

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

Trabalho de Formatura

**Sistema de Previsão de Demanda e Metodologia  
para Determinação da Política de Estoques**

Autor: Marcos Simas Magalhães

Orientador: Miguel Cezar Santoro

2000

HF-2000  
M 268 1

## **Agradecimentos**

A Deus, a Quem devo todos os meus dons.

Aos meus pais, que nunca mediram esforços na minha formação.

A Carol, pelo apoio e incentivo em todos os momentos de realização do trabalho.

Ao professor Miguel Santoro, pela valiosa orientação e interesse pelo trabalho.

A Eliane, Helena, Lílian, Tieko, César e Amud pela enorme paciência e boa vontade em colaborar e dar explicações.

A toda minha família.

## **Sumário**

Este trabalho trata da elaboração de um sistema de previsão de demanda e de uma metodologia para determinação da política de estoques da linha de micro-computadores em uma empresa de manufatura discreta. O objetivo principal é atingir o melhor atendimento possível da demanda de microcomputadores com mínimos custos de estoque e aquisição.

No sistema de previsão de demanda foi dado tratamento específico para cada canal de venda utilizando tanto modelos quantitativos como qualitativos de previsão, com a finalidade de reduzir ao máximo os desvios. Os modelos de previsão adotados foram implantados com o auxílio de planilhas de Excel. Na metodologia para determinação da política de estoques, os estoques de segurança foram calculados em função das variabilidades na previsão de demanda, de lead time e de fração defeituosa. A política de estoques para itens com vendas em grandes quantidades (diferentemente dos outros) é marcada pela utilização de variável binária na decisão de compra de matéria-prima, explosão de necessidades no MRP e implantação de sistema de reservas.

## **Índice**

### **1) Caracterização do Problema, 1**

#### **1.1) Introdução, 1**

#### **1.2) Apresentação da Empresa, 1**

##### **1.2.1) Apresentação Geral, 1**

##### **1.2.2) O Estágio, 4**

##### **1.2.3) Foco do Trabalho, 4**

##### **1.2.4) Descrição do Processo Produtivo, 5**

##### **1.2.5) Produtos e Componentes, 8**

#### **1.3) Objetivos do Trabalho, 9**

### **2) Elaboração do Sistema de Previsão da Demanda, 10**

#### **2.1) Introdução, 10**

#### **2.2) Sistema Atual de Previsão da Demanda, 10**

#### **2.3) Desempenho do Sistema Atual, 12**

#### **2.4) Revisão da Literatura, 16**

##### **2.4.1) Notação Utilizada, 17**

##### **2.4.2) Medidas de Erros para as Previsões, 17**

##### **2.4.3) Modelos de Projeção, 19**

###### **2.4.3.1) Modelos de Média, 19**

###### **2.4.3.2) Modelos de Suavização Exponencial, 21**

###### **2.4.3.3) Modelos de Decomposição, 27**

##### **2.4.4) Modelos de Explicação, 28**

##### **2.4.5) Modelos Qualitativos de Projeção, 30**

#### **2.5) Proposta de Sistema de Previsão da Demanda, 33**

#### **2.6) Simulação de Desempenho do Sistema Proposto e Determinação de Parâmetros, 44**

### 3) Definição da Política de Estoques, 51

#### 3.1) Introdução, 51

#### 3.2) Política Atual de Estoques, 51

#### 3.3) Desempenho da Política Atual, 54

#### 3.4) Revisão de Literatura, 55

#### 3.5) Proposta de Metodologia para Determinação da Política de Estoques, 57

##### 3.5.1) Política para Planejamento de Rotina, 58

##### 3.5.2) Política para grandes Vendas: Canal Corporativo – Diretoria Comercial Itaotec (Grandes clientes), 62

#### 3.6) Aplicação da Metodologia Elaborada, 64

### 4) Conclusão, 67

### Bibliografia, 68

## 1) Caracterização do Problema

### 1.1) Introdução

Nesta parte do trabalho serão expostas informações introdutórias para que se possa ter uma idéia geral sobre o mesmo, tanto em relação às condições em que foi feito como ao seu objetivo. Para isso, será inicialmente feita uma apresentação geral da empresa, seguida de descrição do estágio que está sendo realizado pelo autor, determinação do foco dado pelo trabalho dentro das diversas áreas e atividades existentes na empresa e descrição sucinta do processo produtivo e produtos e componentes da área focada. Finalmente, serão apresentados os objetivos principal e secundários que o trabalho se propõe a atingir.

### 1.2) Apresentação da Empresa

#### 1.2.1) Apresentação Geral



A empresa onde será realizado o trabalho é a Itautec Philco. Ela atua nas áreas de informática, eletrônica de consumo e componentes eletrônicos, produzindo e vendendo produtos tais como:

INFORMÁTICA	ELETRÔNICA DE CONSUMO	COMPONENTES
SERVIDORES, REDES LOCAIS, COMUNICAÇÃO DE DADOS, AUTOMAÇÃO BANCÁRIA, AUTOMAÇÃO COMERCIAL, MICROCOMPUTADORES, IMPRESSORAS, COMPUTADORES DE MÉDIO PORTE, SOFTWARES PARA DIVERSAS APLICAÇÕES, SERVIÇOS	TELEVISORES, VIDEOCASSETES, COMBINADOS TV/VÍDEO, APARELHOS DE SOM	PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO CIRCUITOS INTEGRADOS MÓDULOS DE MEMÓRIA

Tabela 1.1 – Produtos por área  
Transcrito da página na Internet da Itautec Philco

A Itautec Philco faz parte do grupo Itaúsa – Investimentos Itaú S.A., o maior do Brasil em volume de receita, com forte presença nos setores financeiro, securitário, de madeira e materiais de construção, de produtos eletrônicos, químico e imobiliário. Apenas para se ter uma idéia melhor da dimensão da empresa, a Itautec Philco apresenta um faturamento anual superior a US\$ 1 bilhão.

A história da Itautec Philco começa em novembro de 1979 com a criação pelo grupo Itaúsa da Itautec. A intenção da Itaúsa era capacitar-se e desenvolver tecnologia no setor ainda iniciante da informática. A primeira atuação que coube a nova empresa foi criar e implementar o início da automação bancária no Banco Itaú, através do processamento de transações on-line.

Na década de 80, com a explosão do mercado de informática no Brasil, a Itautec foi pioneira em diversos setores, com destaque para os lançamentos de hardware e software para PC no biênio 1982/1983, a produção de componentes e placas para circuitos eletro-eletrônicos, através da Itaucom e Adiboard, e o acordo tecnológico e comercial com a IBM para o computador de médio porte, AS/400, que resultou na criação da joint-venture Itec. A Itautec desta forma cumpria sua designação.

Em 1989, o grupo Itaúsa, já antevendo a fusão da informática com a eletrônica de consumo que aconteceria na década de 90 e procurando ganhar escala e sinergia de produção, adquiriu da Ford Motor a Philco, empresa tradicional na produção de equipamentos eletrônicos de consumo.

Depois de um período de adaptação, a Itautec e a Philco fundiram-se em julho de 1994, criando a Itautec Philco S.A., empresa com presença em todo o território brasileiro (unidades industriais em Manaus, Jundiaí e São Paulo conforme figura 1.1), além de exportar para mercados da Europa, Ásia, América do Norte e América Latina.

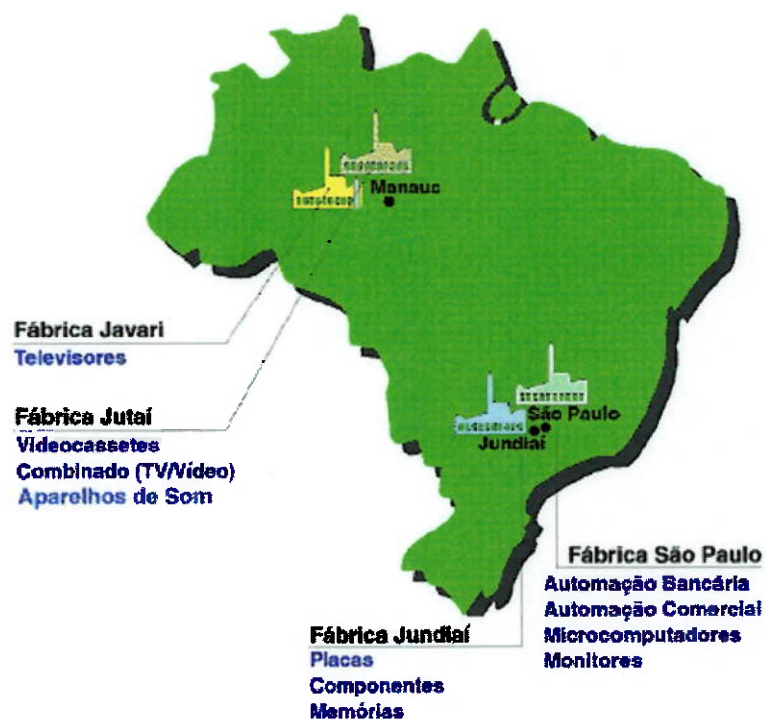


Figura 1.1 – Unidades Industriais  
Transcrito da página na Internet da Itaútec Philco

O sistema de gerenciamento de qualidade da Itaútec Philco é confirmado pela chancela ISO 9001, obtido junto à Fundação Vanzolini, de São Paulo (SP), que certifica suas unidades fabris de Manaus (AM), São Paulo (SP) e Jundiaí (SP) e administrativas de São Paulo (SP). Vale destacar que a Itaútec Philco foi uma das pioneiras na obtenção da certificação ISO 9001 no Brasil e que em Jundiaí as linhas de *placas de circuito impresso* e de *circuitos integrados e módulos de memória* também são certificadas ISO 9002 pelo BVQI (Bureau Veritas Quality International). As fábricas de placas de circuito impressos receberam ainda da Ford Mundial o título de Fornecedor Preferencial (Q1).

A Itaútec Philco destaca-se também por suas parcerias com as principais empresas internacionais de informática e consumo (Microsoft, Intel, Cisco System, 3COM, Novell, IBM, Hitachi, Mitsubishi Electric, LG Semicon), e por seu profundo conhecimento do mercado nacional. Legalmente, outras duas empresas fazem parte do mesmo grupo junto com a Itaútec Philco: a Itaútec Componentes, que presta sobretudo serviços de assistência técnica, e a Adiboard, que fabrica componentes de memória em uma fábrica localizada em Jundiaí ao lado da fábrica de placas da Itaútec Philco (chamada Itaucom).



A estrutura interna da Itaotec Philco está organizada conforme a figura 1.2:



Figura 1.2 – Estrutura interna  
Transcrito da página na Internet da Itaotec Philco

A Vice-Presidência Itaulec cuida da parte de informática, a Vice-Presidência Philco dos eletro-eletrônicos, e a Vice-Presidência Itaucom dos circuitos eletrônicos. Estes três tipos de produtos são abrangidos pelas Vice-Presidências Supply Chain, responsável pelo gerenciamento da cadeia de suprimentos, e Administrativo/Financeiro.

### 1.2.2) O Estágio

O estágio está se realizando na gerência de planejamento de suprimentos, da diretoria de Materiais, da Vice-Presidência de Supply-Chain. Ele teve início no dia 15 de Maio de 2000 e tem duração prevista até dezembro de 2000.

As principais atividades em que participo são o planejamento das compras a serem feitas para suprir as necessidades da produção, tanto das áreas de informática como das de eletrônica de consumo e componentes eletrônicos, e o gerenciamento dos estoques.

### 1.2.3) Foco do Trabalho

O trabalho será focado na área de informática da empresa, mais especificamente na parte de micros. Esta escolha se deve a duas razões principais:

Em primeiro lugar, é no planejamento dos suprimentos de micros que está havendo maior dificuldade da empresa em conseguir manter níveis baixos e estáveis de estoque e em minimizar a ocorrência de falta de peças para produção. Isto se deve principalmente à complexidade presente tanto na previsão de demanda como na elaboração da política de estoques (grande variedade de produtos/matérias-primas e canais de vendas), além do fato da produção ser feita por pedido, o que é chamado de BTO (Built To Order), não havendo assim a possibilidade de se formar estoque de produto acabado.

Em segundo lugar, as atividades que estou realizando no estágio estão se concentrando fortemente na parte de micros, pelo mesmo motivo descrito no parágrafo anterior. Assim, o trabalho será feito sobre um assunto em que estarei mais familiarizado devido ao contato cotidiano.

Além destas duas razões principais, soma-se o fato da linha de produção de micros estar localizada no mesmo local onde estou estagiando (Tatuapé – São Paulo), de forma que posso mais facilmente conhecer o processo produtivo e conversar, caso necessário, com o pessoal de fábrica.

#### 1.2.4) Descrição do Processo Produtivo

O processo produtivo será descrito a seguir de forma resumida, já que não se constitui em foco do trabalho, servindo mais como um apoio para o objetivo principal, apresentado no item seguinte.

A produção de micros pode ser classificada como manufatura discreta, já que cada micro constitui um produto diferente produzido separadamente dos demais. O processo se divide em 3 etapas principais: a montagem das placas mães, a montagem dos micros e a embalagem junto com itens complementares, como manuais e cabos. O layout (figura 1.3) ajudará na visualização de cada uma destas etapas descritas a seguir:

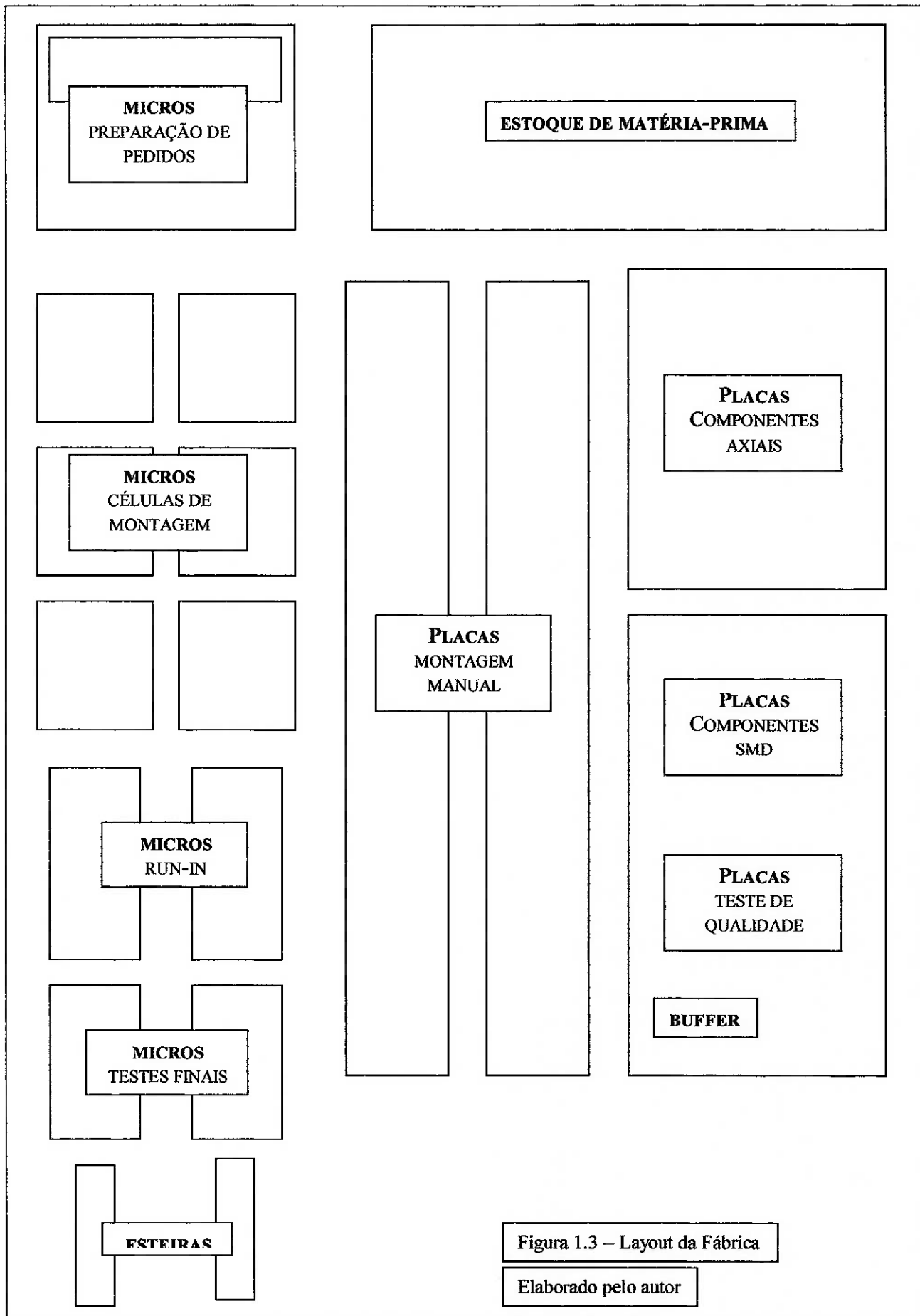


Figura 1.3 – Layout da Fábrica

Elaborado pelo autor

Começaremos então pela montagem das placas. As duas primeiras fases da montagem são automatizadas, enquanto que a fase final é feita manualmente. Primeiramente são montados na placa mãe os componentes axiais, cujo encaixe é feito através de um pequeno furo na placa. Em seguida, a placa, já com os primeiros componentes, vai para uma segunda máquina onde são montados os componentes SMD (Surface Mounted Device, que são principalmente resistores e capacitores), chamados assim por não ultrapassarem a placa na montagem, mas serem “colados” na placa através de uma micro-fundição feita com o auxílio de uma pasta de solda que quando aquecida promove a fundição. A máquina passa a pasta na placa, coloca os componentes por cima (capacidade para 24.000 componentes por hora) e em seguida a aquece. Por fim, a placa é encaminhada a outro equipamento que irá efetuar um teste para verificar seu bom funcionamento. Caso seja aprovada, a placa vai para um pequeno buffer logo ao lado para esperar a fase seguinte da montagem. Caso contrário, ela é destinada ao almoxarifado de itens rejeitados.

A fase seguinte é a montagem manual das placas. Como se pode notar no layout existem duas linhas de montagem manual, sendo que uma se destina à montagem de placas para micros e outra para automação comercial e bancária. Os operários ficam sentados um ao lado do outro e as placas vão passando por uma esteira a uma frequência aproximada de 1 placa a cada 30 segundos, sendo que cada operário fica responsável pela inserção de um conjunto específico de componentes (os operários são treinados para ocupar qualquer posição na linha). Nestas linhas é utilizada uma espécie de setup rápido, em que recipientes contendo os diferentes componentes a serem montados no próximo tipo de placa são colocados juntos, de modo que a troca de produto na linha fique bastante facilitada e agilizada. A alimentação destes componentes na linha é feita através de Kanban. No fim da montagem a placa passa por uma máquina de soldagem por ondas e em seguida é testada em equipamentos e operários específicos para isso. Se aprovada, a placa vai para o estoque de matéria-prima mostrado no layout. Caso contrário, ela segue para postos de retrabalho situados, assim como os de teste, na própria linha.

A montagem dos micros começa em uma pequena sala, aonde chegam os pedidos de fabricação e onde são preparadas as etiquetas que irão identificar os diferentes componentes do micro. Tais etiquetas servirão como prova de violação ou não do produto para questões relacionadas à sua garantia. No ambiente ao lado, são

colocados em espécies de colmeias todos os componentes que irão fazer parte do micro (inclusive as etiquetas mencionadas anteriormente) com exceção do gabinete, que fica armazenado em separado. Quando chega o momento da montagem do micro, a colmeia junto com o respectivo gabinete vai para uma das células de montagem, onde um único operário será responsável pela montagem completa do micro.

Terminada a montagem, o micro irá para a etapa chamada Run-in, onde com o auxílio de pequeno dispositivo específico para isso, ficará “rodando” como se estivesse sendo utilizado ininterruptamente por um determinado período. Ao final do teste, o dispositivo indica se houve algum problema no micro (neste caso o micro irá para a célula de retrabalho). Depois de realizado o Run-in, os micros que tiverem sido aprovados irão para uma etapa seguinte onde serão realizados testes finais. Do mesmo modo que no Run-in, caso os micros sejam reprovados, eles são encaminhados para células de retrabalho. Caso aprovados, os micros seguem por uma esteira até uma espécie de elevador, por onde descem para o andar de baixo, onde será realizada a etapa final do processo.

Na etapa final, o micro será posto junto com outros componentes, como cabos, manuais, garantias, mouse, etc., em uma caixa de papelão, devidamente acondicionado com o auxílio de isopor. É feita uma checagem final para saber se não está faltando nada ou se algo foi posto na caixa por engano, e então o micro segue para a área de expedição.

#### 1.2.5) Produtos e Componentes

Do ponto de vista do mercado, podemos dividir os micros vendidos pela Itautech Philco em três grupos distintos: os micros da linha Infoway, que são os mais modernos e mais caros, os da linha Transglobe, um pouco mais simples e baratos, e os micros inteiramente configurados para uma empresa específica, ou para o governo no caso de licitações. Entretanto, considerando-se o tema do trabalho, vamos tratar mais dos tipos de componentes presentes nos micros, que em alguns casos diferem para os três grupos e em outros são os mesmos.

Lista-se agora as principais famílias de itens a serem planejadas, sendo que em cada uma delas podem ser encontrados itens variando em marca ou modelo (ex: Discos rígidos com diferentes capacidades de armazenagem):

- Gabinete
- Fonte
- Placa Mãe (resistores, capacitores, etc.)
- Processador
- Cabos
- Disco rígido
- Componentes de memória
- Teclado
- Monitor
- Mouse
- Drive para disquete
- CD ROM
- DVD
- Gravador de CD
- Placas RTV, FAX/MODEM, de Vídeo e de Rede

Estes são apenas os componentes mais significativos. Existe ainda uma grande variedade de pequenos componentes, cujo planejamento é feito sobretudo com o auxílio do software MRP existente na empresa, tema que será tratado mais adiante.

### 1.3) Objetivos do Trabalho

O objetivo principal deste trabalho é elaborar uma metodologia para planejamento de suprimentos que permita o melhor atendimento possível da demanda de microcomputadores com mínimos custos de estoque e aquisição.

Para isso, será elaborado um sistema de previsão de demanda que buscará corresponder o tanto quanto possível à demanda real e um sistema de estoques que, de acordo com a confiabilidade das previsões feitas, minimize tanto o custo com

estoque e aquisição como a probabilidade de faltar material para produção.

Serão analisadas as características da demanda de micros e da cadeia de suprimento assim como os atuais sistemas de previsão da demanda e política de estoque e, a partir de um embasamento teórico aprofundado, será definido o modelo final para planejamento de suprimentos da Itautec Philco.

## **2) Elaboração do Sistema de Previsão da Demanda**

### **2.1) Introdução**

Para elaboração do Sistema de Previsão de Demanda da Itautec será necessário dividir a tarefa em algumas etapas. Primeiramente será feita uma análise do sistema atual avaliando inclusive seu nível de eficiência. Em seguida, serão vistos na Revisão de Literatura os diversos modelos existentes de previsão de demanda para que seja possível então propor um novo Sistema de Previsão de Demanda. Por fim será feita uma simulação do sistema proposto para que seja possível visualizar mais clara e detalhadamente as planilhas utilizadas e o nível de precisão atingido.

### **2.2) Sistema Atual de Previsão da Demanda**

A previsão de demanda dos microcomputadores é feita para cada canal de venda separadamente devido às peculiaridades da demanda de cada um. Os canais de venda para os computadores da Itautec Philco são:

- Corporativo
  - Gerência Comercial Nacional – Novos canais e representantes próprios e terceiros vendendo produtos Itautec (agentes)
  - Diretoria Comercial Itautec – Grandes clientes (empresas) e licitações
- Itaúsa – Vendas para o grupo Itaúsa
- OEM – Micros vendidos com marcas de outras empresas, por exemplo Scopus
- Lojas – Vendas no varejo em lojas, por exemplo, de Shopping Centers

- Televendas – Vendas por telefone ou Internet
- Outras – Vendas pequenas e diversas, como por exemplo exportações

Para lojas, televendas e outras a previsão se dá de forma semelhante. Uma pessoa responsável pelo forecast determina de forma intuitiva o valor da previsão para o total de micros por tipo, por exemplo Transglobe e Infoway que são marcas comerciais para micros de configuração menos avançada e mais avançada, respectivamente. Isto é feito baseado no acompanhamento do histórico de vendas por parte do responsável e pelo seu conhecimento do mercado que adquire sobretudo a partir de conversas informais com vendedores. Determinados os valores totais de venda, são utilizados percentuais para determinar as previsões por componentes, que são as que serão utilizadas no planejamento. Por exemplo, de um total de 10.000 micros Transglobe vendidos, pode ser determinado que 1500 terão winchester de 4.3Gb, 5.000 de 6.3 Gb, 3.000 de 8.3Gb e 500 de 10.4 Gb. Estes percentuais também são determinados intuitivamente pelo responsável com base no histórico e conhecimento de mercado.

Para os canais Itaúsa e OEM, é passada para a Itaútec a quantidade de micros que deverão ser comprados nos 4 meses seguintes, previsão esta que se cumpre quase sempre e por isso é somada à previsão total sem nenhum tipo de tratamento. Isto vem do fato da relação entre as empresas envolvidas ser muito próxima e do compromisso que a Itaúsa e as empresas OEM como a Scopus assumem de realmente adquirir os micros que foram previstos, sendo que eles se responsabilizam por previsões eventualmente mal feitas.

No canal Corporativo Gerência Comercial Nacional, cada agente (representante próprio ou terceiro) informa a quantidade que pretende vender, sendo que os dados de cada agente são somados para se chegar a um total. No caso de surgirem novos canais, os funcionários envolvidos ficam responsáveis pela elaboração de uma estimativa de vendas.

No canal Corporativo – Diretoria Comercial Itaútec é dado um tratamento diferente para grandes clientes ou licitações envolvendo grande volumes e para clientes ou licitações envolvendo volumes menores (o critério é subjetivo, não existe um valor de referência fixo). Para grandes clientes ou licitações de grande volume uma



pessoa que esteja em contato maior com a negociação determina se existe maior possibilidade da negociação ou licitação vir ou não a se concretizar. Caso a possibilidade da negociação se concretizar for maior, então o volume é incluído na previsão. Para clientes ou licitações envolvendo volumes menores, é aplicada uma porcentagem sobre o total de possíveis vendas. Esta porcentagem é determinada intuitivamente por um responsável tendo como base seu acompanhamento do histórico, ainda que não haja relatórios específicos com esses valores.

Feitas as previsões por canal, estas são somadas para se chegar à previsão final. Tanto a previsão final como as previsões por canal são passadas aos planejadores de materiais em uma planilha de Excel onde o horizonte de previsão é de 4 meses e onde os dados estão organizados por tipo de micro (determinado pelo gabinete e placa mãe utilizados) e por componentes (ex: Winchester 4.3 ou monitor 14'').

### 2.3) Desempenho do Sistema Atual

Para analisar o desempenho do sistema atual de previsão de demanda serão apresentadas, a seguir, planilhas contendo dados de previsões e valores reais de consumo para Winchesters, que representam o total de micros e para placas FAX/MODEM. Em seguida, uma tabela contendo os erros percentuais relativos médios e erros percentuais absolutos médios para os diversos componentes dos micros. Os dados são referentes somente ao ano de 2000, pois não foi possível a obtenção de um histórico mais extenso de previsões feitas.

Obs1: os meses da primeira coluna são aqueles nos quais foram feitos os planejamentos e os números em azul são os valores reais de consumo.

Obs2: os valores de erro são resultantes das médias de 7 observações para 1 mês de horizonte, 6 observações para 2 meses, 5 observações para 3 meses e 4 observações para 4 meses.

Obs3: Os Erros Porcentuais Relativos Médios são positivos quando a previsão foi superior ao valor real verificado.

➤ Winchesters

	ANO DE 2.000												
CONSUMO	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
JAN00 - REV. 1	12,79	19,30	17,79	12,14	15,09								
FEV00 - REV. 1		11,42	21,97	18,28	14,59	14,80							
MAR00 - REV. 3			14,24	28,03	21,63	24,39	22,07						
ABR00 - REV. 1				16,63	23,74	23,43	27,22	23,80					
MAI00 - REV. 0					12,66	23,77	22,36	23,21	21,43				
JUN00 - REV. 1						16,46	18,05	18,92	23,74	23,29			
JUL00 - REV. 2							10,16	16,13	21,79	23,48	24,46		
AGO00 - REV. 1								13,66	20,20	29,69	23,13	21,03	

Tabela 2.1 – Previsões e valores reais de consumo de Winchesters  
Elaborado pelo autor

➤ Placas FAX/MODEM

	ANO DE 2000												
CONSUMO	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
JAN00 - REV. 1	3,02	4,54	3,77	4,76	5,54								
FEV00 - REV. 1		3,32	5,41	5,66	5,75	5,58							
MAR00 - REV. 3			5,76	16,30	15,55	15,73	13,62						
ABR00 - REV. 1				6,90	17,30	16,23	19,59	11,31					
MAI00 - REV. 0					6,78	13,98	12,00	13,94	11,08				
JUN00 - REV. 1						7,17	7,38	10,97	14,35	13,46			
JUL00 - REV. 2							3,50	7,00	10,57	9,79	8,78		
AGO00 - REV. 1								4,74	8,19	11,99	8,14	6,99	

Tabela 2.2 – Previsões e valores reais de consumo de placas FAX/MODEM  
Elaborado pelo autor

	Meses de Previsão				
	1	2	3	4	Lead Time
Winchester	59,92	51,11	65,65	55,20	65,65
Teclado	78,36	65,43	79,21	73,18	79,21
Floppy	62,90	54,33	68,32	56,32	68,32
Mouse	60,91	55,22	72,45	59,87	72,45
Cooler	57,33	48,33	56,42	52,18	57,33
Fonte	58,30	44,64	51,87	25,38	51,87
Gabinete	36,69	35,34	35,28	39,63	36,69
<b>Total Básico</b>	<b>59,20</b>	<b>50,63</b>	<b>61,31</b>	<b>51,68</b>	<b>61,65</b>
PCI FAX/MODEM	84,02	106,16	112,00	94,86	84,02
PCI Vídeo	55,88	35,08	39,26	46,19	55,88
AGP-TNT	51,03	49,27	50,93	70,24	51,03
AGP-32					
<b>Total Placas</b>	<b>63,64</b>	<b>63,50</b>	<b>67,40</b>	<b>70,43</b>	<b>63,64</b>
CD ROM	45,30	69,36	90,61	78,68	90,61
DVD	111,59	85,61	94,96	72,47	94,96
Caixa Acústica	80,79	85,18	72,91	60,44	60,44
Microfone	75,93	77,59	65,18	61,01	61,01
<b>Total Multimídia</b>	<b>78,40</b>	<b>79,43</b>	<b>80,92</b>	<b>68,15</b>	<b>76,76</b>
14"	101,91	93,94	126,14	102,24	101,91
14" Scopus	69,31	99,81	97,70	122,14	69,31
14" Quadro Reduzido	46,81	32,91	46,31	35,75	46,81
15"	121,61	98,46	108,50	91,79	121,61
15" Scopus					
15" MM LG					
15" BB	135,55	141,52	111,13	95,41	135,55
15"MM Bege	75,67	32,37	87,05	104,77	75,67
15"MM Preto	57,30	84,68	105,00	96,07	57,30
17"	24,74	46,87	91,45	81,41	24,74
17"MM Preto	78,10	111,63	113,28	101,21	78,10
17"MM Bege	128,76	32,80	38,69	70,51	128,76
18"	100,00	100,00	100,00	33,33	100,00
19"	53,33	100,00	100,00	100,00	53,33
21"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Total Monitores</b>	<b>84,08</b>	<b>82,69</b>	<b>94,25</b>	<b>87,28</b>	<b>84,08</b>
PC-Chips	140,37	161,08	157,69	166,67	140,37
K7V-WA	133,64	169,63	200,00	200,00	133,64
MEB	81,02	49,20	63,28	66,23	81,02
P599	38,72	98,26	86,58	21,97	38,72
P5A	65,56	64,48	64,67	50,87	65,56
P5A_Nova					
P3BF	68,88	53,82	41,04	60,12	68,88
P3BF_Nova					
CW-33	164,48	163,07	99,68	79,58	164,48
<b>Total MotherBoard</b>	<b>98,95</b>	<b>108,51</b>	<b>101,85</b>	<b>92,21</b>	<b>98,95</b>
K6	41,20	60,81	65,56	34,03	65,56
K7	125,00	146,66	150,00	125,00	150,00
Celeron	121,94	100,06	99,78	106,84	99,78
Celeron_Novo					
PentiumIII	60,41	26,54	20,65	49,42	20,65
PentiumIII_Novo					
<b>Total Processadores</b>	<b>87,14</b>	<b>83,52</b>	<b>84,00</b>	<b>78,82</b>	<b>84,00</b>
<b>Total Geral</b>	<b>64,77</b>	<b>61,55</b>	<b>65,94</b>	<b>60,03</b>	<b>66,42</b>

Tabela 2.3 – Erro Porcentual Absoluto Médio das previsões de demanda  
Elaborado pelo autor

	Meses de Previsão				
	1	2	3	4	Lead Time
Winchester	59,92	51,11	54,86	50,14	54,86
Teclado	78,36	65,43	72,88	73,18	72,88
Floppy	62,90	53,88	59,91	56,32	59,91
Mouse	60,91	54,36	62,84	59,87	62,84
Cooler	57,33	48,33	49,88	43,03	57,33
Fonte	58,30	42,62	40,20	24,44	40,20
Gabinete	33,58	14,85	-3,48	-39,63	33,58
<b>Total Básico</b>	<b>58,76</b>	<b>47,23</b>	<b>48,15</b>	<b>38,19</b>	<b>54,51</b>
PCI FAX/MODEM	82,28	89,60	93,51	74,58	82,28
PCI Video	55,88	34,42	26,61	46,19	55,88
AGP-TNT	32,63	15,45	26,00	29,76	32,63
AGP-32					
<b>Total Placas</b>	<b>56,93</b>	<b>46,49</b>	<b>48,70</b>	<b>50,18</b>	<b>56,93</b>
CD ROM	26,60	49,52	72,07	53,86	72,07
DVD	95,81	73,64	87,93	72,47	87,93
Caixa Acústica	80,05	68,80	54,65	33,20	33,20
Microfone	74,13	61,22	47,05	26,07	26,07
<b>Total Multimidia</b>	<b>69,15</b>	<b>63,30</b>	<b>65,43</b>	<b>46,40</b>	<b>54,82</b>
14"	85,99	90,23	126,14	102,24	85,99
14" Scopus	8,78	48,94	50,30	52,86	8,78
14" Quadro Reduzido	32,72	19,55	28,26	26,40	32,72
15"	121,61	98,46	100,39	86,36	121,61
15" Scopus					
15" MM LG					
15" BB	106,02	74,85	-8,87	-95,41	106,02
15"MM Bege	75,67	23,91	40,76	69,87	75,67
15"MM Preto	17,64	76,97	95,45	71,91	17,64
17"	-19,94	-11,89	24,00	17,44	-19,94
17"MM Preto	42,48	100,64	46,72	-1,21	42,48
17"MM Bege	106,91	12,32	-7,58	10,69	106,91
18"	-100,00	-100,00	-100,00	-33,33	-100,00
19"	-53,33	-100,00	-100,00	-100,00	-53,33
21"	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00
<b>Total Monitores</b>	<b>57,79</b>	<b>53,40</b>	<b>49,56</b>	<b>34,11</b>	<b>57,79</b>
PC-Chips	126,29	161,08	91,02	100,00	126,29
K7V-WA	33,64	169,63	200,00	200,00	33,64
MEB	81,02	38,72	21,15	60,71	81,02
P599	27,56	79,53	64,34	7,25	27,56
P5A	65,56	64,48	64,67	41,29	65,56
P5A_Nova					
P3BF	68,88	53,82	37,17	36,81	68,88
P3BF_Nova					
CW-33	164,48	123,07	12,19	-79,58	164,48
<b>Total MotherBoard</b>	<b>81,50</b>	<b>71,92</b>	<b>39,91</b>	<b>13,29</b>	<b>81,50</b>
K6	41,20	57,17	63,19	34,03	63,19
K7	75,00	53,34	50,00	-25,00	50,00
Celeron	121,94	89,07	81,04	90,35	81,04
Celeron_Novo					
PentiumIII	60,39	26,54	9,92	47,53	9,92
PentiumIII_Novo					
<b>Total Processadores</b>	<b>74,63</b>	<b>56,53</b>	<b>51,04</b>	<b>36,73</b>	<b>51,04</b>
<b>Total Geral</b>	<b>54,94</b>	<b>47,26</b>	<b>42,16</b>	<b>29,69</b>	<b>51,61</b>

Tabela 2.4 – Erros percentuais relativos médios das previsões de demanda  
Elaborado pelo autor

Como se pode ver pelas planilhas apresentadas, os erros não só apresentam valores excessivamente altos como indicam que as previsões estão sendo sistematicamente e significativamente maiores que os valores reais de venda. Isto pode ser explicado pelo fato das previsões estarem sendo feitas baseadas somente na opinião intuitiva de algumas poucas pessoas, sendo que estas efetuam as previsões individualmente, havendo no máximo conversas informais entre alguns, não havendo qualquer tipo de utilização de modelos quantitativos. Como as previsões feitas são para o curto prazo, isto origina uma imprecisão muito grande, havendo erros sistemáticos devido a fatores como a personalidade da pessoa responsável pela previsão.

Além disso, as pessoas que efetuam as previsões pertencem à área de vendas, o que favorece a tendência de previsões excessivamente otimistas. Parece existir uma exaltação exagerada de todos em relação ao impacto que a internet está tendo para o negócio, pois apesar da tendência de aumento nas vendas ser real, ela não tem a dimensão que está sendo dada nas previsões, o que pode ser comprovado pelos erros sistemáticos que estão ocorrendo.

#### 2.4) Revisão da Literatura

Nesta revisão de literatura serão apresentados diversos modelos de previsão de demanda para que, posteriormente, possam ser utilizados no sistema de previsão de modo a atingir a máxima precisão possível. Os modelos estudados serão tanto quantitativos como qualitativos, sendo que os quantitativos podem ser divididos em modelos de projeção e de explicação.

Os modelos quantitativos de projeção são baseados em modelos matemáticos e dados históricos de venda como guia para comportamento futuro da demanda. Já os modelos quantitativos de explicação estabelecem uma relação entre as vendas de um determinado produto e outros indicadores externos, como por exemplo a taxa de crescimento da economia. Finalmente, os modelos qualitativos são mais intuitivos, feitos principalmente com base em opiniões e estimativas, o que não impede que em muitos casos possam ser mais precisos que os modelos quantitativos.

### 2.4.1) Notação Utilizada

Nos próximos itens será utilizada uma notação específica para cada parâmetro utilizado nos modelos de previsão de demanda. Esta notação é a seguinte:

- $F_t$  = Previsão para o período  $t$
- $X_i$  = Valor observado para o período  $i$
- $N$  = Número de observações utilizadas na previsão
- $e_t$  = Erro da previsão para o período  $t$
- $a$  e  $b$  = Parâmetros da equação de tendência Linear
- $I_t$  = Índice de Sazonalidade para o período  $t$

Outras notações serão explicadas no momento em que forem utilizadas.

### 2.4.2) Medidas de Erros para as Previsões

Talvez mais importante do que as previsões em si sejam as medidas de erro das previsões feitas, que servem para escolher o melhor modelo de previsão, avaliar sua confiabilidade e assim poder fazer o planejamento de produção e de suprimentos de acordo, entre outras coisas, com essa confiabilidade.

A seguir são apresentadas as principais medidas de erro utilizadas, as respectivas fórmulas e os casos onde cada uma delas é mais indicada.

- MAD – Erro Absoluto Médio

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - F_t|}{n}$$

Como o próprio nome indica, o MAD é a média dos erros absolutos das previsões em relação aos valores reais verificados. Ele é mais útil quando se deseja uma medida de erro que tenha a mesma unidade que os dados possuídos.

- MSE – Erro Quadrático Médio

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - F_i)^2}{n}$$

O MSE, por elevar ao quadrado os erros, penaliza previsões com erros muito grandes. Deste modo, ele é indicado quando se deseja modelos que produzam erros moderados, ao invés de modelos que normalmente resultem em erros pequenos, mas que ocasionalmente produzam erros muito grandes.

- MAPE – Erro Porcentual Absoluto Médio

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X_i - F_i|}{X_i}}{n}$$

O MAPE é calculado dividindo os erros absolutos de cada período pelo valor real observado tirando a média destes valores percentuais. Ele é útil quando a magnitude do valor da previsão é relevante para avaliar a precisão da previsão, informando o erro em relação ao valor atual da previsão.

- MPE – Erro Porcentual Médio

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - F_i)}{X_i}}{n}$$

A única diferença do MPE para o MAPE é que o erro das previsões de cada período utilizado não é absoluto, podendo ser negativo ou positivo. Ele serve para indicar se as previsões estão sendo sistematicamente altas ou baixas demais. Quanto mais próximo o valor absoluto do MSE for do MAPE mais sistemático está sendo o erro, para cima ou para baixo.

- Estatística U de Theil

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{F_{i+1} - X_{i+1}}{X_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{X_{i+1} - X_i}{X_i} \right)^2}}$$

Esta medida de erro tem as vantagens de penalizar modelos que acarretem erros grandes de previsão por eleva-los ao quadrado e de servir como base de comparação com métodos de previsão mais intuitivos e simples em relação aos modelos

matemáticos. Se o valor de U for menor do que 1, isto significa que o modelo de previsão utilizado resulta em valores mais precisos do que os que seriam obtidos caso se fizesse previsão de forma intuitiva, por exemplo repetindo o valor do último mês. Ao contrário, se o valor de U for maior do que 1, não existe sentido em se utilizar os atuais modelos matemáticos de previsão já que uma previsão intuitiva resultaria em melhores resultados.

### 2.4.3) Modelos de Projeção

O princípio por trás dos modelos apresentados a seguir é a procura por um padrão de comportamento das vendas no passado, como sazonalidade, ciclicidade, tendência e estabilidade. Identificado o padrão de comportamento, supõe-se que este irá se repetir nas vendas futuras. O modelo que apresentar o menor erro (vide item 3.4.4) será o mais apropriado para prever um determinado produto.

#### 2.4.3.1) Modelos de Média

- Média Simples

Neste modelo, todos os dados de venda a partir de um determinado período são utilizados para o cálculo da previsão, que será a média destes valores, conforme fórmula a seguir:

$$F_{T+1} = \sum_{i=1}^T X_i / T$$

Este modelo é indicado apenas para dados que apresentam alto nível de estabilidade, já que não acompanha variações como tendência e sazonalidade.

- Média Móvel Simples (Constante)

Neste modelo, a previsão é feita sempre utilizando um determinado número de observações passadas. A cada nova previsão a observação mais antiga é descartada e uma nova é incluída na média, conforme a fórmula:



$$F_{T+1} = \frac{1}{T} \sum_{i=T-N+1}^T X_i$$

Este modelo consegue lidar com tendência ou sazonalidade melhor do que o de média simples, apesar de ainda não conseguir um desempenho muito bom nesses casos. Ele também tem a vantagem de usar um número de dados constante nas suas observações à medida que o tempo avança, o que lhe dá mais consistência.

A escolha do número de observações a serem usadas na média móvel depende basicamente de qual o nível de estabilidade das vendas ao longo do tempo. Quanto maior o período considerado, maior será a suavização na previsão. Por exemplo, um período de 12 meses não é indicado para casos onde existe forte sazonalidade, já que elimina seu efeito nas previsões feitas. A escolha pode ser feita numericamente, fazendo uma simulação para identificar para que período considerado o erro nas previsões é menor.

- Média Móvel Dupla (Linear)

Neste modelo, além da média móvel vista no item anterior é feita uma outra média móvel com base nas próprias médias móveis calculadas, chamada de Média Móvel Dupla. A previsão leva em conta as duas médias móveis calculadas mais um valor de tendência, conforme fórmulas a seguir:

$$S'_t = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-N+1}}{N}$$

$$S''_t = \frac{S'_t + S'_{t-1} + S'_{t-2} + \dots + S'_{t-N+1}}{N}$$

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t)$$

$$b_t = \frac{2}{N-1} (S'_t - S''_t)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m$$

Assim, pode-se verificar que o valor da previsão equivale à soma da média móvel simples, a diferença entre a média móvel simples e a média móvel dupla, e a tendência. Estes últimos dois componentes da soma representam um duplo ajustamento da previsão em relação a uma possível tendência. Assim, o modelo da Média Móvel Linear elimina o erro sistemático que ocorria tanto na Média Simples como na Média Móvel Simples no caso da existência de tendência. Entretanto, como o próprio nome indica, para que a previsão do modelo da Média Móvel Linear seja precisa a tendência das observações deve ser linear, caso contrário o ajuste não será eficaz.

#### 2.4.3.2) Modelos de Suavização Exponencial

Os modelos de Suavização Exponencial apresentam uma atribuição de pesos a dados históricos mais refinada que a dos modelos de média. Assim como nos modelos de Média Móvel Simples e Linear, é dado um peso maior aos dados mais recentes. Entretanto, ao contrário dos modelos de média, quando a atribuição de pesos era implícita ao modelo utilizado, nos modelos de Suavização Exponencial os parâmetros de suavização são explícitos e podem ser ajustados conforme o caso.

- Suavização Exponencial Simples

Neste modelo, a previsão é feita pela soma de porcentagens da última previsão e da última observação feitas, conforme a fórmula:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t$$

Se for feita uma análise mais detalhada desta equação, percebe-se que a cada período que se anda para trás, o peso da observação feita é multiplicado pelo fator  $(1-\alpha)$ . Assim, definindo-se o valor de alfa se estará definindo o nível de suavização desejado. Mexendo nos fatores da equação, chega-se a um resultado que permite outro tipo de análise:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(X_t - F_t) = F_t + \alpha(e_t)$$

Ou seja, a previsão na verdade equivale à previsão anteriormente feita mais uma porcentagem do erro desta previsão. Quanto menor o valor de  $\alpha$  mais peso se dará na previsão anterior e quanto maior o valor de  $\alpha$  mais peso se dará à última observação feita.

Em ambas as análises percebe-se que a previsão está sempre “correndo atrás” das observações reais, e que o que determina como será essa corrida é o valor de  $\alpha$ . Mas como definir esse valor? Uma forma possível é através de simulação, onde testando diversos valores de  $\alpha$  acha-se aquele que resultar no menor erro das previsões (em geral quanto mais dispersos forem os dados menor deverá ser o valor de  $\alpha$ ). Outra forma é usando a chamada abordagem adaptativa, que é indicada para casos onde existem muitos itens a serem previstos e/ou o padrão de comportamento dos dados é muito variável. Nela, o valor de  $\alpha$  é ajustado segundo as seguintes equações:

$$\alpha_{t+1} = \left| \frac{E_t}{M_t} \right| \quad E_t = \beta e_t + (1 - \beta)E_{t-1} \quad M_t = \beta |e_t| + (1 - \beta)M_{t-1}$$

Assim,  $\alpha$  é o valor absoluto da razão entre o termo de erro suavizado ( $E_t$ ) e o erro absoluto suavizado ( $M$ ). O valor de  $\beta$  é usado para controlar as alterações que se dão de forma automática em  $\alpha$  e é definido apenas uma vez para todos os itens. Um ponto fraco deste modelo é que às vezes ele pode exagerar nas respostas às mudanças de padrões nos dados.

- Suavização Exponencial Dupla (Linear) – Modelo de Brown

A lógica por trás deste modelo é bastante similar à da Média Móvel Dupla, ou seja, usa-se a diferença entre os valores de suavização simples e os de suavização dupla para ajustar a previsão de modo que ela acompanhe uma possível tendência de forma satisfatória. Assim, percebe-se que as equações utilizadas são muito parecidas:

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1}$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m$$

- Suavização Exponencial Dupla (Linear) – Modelo de Holt

Neste modelo, diferentemente do que acontece no modelo de Brown, a tendência é suavizada separadamente. Isto possibilita mais flexibilidade, já que utiliza um parâmetro de suavização para a tendência ( $\gamma$ ) diferente do da série de dados. São utilizadas três equações:

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$$

$$F_{t+m} = S_t + b_t m$$

Quanto maior for a variação na tendência verificada, maior é o  $\gamma$  recomendado para que a variação seja acompanhada eficazmente, e quanto menor a variação, menor deve ser o  $\gamma$  para se aumentar o nível de suavização.

- Suavização Exponencial Tripla – Modelo Quadrático de Brown

Assim como os modelos de suavização lineares são utilizados para suavizar tendências lineares os de suavização exponencial triplo se aplicam bem a casos onde os dados apresentam padrão de tendência quadrático. Isto se deve à adição de um termo adicional de suavização tripla na equação de forecast. Assim, além das equações indicadas no modelo de Suavização Linear de Brown são adicionadas outras duas que irão por fim compor a equação de forecast.

$$S'''_t = \alpha S''_t + (1 - \alpha) S'''_{t-1}$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S''_t - 2S'''_t + S''''_t)$$

$$F_{t+m} = a_t + btm + \frac{1}{2} c_t m^2$$

- Suavização Exponencial Tripla – Modelo de Tendência e Sazonalidade de Winter

Diferentemente dos outros modelos apresentados até agora, este consegue lidar diretamente com o fator sazonalidade, o que pode reduzir significativamente o erro das previsões caso os dados apresentem de fato esse tipo de comportamento. O modelo é similar ao de Holt, adicionando às duas equações para estabilidade e tendência uma outra que lida com sazonalidade, conforme demonstrado abaixo:

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \longrightarrow \boxed{\text{ESTABILIDADE}}$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1} \longrightarrow \boxed{\text{TENDÊNCIA}}$$

$$I_t = \beta \frac{X_t}{S_t} + (1-\beta)I_{t-L} \longrightarrow \boxed{\text{SAZONALIDADE}}$$

$$F_{t+m} = (S_t + btm)I_{t-L+m}$$

Onde L é o comprimento da sazonalidade, por exemplo o número de meses em um ano. Os melhores valores para  $\gamma$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  devem ser achados através de simulação ou de algoritmos de otimização não linear, o que o torna bastante complexo e dispendioso.

- Suavização Exponencial – Classificação de Pegel

Analisando os modelos de suavização exponencial, percebe-se que existe uma fórmula básica comum a todos:

$$S_t = \alpha P + (1-\alpha)Q$$

A classificação de Pegel consiste em utilizar fórmulas diferentes para P e Q de acordo com a existência ou não dos componentes de tendência e sazonal e se estes são de natureza aditiva ou multiplicativa, conforme a tabela:

			Componente Sazonal		
			1 (nenhum)	2 (aditivo)	3 (multiplicativo)
Componente de Tendência	A (nenhum)	P =	$X_t$	$X_t - C_{t-L}$	$X_t / D_{t-L}$
		Q =	$S_{t-1}$	$S_{t-1}$	$S_{t-1}$
	B (aditivo)	P =	$X_t$	$X_t - C_{t-L}$	$X_t / D_{t-L}$
		Q =	$S_{t-1} + A_{t-1}$	$S_{t-1} + A_{t-1}$	$S_{t-1} + A_{t-1}$
	C (multiplicativo)	P =	$X_t$	$X_t - C_{t-L}$	$X_t / D_{t-L}$
		Q =	$S_{t-1} B_{t-1}$	$S_{t-1} B_{t-1}$	$S_{t-1} B_{t-1}$

Tabela 2.5 – Classificação de Pegel (Parâmetros)  
Transcrito de Makridakis e Wheelwright (1983)

onde  $X_t$  = dado atual

$S_t$  = dado suavizado

$A_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)A_{t-1}$  (tendência aditiva)

$B_t = \gamma(S_t / S_{t-1}) + (1 - \gamma)B_{t-1}$  (tendência multiplicativa)

$C_t = \delta(X_t - S_t) + (1 - \gamma)C_{t-L}$  (sazonalidade aditiva)

$D_t = \theta(X_t / S_t) + (1 - \theta)D_{t-L}$  (sazonalidade aditiva)

$\beta, \gamma, \delta$  e  $\theta$  são parâmetros restritos a valores entre 0 e 1

Determinados estes parâmetros, pode-se então chegar à previsão final que, assim como o dado suavizado, vai depender dos componentes de tendência e sazonalidade dos dados, conforme a tabela:

		Componente Sazonal		
		1 (nenhum)	2 (aditivo)	3 (multiplicativo)
Componente de Tendência	A (nenhum)	$S_t$	$S_t + C_{t-L+m}$	$S_t D_{t-L+m}$
	B (aditivo)	$S_t + mA_t$	$S_t + mA_t + C_{t-L+m}$	$(S_t + mA_t)D_{t-L+m}$
	C (multiplicativo)	$S_t B_t^m$	$S_t B_t^m + C_{t-L+m}$	$S_t D_{t-L+m} B_t^m$

Tabela 2.6 – Classificação de Pegel (Previsão final)  
Transcrito de Makridakis e Wheelwright (1983)

Assim, por exemplo, para uma série de dados que apresente tendência linear e nenhuma sazonalidade as fórmulas das células B1 das tabelas são as que provavelmente resultarão no menor erro de previsão. A grande vantagem desta classificação de Pegel é que fornece instrumentos para lidar com diversos tipos de padrões de comportamento nos dados de forma prática, podendo-se escolher o conjunto de fórmulas que melhor se aplica às observações.

- Inicialização dos Modelos

Este é um ponto importante para os modelos de Suavização Exponencial, já que um valor de inicialização impróprio pode distorcer as previsões por um período razoavelmente longo. Este problema de inicialização existe porque certos parâmetros das fórmulas dependem de valores de períodos anteriores, os quais na inicialização do modelo não estão disponíveis.

Caso no momento de inicialização do modelo se tenha dados de períodos anteriores armazenados, é possível determinar valores iniciais através do método das tentativas, achando-se aqueles que resultem nos menores erros de previsão. A vantagem é que a distorção que pode ser causada pelos valores de inicialização estará suavizada ao chegar na primeira previsão realmente utilizada.

Caso se tenha poucos dados anteriores, pode-se determinar os valores de inicialização da seguinte forma:

$$S_1 = S'_1 = S''_1 = S'''_1 = X_1$$

$$a_1 = X_1$$

$$b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_3 - X_2) + (X_4 - X_3)}{3}$$

$$c_1 = \frac{X_3 - X_1}{2}$$

$$I_L = \frac{X_L}{\bar{X}}$$

$$b_{L+1} = \frac{(X_{L+1} - X_1) + (X_{L+2} - X_2) + (X_{L+3} - X_3)}{3(L)}$$

onde  $\bar{X}$  é a médias para dados de um ciclo completo de sazonalidade (L).

#### 2.4.3.3) Modelos de Decomposição

Nos modelos de decomposição os padrões de comportamento dos dados são divididos em três tipos que serão tratados cada um de forma separada, sendo eles: a tendência, a sazonalidade e a ciclicidade. Assim, uma representação matemática geral para estes modelos é a seguinte:  $X_t = f(I_t, T_t, C_t, E_t)$ , onde  $X_t$  é o dado atual no período  $t$ ,  $I_t$  o componente de sazonalidade,  $T_t$  o de tendência,  $C_t$  o de ciclicidade e  $E_t$  o erro ou componente randômico. A metodologia utilizada é o isolamento por etapas dos componentes para que possam ser analisados e usados nas previsões.

Neste trabalho será analisado um clássico modelo de decomposição chamado Razão de Médias Móveis. Este modelo se caracteriza como multiplicativo, já que parte da seguinte fórmula:  $X_t = I_t * T_t * C_t * E_t$ .

O primeiro passo é isolar os componentes de tendência e ciclicidade. Para isso, é calculada uma média móvel cujo número de termos é igual ao período da sazonalidade, por exemplo 12 meses (usaremos sempre este exemplo neste modelo), de modo que tanto o efeito sazonal como o randômico são anulados. Assim, a média móvel pode ser representada por  $M_t = T_t * C_t$ .

Se dividirmos a fórmula do dado atual pela da média móvel temos:

$$\frac{X_t}{M_t} = \frac{I_t \times T_t \times C_t \times E_t}{T_t \times C_t} = I_t \times E_t$$

Esta razão deverá ser calculada para cada mês em que se tenha dados disponíveis. Para eliminar o componente randômico deve ser calculada uma média das razões para cada mês do ano. Esta média será então multiplicada por um fator de correção (no caso igual a 0.99627) para que a soma dos índices de sazonalidade de 1 ano inteiro seja igual a 12.

A etapa final do modelo é a separação do componente de tendência do de



ciclicidade. O cálculo dos coeficientes da fórmula de tendência ( $X_t = a + bt$ , já que aqui trataremos apenas de tendência linear) é feito de modo que o erro quadrático médio seja minimizado, utilizando-se as equações:

$$b = \frac{n \sum tX - \sum t \sum X}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$a = \frac{\sum X}{n} - b \frac{\sum t}{n}$$

O componente de ciclicidade é obtido dividindo-se as médias móveis pelos valores obtidos pela fórmula de tendência, como mostra a fórmula:

$$\frac{M_t}{T_t} = \frac{T_t \times C_t}{T_t} = C_t$$

Finalmente, as previsões são obtidas multiplicando-se os componentes de sazonalidade, tendência e ciclicidade calculados anteriormente. Vale lembrar que os modelos de decomposição são mais complexos e exigem mais tempo de execução que os de suavização exponencial e por isso se restringem a casos onde o número de itens a serem tratados não é muito grande.

#### 2.4.4) Modelos de Explicação

Estes modelos podem também ser chamados modelos causais, pois relacionam variáveis dependentes, como vendas de produtos, com variáveis independentes, como taxa de crescimento da economia. Devido ao fato de possuírem um custo elevado, eles são aplicados a casos onde a previsão é feita para planejamento de longo prazo e onde o ganho de precisão compensa os custos. Um ponto interessante deste modelo é que às vezes a própria compreensão das relações de dependência é mais benéfica para a empresa do que utiliza-las para fazer previsões, já que ajuda a conhecer o cenário no qual a empresa se insere.

Neste trabalho será estudado o modelo de regressão simples, onde existem apenas uma variável dependente e uma independente, que é o mais aplicável ao caso que

está sendo estudado, já que os modelos de regressão múltipla (mais de uma variável independente) e os econométricos (mais de uma variável independente e mais de uma variável dependente) seriam custosos e complexos demais para previsões mensais a serem utilizadas no planejamento de materiais.

Como notação, utilizaremos sempre “y” para designar a variável dependente e “x” para a independente. A fórmula básica para o modelo de regressão simples linear é semelhante à adotada para o componente de tendência nos modelos de projeção, que é:  $Y = a + bX$

Também as equações para os coeficientes a e b são semelhantes, apenas substituindo X por Y, t por X:

$$b = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y}{N} - b \frac{\sum X}{N}$$

Conforme dito anteriormente, estas equações foram elaboradas visando minimizar o erro quadrático médio das observações em relação aos valores da reta. Elas só se aplicam, entretanto, a casos onde tanto as variáveis como os coeficientes são lineares, sendo este o tipo de relação possível entre as variáveis que poderá ser tratado neste trabalho. A única exceção é para equações com coeficientes não lineares que possam ser transformados em lineares através da utilização de funções logarítmicas nos dois lados da equação, como por exemplo  $Y = e^{a + bx}$ , que passa a ser  $\log_e(Y) = \log_e(e^{a + bx})$  e finalmente  $\log_e(Y) = (a + bx) \log_e e = a + bx$ .

Um valor bastante útil que pode ser utilizado nos modelos de regressão linear é o coeficiente de correlação. Ele quantifica o nível de associação existente entre as variáveis Y e X sendo usadas na regressão e de que forma elas estão associadas, positivamente ou negativamente. Desta forma, pode-se identificar até que ponto é realmente viável a utilização do modelo de regressão para um determinado par de variáveis.

Uma das possíveis formas de se definir matematicamente o coeficiente de correlação é como a covariância entre X e Y dividida pelo produto dos desvios padrões de X e Y. Entretanto, ao invés de explicitar estes fatores com equações, é mais útil mostrar a fórmula final que será utilizada efetivamente por requerer um número menor de cálculos:

$$r_{XY} = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

onde  $r_{XY}$  é o coeficiente de correlação entre X e Y.

O coeficiente de correlação pode variar entre  $-1$  e  $+1$ . Quanto maior o valor absoluto do coeficiente, mais forte será a associação entre as variáveis. Um coeficiente negativo indica uma associação negativa entre as variáveis e vice-versa. Por exemplo, um coeficiente de correlação igual a  $+1$  entre a venda de computadores e a taxa de crescimento da economia indica que, se a taxa de crescimento tiver seu valor aumentado, a venda de computadores certamente crescerá, contanto que se tenha usado um número suficiente de dados no cálculo (pelo menos 50) e que não se tenha outliers, o que pode tirar a confiabilidade do coeficiente.

#### 2.4.5) Modelos Qualitativos de Projeção

Até agora foram vistos modelos de previsão de demanda que utilizam fórmulas e dados quantitativos para fornecer as previsões. Em certos momentos, porém, estes modelos podem não abranger toda a gama de fatores que influenciam a demanda e resultar em previsões pouco precisas. Isto pode acontecer por exemplo em casos onde surge uma nova tecnologia que amplia as possibilidades de vendas, como foi a internet para os computadores.

É nesses casos que aparece a necessidade de se utilizar modelos qualitativos de projeção, onde a base para a obtenção de uma previsão é o julgamento de um analista, que utiliza seus conhecimentos sobre o produto vendido, o mercado e os consumidores. Quanto menos dados históricos disponíveis estiverem disponíveis e

quanto menos relevantes estes forem considerados, maior a tendência de utilização de modelos qualitativos, sempre com o objetivo de minimizar o erro nas previsões. Outro ponto importante a ser considerado é que modelos qualitativos são indicados sobretudo para previsões de longo prazo.

Entre os principais modelos qualitativos estão o Júri de Opinião de Executivos, o de Composição da Força de Vendas, o de Curvas de Crescimento, o modelo de Delphi e o de Elaboração de Cenários.

- Júri de Opinião de Executivos

Este é um dos mais simples e mais utilizados modelo de previsão qualitativo. Nele, um grupo de executivos de diferentes áreas da empresa, como vendas, produção e finanças, se reúne para decidir em conjunto qual será a previsão para cada item. De preferência, os executivos devem ser providos com dados históricos e conjunturais, como crescimento da economia. As vantagens deste modelo é que nele as previsões são obtidas rápida e facilmente sem a necessidade de estatísticas muito complexas (por isso é indicado para casos onde não se tem muitos dados históricos), além de considerar a opinião de especialistas em diversas áreas. Assim, por exemplo, se uma pessoa de vendas tem tendência a ser otimista demais, a da produção poderá contrabalançar. As desvantagens são a subjetividade do julgamento dos executivos, e o tempo que este precisam gastar para elaborar as previsões.

- Composição da Força de Vendas

Neste modelo os vendedores fazem individualmente suas previsões de vendas para a área específica em que atuam baseados em seus próprios conhecimentos do mercado. A vantagem deste modelo é que as previsões são feitas por aqueles que estão em contato mais próximo com o mercado e, por isso, teriam mais condições de prever o seu comportamento. As desvantagens são que frequentemente os vendedores são excessivamente otimistas ou pessimistas, dependendo do tipo de pessoa, e além disso podem não estar a par das tendências econômicas.

- Curvas de Crescimento

O modelo de curvas de crescimento se concentra nas variações de longo prazo de uma variável de interesse e a projeta para o futuro sem se preocupar com a tecnologia específica que poderia afetar esta projeção e sem a utilização de modelos matemáticos. Geralmente, o formato de curva utilizado é o de uma exponencial, já que nesta os aprimoramentos vão decrescendo ao longo do tempo.

- Modelo de Delphi

Neste modelo, tenta-se eliminar as distorções causadas pela dinâmica de grupo presentes em reuniões onde se pretende obter as previsões. Para isso, cada analista fica separado dos demais e é requisitado a fazer considerações sobre o comportamento da demanda. Então, um coordenador lê o que cada analista escreveu, faz um resumo de tudo o que foi escrito e repassa este resumo aos analistas. Eles lêem o que os outros escreveram, fazem uma análise e passam de novo ao coordenador. Este processo se repete um determinado número de vezes e ao final pode-se chegar a alguns consensos sem que tenha havido distorções causadas pela dinâmica do grupo.

- Elaboração de Cenários

Aqui são feitas previsões sobre o comportamento do ambiente no qual a empresa está inserida, sendo inclusive consideradas diferentes possibilidades e suas respectivas probabilidades de vir a se tornar realidade. Ao final são feitas reuniões para se debater as conseqüências que tais cenários terão sobre a forma como a empresa deve se comportar.

Como pode se notar, alguns dos modelos acima expostos estão mais voltados para o longo prazo, de modo que sua aplicação neste trabalho será restrita, já que as previsões feitas com o objetivo de servir ao planejamento de suprimentos dificilmente passarão de 4 meses. Algo que deve ser considerado, entretanto, é que o ramo de microcomputadores está inserido em um mercado de tecnologia onde existe quase um consenso de que em longo prazo deverá haver grandes crescimentos.

## 2.5) Proposta de Sistema de Previsão da Demanda

No sistema proposto, as previsões continuam sendo feitas por canal de vendas como vinha sendo feito antes, já que como foi visto cada um destes apresenta características peculiares que acarretam padrões de comportamento das vendas também peculiares. Serão utilizados diversos modelos vistos na parte de Revisão da Literatura, de acordo com o canal de venda tratado.

Como os modelos matemáticos utilizados não apresentam complexidade muito grande, todo o sistema poderá ser feito em planilhas do Excel, utilizando sobretudo o recurso de fórmulas. Isto significa um custo bastante reduzido de implantação do sistema, o que certamente irá contribuir para sua aceitação por parte dos gerentes e diretores da empresa.

Para começar, podemos ver na tabela 2.7 abaixo dados de Maio de 99 a Maio de 2000 que mostram a proporção entre os canais de venda em relação ao volume de vendas:

Canal	Vendas [unidades]	Porcentual
Corporativo – Dir. Com. It. (Grandes)	43946	39%
Televendas	19786	17%
Itaúsa	16109	14%
OEM	15131	13%
Lojas	10043	9%
Corporativo – Dir. Com. It. (Pequenos)	4564	4%
Corporativo – Ger. Com .Nac.	3209	3%
Outros	970	1%
Total	113758	100%

Tabela 2.7 – Vendas por canal  
Elaborado pelo autor

- Canal Corporativo – Diretoria Comercial Itaútec (Grandes Clientes ou Licitações)

Neste canal de vendas não faz sentido o uso de modelos matemáticos para histórico de vendas, já que o número de clientes e licitações é muito pequeno envolvendo sempre grandes volumes de micros. Assim, o modelo utilizado será qualitativo e ele servirá para determinar em cada negociação com uma empresa ou licitação do governo a probabilidade de concretização da venda e o provável prazo que será exigido pelo cliente para atendimento do pedido. Dentre os modelos vistos deste tipo, o mais

adequado ao caso é o de Composição da Força de Vendas, já que é de fundamental importância que os responsáveis pela previsão tenham conhecimento aprofundado sobre a negociação específica da previsão que irão efetuar. De acordo com o modelo teórico, cada funcionário faz a previsão da área específica em que atua. Entretanto, para o caso da Itaútec é conveniente que, caso haja mais de uma pessoa envolvida na negociação, as previsões sejam feitas por um grupo não excedendo o limite máximo de 4 integrantes, já que a análise pode se tornar bastante complexa em alguns casos. Estes integrantes deverão chegar a um consenso para então elaborar as previsões finais.

- Canais Itaúsa e OEM

Para os canais Itaúsa e OEM, será mantido o método atual de utilizar as previsões passadas pelas próprias empresas, que já contém todas as configurações dos micros desejados, de modo que é possível determinar as previsões de todos os componentes dos micros. Isto será feito pelo fato das previsões feitas pelas empresas se constituírem num compromisso de adquirir aqueles micros previstos. Isto só é possível devido ao relacionamento extremamente próximo que existe entre a Itaútec e estas empresas, o que leva a um alto nível de comprometimento de ambas as partes em cumprir o que tiver sido acordado.

- Canais de Lojas e Televendas

Como os canais de Lojas e Televendas apresentam a mesma característica de fazer parte do varejo, será utilizado o mesmo modelo de previsão para ambos. Por outro lado, os dados serão tratados em separado e as previsões serão feitas individualmente para cada canal, pois existe a possibilidade de que em cada um ocorra um padrão de comportamento diferente na demanda.

A previsão será obtida utilizando-se tanto modelos quantitativos como qualitativos. Os modelos de explicação não serão utilizados devido à dificuldade ou mesmo inexistência dos dados para os fatores que poderiam afetar significativamente as vendas. Segundo levantamento feito em entrevistas, os possíveis fatores que afetam as vendas são o impacto da internet, que causa tendência de crescimento mas é de difícil mensuração e previsão, o desempenho da economia, cujas projeções são

geralmente trimestrais (seriam necessários dados mensais) e poderiam requerer custo para obtenção, e o investimento em publicidade, valor que não é orçado com exatidão para os meses futuros. Por estes motivos é preferível utilizar modelos de projeção do que de explicação na modelagem matemática da previsão de micro-computadores.

- Fase Quantitativa

Inicialmente será feita toda a parte quantitativa da previsão para em seguida utilizar os métodos qualitativos para chegar à previsão final. Na fase quantitativa, será obtida, através de modelos matemáticos, a previsão para as vendas de micros Transglobe e Infoway tanto para Lojas como para Televendas, já que cada um destes micro tem um tipo de configuração diferenciado, sendo o Transglobe um micro mais simples e o Infoway um mais avançado. Para os componentes, será determinado através de modelos quantitativos o percentual do total de micros que contém este componente. Com isto, pretende-se tratar separadamente os fatores que afetam o total de vendas de micros (vistos anteriormente), e os fatores que afetam a porcentagem de cada tipo de componente, como por exemplo ciclo do produto para Winchesters de diferentes capacidades, utilizando para cada caso o modelo matemático mais apropriado.

O modelo matemático a ser utilizado para cada componente será aquele que, entre os que forem considerados viáveis e por isso mesmo incluídos na planilha de previsão, resultar no menor índice erro, o que será verificado através do histórico de previsões. O erro considerado será referente à previsão para um horizonte correspondente ao lead time total do item em questão.

O índice de erro utilizado como critério de seleção de modelo será o MAPE, ou Erro Porcentual Absoluto Médio, pois os valores reais de venda e os de previsão podem apresentar magnitudes bastante diversas no período considerado para calcular a média, de modo que é preferível a utilização de um modelo porcentual. O erro considerado será absoluto porque neste momento não interessa tanto se está havendo ou não erros sistematicamente acima ou abaixo dos valores reais. O Erro Porcentual Relativo Médio será calculado mas será utilizado apenas na fase qualitativa. Já o Erro Quadrático Médio (MSE) será calculado posteriormente utilizando dados da planilha de previsão para determinar o desvio padrão das curvas normais utilizadas na determinação dos estoques de segurança de cada item.



A seguir, os dados históricos de vendas de micros para Lojas e Televendas.

<b>Mês</b>	<b>Quantidade</b>
Mai/99	4439
Jun/99	3446
Jul/99	2582
Ago/99	4709
Set/99	2518
Out/99	2616
Nov/99	3279
Dez/99	3925
Jan/00	3677
Fev/00	5437
Mar/00	4335
Abr/00	4219
Mai/00	5542

Tabela 2.7 – Vendas de micros para Lojas e Televendas  
Elaborado pelo autor

Como se pode notar pela simples visualização dos dados, existe uma forte tendência de crescimento no total de vendas. De acordo com entrevistas com pessoas dos departamentos de vendas e planejamento isto se deve principalmente ao impacto que a internet vem causando. O fato é que este histórico de vendas não é suficiente para se incluir os fatores de ciclicidade e sazonalidade na previsão feita com os modelos quantitativos, de modo que inicialmente não serão utilizados modelos que contemplam estes fatores. Entretanto, a planilha em que serão calculadas as previsões foi elaborada de modo que a inclusão das fórmulas destes modelos é bastante simples e rápida, sendo que estes poderão ser utilizados quando houver no mínimo 3 anos de dados.

Assim, os modelos disponíveis para utilização na fase quantitativa serão:

- Média Móvel Simples
- Média Móvel Dupla
- Suavização Exponencial Simples
- Suavização Exponencial Dupla – Modelo de Holt
- Suavização Exponencial Tripla – Modelo Quadrático de Brown

Posteriormente, quando houver dados históricos suficientes, poderão ser incluídos os seguintes modelos:

- Suavização Exponencial Tripla – Modelo de Tendência e Sazonalidade de Winter
- Suavização Exponencial – Classificação de Pegel
- Modelo de Decomposição – Razão de Médias Móveis

- Fase Qualitativa

Obtidos então os valores de previsão através de modelos quantitativos, passamos à fase qualitativa. Esta é uma fase fundamental do processo de previsão, pois fatores que não estavam sendo considerados na fase quantitativa, como promoções, propaganda e situação econômica do país, serão levados em conta pelas pessoas responsáveis. O que é mais importante aqui é que a previsão resulte de um consenso e não da opinião de uma única pessoa, para que se elimine o tanto quanto possível as imprecisões decorrentes da subjetividade inerente aos modelos qualitativos de previsão.

Por outro lado, se for verificado em algum momento que esta fase qualitativa acaba por resultar em um aumento no índice de erro das previsões feitas, então as alterações nas previsões feitas na fase qualitativa não serão consideradas. Este acompanhamento será feito todo mês. A princípio não é possível determinar até que ponto esta fase qualitativa trará ganhos na precisão das previsões, já que existe um fator favorável à sua utilização – insuficiência de dados históricos, e um fator desfavorável - previsões feitas para o curto prazo. À medida que o tempo for passando, a tendência é que a fase qualitativa se torne menos interessante de ser utilizada, já que o histórico irá se tornar mais extenso. Isto, entretanto, só poderá ser apurado corretamente quantificando os erros.

Por eliminação, os modelos vistos na Revisão de Literatura possíveis de serem adotados são o Júri de Opinião de Executivo e o Modelo de Delphi. O modelo de Composição da Força de Vendas não é apropriado pois ele apresenta o sério risco de manter o mesmo problema que vem ocorrendo com o sistema atual de previsão, com esta sendo elaborada pelo pessoal de vendas que vem sendo sistematicamente e

significativamente otimista demais em suas previsões (vide tabela 2.4). Os modelos de Curvas de Crescimento e Composição de Cenários se aplicam a previsões de longo prazo, que não é o caso deste trabalho já que as previsões feitas não passarão de 5 meses.

O Júri de Opinião de Executivos tem a vantagem de que na empresa já é adotado um método semelhante na área de eletro-eletrônicos, onde após a elaboração da previsão por um especialista é feita uma reunião de Forecast para que outros (não necessariamente executivos, já que não se tratam de previsões que vão influenciar o posicionamento estratégico da empresa) possam opinar a respeito e às vezes alterar as previsões. Assim, alguns funcionários das áreas de planejamento e de vendas já estão habituados com este tipo de procedimento.

Por outro lado, o modelo de Delphi traria um grande benefício eliminando as distorções causadas pela dinâmica de grupo, com relações de poder distorcendo o peso das opiniões de cada participante. Além disso, cada pessoa teria um tempo próprio para fazer uma análise individual com calma e propor alterações razoáveis nas previsões obtidas por modelos quantitativos.

Como são muitas as previsões a serem analisadas, existe ainda um outro fator fundamental na escolha do modelo qualitativo a ser utilizado, que é a simplicidade e rapidez de obtenção das previsões. O Júri de Opinião fica com isso inviabilizado na prática já que se fossem discutidas em grupo as previsões para cada componente do micro, seria necessária a disponibilidade de um tempo excessivamente longo dos participantes. Assim, será utilizado o modelo de Delphi com algumas modificações objetivando adapta-lo ao caso específico da Itaotec.

Uma das alterações é que ao invés dos participantes emitirem opiniões escritas e subjetivas a respeito do comportamento da demanda, eles serão requisitados a propor alterações nos valores obtidos através do modelo quantitativo. Outra alteração é que ao invés de serem feitas várias rodadas de análises, haverá apenas uma, a partir da qual será calculada a média das previsões de cada participante. Isto será feito porque como as previsões são numéricas e para o curto prazo seria muito difícil se chegar a um consenso dos participantes, cuja função foi substituída pelo cálculo da média das previsões. Haverá dois participantes que trabalham na fábrica, dois da área de

planejamento e dois da área comercial (vendas). Assim, espera-se que, por exemplo, um possível otimismo exagerado nas previsões dos participantes da área comercial seja compensado pelas previsões mais conservadoras dos participantes da fábrica.

Como complemento ao modelo de Delphi, a fim de torna-lo mais preciso e confiável serão adotados dois procedimentos complementares. O primeiro é o fornecimento aos participantes de dados relevantes para a previsão de vendas, através de relatórios que abranjam os fatores: o crescimento do uso da internet, o desempenho da economia (taxa de crescimento) e o volume de investimentos em propaganda. Segundo levantamento de entrevistas, tais fatores influenciam o comportamento da demanda. Junto a estes relatórios será informado o coeficiente de correlação (conceito visto na Revisão de Literatura na parte de modelos de regressão) entre as vendas dos totais de micros e cada um dos fatores (inicialmente não será possível coeficiente para a taxa de crescimento, pois como os valores são trimestrais não há dados suficientes). Além disso, deverão ser informados a cada participante os valores de Erro Porcentual Absoluto Médio e Erro Porcentual Médio de suas previsões para que eles possam saber se suas previsões estão sendo sistematicamente superiores ou inferiores aos valores reais para que eles possam melhorar a qualidade das mesmas. A seguir uma tabela com dados de venda e de gastos com propaganda :

➤ Lojas

	Vendas [un]	Gastos [R\$ Mil]
Mai/99	1770	531
Jun/99	1056	68
Jul/99	1539	311
Ago/99	1583	403
Set/99	804	350
Out/99	811	405
Nov/99	881	291
Dez/99	1559	953
Jan/00	1013	84
Fev/00	1933	376
Mar/00	1153	119
Abr/00	1459	436
Mai/00	1522	424

Tabela 2.9 – Vendas e gastos com propaganda para o canal Lojas  
Elaborado pelo autor

Coeficiente de Correlação = 0,45

➤ Televendas

	Vendas [un]	Gastos [R\$ Mil]
Mai/99	2669	531
Jun/99	2390	68
Jul/99	1044	311
Ago/99	3126	403
Set/99	1714	350
Out/99	1805	405
Nov/99	2399	291
Dez/99	2366	953
Jan/00	2664	84
Fev/00	3504	376
Mar/00	3182	119
Abr/00	2761	436
Mai/00	4021	424

Tabela 2.10 - Vendas e gastos com propaganda para o canal Televendas  
Elaborado pelo autor

Coefficiente de Correlação = -0,01

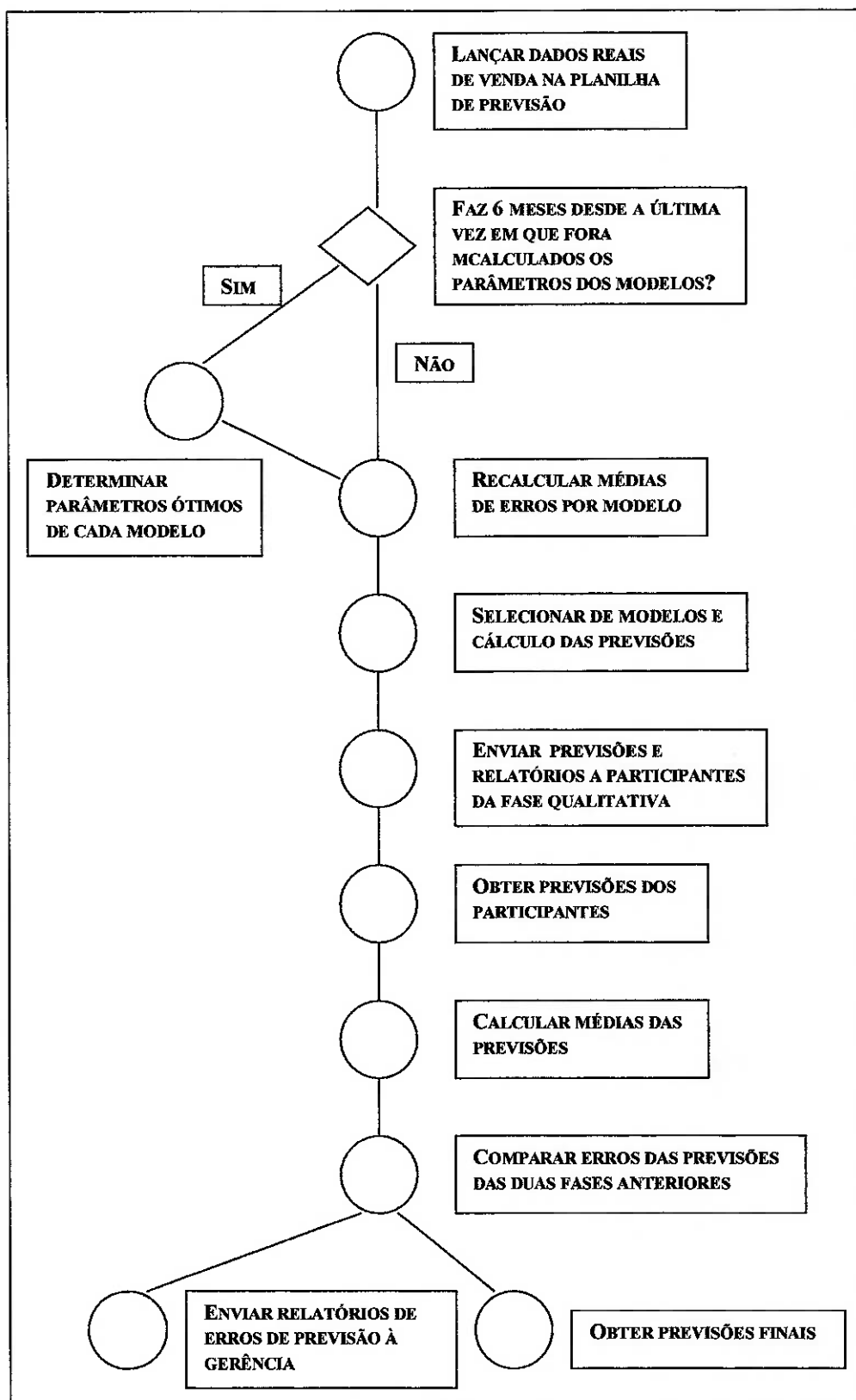
Como se pode ver, os coeficientes de correlação indicam que não existe relação entre as variáveis para o canal Televendas e que existe alguma relação, ainda que não muito forte, entre as variáveis para o canal Lojas. Ainda assim, os orçamentos serão expostos aos participantes, pois caso em algum momento se planeje aumentar os gastos em propaganda de forma muito significativa, isto poderá impactar nas vendas e será levado em consideração. Espera-se que através deste acompanhamento os próprios participantes se aprimorem nas previsões conhecendo, através da experiência, aquilo que mais afeta as vendas.

O segundo procedimento complementar será efetuar o controle individual dos erros das previsões de cada participante. As previsões de um determinado participante que estiverem apresentando os maiores níveis de erro não serão consideradas no cálculo da média das previsões da fase qualitativa. Com isso, espera-se aprimorar a qualidade da média das previsões. Além disso, deverão ser apresentados para a gerência relatórios do controle individual dos erros das previsões de cada participante para que, em caso de erros sistematicamente superiores aos das previsões obtidas na fase quantitativa, possa-se analisar as causas do problema.

- Fase Final

Obtidas então as previsões nas fases quantitativa e qualitativa, passamos à última etapa do processo para se obter as previsões definitivas. Na verdade, esta é uma etapa bastante simples. O que será feito é uma comparação entre os erros das previsões obtidas na fase quantitativa e os da fase qualitativa. A previsão que tiver o menor erro será aquela que deverá ser oficializada. Com isto, caso a fase qualitativa ao invés de melhorar a precisão das previsões piorá-la, será desconsiderada. Esta análise será feita tanto para as previsões de totais de micro como de percentuais de tipos de componentes utilizados.

Na página seguinte será exibido um fluxograma que tem como objetivo tornar mais claro o processo pelo qual serão obtidas as previsões para estes canais de venda:



Fluxograma 2.1 – Sistema de previsão de demanda (Periodicidade mensal)  
Elaborado pelo autor

- Canais Corporativo – Diretoria Comercial Itaútec (Pequenos Clientes), Corporativo – Gerência Comercial Nacional e Outros

Como cada um destes três canais representa individualmente uma parcela muito pequena em relação ao total de venda de micros e ao mesmo tempo são constituídos por muitas e pequenas vendas, a previsão para eles será feita em conjunto seguindo o mesmo padrão do método de previsão para Lojas e Televendas. Também os participantes da fase qualitativa deverão ser os mesmos.

- Consolidação das Previsões

Deverá existir uma pessoa responsável por alimentar e operar a planilha de previsão, obter os valores dos responsáveis pelos canais Itaúsa, OEM e Corporativo – Diretoria Comercial Itaútec (Grandes Clientes), obter as previsões nas fases quantitativa e qualitativa para os canais Lojas, Televendas, Corporativo – Diretoria Comercial Itaútec (Pequenos Clientes), Corporativo – Gerência Comercial Nacional e Outros, fornecendo os devidos relatórios aos participantes da fase qualitativa, enfim garantir que o sistema de previsão como um todo funcione adequadamente. Como esta posição centralizadora já existe dentro da empresa, espera-se que a implantação do sistema sofra menos resistência interna.



## 2.6) Simulação de Desempenho do Sistema Proposto e Determinação de Parâmetros

Neste item serão apresentadas as planilhas utilizadas para os canais nos quais serão aplicados modelos matemáticos de previsão e determinados os parâmetros a serem empregados nestes modelos. Como não faria sentido exibir as planilhas para todos os componentes, e nem haveria espaço para isso, serão incluídas aqui planilhas com alguns componentes que terão como objetivo apenas mostrar o funcionamento do sistema na prática e possibilitar uma comparação dos resultados do sistema proposto com o que está vigente no momento.

Os itens a serem simulados são aqueles que são comuns a família de micros Transglobe, como mouse e teclado, e o winchester de 8.4 Gb de capacidade, que é o que está sendo mais utilizado atualmente. Para isso, será feita primeiramente a previsão de total de micros Transglobe vendidos pelo canal Televendas (o mesmo procedimento deve ser feito para os outros canais). Tendo feito esta previsão, será calculada a previsão de porcentual de micros vendidos que terá Winchester de 8.4 Gb. Multiplicando-se este porcentual pela previsão de total de micros, tem-se a previsão de vendas do Winchester 8.4 Gb.

Para chegar às previsões deverão ser utilizados três tipos de planilha (a nomenclatura utilizada será de planilha para arquivo do Excel e Pasta para cada “Folha de dados” da planilha). A primeira irá conter os dados históricos de venda, obtidos no sistema de informações da empresa através de um recurso chamado Client Access que puxa as informações do sistema para o Excel, onde cada venda aparecerá em uma linha diferente e informações como quantidade vendida, modelo do micro, canal de venda e capacidade do Winchester utilizado aparecerão nas diferentes colunas. Para extrair dados desta planilha será utilizado o recurso de tabela dinâmica do Excel, onde se pode escolher de forma rápida e confiável os dados que irão aparecer na tabela. A seguir, será exibida a planilha com os dados de venda (aparecerão apenas algumas linhas e colunas devido a limitações de espaço) e a respectiva tabela dinâmica utilizada para extrair os dados desejados:

MES	Descrição	Qtde	Canal de Venda	Fam. Micro	Gabinete	Processador	Winchester
Mai/99	INF THEATER TGC333APB 32M W43CD32F56 W98	1	Mini Corp	Infoway	Theater	Celeron	4.3
Mai/99	INF DTMMPII350 D14+32M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII350 D14+32M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII350 D14+32M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII350 D14+32M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII350 D14+32M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII350 D14+32M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII350 D14+32M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII350 D14+32M+W43CD32F56+W98+SS	16	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII400 D14+64M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII400 D14+64M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII400 D14+64M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII400 D14+64M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII400 D14+64M+W43CD32F56+W98+SS	1	Mini Corp	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF TGLIBE1001MMK8I333 32MW43CD32F56WSW	1	Tevelendas	Transglobe	Desk	K6-2	4.3
Mai/99	INF TGLIBE1001MMK8I333 32MW43CD32F56WSW	1	Tevelendas	Transglobe	Desk	K6-2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII400 D14+64M+W43CD32F56+W98+SS	1	Tevelendas	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII400 D14+64M+W43CD32F56+W98+SS	1	Tevelendas	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3
Mai/99	INF DTMMPII400 D14+64M+W43CD32F56+W98+SS	1	Tevelendas	Infoway	Desk	Pentium 2	4.3

Tabela 2.11 – Dados de vendas  
Elaborado pelo autor

Fam. Micro	Transglobe
Canal de Venda	Tevelendas

Soma de Qtde	Winchester						Total Global
MES	13	17	10.2	4.3	6.4	8.4	
Mai/99				2208,3			2354,5
Jun/99				1983,9	39,1		2174,3
Jul/99				763,3	166,6		931,6
Ago/99				8,5	2618	107,1	2733,6
Set/99	1,7			3,4	1281,8	28,9	1317,5
Out/99	6,8				1414,4	1,7	1528,3
Nov/99	17				1987,3		2121,6
Dez/99	1,7				727,6	1162,8	1972
Jan/00	10,2				1829,2	68	1955
Fev/00	1,7				1116,9	1759,5	3015,8
Mar/00					15,3	2638,4	2777,8
Abr/00					11,9	1212,1	2577,2
Mai/00	8,5	5,1		61,2		6,8	3190,9
Total Global	47,6	5,1		83,3	15957,9	7191	5149,3

Tabela 2.12 – Tabela dinâmica  
Elaborado pelo autor

A segunda planilha será utilizada para determinar os parâmetros ótimos (que incorram em um erro mínimo) de cada modelo de previsão a ser utilizado na fase quantitativa. Isto deverá ser feito para cada canal de vendas e cada tipo de micro e de componente. Como é um processo trabalhoso devido ao número de parâmetros a serem determinados, isto só deverá ser feito semestralmente com o objetivo de adequar os parâmetros a possíveis novos padrões de comportamento na demanda.

Tanto na determinação de parâmetros como na determinação do modelo a ser utilizado o erro que deve ser considerado como critério de seleção é aquele relativo ao lead time do item em questão, pois é a previsão com este horizonte que será utilizada no planejamento.

Nesta segunda planilha, deverá haver uma pasta para cada modelo. Em cada pasta haverá uma coluna específica onde serão colados os dados históricos, seja de qual componente for, para que as fórmulas busquem os dados dela. Para os casos onde serão utilizados percentuais, como o Winchester, serão utilizadas ainda duas colunas de dados referentes ao total de micros e ao tipo de componente em questão, a partir das quais serão calculados os percentuais a serem utilizados como dados históricos para os modelos.

A seguir, a planilha utilizada para determinar os parâmetros da média móvel para vendas de micros Transglobe pelo canal Televendas (os números 1,2 e 3 no topo de cada coluna se referem à antecedência, em meses, da previsão).

	Vendas	Média Móvel de 2 Meses				Média Móvel de 3 Meses				Média Móvel de 4 Meses			
		1	2	3	Erro	1	2	3	Erro	1	2	3	Erro
Mai/99	2354,5												
Jun/99	2174,3												
Jul/99	931,6	2264											
Ago/99	2733,6	1553	2219			1820							
Set/99	1317,5	1833	1242	2242	70,2%	1947	1642			2049			
Out/99	1524,9	2026	2283	1398	8,3%	1681	1871	1465	4,0%	1789	1972		
Nov/99	2121,6	1421	1672	2058	3,0%	1859	1904	2184	2,9%	1627	1693	1921	9,4%
Dez/99	1972	1823	1473	1849	6,3%	1655	1567	1627	17,5%	1924	1801	1883	4,5%
Jan/00	1955	2047	1972	1447	26,0%	1873	1767	1650	15,6%	1734	1722	1568	19,8%
Fev/00	3015,8	1964	2009	1898	37,1%	2016	1989	1848	38,7%	1893	1838	1823	39,5%
Mar/00	2777,8	2485	1959	2028	27,0%	2314	1981	1945	30,0%	2266	1985	1916	31,0%
Abr/00	2577,2	2897	2751	1961	23,9%	2583	2428	1984	23,0%	2430	2302	1951	24,3%
Mai/00	3270,8	2678	2837	2618	20,0%	2790	2792	2588	20,9%	2581	2545	2385	27,1%
	Média:				24,6%				19,1%				22,2%

Tabela 2.13 – Parâmetros da Média Móvel  
Elaborado pelo autor

Como se pode notar, neste caso deve-se utilizar uma média móvel de 3 meses pois neste caso o índice MAPE é mínimo. É interessante ressaltar que, do modo como está sendo feito, este processo de determinação de parâmetros fica simplificado, pois os dados de cada componente ou micro para cada canal de venda podem ser facilmente obtidos pela tabela dinâmica e jogados na planilha, onde automaticamente serão calculados os erros.

Para os modelos de suavização exponencial, haverá na planilha uma célula destinada à determinação do(s) parâmetro(s) correspondente(s), de onde as fórmulas puxarão o valor para determinar as previsões. A seguir, a planilha onde são determinados os parâmetros do modelo de Suavização Exponencial Dupla será exibida como exemplo:

	Parâmetros		Alfa: 0,47	Gama: 1	
	Vendas	S	b	Previsão	Erro
Mai/99	2355				
Jun/99	2174	2355	-106		
Jul/99	932	1590	-450		
Ago/99	2734	1723	78		
Set/99	1318	1602	-71	1814	37,7%
Out/99	1525	1502	-59	-703	146,1%
Nov/99	2122	1740	140	2120	0,1%
Dez/99	1972	1975	138	1242	37,0%
Jan/00	1955	2090	68	1202	38,5%
Fev/00	3016	2586	292	2454	18,6%
Mar/00	2778	2939	208	2681	3,5%
Abr/00	2577	2956	10	2435	5,5%
Mai/00	3271	3113	92	4074	24,6%
	Média:				18,3%

Tabela 2.14 – Parâmetros da Suavização Exponencial Dupla  
Elaborado pelo autor

Os parâmetros ótimos encontrados foram os seguintes:

	Nº Meses	Alfa	Gama
Média Móvel Simples	3	-	-
Média Móvel Dupla	3X3	-	-
Suavização Exponencial Simples	-	0,55	-
Suavização Exponencial Dupla	-	0,47	1,00
Suavização Exponencial Tripla	-	0,39	-

Tabela 2.15 – Parâmetros ótimos para o total de micros Transglobe no canal Televendas  
Elaborado pelo autor

	Nº Meses	Alfa	Gama
Média Móvel Simples	3	-	-
Média Móvel Dupla	4X4	-	-
Suavização Exponencial Simples	-	0,83	-
Suavização Exponencial Dupla	-	0,42	1,00
Suavização Exponencial Tripla	-	0,25	-

Tabela 2.16 – Parâmetros ótimos para o percentual de winchesters 8.4 Gb  
Elaborado pelo autor

Finalmente, será utilizada outra planilha onde, utilizando os parâmetros ótimos especificados anteriormente, será escolhido o modelo com menor índice de erro e determinado o valor da previsão para cada micro ou componente por canal de venda.

Da mesma forma que na planilha anterior, deverá haver uma coluna reservada aos dados históricos do componente ou micro em questão (obtidos na tabela dinâmica) a partir da qual serão calculadas, através de fórmulas, as previsões, determinados os índices de erro de cada modelo, e finalmente escolhido aquele a ser utilizado. Todos os modelos deverão estar na mesma pasta para que a comparação dos erros, escolha do modelo e obtenção da previsão sejam procedimentos fáceis, rápidos e confiáveis.

A planilha de previsão será exposta na página seguinte.

[illegible]

**Tabela 2.17 – Planilha de previsão para o total de micros Transglobe no canal Televidas**  
Elaborado pelo autor

[illegible]

**Tabela 2.18 – Planilha de previsão para porcentual de Mícrors com Winchester de 8.4 Gb**  
Elaborado pelo autor

Portanto, com os dados que se tem em mão, o modelo utilizado para previsão de total de micros Transglobe vendidos pelo canal Televendas seria o de Suavização Exponencial Dupla, com um índice MAPE de 18,3% e Previsão de vendas para Agosto de 3.584 unidades (Previsão para itens com lead time de 3 meses). Para o percentual de Winchesters dos micros Transglobe vendidos pelo canal Televendas, o modelo utilizado seria o de Suavização Exponencial Simples, com índice MAPE de 49,5% e Previsão para Agosto de 2000 de 88%. Multiplicando este percentual pela previsão de total de micros, temos uma previsão de 3171 Winchesters de 8.4 Gb vendidos em computadores Transglobe pelo canal Televendas.

Comparando estes valores de erro de previsão com os atuais, expostos anteriormente, verifica-se o grande progresso feito com este novo sistema de previsão. Para os itens que são sempre os mesmos para cada tipo de micro, no caso desta simulação o Transglobe, e portanto têm suas previsões iguais a estes, os erros passaram de 51,9% para 18,3% (tomando como exemplo a fonte). Para os Winchesters, a comparação fica um pouco comprometida já que os valores de erro que se tem são referentes à média de todos os tipos de Winchester, enquanto que a simulação foi feita para um tipo específico. As previsões apresentavam um índice MAPE de 65,6%, e com o novo sistema passaram a 52,8% (composição dos erros do total de micros e do percentual de Winchesters), o que já serve como uma base de comparação.

É importante ressaltar que estes erros obtidos na simulação poderão ainda ser reduzidos, já que não foi efetuada a etapa qualitativa de previsão. Como a previsão final será a resultante da etapa que apresentar menor índice de erro, os valores apresentados representam os valores máximos de erro para os itens simulados, valores estes que poderão ainda ser reduzidos de forma expressiva através da etapa qualitativa. Isto se aplica especialmente ao caso dos Winchesters, onde há uma variação de valores muito grande de mês para mês devido à entrada e saída de novos modelos, algo que pode ser bem analisado e tratado de forma qualitativa.

### **3) Definição da Política de Estoques**

#### **3.1) Introdução**

Na intranet da Itaotec existe uma parte só destinada às circulares, as quais estabelecem padrões de procedimentos e responsabilidades para cada área da empresa. Lá se pode encontrar a definição das responsabilidades da área de planejamento de suprimentos: “Cabe à área de Planejamento de Suprimentos estabelecer os parâmetros de planejamento, seguir as políticas de estoque, analisar e controlar o inventário, e a programação da produção e materiais.”

O que será focado nesta parte do trabalho é exatamente a definição dos parâmetros de planejamento de suprimentos. Não é objetivo do trabalho alterar a sistemática de procedimentos ou as planilhas nas quais se efetua esse mesmo planejamento, mas sim estabelecer uma metodologia para cálculo dos parâmetros de modo que os custos envolvidos sejam minimizados.

#### **3.2) Política Atual de Estoques**

Atualmente os componentes dos micro-computadores fabricados pela Itaotec são planejados basicamente de 3 formas distintas, sendo que cada uma é utilizada para tipos de componentes diferentes. Cada uma será explicada de forma resumida já que, como foi dito, o foco do trabalho é a definição de parâmetros.

Uma delas é a explosão das previsões no MRP para que se obter as datas de compras para as listas de componentes. Os componentes planejados desta forma são aqueles que compõem os chamados “barebones”, palavra que pode ser traduzida por esqueletos. Ou seja, são os itens básicos que compõe os micros e que variam pouco, dentre as inúmeras configurações de micros possíveis. É exatamente devido ao fato de variarem pouco (existem atualmente 9 barebones sendo utilizados) que estes conjuntos de componentes podem ser explodidos no MRP. O planejador verifica quantos micros previstos se enquadram em um determinado barebone (através da



Placa Mãe e do Gabinete) e lança o código no sistema.

Uma segunda forma pela qual o planejamento é efetuado é através de planilhas no Excel. Ela é utilizada para os itens de valor mais significativo, que exigem uma atenção maior, sendo que o planejamento de cada componente é feito individualmente. Nela o planejador planeja as compras de modo que os estoques estão sempre cobrindo a previsão de demanda futura para um determinado número de dias, de acordo com a política definida pela gerência. Exemplos de itens planejados assim são Winchesters, Teclados, Placas de Vídeo, CD-ROM, etc.

Finalmente, existem aqueles itens que são planejados pelo sistema de ponto de reposição, ou seja, quando o sistema aponta que o estoque do item passou um determinado nível é gerada uma ordem de compra. Os itens planejados desta forma são aqueles que não apresentam um consumo fixo por micro produzido. Não é dada uma atenção individual a cada item porque a soma do valor deles representa menos de 0,5% do valor total do micro, de modo que é sempre mantido um nível bastante alto de estoque. A seguir uma lista destes itens para que se tenha uma idéia melhor de quais são eles:

<b>CABO FLEXÍVEL P/REMOÇÃO DE SOLDA</b>
<b>FIO NU ESTANHADO P/ JUMPER 0,6 MM</b>
<b>FIO JUMPER FIT</b>
<b>BOBINA DE PAPEL 1 VIA 69X75MM</b>
<b>BORRACHA DE SILICONE NAO CORROSIVA</b>
<b>TRAVA ANAEROBICA LOCTITE 638</b>
<b>TRAVA ROSCA NEJI LOCK -SIMPLES</b>
<b>ADESIVO SMD STENCIL</b>
<b>ALCOOL ISOPROPILICO GRAU TECNICO</b>
<b>ALCOOL INDUSTRIAL 96</b>
<b>FLUXO EM PASTA P/REPARO</b>
<b>FLUXO NOCLEAN 5305</b>
<b>FLUXO ALPHA-BEST RF 800</b>
<b>SOLVENTE P/ADESIVO SMD</b>
<b>DILUENTE ALPHA-BEST 800</b>
<b>OUT PUT 315 300ML</b>
<b>ATIVADOR OUT PUT</b>
<b>LIMPA CONTATOS</b>
<b>SOLDA FIO 179P-05</b>
<b>SOLDA FIO 60/40 C/ FLUXO - 0,75MM</b>
<b>SOLDA FIO 60/40 NOCLEAN-070 MM</b>
<b>PONTA FENDA 1,5MM</b>
<b>PONTA FENDA 2,3MM</b>
<b>RESISTENCIA 100R</b>

Nos três casos mencionados, o resultado do planejamento, ou seja, a liberação das necessidades de compra, poderá ser basicamente de três tipos:

- Solicitação de Compras, para as necessidades sem fornecedor definido, que exigirão negociação por parte das áreas de compras. Para efetivação da negociação com o fornecedor, a solicitação de compra exige o relacionamento com uma ordem de compra.
- Ordem de Compra, para as necessidades com fornecedor definido, mas sem condições de fornecimento definidas;
- "Release", para as necessidades com fornecedor definido e com contrato firmado, com condições de fornecimento e garantias pré-definidas.

As três modalidades são emitidas automaticamente pelo sistema após o processamento do planejamento de materiais, ou podem ser alimentadas manualmente.

Na verdade, o valor dos itens que têm sido planejados pela explosão de Barebones é equivalente aproximadamente a apenas 4% do total. Isto porque o planejamento através das planilhas permite uma maior flexibilidade, com alteração no planejamento ao longo do mês, o que não acontece no planejamento pelo sistema que só roda uma vez por mês.

A forma de definição da política de estoque para os itens é através de um ajustamento ao longo do tempo, de acordo com a experiência dos responsáveis pela área. O que parece ter acontecido nos últimos meses é que diante de fortes pressões sofridas na área de planejamento devidas às constantes perdas de vendas causadas por falta de matéria-prima no começo deste ano foi decidida de forma emergencial a elevação da política de estoque para 30 dias de cobertura. Ou seja, os estoques de todos os componentes do micro deveriam cobrir 30 dias da produção prevista.

No sistema, ao invés da utilização de um estoque de segurança, é utilizado um lead time de segurança. Ou seja, lançada uma necessidade, a Solicitação de Compra é gerada para uma data que antecede a necessidade num período correspondente a:

lead time do Fornecedor + lead time de Trânsito + lead time Interno + lead time de Segurança. Este lead time de Segurança é dado pela classificação na Curva ABC de consumo (classificação que leva em conta o consumo médio e o valor unitário de cada item) e pela origem do item em questão. A seguir uma tabela com estes valores:

Classe	Nacionais [dias]	Importados [dias]
\$	3	15
A	5	20
B	10	25
C	30	30
D	30	30

Tabela 3.1 – Lead time de Segurança  
Elaborado pelo autor

Os itens classe \$ são os que representam o maior valor consumido de matéria-prima e os de classe D são os que representam o menor valor. O conceito implícito a esta forma de divisão dos itens para determinação do lead time de segurança é o de que quanto maior o valor de consumo do item, maior é o custo de manter um determinado estoque para ele e portanto menor deve ser o lead time de Segurança. Além disso, os itens importados apresentam uma variabilidade de lead time muito maior que a dos nacionais, sobretudo devido a problemas de desembarço no porto, e por isso necessitam de um lead time de segurança maior.

### 3.3) Desempenho da Política Atual

Apesar de ser difícil dizer em termos quantitativos até que ponto a política atual de estoques está minimizando os custos envolvidos, a elevação descontrolada dos níveis de estoques de componentes de micros, acompanhada do relato de pessoas da fábrica e da área de planejamento de que não é raro faltar peças para produção, dá fortes motivos para se suspeitar que os parâmetros poderiam ser ajustados de uma forma mais metódica e precisa.

O que será proposto neste trabalho é a definição dos parâmetros de forma estudada, embasada e metódica. Com isso, espera-se que os estoques baixem, o risco e a frequência da falta de peças para produção diminua devido a um melhor balanceamento dos estoques e, com isso, os custos envolvidos sejam

minimizados.

### 3.4) Revisão de Literatura

A seguir serão expostos alguns conceitos obtidos na intranet da Itaotec, que são utilizados dentro da área de planejamento, e de fontes bibliográficas (SANTORO, 1999) que poderão ser úteis para o trabalho. Aquilo que foi obtido na intranet tem seu título em negrito para que seja possível uma diferenciação.

**Ordens em Processo :** São quantidades já recebidas no entreposto ou embarcadas no país de origem (trânsito nacional e internacional), e ordens que já foram liberadas para a linha de produção e não incorporadas. Estas ordens não sofrem nenhum tipo de alteração automática.

**Ordens Firmes:** São os eventos originários de programações de importação e de fabricação, dentro do período firme, que não têm possibilidade de alteração.

**Ordens Programadas:** São quantidades pendentes das solicitações de compras, ordens de compra, que representem a garantia do "release" e ordens de produção planejadas e não liberadas para a linha de produção. Essas quantidades são consideradas no cálculo de um novo plano na programação ideal, devendo a alteração ser efetuada manualmente.

**Ordens Planejadas:** São as novas necessidades geradas no plano.

Tempo de resposta: tempo de reação de um sistema, ou tempo decorrido entre uma tomada de decisão de abastecimento e a próxima data onde se pode influenciar o estoque. Nos modelos periódicos **ter** é igual à soma do tempo de espera normal mais o período de revisão. Nos modelos contínuos **ter** é igual ao tempo de espera normal somente, pois o período de revisão é igual a zero.

Estoque: Quantidade de bens ou materiais úteis ociosa ou improdutivo, sob controle, aguardando uso futuro.

- **Efeito:** criação de independência entre fases de abastecimento (ou suprimento) e demanda (para consumo ou produção), cuja intensidade é função da dimensão do estoque.
- **Funções:** atendimento de interesse de mercado, proteção contra faltas (atrasos e/ou não atendimentos), suavização da produção ou abastecimento, obediência à limitação técnica e/ou econômica de tamanho de lotes e obtenção de economia no controle.
- **Custos:** As medidas diretas de custos com estoques são de manutenção do estoque, falta de bens estocáveis, aquisição ou preparação da compra ou preparação do abastecimento, materiais e sistemas de planejamento e controle. As medidas indiretas (por substitutos de custo) são nível de atendimento e nível máximo de estoque.

**Estoque de segurança:** é a quantidade a ser mantida em estoque cuja função é garantir o nível de atendimento desejado na condição da existência de desvios de previsão de demandas e de abastecimento (modelos ativos ou previsivos) ou variações de demandas e de abastecimento (modelos reativos).

**Modelos de estoque reativos:** não utilizam diretamente previsão de demanda para a tomada de decisões. A tomada de decisões é função do nível dos estoques no momento da decisão comparado com parâmetros ou informações do sistema como nível de pedido e/ou estoque máximo.

**Modelos de estoque ativos ou previsivos:** utilizam a previsão de demanda para a tomada de decisões.

**"Lead time" de Segurança:** É o tempo adicional utilizado para determinar a data da necessidade de compra cuja função é garantir o nível de atendimento desejado na condição da existência de desvios de previsão de demandas e de abastecimento.

**"Lead time" de Trânsito:** Refere-se ao período necessário para o envio do material de São Paulo para Manaus (trânsito nacional) e o período previsto entre o embarque no país de origem e o local de destino (trânsito internacional), onde devem ser consideradas as modalidades de transporte, conforme tabela cadastrada no módulo de compras.

**"Lead time" Interno:** Refere-se ao período previsto entre o planejamento e a efetivação de compra do material.

**"Lead time" do Fornecedor:** É o tempo requerido pelo fornecedor, desde a formalização de um pedido até a entrega do material no local combinado.

**"Lead time" de Fabricação Fixo:** Refere-se ao período necessário para a fabricação interna, independente da quantidade do lote.

**"Lead time" de Fabricação Variável:** Determina a antecipação em dias úteis, conforme lote máximo. De acordo com a quantidade necessária, para cada múltiplo do lote máximo será somado ao "lead time" de fabricação fixo um período do "lead time" variável.

**Porcentagem de perda:** Determina a quantidade que deve ser somada a cada necessidade bruta, em virtude de eventuais perdas no processo de armazenagem e fabricação. Esse parâmetro só deve ser utilizado com aprovação do gerente.

### 3.5) Proposta de Metodologia para Determinação da Política de Estoques

Serão propostos tratamentos diferenciados para o planejamento feito para grandes vendas em contratos com empresas ou licitações, pelo Canal Corporativo – Diretoria Comercial Itaotec (Grandes clientes), e para o planejamento feito para as vendas de micros pelos demais canais, que envolvem menor volume em cada ato de venda, que será chamado planejamento de rotina. Isto foi feito pelo fato deste dois tipos de planejamento serem bastante distintos um do outro e requererem, por isso, tratamentos diferentes.

### 3.5.1) Política para Planejamento de Rotina

O que será proposto neste item do trabalho é uma metodologia para determinação dos parâmetros da política de estoques das matérias-primas dos micros. Esta metodologia deverá ser aplicada apenas aos itens planejados por planilhas (vide item 3.2), já que estes representam aproximadamente 95% do total de valor das matérias-primas.

Primeiramente, uma mudança preliminar a ser feita é que a política de estoque não será mais determinada em termos de números de dias da previsão de consumo que devem estar cobertos pelo estoque, como vem sendo feito atualmente. A política será definida pelo estoque de segurança expresso em quantidade de itens. O motivo desta mudança está ligado a uma questão conceitual.

A função principal do estoque de segurança é amortecer as variações presentes no sistema de planejamento, quais sejam, na previsão de demanda, nos lead times, e na fração defeituosa dos recebimentos. Ora, os níveis de variação destes fatores não têm necessariamente relação com seus respectivos valores absolutos. Deste modo, não faz sentido definir uma política de estoque que varia proporcionalmente ao valor da quantidade consumida. O estoque de segurança deve ser função dos níveis de variação nas previsões de demanda, dos lead times e das frações defeituosas nos recebimentos, de acordo com o nível de atendimento desejado.

Nível de atendimento é a probabilidade de que não haja falta de matéria-prima para produção. Quanto maior o nível de atendimento desejado, maior será o estoque de segurança. A determinação do nível de atendimento deve ter como objetivo a minimização da soma dos custos de manter estoques, de aquisição e de perda de vendas. Como isto é muito difícil de se determinar em termos quantitativos, o valor usado será aquele definido pela direção da empresa, que decidirá com base em fatores como margem de lucro do produto, custo de capital adotado dentro da empresa, estratégia de negócios, etc. usando sempre sua sensibilidade e a experiência no cargo.

O método para cálculo do estoque de segurança elaborado neste item não terá condições de ser totalmente preciso dada a ausência de dados referentes à variabilidade dos lead times e à dificuldade de se elaborar um método matemático que conjugue as variabilidades dos diferentes fatores envolvidos. Por outro lado,

poderá ser uma ferramenta valiosa para obter parâmetros da política que não sejam meramente intuitivos, tornando-se assim mais confiáveis e racionalmente justificados. Utilizando este método conjugado com o acompanhamento próximo por parte do planejador e da chefia, pode-se melhorar substancialmente a qualidade do planejamento efetuado.

A variabilidade dos lead times será obtida através de estimativa feita pelos planejadores de suprimentos de micros, que têm experiência no acompanhamento das ordens de compra. Cada item deverá ter a variabilidade de seu lead time estimada pelo planejador responsável por ele. As variabilidades das previsões de vendas virão do sistema de previsão elaborado na primeira parte deste trabalho. Já para fração defeituosa dos recebimentos, como não existe um controle feito por item, será utilizada uma média que já é utilizada internamente na empresa e que equivale a 0,3%, sendo que a variabilidade será, a exemplo do lead time, estimada pelo planejador.

O estoque de segurança será obtido através da soma das quantidades necessárias para cobrir as variabilidades já citadas de acordo com o nível de atendimento desejado. Cada componente desta soma será detalhado a seguir:

- Previsão de vendas

Neste componente da soma será utilizada uma curva normal de distribuição de probabilidades para se determinar um estoque de segurança que atenda ao nível de atendimento considerando variações nas previsões de vendas. O valor médio da curva será a previsão de vendas e o desvio padrão será a raiz quadrada do indicador MSE, Erro Quadrático Médio, visto na revisão de literatura da parte de previsão de demanda.

Obtidos os parâmetros da curva normal, será então determinado o valor à direita do consumo médio na curva que resulta no percentual do nível de atendimento. A diferença entre este valor e o consumo médio é o estoque de segurança correspondente a variação das previsões de demanda.



- Lead time

As estimativas das variações nos lead times deverão ser feitas, como explicado anteriormente, para cada item pelos planejadores, de acordo com o número de dias adotado como lead time Total (lead time do Fornecedor + lead time de Trânsito + lead time Interno), os fatores que influenciam a variabilidade (por exemplo se o item é nacional ou importado) e a própria experiência do planejador com relação a cada item. Para fazer a estimativa, o planejador deve conhecer o significado do desvio padrão que estará estimando, aprendendo por exemplo a probabilidade contida dentro dos intervalos  $\sigma$ ,  $2\sigma$  e  $3\sigma$ .

Da mesma forma como foi feito para o componente de previsão de vendas da soma de estoques de segurança, para o componente de lead time será utilizada uma curva normal de distribuição de probabilidades. A média da curva será o número de dias adotado como padrão para o lead time total de um determinado item, enquanto que o desvio padrão será a estimativa de variação no lead time feita pelo planejador.

Achados os parâmetros da curva, será então, à semelhança do que ocorreu para previsão de vendas, determinado o valor à direita do lead time padrão na curva que resulta no percentual do nível de atendimento. A diferença entre este valor e o lead time padrão dividida por 30 (número de dias em um mês) e multiplicada pela previsão de demanda é o estoque de segurança correspondente à variação do lead time total do item, conforme a fórmula:

$$E_{sLT} = \frac{LT_N \times F}{30}$$

onde:

$E_{sLT}$  = Estoque de Segurança devido a variações no lead time

$LT_N$  = Variação de lead time obtida pela Curva Normal

F = Previsão de Demanda

- Fração Defeituosa nos Recebimentos

O procedimento para cálculo do estoque de segurança do fator Fração Defeituosa nos Recebimentos será bastante similar ao do fator lead time, já que as variabilidades também serão estimadas pelos planejadores. Assim, o valor médio da curva normal será o percentual médio de fração defeituosa de 0,3% multiplicado pelo consumo médio do item. O desvio padrão deverá ser estimado pelo planejador com base neste valor médio e na sua própria experiência. A diferença entre o valor à direita do consumo médio na curva, que resulta no percentual do nível de atendimento, e o consumo médio é o estoque de segurança correspondente à variação da fração defeituosa no recebimento.

Somando então os estoques de segurança dos fatores de variação previsão de vendas, lead time e fração defeituosa no recebimento, obtém-se a política de estoque para um determinado item. Este procedimento de cálculo da política de estoque deverá ser feito no mínimo a cada 6 meses, ou quando se notar grandes alterações como finalização da utilização do item para substituí-lo por outro modelo mais avançado.

Convém notar que esta é uma forma de cálculo pessimista do estoque de segurança. Isto porque os estoques de segurança, que correspondem a níveis de variabilidade, estão sendo somados ao invés de, por exemplo, se usar a raiz da soma dos quadrados de cada um. Esta é uma opção bastante razoável para o início de operação do modelo com o objetivo de garantir o nível de atendimento adotado pela gerência da empresa. Com o acompanhamento dos resultados das políticas de estoques pode-se utilizar percentuais sobre a soma dos estoques de segurança caso se verifique que os níveis de atendimento estão sendo sistematicamente superiores aos adotados.

### 3.5.2) Política para grandes Vendas: Canal Corporativo – Diretoria Comercial Itaotec (Grandes clientes)

Para as vendas realizadas por este canal de vendas o planejamento de suprimentos se dará de forma diferenciada da elaborada no item anterior. Aqui, como as vendas são para poucos clientes e muito grandes, é necessário um tratamento individualizado a cada uma, da mesma forma como foi feito na previsão de demanda. E é de posse das previsões feitas no sistema de previsão de demanda, de probabilidade de sucesso na obtenção do negócio ou licitação e prazo para atendimento do pedido, que será efetuado o planejamento dos suprimentos.

O importante aqui é que sejam tomadas decisões a partir de análises aprofundadas que levem em conta os riscos e oportunidades envolvidos de forma racional e embasada, ao invés de agir utilizando apenas a sensibilidade.

Com relação às previsões feitas anteriormente é importante ressaltar que os responsáveis pelas negociações com os clientes devem ser devidamente informados pela área de suprimentos com relação às vantagens que um prazo mais longo de atendimento do pedido representam para a Itaotec. Isto deverá ser levado em conta na hora de apresentar propostas para os clientes dependendo do caso, já que às vezes o cliente é intransigente em relação ao prazo, ou então este constitui um fator competitivo essencial para realizar o negócio.

O método de planejamento utilizado aqui é marcado por 3 características principais detalhadas nas próximas páginas, quais sejam:

- Utilização de variável binária (Sim/Não) para determinação da compra dos itens de uma venda (não serão compradas quantidades fracionárias da venda total)
- Explosão da venda no sistema MRP
- Utilização de sistema de reserva, em que os itens comprados para estas vendas são “marcados”, ou seja, são exclusivos para uma venda específica até segunda análise.

A decisão fundamental a ser tomada pela gerência de suprimentos é com relação à compra ou não dos suprimentos para uma venda que ainda não está efetuada. Na verdade, não é necessário comprar todos os tipos de componentes dos micros vendidos de uma vez. Caso seja decidido que vale a pena garantir o atendimento de uma possível venda, deve ser lançado no sistema um código de micro contendo a configuração específica da venda sendo tratada. Uma previsão de venda deve ser então lançada para a data em que o pedido deverá ser atendido.

Desta forma, o sistema automaticamente sugerirá a compra dos componentes de acordo com os lead times de cada um (lead time de Fornecedor, lead time de Trânsito, lead time Interno e lead time de Segurança) nas datas limites de compra, sendo também considerado o lead time de Fabricação. Assim, tem-se a chance de voltar atrás em uma decisão sem que se tenha que arcar com todas as consequências que existiriam caso todos os componentes fossem comprados ao mesmo tempo.

Periodicamente, deve-se rever e reavaliar a decisão tomada de acordo com o caminhar das negociações. Ao tomar a decisão, a gerência de suprimentos deverá levar em consideração os seguintes pontos:

- Quanto maior for o valor dos itens exclusivos do micro vendido maior será o prejuízo em caso de perda do negócio, pois os itens não exclusivos podem ser facilmente aproveitados para produzir outros micros acarretando apenas maiores níveis de inventário por um certo período.
- Deve ser analisada para cada caso a gravidade do não atendimento do pedido do cliente no prazo. Em caso de licitações, para se ter uma idéia, o não cumprimento das condições estabelecidas pode deixar a empresa impossibilitada de participar de qualquer concorrência pública por um longo período. Outra grave consequência pode ser a perda de mercado para um concorrente.
- A decisão pode ser adiada até a data limite de compra do item de maior lead time. Caso este não seja comprado nesta data, o cumprimento do contrato ou licitação em caso de vitória poderá ficar impossibilitado.
- Uma decisão de lançar a venda no sistema pode ser alterada posteriormente sem que se tenha que arcar com os custos de todos os itens do micro.

Somente os itens cuja data limite de compra tiver expirado no momento da alteração da decisão terão sido comprados e somente os custos relativos à sua compra serão concretizados.

- Devido ao que foi falado acima, deve-se rever uma decisão tomada de compra de mercadorias de forma periódica considerando novas informações que não se tinha antes. O objetivo disto é evitar maiores prejuízos causados por uma possível perda do contrato ou concorrência.

Em relação ao sistema de reservas, é muito importante que os estoques e compras de itens que estiverem ligados ao atendimento de um contrato ou licitação específica sejam tratados a parte do planejamento de suprimentos para as demais vendas, de modo que não haja confusão e não se tome decisões baseadas em dados distorcidos. Somente em caso de perda ou desistência do contrato ou licitação as matérias-primas poderão ser liberadas para utilização na fabricação de outros micros e o planejamento poderá considerar os itens ao efetuar o próximo planejamento. Assim, não há interferência entre o planejamento exposto no item 3.5.1 (Planejamento de Rotina) e o que está sendo exposto neste item, a não ser no caso de uma venda ser cancelada e os itens que já tinham sido comprados para ela serem liberados para utilização no atendimento de outras vendas.

### 3.6) Aplicação da Metodologia Elaborada

Neste item será determinada a política de estoque para o Winchester de 8.4 Gb, componente utilizado na simulação do sistema de previsão de demanda. Para isso, serão utilizados os valores que determinam a variabilidade da previsão de demanda, do lead time e da fração defeituosa no recebimento deste componente, além da própria previsão de demanda para ele.

A variabilidade da previsão de demanda utilizada será obtida pela planilha de previsão de demanda, inserindo a fórmula de desvio padrão exposta anteriormente. Como os dados utilizados na simulação foram referentes apenas à marca Transglobe e ao canal Televidas, este valor não é totalmente exato. Entretanto, servirá como uma boa estimativa para a determinação da política para este componente, e o valor exato

poderá ser obtido quando o sistema entrar em funcionamento. O valor da previsão de demanda é de 3.171 unidades, que será a média na curva normal e o desvio padrão utilizado na curva será de 354 unidades.

O desvio padrão do lead time deste componente, obtida junto ao seu planejador, é de 5 dias de atraso ou adiantamento, sendo que o lead time apresenta um valor normal de 90 dias (3 meses).

A média de fração defeituosa no recebimento será de 0,3% multiplicado pela previsão de demanda de 3.171 unidades, que dá 10 unidades. O desvio padrão, como o do lead time, foi obtido com o planejador e é de 3 unidades.

Para uma melhor visualização dos dados será inserida agora uma tabela contendo as médias e desvios padrões das curvas normais para cada fator de variabilidade:

	Média	Desvio Padrão
Previsão de Demanda	3.171	354
Lead time	90	5
Fração Defeituosa	10	3

Tabela 3.2 – Média e Desvios Padrões das curvas normais para cada fator de variabilidade  
Elaborado pelo autor

Os valores desejados devem ser obtidos na curva normal através da fórmula :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

onde:  $\mu$  = Média

$\sigma$  = Desvio Padrão

$Z$  = Valor obtido na tabela de distribuição normal a partir do nível de atendimento desejado

$X$  = Valor cuja diferença com a média irá determinar o estoque de segurança

A seguir uma tabela e um gráfico contendo os estoques de segurança para cada fator e totais de acordo com o nível de atendimento desejado, tabela esta que poderá ser utilizada como subsídio para a tomada de decisão pela gerência com relação ao nível de atendimento desejado.

Nível de Atendimento	Estoque de Segurança			
	Previsão de Demanda	Lead Time	Fração Defeituosa	Total
80	297	444	3	744
85	368	550	3	921
90	453	676	4	1133
95	584	872	5	1461
97	666	994	6	1665
99	825	1231	7	2063
99,5	913	1364	8	2285
99,7	1020	1522	9	2550
99,9	1068	1591	9	2665

Tabela 3.3 – Estoques de Segurança em função do Nível de Atendimento desejado  
Elaborado pelo autor

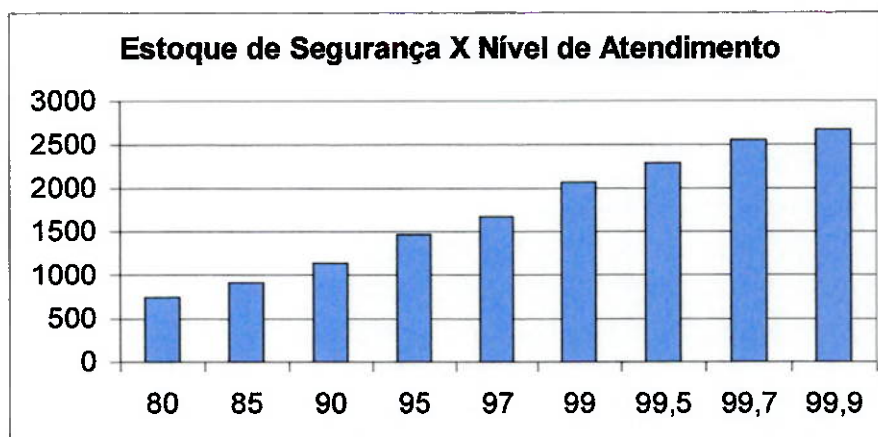


Gráfico 3.1 - Estoques de Segurança em função do Nível de Atendimento desejado  
Elaborado pelo autor

Através de uma sondagem junto à gerência da empresa foi possível determinar que o nível de atendimento desejado estaria por volta de 95%. Para este nível de atendimento o estoque de segurança é de 1461 unidades. Para que seja possível comparar esta política com a que era praticada antes, é necessário determinar o número de dias de cobertura que este estoque de segurança representa. Como a previsão de demanda é de 3.171 unidades, a cobertura resultante é de 14 dias. Portanto, houve uma redução significativa no estoque de segurança utilizado como política, já que anteriormente este representava uma cobertura de 30 dias. Esta redução poderá ser ainda maior, já que os percentuais de erro na previsão de demanda poderão cair com a efetuação da fase qualitativa do sistema de previsão.

É interessante notar ainda que mesmo adotando um nível de atendimento de 99,9% o estoque de segurança fica em 2.665 unidades, que resulta em uma cobertura de 25 dias, ou seja, ainda inferior à política de 1 mês de cobertura.

#### **4) Conclusão**

Chegando ao final deste trabalho, pode-se concluir pelos resultados obtidos que os objetivos inicialmente propostos foram satisfatoriamente atingidos. Como foi demonstrado, os estoques de segurança exigidos para a obtenção de níveis de segurança bastante elevados são inferiores aos que vinham sendo praticados anteriormente. A gerência da empresa pode agora tomar decisões referentes ao nível de atendimento desejado consciente dos efeitos que isto terá sobre o inventário e conseqüentemente sobre os seus custos.

Além disso, foi elaborada uma política para grandes vendas que poderá reduzir os riscos de não cumprimento de algum contrato ou licitação ao mesmo tempo em que minimiza os custos com matérias-primas de contratos ou licitações cancelados. Isto se deve a decisões tomadas de forma racional e planejada, conscientes dos riscos que se está assumindo para a compra ou não das matérias-primas.

Estes resultados só foram possíveis devido à elaboração do sistema de previsão de demanda que proporcionou tanto a redução dos erros de previsão, reduzindo com isso a necessidade de estoques de segurança, como o fornecimento de subsídios confiáveis para a tomada de decisão na política para grandes vendas. Ainda não se pode ter uma idéia muito precisa de até que ponto a fase qualitativa do sistema de previsão de demanda irá reduzir os erros, mas pode-se supor que para o caso do winchester apresentado a tendência é uma redução substancial dada a grande variabilidade dos valores e a dificuldade de seu tratamento por fórmulas matemáticas. Com esta redução será possível abaixar ainda mais os estoques de segurança para determinado nível de atendimento.

Tudo o que foi proposto neste trabalho pode ser implantado de forma bastante simples e com baixos custos, sendo estas preocupações constantes quando da sua elaboração. Especialmente para o sistema de previsão de demanda que envolve tratamento mais intenso de dados, foram detalhados todos os recursos e procedimentos necessários sendo que estes não envolvem custos maiores com equipamentos, softwares ou treinamento. Espera-se que todos estes pontos contem a favor da implementação do que foi proposto e resulte, assim, em ganhos reais para a empresa.



## **Bibliografia**

- HANKE, John E., REITSCH, Arthur G. (1998). "Business Forecasting", Sexta Edição, Prentice-Hall.
- MAKRIDAKIS, Spyros, WHEELWRIGHT, Steven C., MCGEE, Victor E. (1983). "Forecasting Methods and Applications", Segunda Edição, John Wiley & Sons.
- MAKRIDAKIS, Spyros, WHEELWRIGHT, Steven C. (1977). "Forecasting Methods for Management", Segunda Edição, John Wiley & Sons
- Centro de Tecnologia em Administração e Negócios (2000). "Supply Chain Management – Gestão da Cadeia de Abastecimento", SENAC/SP
- NARASIMHAN, Seetharama L., MCLEAVEY, Dennis W., BILLINGTON, Peter J. (1995). "Production Planning and Inventory Control", Segunda Edição, Prentice Hall International Editions.
- HAN, Arnoldo, CANDEA, Dan (1984). "Production and Inventory Management", Prentice Hall International Editions.
- SANTORO, Miguel Cezar (1999). "Planejamento, Programação e Controle da Produção – Introdução e Informações Básicas" – Apostila do curso de PPCP da Escola Politécnica da USP.
- MEYER, Paul L. (1983). "Probabilidade – Aplicações à Estatística", 2ª edição, Livros Técnicos e Científicos Editora.