ou seja, podem afetar a satisfação do cliente, da qual a sobrevivência da organização é dependente.

### 3.5 – Dimensionamento dos Estoques de Segurança

MARTINS (2000) e outros autores consultados consideram o desvio padrão da variação da demanda durante um período de tempo para calcular o estoque de segurança. Porém, nesta dissertação o desvio padrão é calculado nos valores das diferenças entre previsão e demanda.

Quando se trabalha com sistema de reposição Ponto de Pedido e não se utiliza previsão de demanda, pode-se calcular o desvio padrão de variação da demanda para dimensionamento do estoque de segurança.

Mas, quando a produção é realizada em função de previsões de demanda, recomenda-se calcular o desvio padrão das diferenças entre previsão e demanda para dimensionamento do estoque de segurança.

Isto se justifica por duas situações: a primeira - a variação da demanda é pequena e os erros de previsão são grandes - o estoque de segurança dimensionado pelo desvio padrão da variação da demanda não consegue garantir um nível de atendimento escolhido, conforme tabela 2.1 no Capítulo 2; a segunda - a variação da demanda é grande e os erros de previsão são pequenos - o estoque de segurança dimensionado pelo desvio padrão da variação da demanda resulta num estoque de segurança muito além do necessário para garantir um nível de atendimento previamente escolhido.

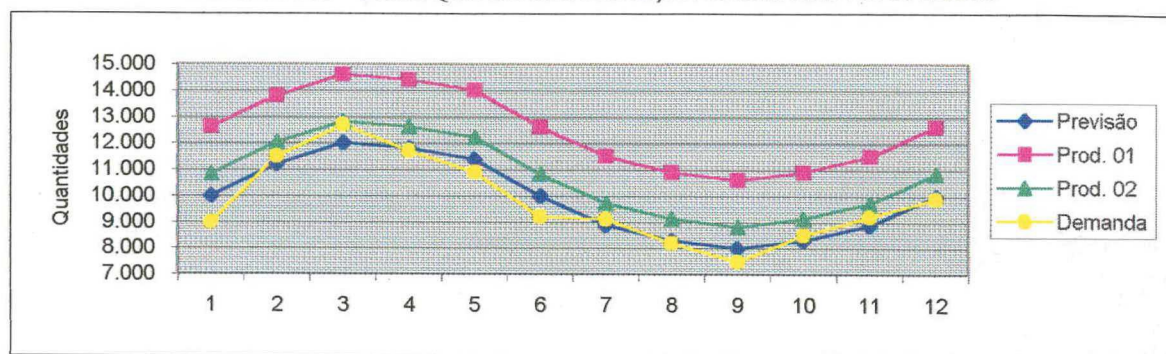
Veja na simulação apresentada na tabela 3.1 a vantagem de se escolher o desvio padrão das diferenças entre previsão de demanda e a demanda.

TABELA 3.1 - COMPARAÇÃO DOS DESVIOS PADRÕES

Período	Previsão	Demanda	Diferença
01	10.000	9.000	1000
02	11.200	11.500	(300)
03	12.000	12.700	(700)
04	11.800	11.700	100
05	11.400	10.900	500
06	10.000	9.200	800
07	8.900	9.100	(200)
08	8.300	8.200	100
09	8.000	7.500	500
10	8.300	8.500	(200)
11	8.900	9.200	(300)
12	10.000	9.900	100
<b>Desvio Padrão</b>		<b>1.582</b>	<b>501</b>

Quando se utiliza o valor do desvio padrão da demanda ao invés do desvio padrão das diferenças entre previsão e demanda, para a situação apresentada na tabela 3.1, o estoque de segurança calculado é em torno de 3 vezes maior.

Pode-se analisar isto graficamente na figura 3.1, considerando os valores da tabela 3.1 com um nível de atendimento de 95 % para determinação do estoque de segurança.

FIGURA 3.1 - ESTOQUE DE SEGURANÇA *VERSUS* DESVIO PADRÃO

Na figura 3.1, o estoque de segurança calculado pela variação da demanda representa a diferença entre a linha "Previsão" e "Prod. 01", enquanto que o estoque de segurança calculado pela variação das diferenças entre previsão e demanda é a diferença entre a linha "Previsão" e "Prod. 02". Visivelmente, o estoque de segurança na linha "Prod. 01" é exagerado.

A equação (15) do Capítulo 2 é utilizada para determinação do estoque de segurança. O dimensionamento realiza-se para cada produto acabado e cada método de previsão do item 3.3, para 12 períodos.

Para facilitar os cálculos aqui, o somatório do valor do intervalo padrão (IP) e do tempo para reposição na expedição (TA) considera-se igual a um período. Mas, em situações reais, aconselha-se utilizar os valores que são a realidade do dia-a-dia.

O nível de atendimento pode ser escolhido pelo planejador para realizar a simulação, mas normalmente isto é uma decisão estratégica da empresa e, neste caso, o planejador deve utilizar o valor pré-definido. Para efeito de comparações, o planejador pode utilizar outros níveis de atendimento, além do valor pré-definido.

### 3.6 – Nível de Estoque *versus* Previsão de Demanda

A análise do nível de estoque *versus* previsão de demanda realiza-se verificando os níveis de estoque a cada final de período. O objetivo é terminar o período com um estoque residual que seja próximo do valor do estoque de segurança.

Com o objetivo de exemplificar este conceito, considere os valores da tabela 3.2, os quais são obtidos a partir de uma simulação para 12 períodos para um produto qualquer.

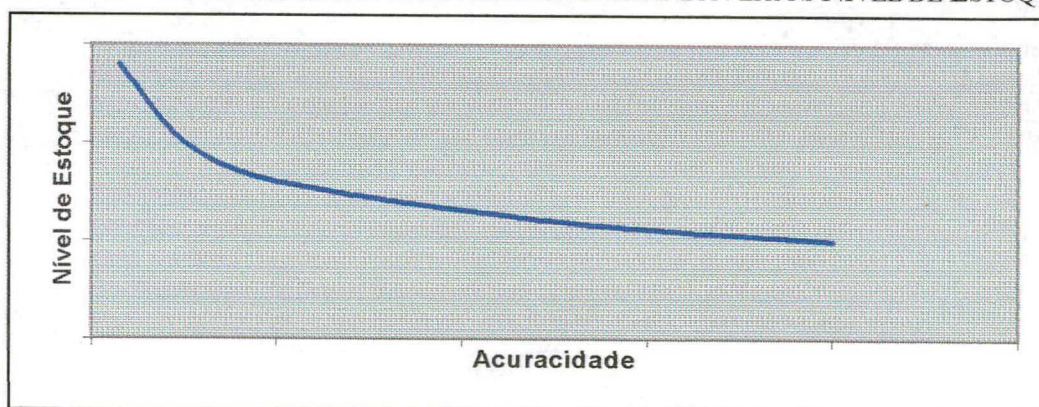
TABELA 3.2 - NÍVEL DE ESTOQUE *VERSUS* PREVISÃO DE DEMANDA

Período	Previsão	EI	Prod.	EI+Prod.	Demanda	EF	Diferença
01	10.000	2710	9.900	12.610	9.000	3610	1000
02	11.200	3610	10.200	13.810	11.500	2310	(300)
03	12.000	2310	12.300	14.610	12.700	1910	(700)
04	11.800	1910	12.500	14.410	11.700	2710	100
05	11.400	2710	11.300	14.010	10.900	3110	500
06	10.000	3110	9.500	12.610	9.200	3410	800
07	8.900	3410	8.100	11.510	9.100	2410	(200)
08	8.300	2410	8.500	10.910	8.200	2710	100
09	8.000	2710	7.900	10.610	7.500	3110	500
10	8.300	3110	7.800	10.910	8.500	2410	(200)
11	8.900	2410	9.100	11.510	9.200	2310	(300)
12	10.000	2310	10.300	12.610	9.900	2710	100

O valor da coluna "Prod." (produção) determina-se pela diferença entre a previsão e o estoque inicial (EI), adicionando-se o estoque de segurança. O estoque final (EF) é resultado da diferença entre "Demanda" e "EI+Prod.". A coluna "Diferença" representa a diferença entre previsão e demanda.

Para os valores da tabela 3.2, o estoque final médio é de 2.726. No Capítulo 4, além destes valores, também, se determina o estoque médio para cada produto acabado e cada método de previsão. Desta forma pode-se avaliar qual a relação entre o nível de estoque e a acuracidade da previsão de demanda.

A etapa 4 mostra como avaliar a acuracidade da previsão de demanda. Se relacionarmos a acuracidade da previsão da demanda com o nível de estoque e levarmos em conta que o estoque de segurança é calculado com as diferenças entre previsão e demanda, tem-se como hipótese chegar ao gráfico apresentado a seguir na figura 3.2.

FIGURA 3.2 - ACURACIDADE DA PREVISÃO DA DEMANDA *VERSUS* NÍVEL DE ESTOQUE.



Baseado na figura 3.2, pode-se afirmar que quanto melhor a acuracidade da previsão, menor o nível de estoque ou, quanto pior a acuracidade da previsão, maior o nível de estoque necessário para manter um mesmo nível de atendimento. Esta hipótese ainda será testada no próximo capítulo.

### 3.7 – Custo Anual da Manutenção do Estoque

Para o cálculo do custo anual da manutenção do estoque em unidades monetárias, deve-se utilizar a equação (1).

$$\text{Custo anual (Ca)} = \text{Estoque médio (EM)} \times \text{Custo unitário (C)} \times \text{Taxa (i)} \quad (1)$$

Onde:

- estoque médio calcula-se conforme mostrado no item 3.6.
- custo unitário de cada produto acabado.
- A taxa de 25% ao ano que é utilizada é a média da faixa mencionada por ARNOLD (1999).

Esta taxa anual pode variar de país para país, pois depende de uma série de fatores, como por exemplo, custo do capital, custos de seguro para os estoques, custos de administração dos estoques, taxa de juros, taxa cambial, riscos de se tornar obsoleto, se os produtos são perecíveis ou não, entre outros.

O custo anual da manutenção do estoque se calcula para cada produto acabado e cada método de previsão utilizado na simulação. Obtidos estes custos, os mesmos podem ser comparados entre os métodos de previsão utilizados para, então, perceber economias que podem ser geradas.

### 3.8 – Considerações

Neste capítulo foi apresentada a proposta para verificar a acuracidade de métodos de previsão de demanda baseados em séries temporais, descobrir qual método de previsão está apresentando a melhor acuracidade para certa demanda e analisar a influência desta acuracidade no estoque.

Foram apresentadas as seguintes etapas que esta proposta considera para sua aplicação: levantamento de dados de demanda, classificação dos produtos acabados pela curva ABC, simulação de previsões de demanda, verificação da acuracidade dos métodos de previsão de demanda utilizados e definição do método que apresenta a melhor acuracidade, dimensionamento do estoque de segurança e do estoque médio para cada método de previsão simulado, comparação do nível de estoque com a acuracidade da previsão de demanda e determinação do custo anual de manutenção de estoque em função de cada método de previsão simulado.

O Capítulo 4 apresenta uma aplicação da metodologia proposta, inserindo estes conceitos em situações reais, com dados de uma empresa do setor metal-mecânico.

## CAPÍTULO 4 - VERIFICAÇÃO DA ACURACIDADE DA PREVISÃO DA DEMANDA E SUA INFLUÊNCIA NO ESTOQUE

Os critérios utilizados para verificação da acuracidade da previsão da demanda e sua influência no estoque foram apresentados no Capítulo 3.

Neste capítulo, esses conceitos são aplicados a uma empresa industrial do ramo metal-mecânico. Por solicitação expressa da empresa, os dados usados não poderão ser vinculados a nenhum nome de fantasia específico ou das suas características industriais. Estes dados são utilizados meramente para realizar as previsões, verificações de acuracidade e relacionamento com os estoques e seu custo da manutenção.

### 4.1 - Levantamento e Organização dos Dados

O levantamento de dados da demanda foi realizado para os últimos 24 meses dos produtos acabados fabricados. O agrupamento realizou-se conforme o procedimento descrito no item 3.1, do capítulo anterior. Devido a grande quantidade de produtos acabados, apresenta-se apenas uma amostra de três produtos (os 03 primeiros) de cada curva A, B e C.

A tabela 4.1 apresenta a demanda dos produtos acabados P1, P2 e P3 da curva A, referente aos últimos 24 meses, dos quais utilizam-se os valores dos períodos 01 a 12 para realizar a simulação da previsão para os períodos seguintes – 13 ao 24.

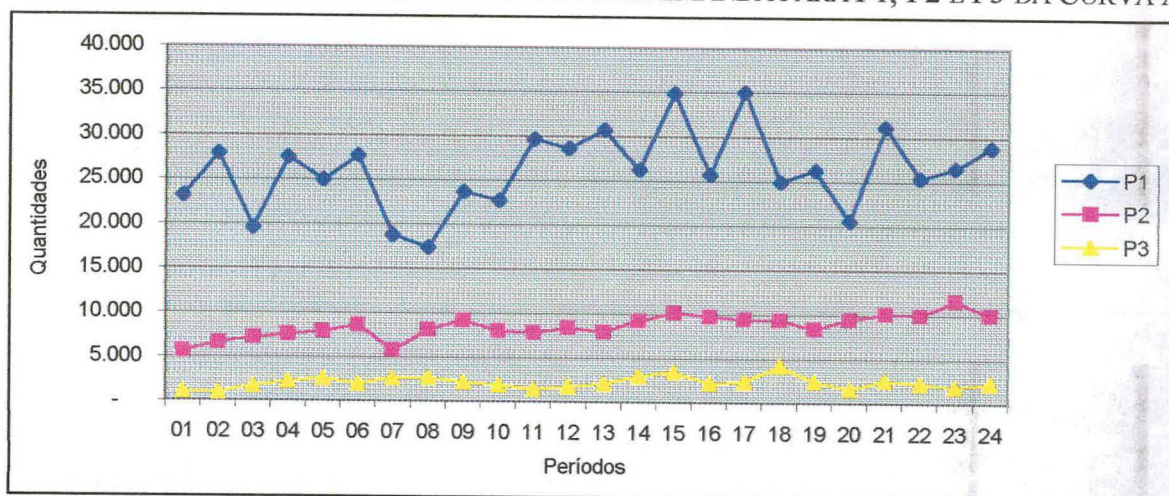
TABELA 4.1 - DEMANDA DOS ÚLTIMOS 24 PERÍODOS – PRODUTOS P1, P2 E P3 DA CURVA A

Períodos	P1	P2	P3
01	23.159	5.631	1.022
02	27.863	6.539	949
03	19.562	7.155	1.645
04	27.494	7.466	2.180
05	24.935	7.842	2.521
06	27.686	8.557	1.942
07	18.756	5.731	2.583
08	17.389	8.070	2.637
09	23.660	9.128	2.173
10	22.685	7.993	1.903
11	29.604	7.781	1.408
12	28.628	8.347	1.739
13	30.704	7.893	2.067
14	26.236	9.207	2.944
15	34.881	10.194	3.456
16	25.746	9.734	2.191

Períodos	P1	P2	P3
17	35.026	9.428	2.352
18	24.954	9.396	4.209
19	26.266	8.381	2.447
20	20.542	9.462	1.585
21	31.108	10.110	2.584
22	25.342	9.946	2.222
23	26.508	11.572	1.889
24	28.835	10.029	2.314

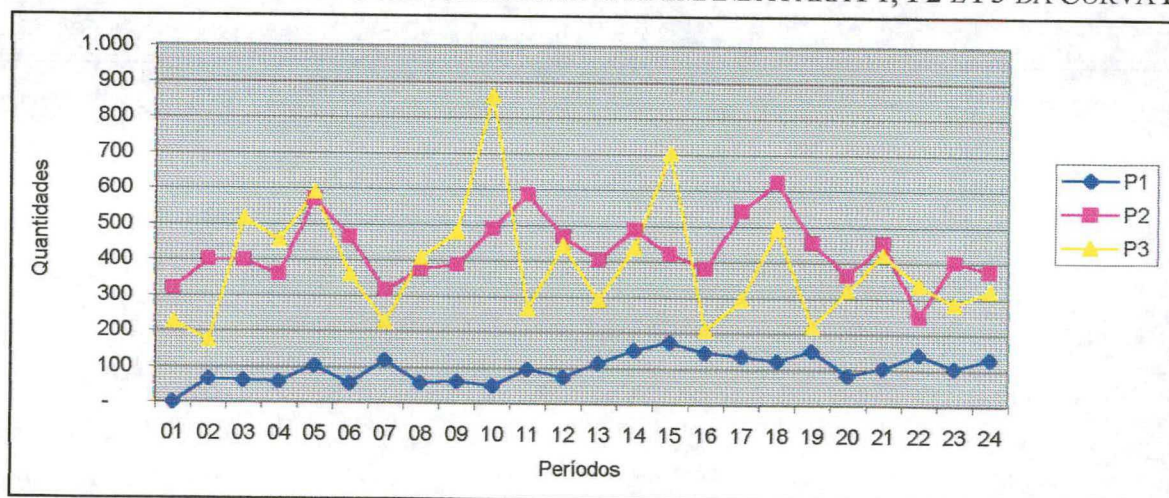
Para uma melhor visualização do comportamento da demanda, os gráficos de cada grupo de produtos acabados são ilustrados nas figuras 4.1 a 4.3.

FIGURA 4.1 - GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA DEMANDA PARA P1, P2 E P3 DA CURVA A



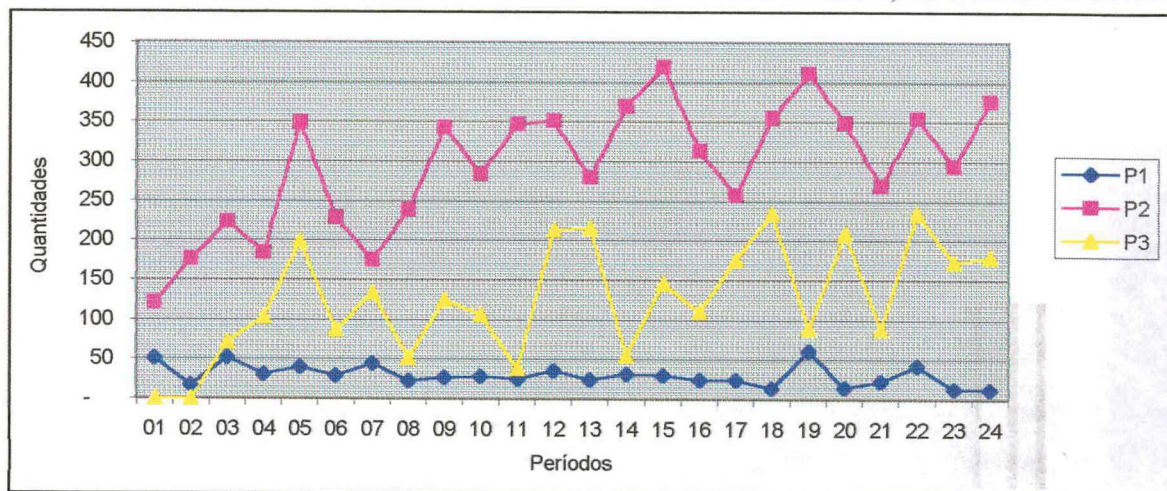
Observa-se que o produto acabado P1 apresenta uma maior oscilação na demanda em relação aos produtos acabados P2 e P3, os quais apresentam um leve crescimento.

FIGURA 4.2 - GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA DEMANDA PARA P1, P2 E P3 DA CURVA B



Na figura 4.2, o produto acabado P1 apresenta uma maior utilização em valores monetários, porém apresenta a menor demanda em unidades, comparando-se com os produtos acabados P2 e P3. O comportamento da demanda de P1 apresenta certa estabilidade com um leve crescimento. Já os produtos acabados P2 e P3 possuem uma demanda mais oscilante em relação a P1.

FIGURA 4.3 - GRÁFICO DO COMPORTAMENTO DA DEMANDA PARA P1, P2 E P3 DA CURVA C



De forma similar à figura 4.2, na figura 4.3, o produto acabado P1 apresenta uma maior utilização em valores monetários, porém apresenta a menor demanda em unidades, comparando-se com os produtos acabados P2 e P3. Os produtos acabados P2 e P3 mostram uma demanda com leve crescimento e com maior oscilação, se comparado com P1.

Pode-se observar que os produtos acabados apresentados possuem comportamento bastante variado na demanda. A seguir, realiza-se a simulação da previsão da demanda.

#### 4.2 - Previsões da Demanda

As simulações de previsão da demanda realizam-se conforme item 3.3, com os seguintes métodos: média móvel (MM), média exponencial móvel (MEM), tendência linear (TL), tendência exponencial (TE), suavizamento exponencial (SE) e índices de sazonalidade (IS).

Através de uma simulação prévia, determinou-se o valor de  $\alpha = 0,2$  para MEM e  $\alpha = 0,3$  para SE.

A tabela 4.2 representa as simulações realizadas com o produto acabado P1, o qual pertence à curva A. Simulam-se as previsões para os últimos 12 meses (períodos 13 ao 24), baseado nas demandas dos períodos 01 ao 12.

TABELA 4.2 - SIMULAÇÕES DE PREVISÃO DE DEMANDA PARA O PRODUTO P1 DA CURVA A

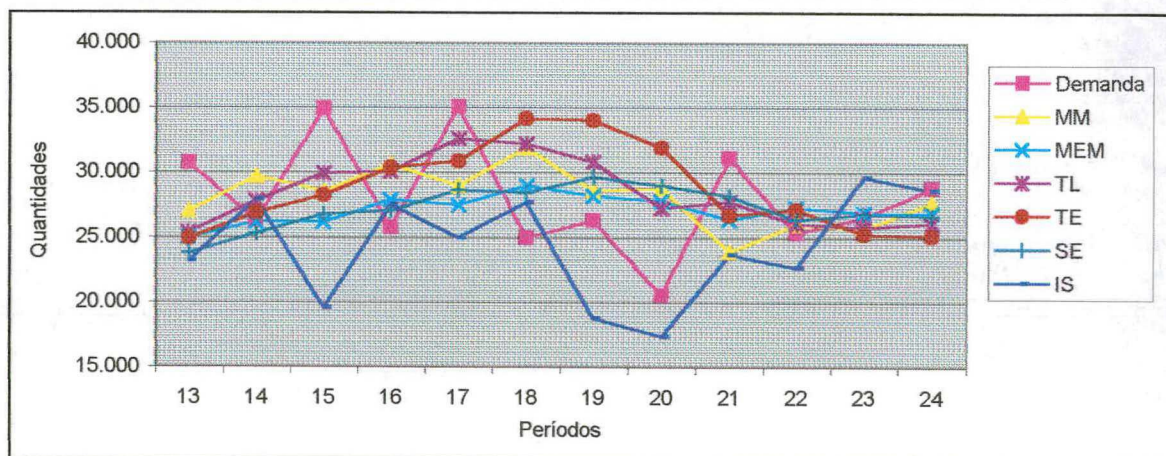
Período	Demanda	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	30.704	26.972	24.975	25.352	24.885	23.769	23.159
14	26.236	29.645	26.121	27.774	26.844	25.235	27.863
15	34.881	28.523	26.144	29.884	28.214	26.743	19.562
16	25.746	30.607	27.891	30.033	30.332	27.032	27.494
17	35.026	28.954	27.462	32.559	30.855	28.599	24.935
18	24.954	31.884	28.975	32.185	34.167	28.428	27.686
19	26.266	28.575	28.171	30.815	34.021	29.600	18.756
20	20.542	28.749	27.790	27.241	31.876	28.960	17.389
21	31.108	23.921	26.340	27.706	26.668	28.150	23.660
22	25.342	25.972	27.294	26.021	27.144	26.349	22.685
23	26.508	25.664	26.903	25.732	25.258	26.760	29.604
24	28.835	27.653	26.824	26.085	25.117	26.653	28.628

Percebe-se na tabela 4.2 que os métodos de previsão utilizados nas simulações com o produto acabado P1 da curva A apresentam valores bastante diferentes. Por exemplo, no período 20 o método IS prevê uma demanda de 17.389, o método TE prevê 31.876, enquanto que a demanda real foi de 20.542 unidades.

Isto indica que realmente existe a necessidade de se avaliar e monitorar a acuracidade das previsões realizadas.

A figura 4.4 mostra o gráfico do comportamento dos métodos de previsão da demanda para o produto acabado P1 da curva A.

FIGURA 4.4 - GRÁFICO DAS PREVISÕES PARA O PRODUTO P1 DA CURVA A.



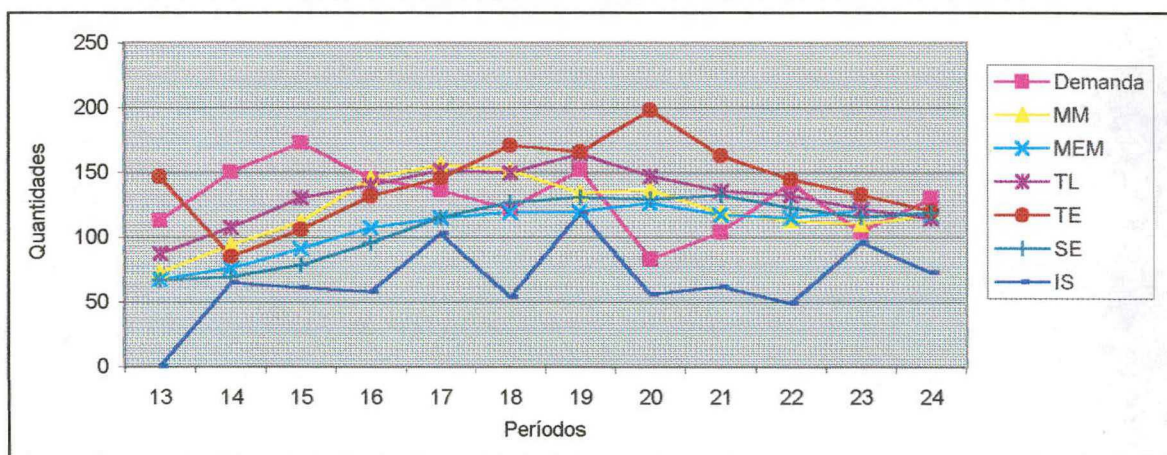
Do período 15 ao 20 as previsões se apresentam mais dispersas, enquanto que nos períodos 13, 14 e 21 ao 24 as demandas previstas possuem valores próximos. Isto é resultado, provavelmente, da variação maior da demanda nos períodos 15 ao 20.



O produto acabado P3 apresenta picos de demanda nos períodos 14, 15 e 18 e um vale no período 20. Estes picos e vales os métodos não foram capazes de prever. Estes picos e vales, provavelmente, devem possuir causas específicas, como por exemplo, expectativa de aumento de preço, mudança de alguma política econômica, algum incentivo fiscal não previsto, taxa cambial, entre outros.

A seguir, a figura 4.7 apresenta o gráfico do comportamento dos métodos de previsão da demanda para o produto acabado P1 da curva B.

FIGURA 4.7 - GRÁFICO DAS PREVISÕES PARA O PRODUTO P1 DA CURVA B



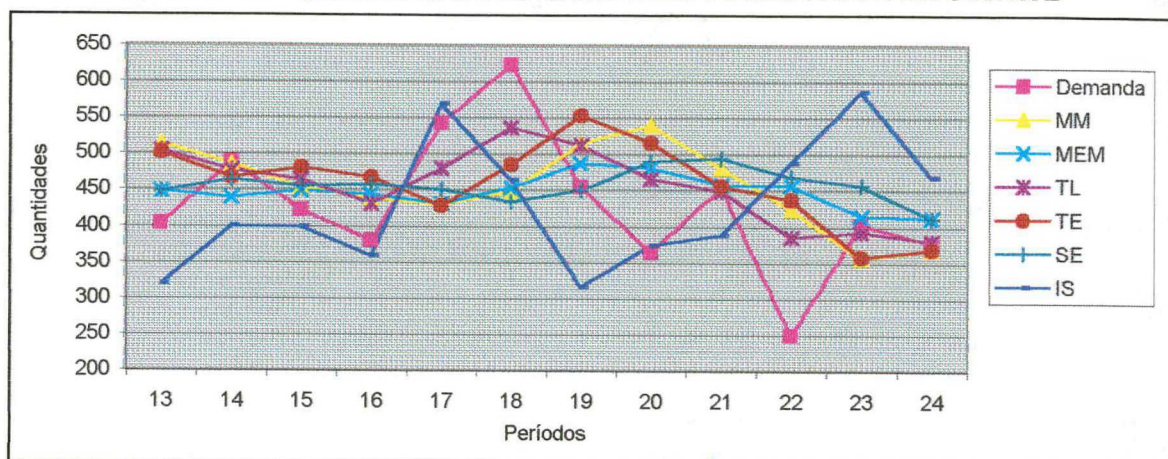
Conforme figura 4.7, o método de previsão IS está apresentando previsões sempre abaixo da demanda – desvio por viés – resultando na probabilidade de falta de produtos acabados ou atrasos na entrega a clientes.

Do período 17 em diante, o método TE está prevendo sempre acima da demanda real, gerando estoques além do necessário.

Na figura 4.8 tem-se as simulações realizadas com os métodos de previsão para o produto acabado P2, o qual pertence à curva B.



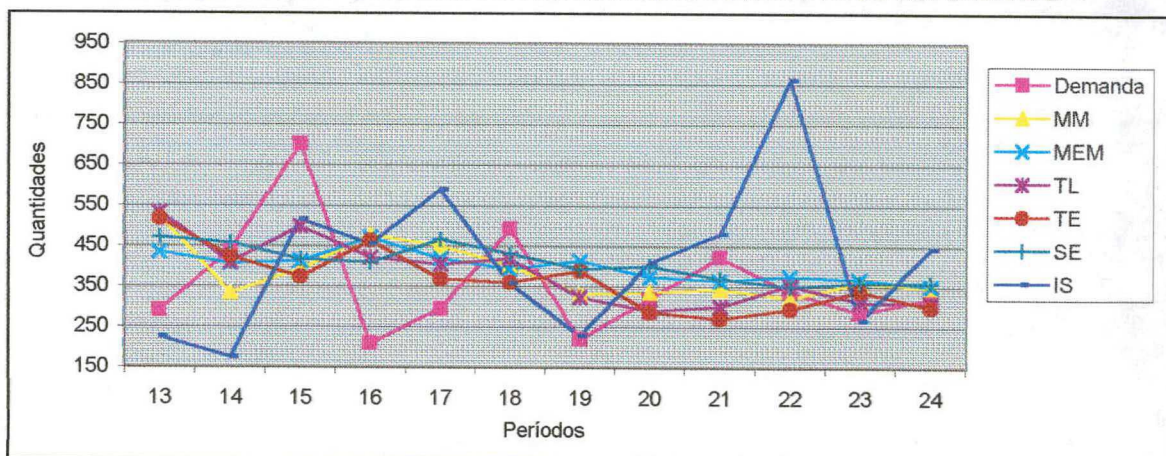
FIGURA 4.8 - GRÁFICO DAS PREVISÕES PARA O PRODUTO P2 DA CURVA B



O comportamento da demanda do produto acabado P2 da figura 4.8 apresenta-se bastante irregular, dificultando o processo de previsão.

A figura 4.9 mostra as simulações realizadas com o produto acabado P3 da curva B.

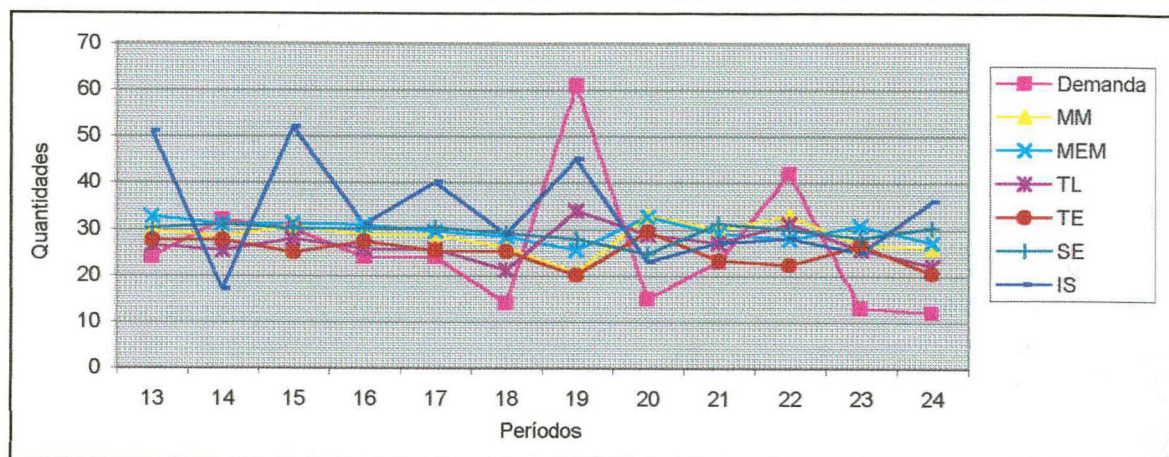
FIGURA 4.9 - GRÁFICO DAS PREVISÕES PARA O PRODUTO P3 DA CURVA B



O produto acabado P3 possui demanda bastante irregular nos períodos iniciais. No período 22 o método de previsão IS prevê um pico de demanda, o qual havia ocorrido no passado, mas não se repetiu, gerando um excesso no nível de estoque.

Agora, na figura 4.10 seguem as simulações realizadas para os últimos 12 meses com o produto acabado P1, o qual pertencem à curva C.

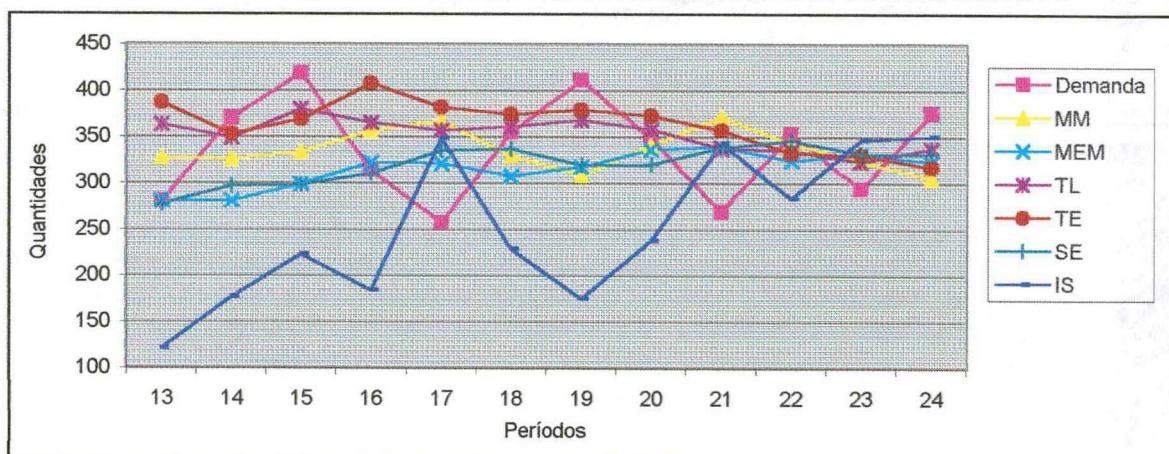
FIGURA 4.10 - GRÁFICO DAS PREVISÕES PARA O PRODUTO P1 DA CURVA C



O método IS prevê na figura 4.10 demandas irregulares, mas a demanda se apresenta relativamente estável, com exceção aos períodos 19 e 22 onde ocorreram picos.

Na figura 4.11, tem-se as simulações realizadas com o produto acabado P2 da curva C.

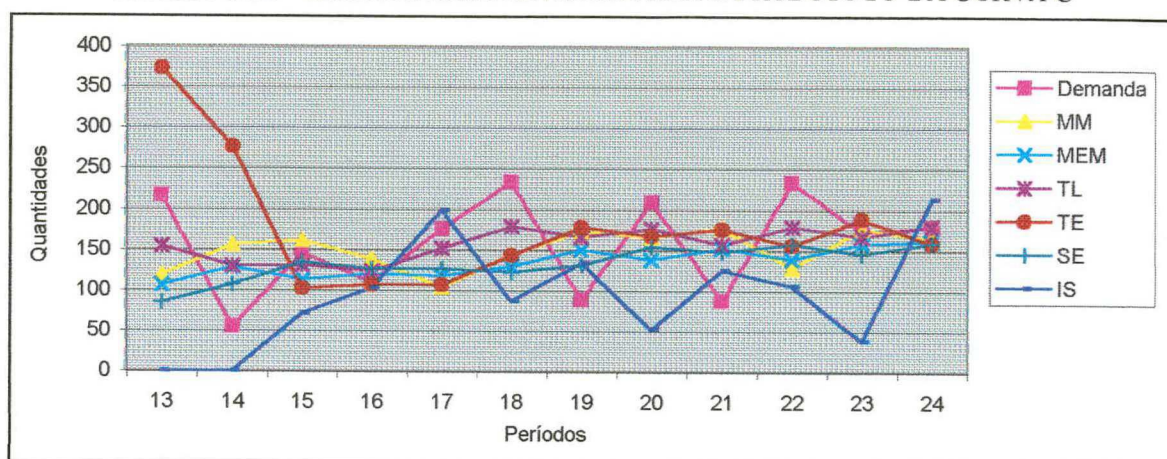
FIGURA 4.11 - GRÁFICO DAS PREVISÕES PARA O PRODUTO P2 DA CURVA C



Nesta figura 4.11, a demanda é bastante irregular, oscilando muito, principalmente nos períodos iniciais. O método de previsão IS prevê bem abaixo da demanda em vários períodos, podendo-se considerar, *a priori*, que este método apresenta a pior acuracidade para este produto acabado.

Finalizando, a figura 4.12 apresenta as simulações de previsões realizadas com o produto acabado P3, o qual pertence à curva C.

FIGURA 4.12 - GRÁFICO DAS PREVISÕES PARA O PRODUTO P3 DA CURVA C



Pode-se observar duas divergências significativas nas previsões simuladas para o produto acabado P3. Uma delas, o método TE prevê demandas bem acima da demanda real nos períodos 13 e 14. A segunda, o método IS prevê demanda zero para os períodos 13 e 14. Para os produtos acabados que pertencem à curva C, isto pode ocorrer com certa frequência, pois possuem demanda baixa e, muitas vezes irregular.

Através da visualização dos gráficos, apenas pode-se observar os desvios mais significativos da previsão em relação à demanda, restringindo-se as conclusões a respeito da acuracidade da previsão. Basicamente, consegue-se perceber qual método está apresentando desvios mais significativos e, às vezes, qual está apresentando a pior acuracidade, em comparação aos outros métodos utilizados.

Na próxima seção realiza-se uma avaliação dos métodos de previsão através de cálculos estatísticos para identificar o método que proporciona uma melhor acuracidade

### 4.3 - Acuracidade das Previsões

A seguir é realizada uma avaliação da acuracidade dos métodos de previsão para os produtos acabados P1, P2 e P3 das curvas A, B e C.

A avaliação é feita por três métodos: desvio médio absoluto (MAD), desvio padrão ( $\sigma_D$ ) e desvio acumulado (DA).

Os métodos MAD e  $\sigma_D$  são apresentados sempre em conjunto na mesma tabela para comparação dos resultados entre ambos.

4.3.1 - Avaliação pelo Desvio Médio Absoluto (MAD) e Desvio Padrão ( $\sigma_D$ )

A tabela 4.3 apresenta um resumo dos desvios de cada método de previsão utilizado no item 4.2 - Previsões de Demanda - e para o produto acabado P1 da curva A.

TABELA 4.3 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P1 DA CURVA A

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	13	(3.732)	(5.729)	(5.352)	(5.819)	(6.935)	(7.545)
	14	3.409	(115)	1.538	608	(1.001)	1.627
	15	(6.358)	(8.737)	(4.997)	(6.667)	(8.138)	(15.319)
	16	4.861	2.145	4.287	4.586	1.286	1.748
	17	(6.072)	(7.564)	(2.467)	(4.171)	(6.427)	(10.091)
	18	6.930	4.021	7.231	9.213	3.474	2.732
	19	2.309	1.905	4.549	7.755	3.334	(7.510)
	20	8.207	7.248	6.699	11.334	8.418	(3.153)
	21	(7.187)	(4.768)	(3.402)	(4.440)	(2.958)	(7.448)
	22	630	1.952	679	1.802	1.007	(2.657)
	23	(844)	395	(776)	(1.250)	252	3.096
	24	(1.182)	(2.011)	(2.750)	(3.718)	(2.182)	(207)
<b>MAD</b>	<b>4.310</b>	<b>3.882</b>	<b>3.727</b>	<b>5.114</b>	<b>3.784</b>	<b>5.261</b>	
<b>4 * MAD</b>	<b>17.241</b>	<b>15.530</b>	<b>14.909</b>	<b>20.455</b>	<b>15.137</b>	<b>21.044</b>	
$\sigma_D$	<b>5.233</b>	<b>4.894</b>	<b>4.433</b>	<b>6.193</b>	<b>4.850</b>	<b>5.865</b>	
<b>3 * <math>\sigma_D</math></b>	<b>15.700</b>	<b>14.683</b>	<b>13.300</b>	<b>18.578</b>	<b>14.551</b>	<b>17.595</b>	

Na tabela 4.3, o método TL apresenta os menores valores de MAD e  $\sigma_D$ . Com isso pode-se dizer que o método TL apresenta melhor acuracidade na previsão para o produto acabado P1 da curva A. O segundo melhor método é a SE. Pelo MAD, IS apresenta a pior acuracidade e, pelo  $\sigma_D$ , TE apresenta a pior acuracidade.

Em nenhum período os métodos apresentam desvios maiores que o limite  $4 * MAD$  ou  $3 * \sigma_D$ . Isto significa que, estatisticamente, o processo de previsão está sob controle.

A seguir, na tabela 4.4 tem-se os desvios para o produto acabado P2 da curva A.

TABELA 4.4 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P2 DA CURVA A

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	13	147	(140)	834	906	(79)	(2.262)
	14	(1.200)	(1.426)	(624)	(750)	(1.297)	(2.668)
	15	(1.712)	(2.128)	(1.073)	(1.497)	(2.274)	(3.039)
	16	(636)	(1.242)	(276)	(448)	(1.568)	(2.268)
	17	284	(688)	253	267	(792)	(1.586)
	18	389	(518)	556	602	(414)	(839)
	19	1.138	600	1.040	2.023	770	(2.650)
	20	(394)	(601)	34	70	(239)	(1.392)

TABELA 4.4 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P2 DA CURVA A (CONTINUAÇÃO)

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	21	(1.030)	(1.129)	(224)	(500)	(1.058)	(982)
	22	(628)	(739)	54	148	(882)	(1.953)
	23	(1.733)	(2.217)	(1.089)	(1.367)	(2.304)	(3.791)
	24	514	(231)	430	653	(570)	(1.682)
<b>MAD</b>	<b>817</b>	<b>971</b>	<b>541</b>	<b>769</b>	<b>1.021</b>	<b>2.093</b>	
<b>4 * MAD</b>	<b>3.268</b>	<b>3.886</b>	<b>2.162</b>	<b>3.077</b>	<b>4.082</b>	<b>8.371</b>	
$\sigma_D$	<b>916</b>	<b>812</b>	<b>687</b>	<b>997</b>	<b>891</b>	<b>865</b>	
<b>3 * <math>\sigma_D</math></b>	<b>2.748</b>	<b>2.437</b>	<b>2.061</b>	<b>2.990</b>	<b>2.674</b>	<b>2.594</b>	

Para o produto acabado P2, o método de previsão TL é considerado simultaneamente pelo MAD e  $\sigma_D$  o que apresenta a melhor acuracidade. O método que apresenta a segunda melhor acuracidade é a TE pelo MAD e MEM pelo  $\sigma_D$ . Pelo MAD, IS apresenta a pior acuracidade e, pelo  $\sigma_D$ , TE apresenta a pior.

Em todos os períodos os métodos apresentam desvios menores que o limite 4\*MAD ou 3\* $\sigma_D$  para o produto acabado P2.

Na tabela 4.5, mostram-se os desvios para o produto acabado P3 da curva A.

TABELA 4.5 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P3 DA CURVA A

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	13	(384)	(209)	161	238	(112)	(1.045)
	14	(1.206)	(1.045)	(748)	(805)	(1.092)	(1.995)
	15	(1.206)	(1.348)	(957)	(1.327)	(1.591)	(1.811)
	16	631	187	257	196	(103)	(11)
	17	512	(12)	150	7	79	169
	18	(1.543)	(1.866)	(1.196)	(1.748)	(1.729)	(2.267)
	19	470	269	577	513	8	136
	20	1.418	1.077	1.211	1.461	1.202	1.052
	21	163	(137)	241	147	228	(411)
	22	(17)	252	464	609	337	(319)
	23	241	535	465	803	588	(481)
	24	(82)	3	(129)	(55)	87	(575)
<b>MAD</b>	<b>656</b>	<b>578</b>	<b>546</b>	<b>659</b>	<b>596</b>	<b>856</b>	
<b>4 * MAD</b>	<b>2.624</b>	<b>2.313</b>	<b>2.186</b>	<b>2.636</b>	<b>2.385</b>	<b>3.424</b>	
$\sigma_D$	<b>870</b>	<b>833</b>	<b>695</b>	<b>904</b>	<b>871</b>	<b>987</b>	
<b>3 * <math>\sigma_D</math></b>	<b>2.611</b>	<b>2.499</b>	<b>2.084</b>	<b>2.713</b>	<b>2.612</b>	<b>2.961</b>	

A tabela 4.5, realmente confirma o que já se podia ver no gráfico – figura 4.6. O índice de sazonalidade (IS) apresenta o maior desvio médio absoluto e maior desvio padrão, fornecendo a pior acuracidade na previsão para as demandas do produto acabado P3 em questão.

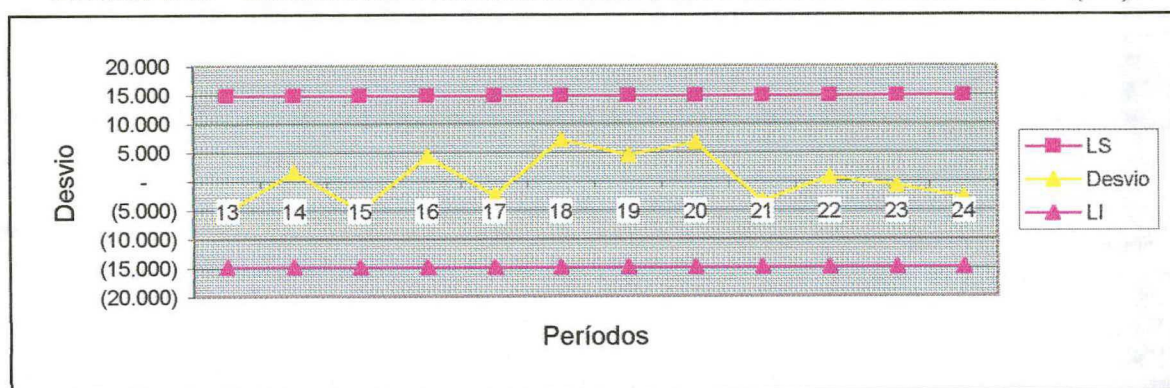
Com o método TL tem-se a melhor acuracidade na previsão para o produto acabado P3 e o método MEM apresenta a segunda melhor acuracidade.

Também, na tabela 4.5 em todos os períodos os métodos apresentam desvios menores que o limite  $4 * MAD$  ou  $3 * \sigma_D$ .

Para os produtos acabados P1, P2 e P3 da curva A, o método que apresenta uma melhor acuracidade na previsão é a tendência linear (TL), tanto pelo desvio médio absoluto como pelo desvio padrão.

Agora, para uma melhor visualização, observa-se o gráfico de controle que apresenta os desvios e possui como limite  $4 * MAD$ . Na figura 4.13 pode-se avaliar se ocorreu um desvio excessivo da demanda do produto acabado P1 em relação à previsão em algum período, onde o método de previsão é a TL.

FIGURA 4.13 - GRÁFICO DE CONTROLE PARA P1 DA CURVA A - LIMITE 4 MAD (TL)



Os desvios de todos os períodos analisados estão dentro dos limites, quando se utilizou o método da TL e, também, este método forneceu o menor desvio padrão. Logo, este método de previsão possui a melhor acuracidade para o produto acabado P1 da curva A.

O gráfico da figura 4.13 apenas reforça o que já se podia concluir através da tabela 4.5. Por esta razão, não é apresentado o gráfico de controle para os demais produtos acabados.

A seguir, tem-se o mesmo procedimento para os produtos acabados P1, P2 e P3 pertencentes à curva B.

Na tabela 4.6 apresentam-se os desvios das previsões simuladas para o produto acabado P1 da curva B.

TABELA 4.6 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P1 DA CURVA B

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	13	(40)	(46)	(25)	34	(46)	(113)
	14	(56)	(74)	(43)	(65)	(80)	(85)
	15	(61)	(82)	(43)	(67)	(94)	(112)
	16	0	(38)	(5)	(13)	(50)	(87)
	17	20	(21)	15	10	(20)	(33)
	18	29	(3)	27	49	5	(68)
	19	(18)	(32)	12	14	(21)	(33)
	20	54	43	64	115	46	(27)
	21	15	14	32	59	28	(42)
	22	(29)	(27)	(10)	3	(19)	(93)
	23	6	16	18	29	12	(8)
	24	(13)	(13)	(15)	(10)	(11)	(57)
<b>MAD</b>	<b>28</b>	<b>34</b>	<b>26</b>	<b>39</b>	<b>36</b>	<b>63</b>	
<b>4 * MAD</b>	<b>114</b>	<b>136</b>	<b>103</b>	<b>155</b>	<b>144</b>	<b>253</b>	
$\sigma_D$	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>32</b>	<b>51</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	
<b>3 * <math>\sigma_D</math></b>	<b>105</b>	<b>109</b>	<b>95</b>	<b>152</b>	<b>125</b>	<b>105</b>	

O método de previsão TL fornece a melhor acuracidade para o produto acabado P1. Pelo desvio médio absoluto, a MM tem a segunda melhor acuracidade e o IS, a pior. Já pelo desvio padrão, a MM e o IS apresentam valores iguais e têm a segunda melhor acuracidade, enquanto que a TE tem a pior.

Todas as previsões apresentaram desvios abaixo do limite  $4 * MAD$  ou  $3 * \sigma_D$ .

A tabela 4.7 mostra os desvios resultantes das simulações de previsão para o P2.

TABELA 4.7 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P2 DA CURVA B

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	13	111	45	101	98	45	(84)
	14	(3)	(50)	(12)	(23)	(25)	(89)
	15	31	27	42	59	33	(23)
	16	58	64	51	87	77	(21)
	17	(112)	(111)	(62)	(114)	(92)	27
	18	(175)	(170)	(87)	(138)	(190)	(159)
	19	61	33	58	99	(4)	(138)
	20	176	116	102	152	126	10
	21	26	3	(5)	1	40	(66)
	22	175	208	136	188	219	239
	23	(46)	13	(10)	(44)	54	184
	24	(9)	35	3	(9)	34	91
<b>MAD</b>	<b>82</b>	<b>73</b>	<b>56</b>	<b>84</b>	<b>78</b>	<b>94</b>	
<b>4 * MAD</b>	<b>328</b>	<b>292</b>	<b>223</b>	<b>337</b>	<b>313</b>	<b>377</b>	
$\sigma_D$	<b>105</b>	<b>98</b>	<b>67</b>	<b>101</b>	<b>102</b>	<b>122</b>	
<b>3 * <math>\sigma_D</math></b>	<b>314</b>	<b>294</b>	<b>202</b>	<b>304</b>	<b>307</b>	<b>367</b>	

Através da figura 4.8 foi difícil concluir algo sobre a acuracidade. Através da tabela 4.7 é fácil avaliar a acuracidade, bastando localizar o menor desvio padrão.

O método de previsão IS apresenta a pior acuracidade e o método TL a melhor, tanto pelo desvio médio absoluto como pelo desvio padrão. O método MEM fornece a segunda melhor acuracidade.

Em nenhum período, as previsões simuladas apresentaram desvios acima do limite  $4 * MAD$  ou  $3 * \sigma_D$ .

A tabela 4.8 fornece os desvios resultantes das simulações de previsão realizadas para o produto acabado P3 da curva B.

TABELA 4.8 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P3 DA CURVA B

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	13	233	144	242	225	179	(65)
	14	(105)	(33)	(29)	(16)	18	(265)
	15	(312)	(290)	(205)	(331)	(285)	(187)
	16	269	262	213	254	200	246
	17	155	124	110	73	171	295
	18	(91)	(99)	(75)	(133)	(61)	(134)
	19	111	193	103	167	172	7
	20	15	54	(30)	(34)	80	88
	21	(78)	(59)	(121)	(151)	(54)	57
	22	(16)	38	16	(43)	12	524
	23	76	83	27	54	76	(19)
24	27	30	(13)	(23)	39	122	
<b>MAD</b>	<b>124</b>	<b>117</b>	<b>99</b>	<b>125</b>	<b>112</b>	<b>167</b>	
<b>4 * MAD</b>	<b>496</b>	<b>469</b>	<b>395</b>	<b>501</b>	<b>449</b>	<b>670</b>	
$\sigma_D$	<b>161</b>	<b>146</b>	<b>131</b>	<b>166</b>	<b>138</b>	<b>221</b>	
<b>3 * <math>\sigma_D</math></b>	<b>484</b>	<b>439</b>	<b>392</b>	<b>499</b>	<b>413</b>	<b>664</b>	

O pico na demanda prevista para o período 22, conforme se observa na figura 4.9, realmente comprometeu a acuracidade do método IS para o produto acabado P3 da curva B. Isto se pode ver na tabela 4.8, onde o método IS apresenta o maior desvio médio absoluto e maior desvio padrão.

O método TL fornece a melhor acuracidade para o produto acabado P3 da curva B e o método SE a segunda melhor.

Apesar do comportamento do método de previsão IS, em nenhum período, as previsões simuladas apresentaram desvios acima do limite  $4 * MAD$  ou  $3 * \sigma_D$ .

Na tabela 4.9 tem-se os desvios das previsões para o produto acabado P1 da curva C.



TABELA 4.9 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P1 DA CURVA C

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	13	6	9	2	4	6	27
	14	(4)	(1)	(7)	(4)	(1)	(15)
	15	1	1	(2)	(5)	0	22
	16	5	7	2	3	6	7
	17	5	6	2	1	6	16
	18	12	14	7	11	15	15
	19	(40)	(35)	(27)	(41)	(33)	(16)
	20	18	18	14	14	10	8
	21	7	6	4	0	8	4
	22	(9)	(14)	(11)	(20)	(12)	(14)
	23	14	18	13	14	15	12
	24	14	15	10	8	18	24
<b>MAD</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	
<b>4 * MAD</b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>34</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>60</b>	
$\sigma_D$	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	
<b>3 * <math>\sigma_D</math></b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>34</b>	<b>47</b>	<b>42</b>	<b>46</b>	

O produto acabado P1 da curva C obtém a melhor acuracidade na previsão com o método TL. O segundo melhor método, pelo desvio médio absoluto, é a TE e o pior, o IS. Pelo desvio padrão, o segundo melhor método é a SE e o pior, a TE.

Todas as previsões simuladas apresentaram desvios abaixo do limite  $4 * MAD$  ou  $3 * \sigma_D$ .

Os desvios das previsões realizadas para o produto acabado P2 da curva C apresentam-se na tabela 4.10 abaixo.

TABELA 4.10 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P2 DA CURVA C

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	13	47	1	83	107	(3)	(159)
	14	(44)	(89)	(21)	(17)	(73)	(194)
	15	(85)	(120)	(39)	(50)	(121)	(196)
	16	42	9	52	94	(3)	(130)
	17	111	64	100	125	78	92
	18	(25)	(47)	6	20	(18)	(126)
	19	(102)	(93)	(43)	(32)	(91)	(236)
	20	(8)	(13)	9	24	(28)	(111)
	21	103	70	69	88	70	74
	22	(11)	(29)	(19)	(21)	(8)	(70)
	23	30	37	29	36	38	53
	24	(70)	(53)	(38)	(58)	(45)	(25)
<b>MAD</b>	<b>57</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>56</b>	<b>48</b>	<b>122</b>	
<b>4 * MAD</b>	<b>226</b>	<b>208</b>	<b>170</b>	<b>224</b>	<b>192</b>	<b>489</b>	
$\sigma_D$	<b>70</b>	<b>62</b>	<b>50</b>	<b>64</b>	<b>61</b>	<b>111</b>	
<b>3 * <math>\sigma_D</math></b>	<b>209</b>	<b>185</b>	<b>151</b>	<b>193</b>	<b>182</b>	<b>334</b>	

O que se observa, *a priori*, na figura 4.11, se confirma na tabela 4.10. O método de previsão IS apresenta desvios significativos em relação à demanda real, inclusive com desvios por viés, produzindo a pior acuracidade para o produto acabado P2 da curva C.

O método da tendência linear apresenta a melhor acuracidade e o método suavização exponencial a segunda melhor.

Em todos os períodos, as previsões simuladas apresentaram desvios abaixo do limite  $4 * MAD$  ou  $3 * \sigma_D$ .

Finalizando, a tabela 4.11 mostra os desvios do produto acabado P3 da curva C.

TABELA 4.11 – DESVIOS DAS PREVISÕES – PRODUTO P3 DA CURVA C

DESVIOS	Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
	13	(97)	(110)	(62)	157	(131)	(216)
	14	101	73	75	222	52	(55)
	15	15	(32)	(15)	(44)	(11)	(75)
	16	29	10	14	(3)	17	(7)
	17	(72)	(58)	(24)	(69)	(49)	23
	18	(90)	(104)	(55)	(91)	(111)	(147)
	19	84	62	77	89	43	45
	20	(43)	(71)	(33)	(41)	(54)	(157)
	21	89	64	69	88	60	37
	22	(105)	(94)	(55)	(78)	(77)	(128)
	23	4	(15)	(6)	15	(27)	(135)
	24	(14)	(18)	2	(20)	(20)	34
<b>MAD</b>	<b>62</b>	<b>59</b>	<b>40</b>	<b>76</b>	<b>54</b>	<b>88</b>	
<b>4 * MAD</b>	<b>248</b>	<b>237</b>	<b>162</b>	<b>306</b>	<b>217</b>	<b>353</b>	
$\sigma_D$	<b>75</b>	<b>66</b>	<b>51</b>	<b>99</b>	<b>62</b>	<b>91</b>	
<b>3 * <math>\sigma_D</math></b>	<b>224</b>	<b>198</b>	<b>152</b>	<b>298</b>	<b>186</b>	<b>272</b>	

De forma similar, os desvios em todos os períodos analisados estão dentro dos limites  $4 * MAD$  ou  $3 * \sigma_D$ .

O método de previsão TL fornece a melhor acuracidade e o método SE, a segunda melhor. A pior acuracidade é obtida com o método IS, pelo desvio médio absoluto, e com o método TE, pelo desvio padrão. Na figura 4.12 pode-se visualizar que nos períodos 13 e 14 os métodos de previsão IS e TE apresentam desvios significativos em relação à demanda.

A avaliação da acuracidade da previsão pelo desvio padrão apresentou resultados similares ao desvio médio absoluto. Para todos os produtos acabados P1, P2 e P3 das curvas A, B e C, o método de previsão tendência linear (TL) apresenta a melhor acuracidade, tanto pelo desvio médio absoluto como pelo desvio padrão. Exceto para o método que apresenta a

melhor acuracidade, às vezes, os resultados coincidem e outras não, quando se está verificado qual o método que apresenta a pior acuracidade.

Os desvios em todos os períodos analisados, para todos os produtos acabados P1, P2 e P3 das curvas A, B e C, ficaram dentro dos limites  $4 \cdot \text{MAD}$  ou  $3 \cdot \sigma_D$ .

#### 4.3.2 - Avaliação pelo Desvio Acumulado (DA)

A avaliação pelo desvio acumulado é realizada através de tabelas, as quais apresentam os desvios da previsão em relação à demanda, onde o limite é  $4 \cdot \text{MAD}$ . O procedimento é o apresentado no item 3.4.2, do Capítulo 3.

O objetivo é verificar se existem desvios por viés. Quando implantado este processo de avaliação, o desvio por viés serve como um termômetro para avisar quando um método de previsão precisa ser reavaliado, necessitando-se verificar as causas do desvio.

A tabela 4.12 apresenta os desvios acumulados resultantes das previsões realizadas com o produto acabado P1 da curva A.

TABELA 4.12 – DESVIO ACUMULADO DO PRODUTO P1 DA CURVA A

Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	(3.732)	(5.729)	(5.352)	(5.819)	(6.935)	(7.545)
14	(322)	(5.844)	(3.813)	(5.211)	(7.935)	(5.918)
15	(6.681)	(14.581)	(8.810)	(11.878)	(16.073)	(21.237)
16	(1.820)	(12.436)	(4.523)	(7.292)	(14.788)	(19.489)
17	(7.891)	(19.999)	(6.991)	(11.463)	(21.214)	(29.580)
18	(961)	(15.978)	241	(2.249)	(17.740)	(26.848)
19	1.348	(14.074)	4.790	5.506	(14.406)	(34.358)
20	9.555	(6.826)	11.488	16.840	(5.989)	(37.511)
21	2.368	(11.593)	8.086	12.400	(8.947)	(44.959)
22	2.998	(9.642)	8.766	14.202	(7.939)	(47.616)
23	2.154	(9.246)	7.990	12.952	(7.687)	(44.520)
24	971	(11.257)	5.240	9.234	(9.869)	(44.727)
<b>4 * MAD</b>	<b>17.241</b>	<b>15.530</b>	<b>14.909</b>	<b>20.455</b>	<b>15.137</b>	<b>21.044</b>

Na tabela 4.12, o método de previsão IS apresenta os maiores e mais desvios por viés, em relação aos demais métodos de previsão analisados aqui. O método TL apresenta-se dentro do limite  $4 \cdot \text{MAD}$ , o qual apresenta melhor acuracidade pelo desvio médio absoluto e desvio padrão. Mas, os métodos MM e TE, também, não apresentam desvios por viés acima do limite.

Na tabela 4.13, tem-se os desvios acumulados do produto acabado P2 da curva A.

TABELA 4.13 – DESVIO ACUMULADO DO PRODUTO P2 DA CURVA A

Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	147	(140)	834	906	(79)	(2.262)
14	(1.053)	(1.566)	210	156	(1.376)	(4.930)
15	(2.764)	(3.694)	(863)	(1.341)	(3.651)	(7.969)
16	(3.400)	(4.936)	(1.139)	(1.789)	(5.218)	(10.237)
17	(3.117)	(5.623)	(886)	(1.522)	(6.011)	(11.823)
18	(2.727)	(6.142)	(330)	(919)	(6.425)	(12.662)
19	(1.589)	(5.541)	710	1.104	(5.655)	(15.312)
20	(1.983)	(6.142)	745	1.174	(5.894)	(16.704)
21	(3.013)	(7.270)	520	674	(6.951)	(17.686)
22	(3.641)	(8.009)	574	822	(7.833)	(19.639)
23	(5.374)	(10.226)	(516)	(545)	(10.137)	(23.430)
24	(4.860)	(10.457)	(86)	108	(10.707)	(25.112)
<b>4 * MAD</b>	<b>3.268</b>	<b>3.886</b>	<b>2.162</b>	<b>3.077</b>	<b>4.082</b>	<b>8.371</b>

Na tabela 4.13, o método de previsão IS apresenta desvios acumulados crescentes e, do período 16 em diante, ultrapassam o valor limite de 4\*MAD. Os métodos SE e MEM apresentam comportamento similar ao método IS.

O método TL não apresenta desvios por viés acima do limite 4\*MAD.

A tabela 4.14 apresenta os desvios do produto acabado P3 da curva A.

TABELA 4.14 – DESVIO ACUMULADO DO PRODUTO P3 DA CURVA A

Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	(384)	(209)	161	238	(112)	(1.045)
14	(1.590)	(1.254)	(588)	(567)	(1.203)	(3.040)
15	(2.796)	(2.602)	(1.545)	(1.894)	(2.794)	(4.851)
16	(2.164)	(2.415)	(1.287)	(1.698)	(2.897)	(4.862)
17	(1.653)	(2.426)	(1.137)	(1.691)	(2.819)	(4.693)
18	(3.195)	(4.293)	(2.333)	(3.438)	(4.548)	(6.960)
19	(2.725)	(4.024)	(1.756)	(2.926)	(4.539)	(6.824)
20	(1.307)	(2.946)	(545)	(1.464)	(3.337)	(5.772)
21	(1.144)	(3.084)	(305)	(1.317)	(3.109)	(6.183)
22	(1.161)	(2.831)	159	(708)	(2.772)	(6.502)
23	(920)	(2.297)	625	95	(2.184)	(6.983)
24	(1.002)	(2.294)	496	40	(2.097)	(7.558)
<b>4 * MAD</b>	<b>2.624</b>	<b>2.313</b>	<b>2.186</b>	<b>2.636</b>	<b>2.385</b>	<b>3.424</b>

Para o produto acabado P3 da curva A, o método de previsão TL apresenta um desvio por viés acima do limite 4\*MAD no período 18. Mas, mesmo assim, é o método que fornece menos desvios acima do limite. Observando-se a figura 4.6, neste período 18 a demanda apresentou um pico muito significativo, o qual, provavelmente, ocorreu em função de alguma

influência externa, como por exemplo, expectativa de aumento de preço, mudança de política econômica, entre outras.

Os maiores desvios por viés ocorrem com o método de previsão IS.

Os desvios acumulados do produto acabado P1 da curva B apresentam-se na tabela 4.15.

TABELA 4.15 – DESVIO ACUMULADO DO PRODUTO P1 DA CURVA B

Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	(40)	(46)	(25)	34	(46)	(113)
14	(96)	(120)	(68)	(31)	(126)	(198)
15	(157)	(202)	(111)	(98)	(221)	(310)
16	(157)	(239)	(116)	(111)	(270)	(397)
17	(137)	(260)	(100)	(102)	(291)	(430)
18	(108)	(263)	(73)	(53)	(286)	(498)
19	(125)	(295)	(61)	(39)	(307)	(531)
20	(72)	(252)	3	76	(261)	(558)
21	(57)	(239)	35	135	(233)	(600)
22	(86)	(266)	25	137	(252)	(693)
23	(80)	(250)	43	166	(241)	(701)
24	(93)	(263)	27	156	(252)	(758)
<b>4 * MAD</b>	<b>114</b>	<b>136</b>	<b>103</b>	<b>155</b>	<b>144</b>	<b>253</b>

Os métodos TL e TE apresentam apenas duas vezes um desvio por viés acima do limite 4\*MAD, mas o segundo é consequência do primeiro, pois o desvio acumulado permaneceu quase estável no período seguinte. O método que apresenta os maiores desvios por viés é o IS e, se for analisada a figura 4.7, pode-se observar que já era previsível este método apresentar os maiores desvios por viés, pois as previsões sempre foram abaixo da demanda real.

Na tabela 4.16, tem-se os desvios do produto acabado P2 da curva B.

TABELA 4.16 – DESVIO ACUMULADO DO PRODUTO P2 DA CURVA B

Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	111	45	101	98	45	(84)
14	108	(5)	88	75	19	(173)
15	139	22	130	134	52	(196)
16	197	85	181	221	129	(217)
17	85	(26)	119	107	38	(190)
18	(90)	(196)	33	(31)	(152)	(349)
19	(29)	(163)	91	68	(156)	(487)
20	147	(47)	192	220	(31)	(477)
21	173	(43)	187	221	10	(543)
22	348	164	323	409	229	(304)
23	302	177	314	365	283	(120)
24	293	213	316	356	318	(29)
<b>4 * MAD</b>	<b>328</b>	<b>292</b>	<b>223</b>	<b>337</b>	<b>313</b>	<b>377</b>

Pode-se observar na figura 4.8 que no período 22 a demanda apresenta um vale. Exatamente este vale da demanda produziu os desvios por viés acima do limite, conforme tabela 4.16, nas previsões realizadas com os métodos MM, TL e TE. Neste caso surge um estoque além do necessário, pois o desvio é para maior.

O método MEM não apresenta desvios por viés acima do limite, mas o desvio médio absoluto é maior que o da TL.

A tabela 4.17 mostra os desvios acumulados do produto acabado P3 da curva B.

TABELA 4.17 – DESVIO ACUMULADO DO PRODUTO P3 DA CURVA B

Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	233	144	242	225	179	(65)
14	128	111	213	210	197	(330)
15	(184)	(179)	7	(121)	(88)	(517)
16	85	83	221	133	112	(271)
17	240	207	331	206	283	24
18	149	107	256	73	221	(110)
19	261	300	359	241	393	(103)
20	276	354	329	206	474	(15)
21	198	296	208	55	420	42
22	182	334	225	12	432	566
23	257	417	251	66	508	547
24	284	447	239	43	547	669
<b>4 * MAD</b>	<b>496</b>	<b>469</b>	<b>395</b>	<b>501</b>	<b>449</b>	<b>670</b>

Para o produto acabado P3, tem-se apenas desvios por viés acima do limite com o método SE. Isto é consequência do comportamento da demanda que não oscilou muito.

Os desvios de previsão do produto acabado P1 da curva C apresentam-se na tabela 4.18.

TABELA 4.18 – DESVIO ACUMULADO DO PRODUTO P1 DA CURVA C

Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	6	9	2	4	6	27
14	2	8	(4)	(1)	5	12
15	3	9	(6)	(6)	5	34
16	7	16	(4)	(3)	11	41
17	12	22	(3)	(1)	18	57
18	24	36	4	10	33	72
19	(16)	1	(23)	(31)	(0)	56
20	2	18	(9)	(16)	9	64
21	9	24	(5)	(16)	18	68
22	(0)	10	(16)	(36)	6	54
23	13	28	(3)	(22)	21	66
24	27	43	7	(14)	39	90
<b>4 * MAD</b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>34</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>60</b>

Com exceção ao método IS, nenhum dos métodos de previsão apresentaram desvios por viés acima do limite para o produto acabado P1 da curva C. O fato do método de previsão IS apresentar desvios por viés acima do limite é porque dos doze períodos simulados, em nove períodos a previsão foi maior do que a demanda.

Na tabela 4.19, pode-se observar os desvios do produto acabado P2 da curva C.

TABELA 4.19 – DESVIO ACUMULADO DO PRODUTO P2 DA CURVA C

Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	47	1	83	107	(3)	(159)
14	3	(88)	62	90	(76)	(353)
15	(82)	(208)	23	40	(197)	(549)
16	(40)	(199)	74	133	(200)	(679)
17	71	(135)	175	258	(121)	(587)
18	46	(182)	181	278	(139)	(713)
19	(56)	(276)	138	246	(230)	(949)
20	(64)	(288)	148	270	(259)	(1.060)
21	38	(219)	216	358	(189)	(986)
22	27	(248)	198	337	(197)	(1.056)
23	57	(211)	227	373	(159)	(1.003)
24	(13)	(264)	189	314	(204)	(1.028)
<b>4 * MAD</b>	<b>226</b>	<b>208</b>	<b>170</b>	<b>224</b>	<b>192</b>	<b>489</b>

Pode-se observar na figura 4.11 que a demanda de P2 se apresenta bastante irregular. Este produto acabado apresenta desvios por viés acima do limite com todos os métodos de previsão, exceto MM. Mas, o método pior é o IS, pois fornece os maiores desvios para P2.

Finalizando, na tabela 4.20 têm-se os desvios acumulados, os quais foram simulados para o produto acabado P3 da curva C.

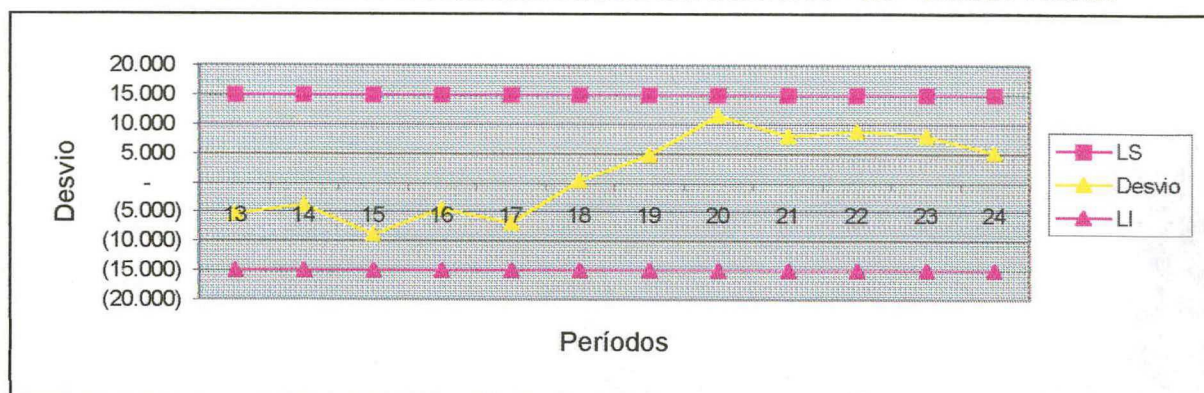
TABELA 4.20 – DESVIO ACUMULADO DO PRODUTO P3 DA CURVA C

Períodos	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
13	(97)	(110)	(62)	157	(131)	(216)
14	4	(36)	13	379	(79)	(271)
15	19	(69)	(2)	334	(90)	(346)
16	48	(59)	11	331	(74)	(353)
17	(24)	(117)	(13)	262	(123)	(330)
18	(114)	(221)	(68)	171	(234)	(477)
19	(30)	(159)	9	261	(191)	(432)
20	(73)	(230)	(23)	220	(246)	(589)
21	17	(166)	46	308	(185)	(552)
22	(89)	(260)	(9)	230	(262)	(680)
23	(85)	(275)	(15)	245	(290)	(815)
24	(99)	(292)	(13)	225	(309)	(781)
<b>4 * MAD</b>	<b>248</b>	<b>237</b>	<b>162</b>	<b>306</b>	<b>217</b>	<b>353</b>

Apenas os métodos de previsão MM e TL não apresentam desvios por viés acima do limite  $4 \cdot \text{MAD}$  na tabela 4.20. O método que fornece os maiores desvios é o IS.

Apenas como ilustração, a figura 4.14 apresenta o gráfico com os desvios acumulados para verificar se os desvios se mantêm dentro dos limites. O produto acabado é o P1 da curva A, onde o método de previsão utilizado foi a tendência linear (TL).

FIGURA 4.14 - DESVIO ACUMULADO DE P1 DA CURVA A - TL - LIMITE 4 MAD



Nos períodos 19 e 20 o desvio acumulado tendeu para o limite superior, mas não chegou a ultrapassá-lo. Pode-se dizer que esta previsão está sob controle.

De modo geral, pode-se observar que o método de previsão tendência linear (TL) apresentou desvios por viés acima do limite menos vezes que os demais métodos, para os produtos acabados P1, P2 e P2 das curvas A, B e C. Isto é em função de apresentar um menor desvio médio absoluto e menor desvio padrão das diferenças entre previsão e demanda.

O desvio acumulado atua, principalmente, no monitoramento das acuracidades da previsão de demanda, alertando quando se necessita reavaliar o processo de previsão.

#### 4.3.3 - Conclusões sobre os Métodos de Previsões

Diferentes comportamentos da demanda podem requerer diferentes métodos de previsão e as conclusões sobre os métodos de previsão utilizados nesta dissertação são válidas apenas para os produtos acabados aqui simulados.

O objetivo não é descobrir qual o melhor método de previsão, mas sim identificar qual o método de previsão mais adequado para determinado produto acabado em função do comportamento de sua respectiva demanda.

A tabela 4.21 apresenta um resumo dos resultados das simulações realizadas.



TABELA 4.21 – RESUMO DOS RESULTADOS DOS MÉTODOS DE PREVISÃO

Curva	Produto	1ª Melhor Previsão		2ª Melhor Previsão		Pior Previsão	
		MAD	$\sigma_D$	MAD	$\sigma_D$	MAD	$\sigma_D$
A	P1	TL	TL	SE	SE	IS	TE
	P2	TL	TL	TE	MEM	IS	TE
	P3	TL	TL	MEM	MEM	IS	IS
B	P1	TL	TL	MM	IS	IS	TE
	P2	TL	TL	MEM	MEM	IS	IS
	P3	TL	TL	SE	SE	IS	IS
C	P1	TL	TL	TE	SE	IS	TE
	P2	TL	TL	SE	SE	IS	IS
	P3	TL	TL	ES	ES	IS	TE

A primeira melhor previsão, tanto pelo desvio médio absoluto como pelo desvio padrão, é obtida com o método tendência linear (TL) para todos os produtos acabados utilizados na simulação.

Para os produtos acabados P2 da curva A, P1 da curva B e P1 da curva C ocorreram divergências nos resultados apresentados, quando se selecionou a segunda melhor previsão.

De forma similar, os produtos acabados P1 e P2 da curva A, P1 da curva B, P1 e P3 da curva C apresentaram divergência na avaliação como pior previsão.

Para observar melhor estas divergências, apresentam-se os gráficos dos produtos acabados P1 utilizados na simulação com a primeira melhor previsão e a segunda. Na figura 4.15, têm-se as previsões simuladas para o produto acabado P1 da curva A.

FIGURA 4.15 - MÉTODOS DE PREVISÃO SELECIONADOS PARA O PRODUTO P1 DA CURVA A.

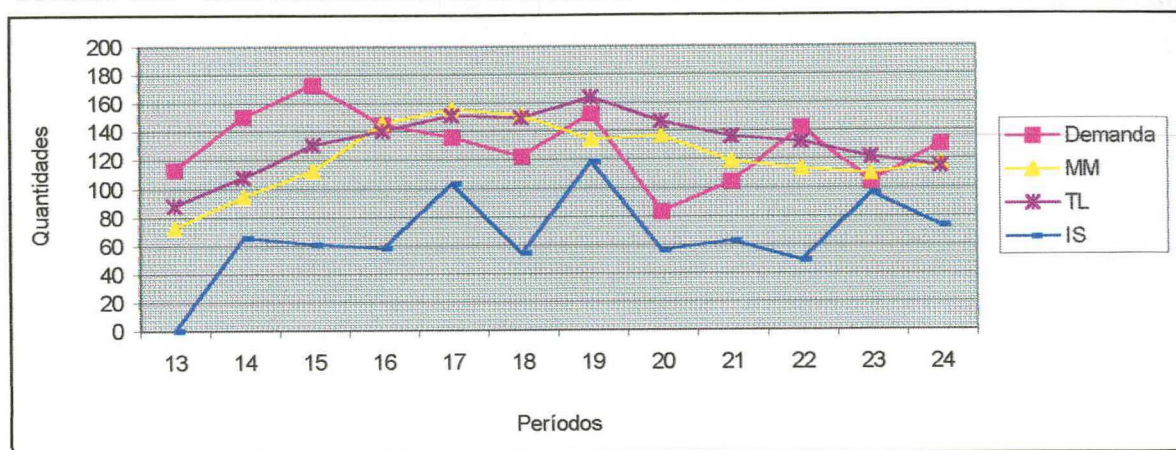


Pela figura 4.15, pode-se dizer que o método de previsão TL tem comportamento similar ao método SE, mas o método TL representa um pouco melhor o comportamento da demanda.

Isto confirma o resultado apresentado na tabela 4.21.

A figura 4.16 apresenta o gráfico para o produto acabado P1 da curva B.

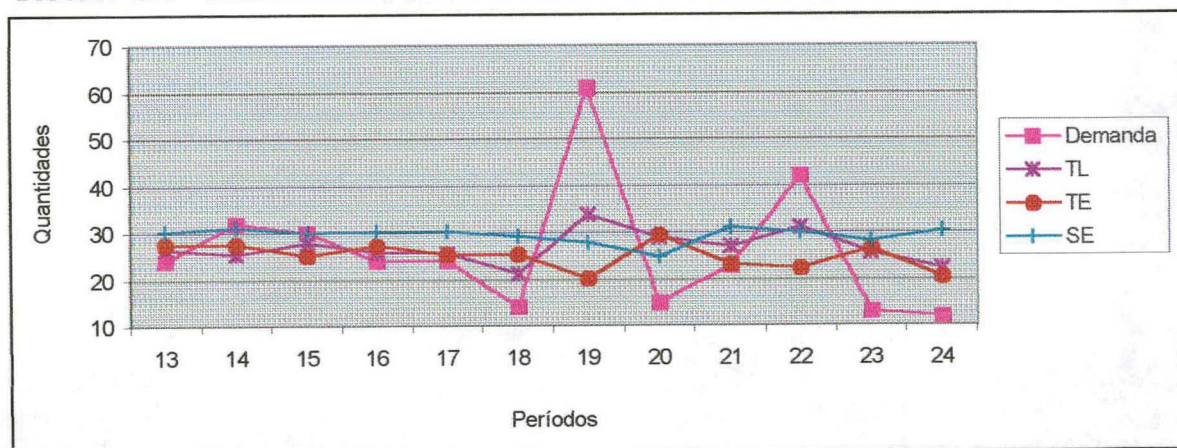
FIGURA 4.16 - MÉTODOS DE PREVISÃO SELECIONADOS PARA O PRODUTO P1 DA CURVA B.



Observando a figura 4.16, pode-se confirmar que o método de previsão TL apresenta a melhor acuracidade, pois não se percebe, pelo gráfico, que este método é pior que a MM. Ambos apresentam resultados bastante similares. Quanto ao método IS, segundo melhor em conjunto com a MM pelo desvio padrão, resultou numa previsão pior que a tendência linear.

Para o produto acabado P1 da curva C, a figura 4.17 mostra um gráfico das previsões selecionadas.

FIGURA 4.17 - MÉTODOS DE PREVISÃO SELECIONADOS PARA O PRODUTO P1 DA CURVA C.



O método TL acompanha melhor o comportamento da demanda, principalmente, nos períodos 19 e 22. Logo, apresenta a melhor acuracidade, confirmando o resultado apresentado na tabela 4.21.

Os métodos TE e SE fornecem previsões similares entre si e, inclusive, similar ao método TL para o produto acabado P1 da curva C. Mas, a acuracidade não é tão boa quanto a da TL.

Pelas simulações, podemos concluir que o desvio médio absoluto e o desvio padrão apresentam resultados similares no monitoramento da acuracidade dos métodos de previsão

da demanda. Logo, basta escolher um deles e junto com o monitoramento do desvio acumulado monitorar a acuracidade dos métodos de previsão.

#### 4.4 - Nível de Estoque *versus* Acuracidade da Previsão

A relação entre o nível de estoque *versus* acuracidade da previsão é realizada conforme descrito no item 3.6. Para chegar a esta relação utilizam-se as simulações já realizadas com os métodos de previsão para os produtos acabados P1, P2 e P3 das curvas A, B e C.

O estoque de segurança possui uma correlação direta com a acuracidade da previsão, pois para determiná-lo, se utiliza o desvio padrão das diferenças entre previsão e demanda, o qual é o mesmo utilizado para avaliar a acuracidade da previsão.

Isto se pode observar na equação (15) abaixo.

$$ES = Z_{\alpha} \times \sigma_D \times \sqrt{IP + TA} \quad (15)$$

Onde:  $Z_{\alpha}$  – define o nível de atendimento  
 $\sigma_D$  – desvio padrão  
 TA – tempo de reposição na expedição  
 IP - Intervalo padrão das revisões

Considerando  $Z_{\alpha}$  e a soma TA + IP constantes, quanto maior o  $\sigma_D$ , maior o estoque de segurança.

A tabela 4.22 mostra o nível de estoque para o método de previsão TL, onde o nível de atendimento considerado para determinação do estoque de segurança é de 95%.

TABELA 4.22 - NÍVEL DE ESTOQUE *VERSUS* PREVISÃO DA DEMANDA – P1 DA CURVA A – TL

Período	Previsão	EI	Prod.	EI+Prod.	Demanda	EF	Diferença
13	25.352	4.565	28.102	32.667	30.704	1.963	(5.352)
14	27.774	1.963	33.126	35.090	26.236	8.854	1.538
15	29.884	8.854	28.346	37.199	34.881	2.318	(4.997)
16	30.033	2.318	35.030	37.348	25.746	11.602	4.287
17	32.559	11.602	28.272	39.874	35.026	4.848	(2.467)
18	32.185	4.848	34.652	39.500	24.954	14.546	7.231
19	30.815	14.546	23.584	38.130	26.266	11.864	4.549
20	27.241	11.864	22.691	34.556	20.542	14.014	6.699
21	27.706	14.014	21.007	35.021	31.108	3.913	(3.402)
22	26.021	3.913	29.424	33.337	25.342	7.995	679
23	25.732	7.995	25.053	33.047	26.508	6.539	(776)
24	26.085	6.539	26.861	33.400	28.835	4.565	(2.750)

Para os valores da tabela 4.22, o estoque final médio é de 7.752 unidades (média dos valores da coluna EF). De forma análoga serão calculados os estoques finais médios para os demais métodos de previsão para produtos acabados P2 e P3 da curva A e para os produtos acabados P1, P2 e P3 das curvas B e C.

A tabela 4.23 mostra um resumo dos estoques finais médios (EM) dos produtos acabados P1, P2 e P3 da curva A e respectivos desvios padrões, os quais representam a acuracidade do método de previsão.

TABELA 4.23 - ESTOQUE MÉDIO *VERSUS* ACURACIDADE DA PREVISÃO - CURVA A

P	Mét. Prev.	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
P1	$\sigma_D$	5.233	4.894	4.433	6.193	4.850	5.865
	EM	8.716	7.137	7.752	10.987	7.181	5.950
P2	$\sigma_D$	916	812	687	997	891	865
	EM	1.107	469	1.126	1.653	579	(666)
P3	$\sigma_D$	870	833	695	904	871	987
	EM	1.353	1.183	1.187	1.495	1.262	999

Para os produtos acabados P1, P2 e P3, o método TL, o qual apresenta a melhor acuracidade, não forneceu o menor estoque médio.

O método TE, o qual apresenta a pior acuracidade para os produtos acabados P1 e P2, forneceu o maior estoque médio. Com o produto acabado P3, IS apresenta a pior acuracidade, mas isto não resultou no maior estoque médio.

Na tabela 4.24, tem-se o resumo do estoque médio com a respectiva acuracidade das previsões realizadas com os produtos acabados P1, P2 e P3 da curva B.

TABELA 4.24 - ESTOQUE MÉDIO *VERSUS* ACURACIDADE DA PREVISÃO - CURVA B

P	Mét. Prev.	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
P1	$\sigma_D$	35	36	32	51	42	35
	EM	50	38	55	97	48	(5)
P2	$\sigma_D$	105	98	67	101	102	122
	EM	197	180	138	197	195	199
P3	$\sigma_D$	161	146	131	166	138	221
	EM	290	279	235	278	273	421

Para os produtos acabados P2 e P3, o método TL, o qual apresenta a melhor acuracidade, forneceu o menor estoque médio. Já o produto acabado P1 não teve o menor estoque médio quando se utilizou o método TL, o qual apresenta a melhor acuracidade.

O método TE, o qual apresenta a pior acuracidade para o produto acabado P1, e o método IS, o qual fornece a pior acuracidade para os produtos acabados P2 e P3, resultaram num maior estoque médio, respectivamente.

Finalizando, a tabela 4.25 fornece um resumo do estoque médio com a respectiva acuracidade das previsões realizadas com os produtos acabados P1, P2 e P3 da curva C.

TABELA 4.25 - ESTOQUE MÉDIO *VERSUS* ACURACIDADE DA PREVISÃO - CURVA C

P	Mét. Prev.	MM	MEM	TL	TE	SE	IS
P1	$\sigma_D$	15	15	11	16	14	15
	EM	28	29	19	25	27	33
P2	$\sigma_D$	70	62	50	64	61	111
	EM	114	80	99	132	83	98
P3	$\sigma_D$	75	66	51	99	62	91
	EM	115	85	82	183	77	85

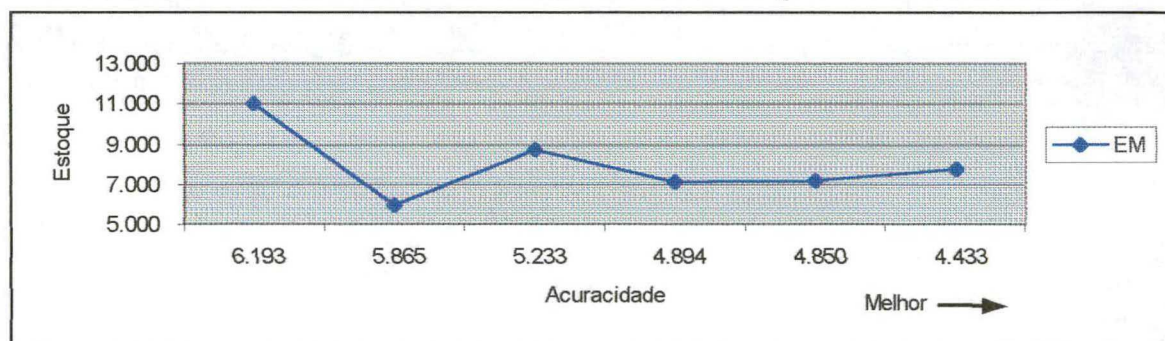
O método de previsão TL fornece a melhor acuracidade na previsão para os produtos acabados P1, P2 e P3 da curva C, mas somente para o produto acabado P1 se obteve o menor estoque médio com este método de previsão.

Para os produtos acabados P1 e P3, o método TE apresenta a pior acuracidade, porém somente para o produto acabado P3 este método de previsão forneceu um maior estoque médio. O produto acabado P2 tem como método de previsão com pior acuracidade o IS, mas este método não resultou num maior estoque médio.

As figuras abaixo mostram a correlação entre o estoque médio e a acuracidade da previsão. A acuracidade está baseada no valor do desvio padrão. Quanto menor o valor, maior a acuracidade.

A figura 4.18 mostra a correlação para o produto acabado P1 da curva A.

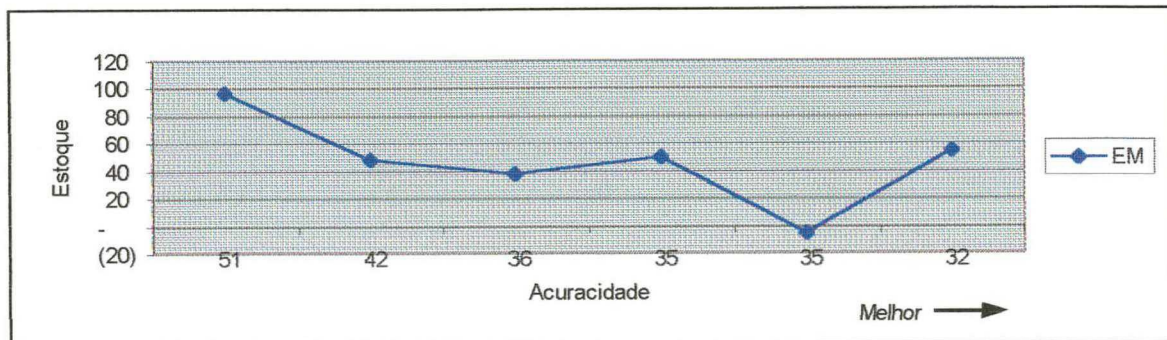
FIGURA 4.18 – A ACURACIDADE DA PREVISÃO E O ESTOQUE – P1 DA CURVA A.



Na figura 4.18, a previsão que apresentou desvio padrão 5.865, forneceu um estoque médio menor do que aquela que apresentou a melhor acuracidade – desvio padrão 4.433.

Na figura 4.19 tem-se a correlação para o produto acabado P1 da curva B.

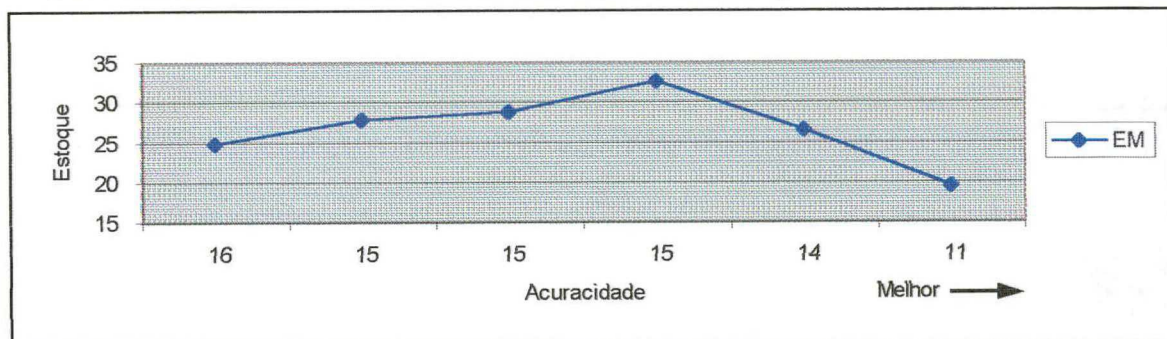
FIGURA 4.19 - A ACURACIDADE DA PREVISÃO E O ESTOQUE – P1 DA CURVA B.



A previsão que apresentou a melhor acuracidade, com desvio padrão 32, forneceu um estoque médio superior aos demais métodos, exceto o que apresentou a pior acuracidade, com desvio padrão 51.

A seguir, a figura 4.20 apresenta a correlação para o produto acabado P1 da curva C.

FIGURA 4.20 - A ACURACIDADE DA PREVISÃO E O ESTOQUE – P1 DA CURVA C.



Na figura 4.20, a previsão que apresenta a melhor acuracidade – desvio padrão igual a 11 – fornece o menor estoque médio. Mas, conforme se pode observar, a linha assemelha-se a uma parábola com cavidade voltada para baixo.

Observando-se as tabelas 4.23 a 4.25 e as figuras 4.18 a 4.20 pode-se dizer que nem sempre o método de previsão que apresenta uma pior acuracidade apresenta o maior estoque médio e, também, nem sempre o método de previsão que apresenta a melhor acuracidade fornece o menor estoque médio. Isto se justifica pelos desvios por viés.

Numa situação onde os desvios por viés são para baixo, pedidos podem deixar de serem atendidos, podem ocorrer atrasos nas entregas, perda de clientes e outros fatores negativos para a empresa.

Logo, pode-se dizer que não existe uma correlação. Mas, que este estoque médio depende de outros fatores, como por exemplo, se a previsão é sempre maior ou sempre menor que a demanda.

#### 4.5 - Comparação dos Custos de Manutenção dos Estoques

Para determinação do custo anual de manutenção dos estoques é utilizada a equação (1) a uma taxa anual.

$$\text{Custo anual (Ca)} = \text{Estoque médio (EM)} \times \text{Custo unitário (C)} \times \text{Taxa (i)} \quad (1)$$

Os custos são calculados para os estoques médios determinados para todos os produtos acabados. A taxa anual pode variar em função de vários fatores, como por exemplo, custo do capital, custos de seguro para os estoques, custos de administração dos estoques, taxa de juros, taxa cambial, riscos de se tornar obsoleto, se os produtos acabados são perecíveis ou não, entre outros.

Como o custo anual é proporcional ao estoque, conforme equação (1), e o nível do estoque médio não é proporcional ao nível de acuracidade da previsão, pode-se ter maiores custos com uma melhor acuracidade da previsão.

Conforme ilustrado na tabela 4.26, pode-se perceber que em apenas dois períodos o estoque final ficou negativo para o método tendência linear (TL), quando se utilizou um nível de atendimento de 95%.

TABELA 4.26 - NÚMERO DE PERÍODOS COM ESTOQUE FINAL NEGATIVO

Curva - P	TL	MEM	MM	TE	SE	IS
A - P1	-	1	-	-	1	2
A - P2	-	3	2	-	3	9
A - P3	1	1	1	1	2	2
B - P1	-	2	1	-	2	6
B - P2	-	1	1	-	1	-
B - P3	-	1	1	1	1	-
C - P1	1	1	1	1	1	-
C - P2	-	1	-	-	1	3
C - P3	-	1	-	-	2	2
Total	2	12	7	3	14	24

O custo falta de produtos acabados, também, precisa ser levado em conta na análise do custo de manutenção do estoque, apesar de difícil mensuração. Pois, menores estoques apresentam maiores riscos de não atendimento a clientes.

Este risco pode ser pré-definido pelo valor de  $Z\alpha$  utilizado na determinação do estoque de segurança. Grupos de produtos acabados pertencentes a diferentes famílias ou diferentes curvas, podem ter diferentes níveis de atendimento pela mudança do valor de  $Z\alpha$ .

#### 4.6 - Considerações

O método de previsão tendência linear (TL) apresentou a melhor acuracidade nas simulações realizadas com os produtos acabados P1, P2 e P3 das curvas A, B e C.

As verificações das acuracidades feitas com o desvio médio absoluto (MAD) e o desvio padrão ( $\sigma_D$ ) forneceram os mesmos resultados, quando se procurou determinar o método que apresentava a melhor acuracidade. Logo, o planejador pode escolher qualquer um dos dois métodos.

O desvio acumulado foi uma ferramenta complementar para monitorar a acuracidade da previsão, em relação aos desvios por viés. Recomenda-se utilizá-lo em conjunto com o desvio médio absoluto (MAD) ou o desvio padrão ( $\sigma_D$ ).

Além disto, a acuracidade da previsão teve uma correlação direta com o nível do estoque de segurança. Quanto melhor a acuracidade, menor o estoque de segurança necessário. Porém, não apresentou correlação com o estoque médio.

O custo anual de manutenção do estoque é proporcional ao nível do estoque.

Pode parecer que pequenas diferenças não são significativas, mas quando calculado o estoque de segurança e analisado a falta de produtos acabados em estoque, deixando-se de atender a clientes, pode-se perceber o quanto é importante ter um método de previsão mais eficiente possível.



## CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

### 5.1 - Conclusões

A questão do prazo de entrega aos clientes será cada vez mais determinante para a sobrevivência das empresas no mercado e as empresas que atendem aos clientes com os estoques e executam o planejamento da produção baseado em previsões de demanda, precisam utilizar métodos de previsão, os quais apresentem uma boa acuracidade e, também, necessitam monitorar esta acuracidade para tomada de ações, quando necessário.

Comportamentos diferentes de demanda podem requerer diferentes métodos de previsão como mais apropriados.

Devido a estes fatores, o objetivo deste trabalho - Verificar qual método de previsão de demanda apresenta uma melhor acuracidade para certa demanda e identificar o impacto da acuracidade da previsão nos estoques de produtos acabados - apresenta uma atividade fundamental para se trabalhar com melhores níveis de estoques e melhorar a competitividade da empresa, quando se deseja que não ocorra falta de produtos acabados para entrega a clientes e nem exista nível de estoque muito além do necessário.

O desvio médio absoluto e o desvio padrão possuem a mesma função (determinar os desvios em relação à demanda) e apresentaram resultados muito similares. Na determinação do método que apresenta a melhor acuracidade, ambos apresentaram o mesmo resultado.

O método de previsão que apresentou a melhor acuracidade nas simulações realizadas é a tendência linear (TL). Observou-se que este método resultou em saldo final negativo em apenas dois períodos (uma vez com um produto e outra vez com outro), dos doze simulados com os nove produtos acabados. Comparando-se com o maior valor, que foi de 24 vezes saldo final negativo, pode-se dizer que o método de previsão tendência linear (TL) fornece níveis de estoque melhores para evitar a falta de produtos acabados em estoque.

O desvio acumulado teve a função de detectar o desvio por viés, o qual pode produzir estoques excessivos se o desvio for para cima, ou falta de produtos acabados, atrasos na entregas e gerar insatisfações nos clientes, quando o desvio por viés for para baixo.

Portanto, recomenda-se utilizar uma combinação no monitoramento e determinação do método de previsão com a melhor acuracidade: o desvio médio absoluto com o desvio acumulado ou o desvio padrão com o desvio acumulado.

## PONTOS FORTES

A metodologia proposta busca a otimização dos níveis de estoque, produto acabado a produto acabado, com o objetivo de maximizar o nível de atendimento a clientes.

Com o nível de estoque otimizado através da metodologia apresentada neste trabalho, a probabilidade de ocorrer falta de produtos acabados diminui, ou seja, a probabilidade se aproxima mais do valor do nível de atendimento pré-definido através da tabela 2.1 do Capítulo 2.

O processo de manutenção do nível de acuracidade é fácil, pois o monitoramento é realizado com as equações já utilizadas na primeira aplicação da metodologia.

## PONTOS FRACOS

Existe a necessidade de se ter um software para realizar as simulações e automatizar os procedimentos, pois realizar através de planilhas eletrônicas, como foi feito, é bastante trabalhoso.

Pode-se utilizar planilhas eletrônicas, mas recomenda-se criar rotinas e fórmulas para aumentar a velocidade de obtenção dos resultados, visto que a quantidade de produtos acabados normalmente é grande.

Um grande número de produtos acabados gera uma enorme quantidade de simulações, pois as simulações são realizadas produto acabado a produto acabado.

Quando a metodologia proposta no Capítulo 3 for implantada, sugere-se utilizar os sete passos para verificar se o nível de estoque irá aumentar ou diminuir. Caso aumente, verificar os custos envolvidos e vantagens de minimizar aquelas faltas de produtos acabados, as quais, provavelmente, existem.

Depois de implantada a metodologia, os primeiros quatro passos são suficientes para avaliar e monitorar a acuracidade.

Recomenda-se manter dados dos últimos 12 períodos referentes aos valores previstos para cada método e referente às demandas ocorridas nos mesmos períodos para que se possa monitorar e reavaliar os métodos de previsão, quando necessário.

Como os produtos acabados que pertencem à curva A representam em torno de 80% de utilização em valores monetários, sugere-se iniciar a implantação da metodologia para estes produtos acabados e depois estender para os demais.

Sendo assim, os objetivos foram alcançados, porém a hipótese “a” foi validada e a “b” não foi. Logo, pode-se dizer que: a) O método de previsão que apresenta o menor desvio

padrão das diferenças entre previsão e demanda, fornece a melhor acuracidade para certa demanda; b) Melhores acuracidades das previsões de demanda permitem manter menores níveis de estoques com um mesmo nível de atendimento, não é verdadeiro. A hipótese verdadeira é: Melhores acuracidades das previsões de demanda podem fornecer menores ou maiores níveis de estoques com um mesmo nível de atendimento. Se existe um desvio por viés para baixo (para cima) e o novo método minimiza este desvio por viés, então o nível de estoque aumenta (diminui).

## **5.2 - Sugestões para Trabalhos Futuros**

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se verificar a relação entre o nível de estoques de produtos acabados e a frequência de entradas e saídas dos produtos acabados da expedição, observando o impacto do aumento e da diminuição desta frequência nos níveis de estoques e no nível de atendimento ao cliente.

Elaborar um estudo que apresente a influência da velocidade da troca de informação entre o ponto de consumo e o ponto de estoque de produtos acabados, na acuracidade da previsão da demanda.

Estruturar os modelos econométricos e estatísticos, levando em conta, por exemplo, promoções de certos produtos acabados pela empresa e promoções do concorrente, os quais podem não existir no próximo período, como também podem ocorrer novamente com o passar do tempo. Depois de estruturado, aplicar os modelos utilizados para determinar e monitorar a acuracidade, apresentados nesta dissertação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de Materiais**. São Paulo: Atlas, 1999.
- BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1995.
- BORNIA, Antônio Cezar. **(Disciplina Custos Industriais): Notas de Aula**. Florianópolis: UFSC - Mestrado em Engenharia de Produção, abril de 2000.
- CAVANHA FILHO, Armando Oscar. **Simulador Logístico**, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.
- CHING, Hong Y. **Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada**. São Paulo: Atlas, 1999.
- CLEMENTS, Michael P.; SMITH, Jeremy. **Evaluating the forecast densities of linear and non-linear models: Applications to output growth and unemployment**. Department of Economics, University of Warwick, 1998. Disponível em <<http://www.economics.ox.ac.uk/research/hendry/projWP.htm>> acessado em 13 de outubro de 2001.
- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção – MRPII/ERP – 3ª ed.** São Paulo: Atlas, 2000.
- CORRÊA, Henrique e GIANESI, Irineu. **Sistemas de planejamento e controle da produção**. In CONTADOR, José Celso. **Gestão de operações**. São Paulo : Edgard Blücher, 1997.
- DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. 3.ed. Porto Alegre : Bookman Editora, 2001.
- DIAS, George Paulus Pereira. **Proposta de Processo de Previsão de Vendas para Bens de Consumo**. In: XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Rio de Janeiro: **Anais**, 1999. 1 CD-ROM.
- DIAS, Marco A. P. **Administração de Material: Um Enfoque Logístico – 4ª ed.** São Paulo: Atlas, 1993.
- FABRIS, Alberto Angelo. **Modelo para Previsão e Acompanhamento de Mercado de Frango de Corte**, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.
- FILDERS, Robert. **Paper: FORECASTING COMPETITIONS - their role in improving forecasting practice and research**. Oxford, Blackwell, 2001. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[mtzky@terra.com.br](mailto:mtzky@terra.com.br)> em 02 de outubro de 2001.

FRIZZO, Micheline, et al. **Previsão de Vendas como Suporte na Programação e Controle da produção em uma Empresa de Alimentos - Um Estudo de Caso**. In: XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. São Paulo: Anais, 2000. 1 CD-ROM.

HAYKIN, Simon. **Redes Neurais**. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.

HENDRY, David F.; MIZON, Grayham E. **On Selecting Policy Analysis Models by Forecast Accuracy**. Nuffield College, Oxford; Southampton University, UK & European University Institute, 1998. Disponível em <<http://www.economics.ox.ac.uk/research/hendry/projWP.htm>> acessado em 13 de outubro de 2001.

HIPPERT, Henrique S.; PEDREIRA, Carlos E.; SOUZA, C. Reinaldo. **Um previsor de temperaturas horárias baseado em redes neurais e modelos ARIMA**. : In Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 31 : Juiz de Fora, SP. Anais. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 1999.

HOFFMANN, Rudolfo. **Análise de Regressão: uma introdução à econometria**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1977.

KOTLER, Philip. **Administração de Marketing: a edição do novo milênio**. São Paulo: PRENTICE HALL, 2000.

LAPA, Tânia Martins. **Modelagem Dinâmica para Previsão da Demanda de Automóveis no Brasil**, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

LAS CASAS, Alexandre Luzzi. **Administração de Vendas**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

LÓPEZ, Oscar Ciro. **(Disciplina Sistemas de Produção II): Notas de Aula**. Florianópolis: UFSC - Mestrado em Engenharia de Produção, Março 2000.

MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

MARTINS, Petrônio F.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.

MOREIRA, Cynara Mendonça. **Estratégias de Reposição de Estoques em Supermercados: Avaliação por Meio de Simulação**, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e Operações**. 2ª ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e Operações**. São Paulo: Pioneira, 1993.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PADOVEZE, Clóvis Luís. **Contabilidade Gerencial: Um Enfoque em Sistema de Informação Contábil** – 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1997.

PALADINI, Edson P. **Gestão da Qualidade no Processo** – 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1995.

PIRES, Sílvio R. I. **Gestão Estratégica da Produção**. Piracicaba: Unimep, 1995.

QUADRELLI, Giovani; SOUZA, Reinaldo castro. **Modelo adaptivo de GUPTA para a previsão de cargas elétricas horárias**. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 31: 1999: Juiz de Fora, SP. Sociedade Brasileira de Pesquisa operacional.

REBELLO, Antonio. **Um Método de Cálculo de Estoque de Segurança**. In: VII Simpósio de Engenharia de Produção da Unesp - VII SIMPEP, 2000, Bauru - SP. **Anais eletrônicos...** Bauru: Unesp, 2000. Disponível em: <<http://www.bauru.unesp.br/acontece/anai.html>> Acesso em: 09 maio de 2001.

RODRIGUES, Gerson J.J. **Redução do Estoque em 3 Dimensões**. São Paulo: IMAM, 1993.

SALLES, André de Assis. **Estimação do risco sistemático - uma abordagem bayesiana**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 16. São Paulo: **Anais**, 1996 1 CD-ROM.

SHINGO, Shingeo. **Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingeo para Melhorias Contínuas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996, p. 380.

SLACK, Nigel, et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

TUBINO, Dalvio F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

\_\_\_\_\_. **Sistemas de Produção: A Produtividade no Chão de Fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.