

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE

ANDRÉ MARTINI

ADMINISTRAÇÃO CIENTÍFICA DE ESTOQUE

Novo Hamburgo, junho de 2008.

ANDRÉ MARTINI

ADMINISTRAÇÃO CIENTÍFICA DE ESTOQUE

Centro Universitário Feevale
Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas
Curso de Sistemas de Informação
Trabalho de Conclusão de Curso

Professor Orientador: Roberto Affonso Schilling

Novo Hamburgo, junho de 2008.

AGRADECIMENTOS

... primeira e principalmente a Deus, pois acredito que Ele abriu as portas e me conduziu para que hoje eu esteja realizando este sonho de concluir a faculdade. Tudo isso é para Você!

A toda minha família, principalmente aos meus pais que me acompanharam e me apoiaram nesta conquista. Gostaria muito que o meu pai estivesse aqui para ver o seu filho se formando.

Ao pessoal do Calçados Valale, que deram a oportunidade inicial para eu trabalhar com informática. Também ao pessoal da Centersul Informática e da Feevale, e a todos os colegas que tive nestas empresas, pois todos contribuíram muito para o meu crescimento profissional.

A todos os professores que tive, em especial aos seguintes professores: Fúlvio A. P. Lopes (Unisinos), Fábio Kruse “Fabão” (Feevale), Roberto Scheid (Feevale), e Roberto Affonso

Schilling que aceitou ser meu orientador, e me apoiou muito no desenvolvimento deste trabalho.

Quero dizer que foi um ano maravilhoso. Ao contrário do que é para muitos, o desenvolvimento do meu TC foi prazeroso, pois fiz algo que eu queria, numa área que eu adoro e implementei, pois eu adoro desenvolvimento de sistemas.

Muito Obrigado! Um grande abraço a todos!

RESUMO

A área de gestão de estoques tem grande importância na maioria das empresas. Isso se deve em parte porque o custo para manter um estoque é alto, além do que este recurso financeiro poderia estar sendo investido em outra área da empresa. Em um cenário altamente competitivo, onde os recursos financeiros estão cada vez mais escassos e a redução de custos faz-se necessária, é imprescindível que as empresas sejam mais eficientes e eficazes nos seus processos. A área de estoques é um destes processos. Muitos métodos de gestão de estoque já não são mais tão eficazes, pois a realidade financeira das empresas é outra, o mercado é outro, e o dinamismo como as coisas acontecem é alto. Assim sendo, isso obriga as empresas a buscarem novos métodos de administração de estoques, mais complexos e com mais recursos. A Pesquisa Operacional vem de encontro a essa necessidade, pois é uma metodologia de otimização na tomada de decisão. Desta forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema que contemple, de maneira configurável em nível de usuário, metodologias de gestão de estoques, com módulo de otimização de tomada de decisão.

Palavras-chave: Gestão de Estoques, Pesquisa Operacional, Otimização, Tomada de Decisão.

ABSTRACT

The management of inventories area has a great importance in most companies. This is partly because the cost to maintain an inventory is high, in addition to the fact that the financial resource could be being invested in another area of the company. In a highly competitive scenario, where financial resources are increasingly scarce and the reduction of costs is necessary, it is essential that companies be more efficient and effective in their processes. The inventories management area is one of these processes. Many methods for inventories management are no longer effective as the financial reality of business changed, as well as the market, besides that the dynamics of how things happen is high. Therefore, it requires companies to seek new methods of inventories administration, more complex and with more resources. Operational Research is in this need, being a method of optimization in decision making. Thus, this work aims to develop a system which includes, in a user configurable way, methodologies for the management of inventories, with an optimization module of decision making.

Key words: Inventories Management, Operation Research, Optimization, Decisions Making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Classificação por tipo de demanda. _____	15
Figura 1.2 - Curva do custo de armazenagem. _____	18
Figura 1.3 - Gráfico Dente de Serra. _____	21
Figura 1.4 - Gráfico Dente de Serra com Ruptura. _____	22
Figura 1.5 - Gráfico Dente de Serra utilizando Estoque Mínimo. _____	23
Figura 1.6 - Gráfico com alteração de consumo e tempo de reposição. _____	25
Figura 1.7 - A Curva ABC. _____	31
Figura 1.8 - Representação gráfica da quantidade econômica de pedido. _____	32
Figura 3.1-Tela de parâmetros do sistema. _____	57
Figura 3.2 - Tela de cadastro de fornecedores. _____	58
Figura 3.3 – Tela de cadastro de grupo de produtos. _____	58
Figura 3.4 - Tela de cadastro de produtos – Guia Principal. _____	59
Figura 3.5 - Tela de cadastro de produtos – Guia Análise de Custos. _____	60
Figura 3.6 - Tela de cadastro de produtos – Guia Administração de Estoque. _____	62
Figura 3.7 - Tela de ordem de compra LEC – Guia Principal. _____	65
Figura 3.8 - Tela de ordem de compra LEC – Guia Otimização. _____	66
Figura 3.9 – Consulta Diferença Previsão Versus Realizado. _____	69
Figura 3.10 – Gráfico Demanda Prevista Versus Realizada. _____	70
Figura 3.11 – Consulta Produtos Em Ponto de Pedido. _____	71
Figura 3.12 - Consulta Totais Em Estoque Por Grupo. _____	71
Figura 3.13 – Relatório de Curva ABC de Vendas. _____	72
Figura 3.14 - Relatório Valores Em Estoque. _____	73
Figura 3.15 – Documentação de Ajuda do Sistema. _____	74
Figura Anexo 1 - Modelo Entidade Relacionamento Completo _____	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Valores do método da porcentagem de consumo. _____	24
Tabela 1.2 – Valores de K em função do risco assumido. _____	26
Tabela 1.3 – Tabela mestra para construção da Curva ABC. _____	30
Tabela 1.4 – Tabela de consumos. _____	38
Tabela 1.5 – Tabela dos Qi e os totais por peça. _____	38
Tabela 1.6 – Tabela de demanda dos anos anteriores e somatórios. _____	44
Tabela 1.7 – Cálculo da Média Móvel Centrada. _____	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B	Custo de Pedido
C	Consumo Total Anual
\bar{C}	Consumo Médio Mensal
CF	Custo de Falta
CM _x	Consumo Máximo
CS	Custo Total do Sistema
CT	Custo Total
D	Previsão de Demanda
EM	Estoque Médio
EM _n	Estoque Mínimo
EM _x	Estoque Máximo
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
F	Número de Faltas
I	Custo de Armazenagem
LEC	Lote Econômico de Compra
m ²	Metro quadrado
MAD	Desvio Absoluto Médio
MDI	<i>Multiple Document Interface</i>
MMP	Método da Média Móvel Ponderada
MMPE	Método da Média Móvel com Ponderação Exponencial
MMPE2	Método da Média Móvel com Ponderação Exponencial de 2ª Ordem
MSE	Erro Médio Quadrático
MVP	Medida do Viés da Previsão
P	Preço unitário

PD	Programação Dinâmica
PL	Programação Linear
PO	Pesquisa Operacional
PP	Ponto de Pedido
Q	Lote Econômico de Compra
TR	Tempo de Reposição
Y_s	Erro de Padrão de Estimativa
VMI	<i>Vendor Managed Inventory</i> (Estoque Gerenciado pelo Fornecedor)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 GESTÃO DE ESTOQUES	15
1.1 Classificação de materiais	15
1.2 Custos de estoque	16
1.2.1 Custo de pedido (B)	17
1.2.2 Custo de armazenagem (I)	17
1.2.3 Custo de falta de estoque (CF)	19
1.2.4 Custo total (CT)	20
1.2.5 Custo total do sistema (CS)	20
1.3 Níveis de estoque	21
1.3.1 Curva dente de serra	21
1.3.2 Estoque disponível	23
1.3.3 Tempo de reposição (TR), lead time ou tempo de ressuprimento	23
1.3.4 Estoque mínimo (EMn) ou estoque de segurança	24
1.3.5 Ponto de pedido (B)	27
1.3.6 Giro de estoques ou rotatividade	27
1.3.7 Taxa de cobertura ou antigiro	28
1.3.8 Consumo médio mensal (\bar{C})	28
1.3.9 Estoque médio (EM)	28
1.3.10 Estoque máximo (EMx)	28
1.3.11 Ponto de ruptura ou ruptura de estoque	29
1.4 Consumo	29
1.4.1 Consumo regular	29
1.4.2 Consumo irregular	29
1.4.3 Consumo sazonal	29
1.5 Curva ABC, classificação ABC ou curva de pareto	29
1.6 Lote econômico de compra (Q), ou LEC	31
1.6.1 Lote econômico de compra (sem faltas)	32
1.6.2 Lote econômico de compra (admitindo faltas)	33
1.6.3 Lote econômico com descontos por quantidade	33
1.6.4 Lote econômico de compra com restrição de investimento em estoque	36
1.6.5 Críticas ao lote econômico de compra	38
1.7 Previsão de demanda	39
1.7.1 Classificação dos métodos de previsão de demanda	39
1.7.2 Método do último período	40
1.7.3 Método da média móvel	40

1.7.4	Método da média móvel ponderada (MMP)	40
1.7.5	Método da média móvel com ponderação exponencial (MMPE)	41
1.7.6	Método da média móvel com ponderação exponencial de segunda ordem (MMPE2)	42
1.7.7	Método dos mínimos quadrados	43
1.7.8	Técnicas para previsão da sazonalidade	44
1.7.9	Medida e controle de erros nas estimativas	47
2	PESQUISA OPERACIONAL	49
2.1	Histórico da Pesquisa Operacional (PO)	49
2.2	A natureza da Pesquisa Operacional	49
2.3	Metodologias	49
2.3.1	Programação linear (PL)	50
2.3.2	Programação inteira e mista	51
2.3.3	Programação não-linear	51
2.3.4	Programação dinâmica (PD)	51
3	PROJETO PRÁTICO	52
3.1	<i>Benchmarking</i>	52
3.1.1	Protheus 8	52
3.1.2	TecMaran	53
3.1.3	AlterData	53
3.2	Escopo do projeto	53
3.3	Validação do projeto prático	54
3.4	Projeto	55
3.4.1	Tecnologias e conceitos utilizados	56
3.4.2	Gestão estoques	56
3.4.3	Otimização do lote econômico de compras	64
3.4.4	Recursos adicionais	69
	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
	ANEXOS	79

INTRODUÇÃO

A área de gestão de estoques é muito importante na maioria das organizações. Um dos motivos que comprova este fato é o financeiro, pois o estoque pode ser visto como recurso financeiro parado, recurso este que poderia estar sendo investido em outra área da empresa. Segundo Dias (1997, p.11), algumas teorias clássicas que já tiveram seu auge, hoje, muitas vezes, são inviáveis diante dos recursos financeiros cada vez mais escassos. Para Chiavenato (1991, p.37), o capital investido em estoques normalmente representa uma parcela considerável do patrimônio da empresa e requer uma administração inteligente.

Outro motivo que pode influenciar o grau de importância dos estoques para uma empresa é a maneira como ela os encara. Para Martins (2000, p.133), os estoques assumem um papel ainda mais relevante quando vistos como um recurso que, no final, criará um valor para o cliente.

Diante deste nível de importância e considerando o cenário atual, as empresas precisam ser cada vez mais competentes em suas atividades. Isso significa reduzir custos, melhorar processos, manter-se atualizadas, entre outros aspectos. Viana (2000, p.50), destaca que as tendências mundiais, por intermédio da globalização, exigem uma postura mais dinâmica e eficiente das empresas, as quais devem estar preparadas para reagir de forma mais rápida às tendências do mercado.

Além de importante, e dos desafios cenário atual, a gestão de estoque também é complexa. Esta complexidade se deve em parte à grande quantidade de variáveis que devem ser analisadas, como por exemplo, estoque mínimo, estoque máximo, consumo médio, previsão de venda, ponto de pedido, lote econômico de compra, tempo de reposição, valor total da compra, custo do pedido, custo de armazenagem, etc.. Corrêa (1974, p.VI), afirma que na gestão de estoques, vários parâmetros devem ser analisados simultaneamente, o que torna o problema complexo.

Levando em consideração a importância, a complexidade e o cenário atual, as empresas precisam inovar, buscar novas soluções. De acordo com Dias (1997, p.11), no caso da gestão de estoques, o principal desafio é descobrir fórmulas e modelos matemáticos para redução de estoque sem afetar as vendas e sem aumentar os custos. Para Viana (2000, p.35), atingir o equilíbrio ideal entre estoque e demanda é a meta primordial de qualquer empresa.

Diante destas considerações, é fundamental que as empresas utilizem modelos científicos capazes de garantir melhores resultados. É neste ponto que a Pesquisa Operacional tem ganhado espaço dentro das empresas, pois é uma metodologia de otimização. Segundo Loesch (1999, p.9), a pesquisa operacional estrutura processos, propondo um conjunto de alternativas de ação, fazendo a previsão e comparação de valores, de eficiência e de custos. Para Hillier (1988, p.17), a pesquisa operacional trata da tomada de decisão ótima e modelação de sistemas determinísticos e probabilísticos.

Por ser uma metodologia de otimização, a Pesquisa Operacional precisa que a análise e modelagem do problema sejam o mais próximo da realidade possível, pois o modelo será utilizado para encontrar a solução ótima. Pidd (1998, p.19), afirma que as análises lógica e racional são cruciais no mundo atual. O autor cita que o modelo é uma representação explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja utilizar o modelo para entender, gerenciar e controlar parte de uma realidade.

Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo destas duas áreas, metodologias de gestão de estoques e conceitos da Pesquisa Operacional, desenvolver um sistema de administração de estoque que contemple métodos de gestão de estoque de maneira configurável em nível de usuário e também um módulo de otimização de tomada de decisão quanto aos valores gerados pelos métodos matemáticos de gestão de estoque.

Este trabalho está organizado em três capítulos: O capítulo 1 aborda a gestão de estoques, identificando as informações gerenciadas nesta área, bem como as metodologias utilizadas; O capítulo 2 apresenta uma visão geral da Pesquisa Operacional, mostrando a sua origem, a sua utilização e algumas metodologias; Já o capítulo 3 inicia analisando alguns sistemas de grandes empresas do mercado, mostrando como estes sistemas resolvem o problema principal deste trabalho, depois o capítulo apresenta o que será implementado no projeto prático deste trabalho e, por fim, o capítulo apresenta o projeto desenvolvido.

1 GESTÃO DE ESTOQUES

Os estoques são os materiais que uma empresa mantém, seja para vender, produzir ou consumir (ARNOLD, 1999, p.265).

A gestão de estoques trata das ações utilizadas para gerenciar de maneira correta estes materiais. De acordo com Martins (2000, p.155), a gestão de estoques constitui uma série de ações que permitem analisar a correta utilização, localização, manuseio e controle dos estoques.

1.1 Classificação de materiais

A classificação de materiais é o processo de agrupar os diversos materiais de uma empresa por características semelhantes. A gestão de estoques depende muito da classificação de materiais, pois uma das atividades deste processo é identificar as prioridades (VIANA, 2000, p.51).

A Figura 1.1 representa a classificação de materiais de acordo com a demanda.

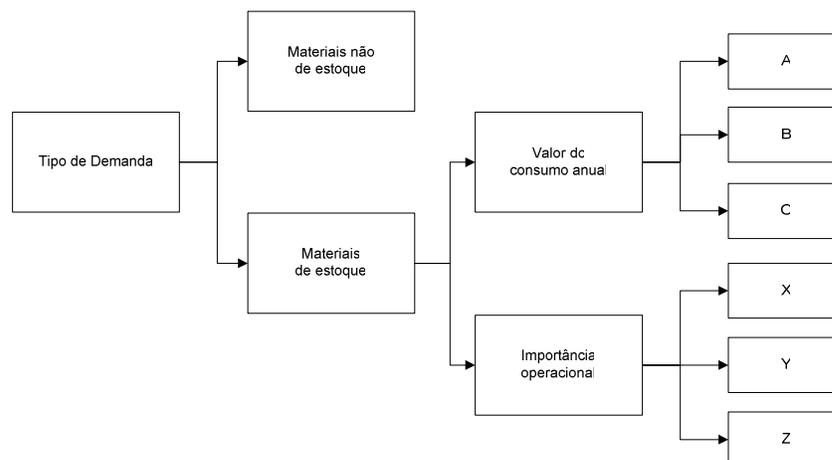


Figura 1.1 - Classificação por tipo de demanda.
Fonte: Viana (2000, p.53).

Alguns tipos de classificação de materiais segundo Viana (2000, p.52):

Por tipo de demanda: este tipo de classificação é utilizado para identificar quais itens terão controle de estoque e quais itens não terão. Sua importância refere-se no sentido de só armazenar em estoque os produtos realmente necessários.

- **Materiais de estoque:** são os materiais que terão controle de estoque, ou seja, normalmente terão quantidades em estoque. O ressurgimento destes materiais é controlado com base na previsão de demanda e na sua importância para empresa.
- **Materiais não de estoque:** são os materiais com demanda imprevisível e para estes não é definido ressurgimento automático. A aquisição destes materiais é efetuada somente após feita uma solicitação direta do usuário, ou seja, estes materiais serão comprados somente para atender uma demanda específica e pontual.

Perecibilidade: refere-se ao desaparecimento das propriedades físico-químicas do material e também ao fator tempo, ou seja, o material é adquirido para ser utilizado em data oportuna, e se não for consumido dentro deste período poderá não ter mais utilidade. Este tipo de classificação permite algumas medidas: lotes de compras mais racionais, revisões periódicas de estoque e seleção adequada de locais de estocagem.

Periculosidade: são os materiais cujas características físico-químicas possuem incompatibilidade com outros materiais do estoque, oferecendo riscos à segurança do ambiente onde estão localizados. Esta classificação terá muita utilidade para questões de manuseio, transporte e armazenagem destes materiais.

Dificuldade de aquisição: refere-se a alguns tipos de dificuldades de aquisição: fabricação especial; escassez no mercado; sazonalidade; monopólio ou tecnologia exclusiva; logística sofisticada e importações.

1.2 Custos de estoque

Segundo Martins (2000, p.141), a necessidade de manter estoques gera uma série de custos. Basicamente, estes custos podem ser classificados em três grandes categorias:

Custos diretamente proporcionais: ocorrem quando os custos aumentam à medida que o estoque aumenta ou vice-versa.

Custos inversamente proporcionais: ocorrem quando os custos diminuem à medida que o estoque aumenta ou vice-versa.

Custos independentes: são os custos que independem da quantidade estocada.

1.2.1 Custo de pedido (B)

Moreira (1998, p.465), na obra Administração da Produção e Operações, afirma que o custo de pedido é o valor de todas as despesas incorridas desde o momento da elaboração do pedido até o momento da estocagem do produto no almoxarifado.

Para Corrêa (1974, p.42), as despesas que geralmente compõem o custo de pedido são:

Custo de mão-de-obra: custos necessários para elaboração e processamento de pedidos.

Custo de material: custos com materiais para a elaboração do pedido. Exemplos: papel, caneta, clipes, etc..

Custos indiretos: despesas indiretamente relacionadas com a elaboração do pedido. Por exemplo: custo do espaço físico do setor de compras, energia elétrica, telefone, etc..

Apuradas todas as despesas relacionadas direta ou indiretamente com a elaboração dos pedidos durante o período de um ano, se obterá o custo total anual dos pedidos. Após a obtenção deste valor, divide-se o mesmo pelo número total de pedidos efetuados durante o ano para obter o custo unitário para fazer um pedido. Logo, a fórmula do custo unitário do pedido é:

$$B = \frac{\text{Custo total anual dos pedidos}}{\text{número anual de pedidos}}$$

1.2.2 Custo de armazenagem (I)

O custo de armazenagem é a soma de diversos custos, custos de capital, seguro, transportes, obsolescência e despesas diversas (DIAS, 1997, p.48). O autor afirma que para calcular o custo de armazenagem de um material pode-se utilizar a seguinte expressão:

$$I = \frac{Q}{2} \cdot T \cdot P \cdot I$$

Onde:

$Q/2$ = estoque médio em unidades de um produto.

P = preço unitário do material.

I = taxa de armazenagem, expressa geralmente em termos de porcentagem do preço unitário.

T = tempo considerado de armazenagem.

Para que a expressão acima seja válida, é necessária a análise de duas hipóteses:

1. O custo de armazenagem é proporcional ao estoque médio, isso porque quando o estoque está no nível máximo o custo de armazenagem é máximo, da mesma forma para o estoque mínimo. Isto pode ser visto na Figura 1.2.

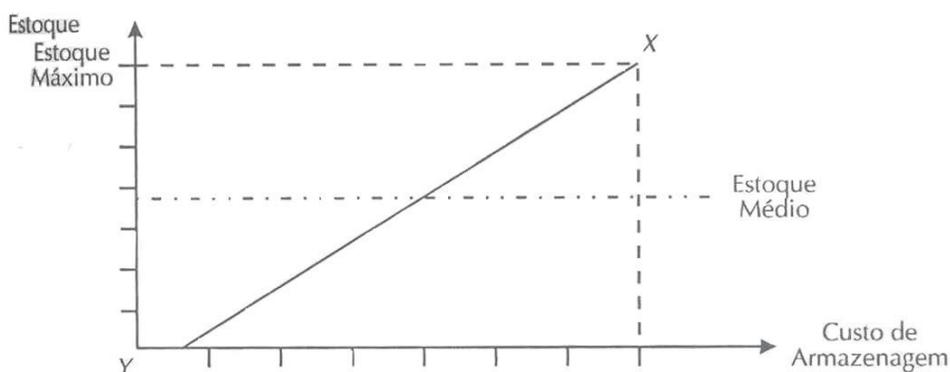


Figura 1.2 - Curva do custo de armazenagem.

Fonte: Dias (1997, p.45).

2. O preço unitário deve ser constante no período analisado ou então se deve utilizar o valor médio.

A taxa de armazenamento é obtida através da soma de diversas parcelas. Abaixo, está a fórmula geral e a fórmula destas diversas parcelas.

- Fórmula geral (%):

$$I = I_a + I_b + I_c + I_d + I_e + I_f$$

A fórmula anterior representa a soma das diversas taxas de custos de armazenagem.

A seguir são destacadas todas estas taxas e suas respectivas fórmulas.

- Taxa de retorno de capital (%):

$$I_a = 100 \times \frac{\text{lucro}}{\text{valor estoques}}$$

- Taxa de armazenamento físico (%):

$$I_b = 100 \cdot \frac{S \cdot A}{C \cdot P}$$

Onde:

- S = área ocupada pelo estoque.
- A = custo anual do m² de armazenamento.
- C = consumo anual.
- P = preço unitário.

- Taxa de seguro (%):

$$I_c = 100 \cdot \frac{\text{custo anual do seguro}}{\text{valor estoques} + \text{edifícios}}$$

- Taxa de transporte, manuseio e distribuição (%):

$$I_d = 100 \cdot \frac{\text{depreciação anual do equipamento}}{\text{valor do estoque}}$$

- Taxa de obsolescência (%):

$$I_e = 100 \cdot \frac{\text{perdas anuais por obsolescência}}{\text{valor do estoque}}$$

- Outras taxas (%):

$$I_f = 100 \cdot \frac{\text{despesas anuais}}{\text{valor do estoque}}$$

1.2.3 Custo de falta de estoque (CF)

Conforme destacado por Moreira (1998, p.466), na obra *Administração da Produção e Operações*, os custos da falta de estoque são as conseqüências econômicas sofridas pela empresa quando um material falta em estoque. Por exemplo: perda de vendas, perda da imagem da empresa, entre outros.

Para Dias (1997, p.51), os custos por falta de estoque não podem ser calculados com grande precisão, mas podem ser determinados das seguintes maneiras:

Por meio de lucros cessantes: perdas de receitas por cancelamentos de pedidos e parada de produção.

Por custeios adicionais: substituição no fornecimento de determinados produtos por material de terceiros.

Por custeios de não cumprimento de contratos: multas contratuais por não cumprimento de prazos.

Por quebra da imagem da empresa: principalmente em relação a atrasos, o que beneficia a concorrência.

1.2.4 Custo total (CT)

De acordo com Dias (1997, p.52), considerando-se fixo o preço de um determinado produto, o cálculo do custo total é o somatório do custo de armazenagem e do custo de pedido.

$$CT = \frac{C}{Q} \cdot B + \frac{P \cdot Q}{2} \cdot I$$

Onde:

$Q/2$ = estoque médio em unidades de um produto.

Q = número de peças compradas por pedido (lote econômico de compras).

$P \cdot Q/2$ = valor do estoque médio.

P = preço unitário por peça.

$(P \cdot Q/2) \cdot I$ = custo total da armazenagem por ano.

I = taxa de armazenagem anual.

C/Q = número de pedidos colocados no fornecedor por ano.

C = consumo total anual.

$(C/Q) \cdot B$ = custo total de pedido por ano.

B = custo unitário do pedido.

1.2.5 Custo total do sistema (CS)

Moreira (1998, p.487), na obra Administração da Produção e Operações, destaca que quando se acrescenta o custo anual do material no custo total, tem-se o custo total do sistema.

$$CS = \left(\frac{C}{Q} \cdot B \right) + \left(\frac{Q}{2} \cdot I \cdot P \right) + (P \cdot C)$$

Onde:

C = consumo total anual.

Q = número de peças compradas por pedido.

B = custo unitário do pedido.

I = taxa de armazenagem anual.

P = preço unitário por peça.

Q/2 = estoque médio em unidades de um produto.

1.3 Níveis de estoque

Viana (2000, p.149), afirma que o estoque pode ser otimizado através de parâmetros, os quais têm por finalidade manter permanentemente os níveis de estoque ajustados em função do consumo, prazo de reposição, importância operacional e valor.

1.3.1 Curva dente de serra

A representação do movimento de estoque de um determinado material dentro do sistema de gestão de estoque pode ser realizada através de um gráfico, onde a abscissa é o tempo T, normalmente em meses, e a ordenada é a quantidade em estoque no intervalo do tempo T (DIAS, 1997, p.55).

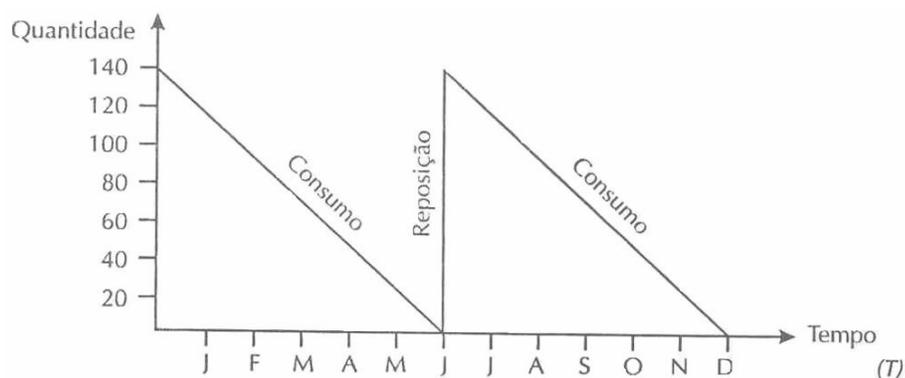


Figura 1.3 - Gráfico Dente de Serra.

Fonte: Dias (1997, p.55).

A Figura 1.3 retrata um consumo uniforme mensalmente e sem atrasos de entrega. Mas a realidade normalmente não é essa. É bastante freqüente ocorrer algumas situações. Por

exemplo: alterações de consumo entre os períodos, esquecer de fazer a solicitação de compra para o fornecedor, atraso de entrega por parte do fornecedor e rejeição de entrega por causa de qualidade. Diante deste cenário é preciso desenvolver sistemas que absorvam essas características (DIAS, 1997, p.55). A Figura 1.4 representa esta situação.

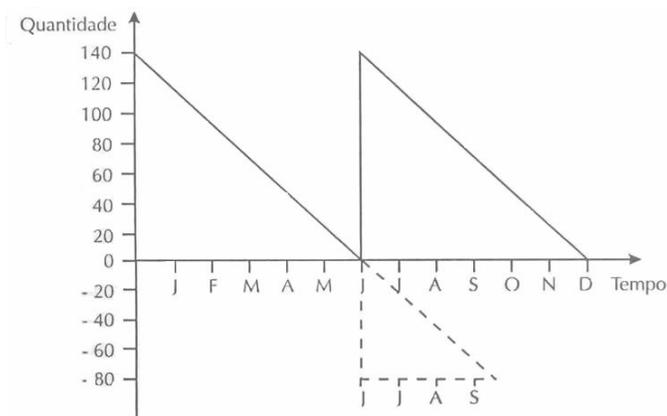


Figura 1.4 - Gráfico Dente de Serra com Ruptura.

Fonte: Dias (1997, p.56).

A linha pontilhada na Figura 1.4 indica que o estoque esteve em zero nos meses de julho, agosto e setembro e deixou de atender a uma quantidade de 80 peças. A gestão de estoque deve ter como objetivo impedir este tipo de ocorrência, mas deve fazer isso com a solução mais econômica possível (DIAS, 1997, p.56).

Quando o consumo mensal aumenta, provocando a falta de material em estoque, diz-se que houve ruptura de estoque (CORREA, 1974, p.10).

Uma maneira de reduzir este tipo de ocorrência é indicar a quantidade mínima em estoque (item 1.3.4 Estoque mínimo (EMn) ou estoque de segurança). Neste caso, o material será repostado quando atingir a quantidade mínima, diferentemente do modelo anterior em que o material é repostado quando chega à zero. Esta quantidade servirá para suportar os atrasos, rejeições de qualidade e alterações do consumo. Deve-se ter muito cuidado em dimensionar o estoque mínimo, pois o mesmo representa capital empatado (DIAS, 1997, p.57). A Figura 1.5 representa esta situação.

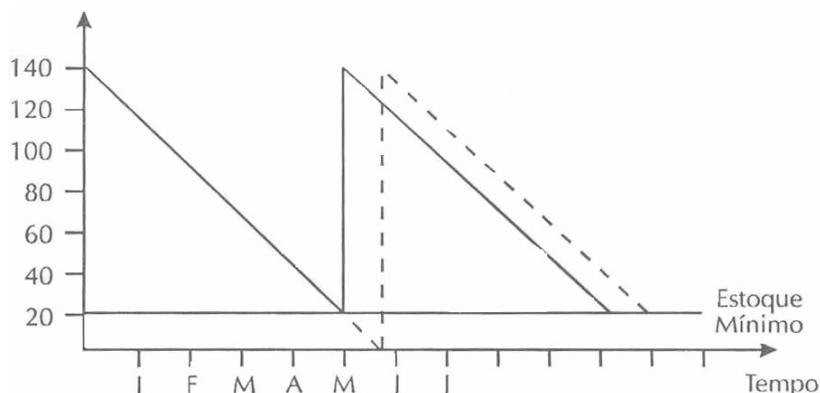


Figura 1.5 - Gráfico Dente de Serra utilizando Estoque Mínimo.

Fonte: Dias (1997, p.57).

1.3.2 Estoque disponível

Para Dias (1997, p.59), o estoque disponível deve considerar o estoque físico, os fornecimentos em atraso e os fornecimentos em aberto ainda dentro do prazo. A prática normal consiste em agrupar o saldo em fornecedores como um saldo único. O estoque disponível também é conhecido por estoque virtual.

$$\text{Estoque Disponível} = \text{Estoque Físico} + \text{Saldo em Fornecedor.}$$

1.3.3 Tempo de reposição (TR), lead time ou tempo de ressurgimento

De acordo com Viana (2000, p.155), o tempo de reposição é o intervalo de tempo desde a emissão do pedido de compra para o fornecedor até o recebimento do material. Este tempo pode ser desmembrado em algumas partes:

Tempo de Preparação de Compra: tempo necessário para preparar o pedido de compra.

Tempo de Atendimento do Fornecedor: tempo necessário para o fornecedor atender o pedido, ou seja, é o tempo que o fornecedor gasta desde o momento em que recebeu o pedido de compra até o momento em que despachou o material para ser entregue para a empresa.

Tempo de Transporte: tempo gasto com transporte para entrega do material desde o fornecedor até a empresa.

Tempo de Recebimento e Regularização: tempo necessário para receber, revisar qualidade e armazenar o material no estoque.

1.3.4 Estoque mínimo (EMn) ou estoque de segurança

A definição do estoque mínimo é uma das mais importantes informações da gestão de estoques. Esta importância deve-se à relação direta do estoque mínimo com o grau de imobilização financeira da empresa. A definição do estoque mínimo tem influência direta na determinação do ponto de pedido (DIAS, 1997, p.63).

Dias (1997), afirma que pode-se determinar o estoque mínimo de duas maneiras:

1. **Fixação de determinada projeção mínima.**
2. **Cálculos estatísticos.**

Alguns modelos para o cálculo do estoque mínimo segundo Dias (1997, p.66):

Fórmula Simples: Neste modelo, multiplica-se o consumo médio mensal \bar{C} por um fator de segurança K arbitrário. Este fator de segurança é proporcional ao grau de atendimento desejado do item de estoque. Por exemplo, quando se quer um grau de atendimento de 90%, deve-se multiplicar o consumo médio mensal por 0,9:

$$EMn = \bar{C} \cdot K$$

Método da Porcentagem de Consumo: Considera os consumos diários passados, os quais são medidos através de uma tabela de distribuição acumulativa da seguinte maneira: os valores diferentes de consumos diários do ano anterior e a quantidade de dias em que eles ocorreram, conforme apresentado na Tabela 1.1. A fórmula deste modelo é:

$$EMn = (C.Max - C.Médio) \cdot TR$$

Exemplo:

Tabela 1.1 – Valores do método da porcentagem de consumo.

1	2	3	4	5
Consumo Diário	Nº dias em que o consumo ocorreu	1 x 2	Acumulado	% da acumulação
90	4	360	360	2,12
80	8	640	1000	5,91
70	12	840	1840	10,87
65	28	1820	3660	21,63
60	49	2940	6600	39,00
50	80	4000	10600	62,64
40	110	4400	15000	88,65
30	44	1320	16320	96,45
20	30	600	16920	100,00
Totais	365	16920		

Fonte: Adaptado de Dias (1997, p.68).

Analisando a Tabela 1.1 pode-se dizer que um consumo de 70 ou mais unidades por dia só ocorrerá em aproximadamente 10% das vezes. Utilizando este número como sendo o estoque máximo, o estoque mínimo seria:

$$EMn = (70 - 55) \cdot 10 = 150$$

Cálculo do estoque mínimo com alteração do consumo e tempo de reposição: Este modelo de cálculo, ao contrário dos anteriores, considera variações no consumo médio mensal e variação no tempo de reposição. A Figura 1.6 representa esta situação.

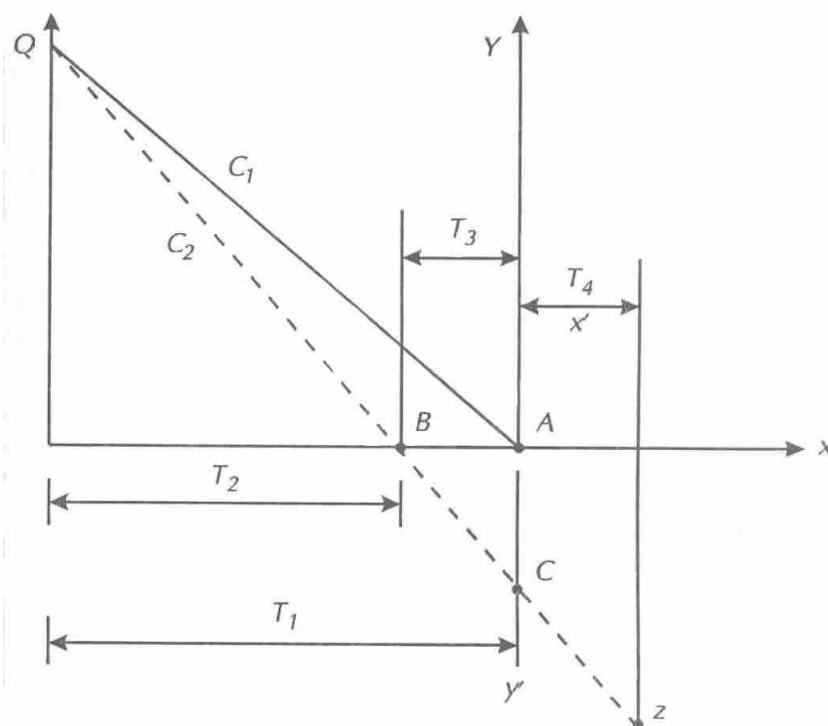


Figura 1.6 - Gráfico com alteração de consumo e tempo de reposição.

Fonte: Dias (1997, p.71).

- C_1 = consumo normal mensal.
- C_2 = consumo mensal maior que o normal.
- T_1 = tempo para consumo de Q_1 a uma velocidade de consumo C_1 .
- T_2 = tempo para consumo de Q_2 a uma velocidade de consumo C_2 .
- T_3 = tempo que se deixou de consumir por causa da alteração do consumo (C_2).
- T_4 = atraso no tempo de reposição.
- A = instante em que C_1 chegaria a zero (0).
- B = instante em que C_2 chegaria a zero (0).

C = quantidade de material necessária para suportar uma alteração de consumo, não havendo atraso no tempo de reposição.

Z = quantidade de material necessária para suportar alteração de consumo, havendo atraso no tempo de reposição.

A fórmula deste modelo é:

$$EMn = T_1(C_2 - C_1) + C_2 \cdot T_4$$

Estoque mínimo com grau de atendimento: Este modelo de cálculo admite estoque zero, ou seja, admite a ruptura do estoque. Neste modelo, define-se um grau de atendimento desejado, assumindo-se um risco de falta.

O primeiro passo é analisar a medida de dispersão, a qual nos dá o grau de variação do consumo (desvio padrão).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

X_i = consumo máximo previsto.

\bar{X} = consumo médio mensal.

n = número de períodos.

Após o cálculo do desvio padrão deve-se definir o grau de atendimento desejado (R = percentual de risco) e localizar o valor de K na tabela Valores de K em função do risco assumido. Por exemplo, para um grau de atendimento de 95%, $R = 1 - 0,95 = 0,05$, logo, $K = 1,645$.

Tabela 1.2 – Valores de K em função do risco assumido.

K	Risco (%)	K	Risco (%)
3,090	0,001	0,842	0,200
2,576	0,005	0,674	0,250
2,326	0,010	0,524	0,300
1,960	0,025	0,385	0,350
1,645	0,050	0,253	0,400
1,282	0,100	0,126	0,450
1,036	0,150	0,000	0,500

Fonte: Dias (1997, p.75).

Após obter o valor do desvio padrão e o valor de K , basta aplicar as fórmulas.

Fórmula do estoque mínimo:

$$EMn = K \cdot \sigma$$

Fórmula do consumo máximo que o estoque mínimo poderá suportar.

$$CMx = \bar{C} + K \cdot \sigma$$

1.3.5 Ponto de pedido (B)

Para Chiavenato (1991, p.83), o ponto de pedido é a quantidade ou nível de estoque que, quando atingido, deverá gerar um novo pedido de compra.

É o nível de estoque pré-determinado que quando atingido emite-se um novo pedido de compra do material. Neste sistema, um pedido deve ser feito quando ainda há quantidade suficiente em estoque para satisfazer à demanda durante o tempo de reposição (ARNOLD, 1999, p.319).

O ponto de pedido pode ser determinado através da multiplicação do tempo de reposição TR e consumo médio mensal \bar{C} (item 1.3.8 Consumo médio mensal (\bar{C})), somado ao valor do estoque de segurança ou estoque mínimo EMn (MARTINS, 2000, p.187). O tempo de reposição TR e o consumo médio \bar{C} devem ter a mesma unidade de tempo.

$$B = \left(TR \times \bar{C} \right) + EMn$$

1.3.6 Giro de estoques ou rotatividade

Segundo Martins (2000, p.159), o giro de estoques representa a quantidade de vezes que o estoque médio gira dentro de um período, este período pode ter como unidade dia, mês ou ano.

$$\text{Giro de estoques} = \frac{\text{quantidade consumida no período}}{\text{estoque médio}}$$

As taxas de rotatividade também podem ser expressas em valores monetários (CHIAVENATO, 1991, p.74):

$$\text{Produto Acabado} = \frac{\text{custo das vendas}}{\text{estoque médio de produtos acabados}}$$

$$\text{Matéria - Prima} = \frac{\text{custo dos materiais utilizados}}{\text{estoque médio de matérias - primas}}$$

1.3.7 Taxa de cobertura ou antigo

A taxa de cobertura de estoque indica a quantidade de períodos que o estoque médio irá suportar o consumo médio (DIAS, 1997, p.78). Ainda segundo o autor, é aconselhável que se estabeleça índices de rotatividade por grupo de materiais com a mesma faixa de preço ou consumo.

$$\text{Taxa de cobertura} = \frac{\text{estoque médio}}{\text{consumo médio}}$$

1.3.8 Consumo médio mensal (\bar{C})

É o valor médio dos consumos analisados em uma unidade de tempo (VIANA, 2000, p.160).

1.3.9 Estoque médio (EM)

Dias (1997, p.61), afirma que o estoque médio é o nível médio de estoque de um item entre a realização das operações de compra e consumo.

O estoque médio é calculado da seguinte maneira:

$$EM = \frac{Q}{2}$$

Onde:

Q = lote econômico de compra (1.6 Lote econômico de compra (Q), ou LEC).

1.3.10 Estoque máximo (EMx)

Segundo Viana (2000, p.149), o estoque máximo é a quantidade máxima em estoque permitida para o material. Uma de suas finalidades é indicar a quantidade a ser comprada, pois quando o ponto de pedido for atingido deve-se fazer um novo pedido com base no lote econômico de compra para se atingir o estoque máximo.

Fórmula do estoque máximo de acordo com Chiavenato (1991, p.83).

$$EMx = EMn + Q$$

Onde:

EMn = estoque mínimo.

Q = lote econômico de compra (1.6 Lote econômico de compra (Q), ou LEC).

1.3.11 Ponto de ruptura ou ruptura de estoque

É o ponto em que o nível do estoque chega a zero e ainda tem demanda do material. Na prática, é quando o usuário ou cliente solicita um material e não pode ser atendido por falta de estoque (VIANA, 2000, p.156).

1.4 Consumo

Quantidade de material utilizada para o atendimento das solicitações de produção e/ou venda dentro de um período de tempo (VIANA, 2000, p.110).

1.4.1 Consumo regular

Viana (2000, p.110), afirma que este tipo de consumo caracteriza-se por materiais onde o consumo tem pouca variação entre os períodos de tempos.

1.4.2 Consumo irregular

De acordo com Viana (2000, p.111), este tipo de consumo tem como característica materiais onde o consumo tem grandes variações entre os períodos de tempos.

1.4.3 Consumo sazonal

Este tipo de consumo caracteriza-se por materiais onde o consumo aumenta significativamente em determinados períodos (VIANA, 2000, p.112).

1.5 Curva ABC, classificação ABC ou curva de pareto

A Curva ABC baseia-se no princípio de que a maior parte do capital investido em estoques advém de um pequeno grupo de materiais (CHIAVENATO, 1991, p.78).

Segundo Arnold (1999, p.283), a classificação ABC determina a importância dos itens do estoque permitindo assim diferentes níveis de controles de acordo com esta importância. Normalmente a classificação ABC baseia-se no consumo anual em valores monetários.

A origem da Classificação ABC vem da Curva de Pareto desenvolvida pelo economista, sociólogo e engenheiro italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), que em 1897 estudou a distribuição de renda entre a população do sistema econômico em que vivia e descobriu uma regularidade na distribuição de renda, estabelecendo a partir de então o

princípio de que a maior parte da renda nacional concentrava-se em uma pequena parte da população e que qualquer medida que atingisse duas ou três classes majoritárias estaria englobando a maior parte da população (VIANA, 2000, p.64).

De acordo com Chiavenato (1991, p.78), a Curva ABC pode ser dividida em três classes:

Classe A: constituída de poucos itens. De 15 a 20% do total dos itens que representam em torno de 80% do valor do estoque.

Classe B: constituída de uma quantidade média de itens. De 35 a 40% do total dos itens que representam em torno de 15% do valor do estoque.

Classe C: constituída de uma quantidade enorme de itens. De 40 a 50% do total dos itens do estoque, que representam em torno de 5 a 10% do valor do estoque.

Para Martins (2000, p.162), não existe um padrão totalmente aceito quanto ao percentual do total dos itens de cada classe da Classificação ABC. A classe A representa os itens mais significativos, algo entre 35% a 70% do valor consumido do estoque, os itens da classe B representam entre 10% e 45%, e os itens da classe C o restante. Conforme Moreira (1998, p.325), na obra Introdução à Administração de Produção e Operações, deve-se ir pelo bom senso, tendo como base a importância de cada classe em relação ao investimento em estoque.

A Classificação ABC pode ser transformada em uma Curva ABC ou Curva de Pareto. Para isso, devem-se colocar os itens de estoque em uma tabela ordenados de forma decrescente com base na coluna valor do estoque acumulado ou valor do consumo anual (CHIAVENATO, 1991, p.78).

Exemplo:

Tabela 1.3 – Tabela mestra para construção da Curva ABC.

Item	Valor Consumido	Valor Total	Percentual	Percentual Acumulado
2035	29.520,00	107.982,25	27,34	27,34
1030	24.651,25	107.982,25	22,83	50,17
1020	10.615,50	107.982,25	9,83	60,00
2050	9.048,00	107.982,25	8,38	68,38
6070	7.402,50	107.982,25	6,86	75,23
2015	5.232,00	107.982,25	4,85	80,08
3055	5.197,50	107.982,25	4,81	84,89
1060	3.750,00	107.982,25	3,47	88,36
5050	2.652,00	107.982,25	2,46	90,82
1045	2.412,00	107.982,25	2,23	93,05

Item	Valor Consumido	Valor Total	Percentual	Percentual Acumulado
5070	2.346,00	107.982,25	2,17	95,23
3025	2.010,00	107.982,25	1,86	97,09
7080	1.988,00	107.982,25	1,84	98,93
1010	1.057,50	107.982,25	0,98	99,91
3010	100,00	107.982,25	0,09	100,00

Fonte: Adaptado de Martins (2000, p.164).

Utilizando o exemplo acima a classificação ABC fica assim:

Classe A: itens 2035, 1030 e 1020 representam juntos 60,00% do total do consumo anual.

Classe B: itens 2050, 6070, 2015 e 3055 representam juntos 24,89% do total do consumo anual.

Classe C: itens 1060, 5050, 1045, 5070, 3025, 7080, 1010 e 3010 representam juntos 15,11% do total do consumo anual.

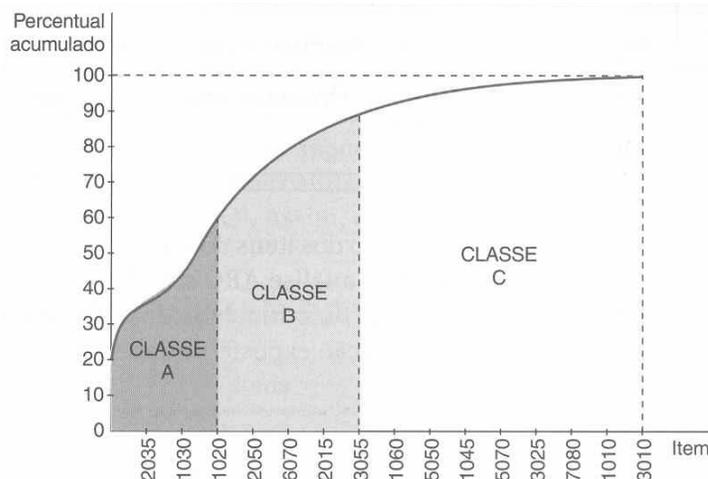


Figura 1.7 - A Curva ABC.

Fonte: Martins (2000, p.165).

Os itens da classe A devem receber uma atenção especial, pois uma economia em sua utilização representa uma redução significativa no valor total dos gastos com materiais (MARTINS, 2000, p.162).

1.6 Lote econômico de compra (Q), ou LEC

A abordagem mais comum de quanto e quando comprar um determinado item de estoque é o lote econômico de compra. Esta abordagem procura encontrar o equilíbrio ideal entre vantagens e desvantagens de manter o estoque. Busca a otimização de custos de manutenção de estoque contra os custos de pedidos (SLACK; HARRISON; CHAMBERS;

HARLAND, 1999, p.286). A Figura 1.8 ilustra graficamente a relação entre custos de estoque e o LEC.

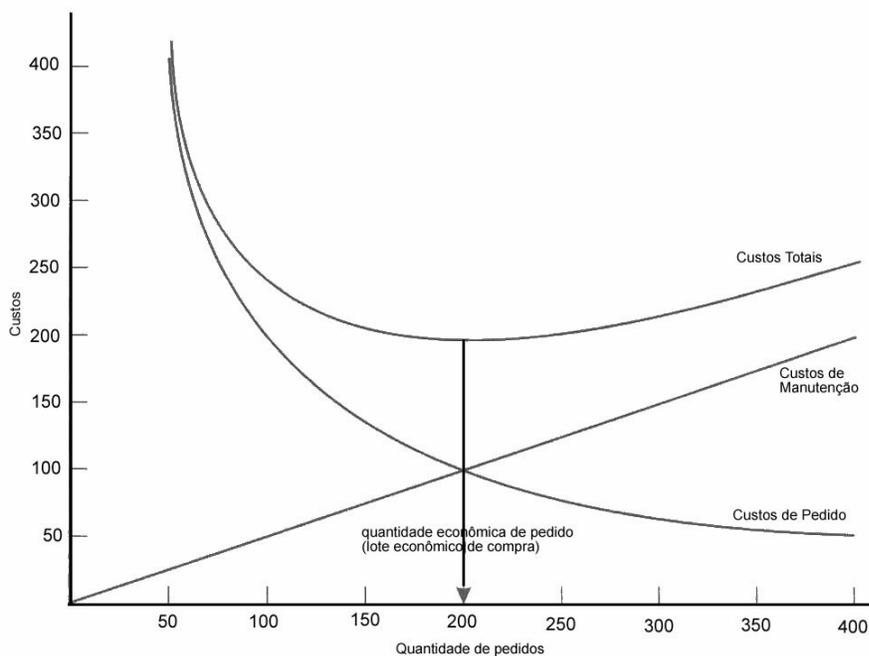


Figura 1.8 - Representação gráfica da quantidade econômica de pedido.

Fonte: Slack; Harrison; Chambers; Harland (1999, p.289).

Segundo Martins (2000, p.173), a solução do lote econômico de compra leva ao valor de Q que minimiza o custo total do estoque de um determinado item. Isso porque existe uma relação entre o tamanho do lote de compra, os custos de armazenamento, os custos de pedido e o custo total. O aumento do LEC faz os custos de armazenamento aumentarem, os custos de pedidos diminuírem e o custo total diminui até atingir o valor mínimo, no ponto onde é obtido o lote econômico de compra, e depois começa a aumentar.

1.6.1 Lote econômico de compra (sem faltas)

Dias (1997, p.98), afirma que este é um dos modelos mais simples, e para tanto, devemos partir de algumas condições:

- O consumo mensal é determinístico e com uma taxa constante.
- A reposição é instantânea quando os estoques chegam à zero.

A fórmula deste modelo, para quando a taxa de armazenagem for em percentual, é:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C}{P \cdot I}}$$

Onde:

- C = consumo total anual.
 B = custo unitário do pedido.
 I = taxa de armazenagem anual.
 P = preço unitário por peça.

Nos casos em que a taxa de armazenagem for em valor a fórmula muda para:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C}{I}}$$

1.6.2 Lote econômico de compra (admitindo faltas)

Este modelo segue os mesmos princípios do modelo anterior, com uma diferença, este modelo admite a falta de estoque. Esta diferença significa na prática a adição de mais um custo na fórmula, o custo de falta (DIAS, 1997, p.104).

Com a adição do custo de falta é preciso colocar este custo na fórmula do custo total. A fórmula do custo total fica assim:

$$CT = P \cdot C + B \cdot \frac{C}{Q} + \frac{I \cdot (Q - F)^2}{2Q} + \frac{CF \cdot F^2}{2Q^2}$$

A fórmula para encontrar o número de faltas é:

$$F = \frac{I}{I + CF} \cdot Q$$

A fórmula para calcular o lote econômico de compra admitindo falta é:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C}{P \cdot I}} \cdot \sqrt{\frac{I}{I + CF}}$$

1.6.3 Lote econômico com descontos por quantidade

Segundo Moreira (1998, p.484), na obra Administração da Produção e Operações, é comum acontecer dos fornecedores oferecerem materiais com variações de preço de acordo com a quantidade comprada pela empresa. Normalmente, quanto maior a quantidade de compra menor é o valor de custo unitário. Para a empresa que está comprando, comprar em maiores quantidades significa:

- Menor custo de pedido, isso porque diminui o número anual de pedidos junto ao fornecedor.

- Maior custo de armazenamento anual, já que aumenta o estoque médio.
- Menor custo de aquisição de materiais necessária durante o ano.

Para analisar uma situação de compra com desconto por quantidade, é necessário considerar todos os custos da oferta de diferentes quantidades e preços. Isso é feito através da comparação do custo total do sistema. Para solução deste problema existe um algoritmo com os seguintes procedimentos:

- Calcule o LEC considerando o menor preço.
- Se o LEC encontra-se dentro da faixa na qual o preço foi oferecido, o problema está resolvido.
- Se o LEC está abaixo da faixa na qual o preço foi oferecido, calcule o custo total do sistema considerando que a compra será na quantidade mínima da faixa (ir para o próximo passo).
- Calcule o LEC para cada opção de preço (a partir do segundo menor valor) em ordem crescente de valor unitário, até encontrar um valor de LEC que esteja dentro da faixa do preço que está sendo calculado. Sempre que o LEC não estiver dentro da faixa de quantidade do preço usado no cálculo, calcular o custo total do sistema usando a quantidade mínima da faixa.
- Compare os valores de CS calculados nos passos c) e d). Opte pela quantidade que oferecer o menor valor de CS.

Note no algoritmo que não há necessidade de calcular o LEC para todas as opções de preços. Deve-se parar quando encontrar um LEC que esteja dentro da faixa do preço calculado. Quando o LEC do menor preço não estiver dentro da faixa, é necessário fazer a comparação dos valores dos custos totais do sistema.

Fórmula do Lote Econômico de Compra:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C}{P \cdot I}}$$

Onde:

C = consumo total anual.

B = custo unitário do pedido.

I = taxa de armazenagem anual.

P = preço unitário por peça.

Exemplo:

O departamento de compra está estudando uma proposta de um fornecedor para um determinado material. A proposta é seguinte: se a quantidade comprada for igual ou inferior a 2000 unidades, o preço unitário será R\$ 700,00; se a quantidade comprada for superior a 2000 unidades e inferior ou igual a 3000 unidades, o preço unitário será R\$ 690,00; e se a quantidade comprada for superior a 3000 unidades, o preço unitário será R\$ 685,00.

O custo de pedido para este material é de R\$ 15.000,00. O consumo anual estimado é de 20.000 unidades e a taxa de armazenagem é de 50%.

Solução:

C = 20000

B = 15000

I = 0,5

O primeiro passo é o cálculo do lote econômico de compra para o menor valor (R\$ 685,00).

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C}{P \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 15000 \cdot 20000}{685 \cdot 0,5}} = 1324 \text{ unidades}$$

Como o valor de que Q encontrado, utilizando o menor preço, é menor que 3000, ou seja, menor que a quantidade mínima da faixa, deve-se calcular o custo total do sistema considerando o lote econômico de compra igual a 3000 unidades.

$$CS = \left(\frac{C}{Q} \times B \right) + \left(\frac{Q}{2} \times I \times P \right) + (P \times C)$$

$$CS = \left(\frac{20000}{3000} \times 15000 \right) + \left(\frac{3000}{2} \times 0,5 \times 685 \right) + (685 \times 20000)$$

$$CS = 100000 + 513750 + 13700000$$

$$CS = 14313750$$

Próximo passo, calcular o LEC para o segundo menor valor (R\$ 690,00).

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C}{P \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 15000 \cdot 20000}{690 \cdot 0,5}} = 1318 \text{ unidades}$$

Como o valor de Q encontrado para o segundo menor valor é menor que 2000, deve-se calcular o custo total do sistema considerando o LEC igual à quantidade mínima da faixa, ou seja, 2000 unidades.

$$CS = \left(\frac{C}{Q} \times B \right) + \left(\frac{Q}{2} \times I \times P \right) + (P \times C)$$

$$CS = \left(\frac{20000}{2000} \times 15000 \right) + \left(\frac{2000}{2} \times 0,5 \times 690 \right) + (690 \times 20000)$$

$$CS = 150000 + 300000 + 13800000$$

$$CS = 14295000$$

Comparando-se os dois primeiros resultados, nota-se que está sendo mais interessante comprar 2000 unidades, pois o custo total do sistema é menor, embora esta escolha não corresponda ao menor preço.

Próximo passo, calcular o LEC para o terceiro e último valor (R\$ 700,00).

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C}{P \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 15000 \cdot 20000}{700 \cdot 0,5}} = 1309 \text{ unidades}$$

Neste caso o valor do LEC encontrado está dentro da faixa, devemos calcular o custo total do sistema considerando o lote econômico de compra igual a 1309.

$$CS = \left(\frac{C}{Q} \times B \right) + \left(\frac{Q}{2} \times I \times P \right) + (P \times C)$$

$$CS = \left(\frac{20000}{1309} \times 15000 \right) + \left(\frac{1309}{2} \times 0,5 \times 700 \right) + (700 \times 20000)$$

$$CS = 229183 + 229075 + 14000000$$

$$CS = 14458258$$

Analisando os resultados, nota-se que a compra de 2000 unidades com valor de R\$ 690,00 continua sendo a melhor opção, conduzindo ao menor valor de CS.

1.6.4 Lote econômico de compra com restrição de investimento em estoque

A utilização normal do lote econômico de compra não leva em consideração a disponibilidade financeira, ou seja, sempre deve-se comprar a quantidade encontrada (calculada) para o lote. Em uma situação que exista restrição financeira para investimento em estoque, esta restrição deve ser colocada na fórmula para que o lote econômico de compra fique adequado a esta restrição (DIAS, 1997, p.113).

Supondo a seguinte restrição:

$$\sqrt{\frac{Q_i \cdot P_i}{2}} = x$$

Onde:

x = investimento máximo permitido para a peça i;

Q_i = lote econômico de compra da peça i adequado à restrição financeira;

P_i = preço unitário da peça i.

A função de restrição é:

$$\phi_{Q_i} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i P_i}{2} - x \leq 0$$

Fórmula do lote econômico de compra para a peça i adequado a restrição financeira.

$$Q_i = \sqrt{\frac{2 \cdot B}{I \cdot \lambda}} \cdot \sqrt{\frac{C}{P_i}}$$

Onde:

B = custo de pedido.

I = taxa de armazenagem.

C = consumo total anual.

λ = multiplicador Lagrange.

P_i = preço unitário da peça i.

Fórmula do multiplicador Lagrange.

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2 \cdot B}{I \cdot \lambda}} \cdot \sum_{i=1}^n \sqrt{C \cdot P_i} - x = 0$$

Primeiro deve-se calcular o multiplicador Lagrange e depois substituí-lo na fórmula do LEC. O cálculo é individual por material, mas isso não quer dizer que o valor disponível financeiramente deve ser para cada item, pode-se ter um valor geral para compras de estoque e adequar a soma dos Q_i para este valor.

Exemplo:

A disponibilidade financeira é de R\$ 100.000,00 para os materiais x, y e z, o custo de pedido é de R\$ 500,00, o custo de armazenagem é de 20% e os materiais têm os seguintes consumos e preços unitários. Material x tem o consumo anual de 125.000 unidades e o preço

unitário de R\$ 50,00, o material y tem o consumo anual de 64.000 unidades e o preço unitário de R\$ 40,00, e o material z tem o consumo anual de 27.000 unidades e o preço unitário de R\$ 20,00.

Próximo passo é construir a seguinte tabela:

Tabela 1.4 – Tabela de consumos.

Peça	Consumo Anual	Preço	C . P	$\sqrt{C . P}$
x	125.000	50,00	6.250.000	2500
y	64.000	40,00	2.560.000	1600
z	27.000	20,00	810.000	900
				$\Sigma \sqrt{C . P} = 5.000$

Fonte: Dias (1997, p.115).

Determinação do valor de λ :

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2 \cdot B}{I + \lambda}} \cdot \sum_{i=1}^n \sqrt{C \cdot P} - x = 0$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2 \cdot 500}{0,2 + \lambda}} \cdot 5000 = 100000$$

$$\lambda = 0,425$$

Determinação dos Qi:

$$Q_x = \sqrt{\frac{2 \cdot 500}{(0,2 \cdot 0,425)}} \cdot \sqrt{\frac{125000}{50}} = 40 \cdot 50 = 2000$$

$$Q_y = \sqrt{\frac{2 \cdot 500}{(0,2 \cdot 0,425)}} \cdot \sqrt{\frac{64000}{40}} = 40 \cdot 40 = 1600$$

$$Q_z = \sqrt{\frac{2 \cdot 500}{(0,2 \cdot 0,425)}} \cdot \sqrt{\frac{27000}{20}} = 40 \cdot 30 = 1200$$

A tabela abaixo mostra que as quantidades dos Qi foram ajustadas para a restrição financeira.

Tabela 1.5 – Tabela dos Qi e os totais por peça.

Peça	C/P	$\sqrt{C/P}$	Q	Q . P / 2
x	2.500	50	2.000	50.000,00
y	1.600	40	1.600	32.000,00
z	900	30	1.200	18.000,00
				$\Sigma Q \cdot P / 2 = 100.000,00$

Fonte: Adaptado de Dias (1997, p.116).

1.6.5 Críticas ao lote econômico de compra

Segundo Slack, Harrison, Chambers e Harland (1999, p.289), algumas pressuposições devem ser feitas para a utilização do lote econômico de compras. Por exemplo: a estabilidade da demanda, a identificação do custo de pedido e do custo de armazenagem. Ainda que essas pressuposições não sejam totalmente verdadeiras, a maioria delas se aproxima da realidade, o que torna viável a sua utilização.

Para Martins (2000, p.180), um dos motivos que dificultam a aplicação do LEC é a existência de parcerias entre o pessoal de compras da empresa com os fornecedores. Essas parcerias valorizam mais os interesses recíprocos do que as eventuais vantagens do lote econômico de compras.

O presente trabalho pretende apresentar novas alternativas na utilização do lote econômico de compra, utilizando ferramentas da Pesquisa Operacional.

1.7 Previsão de demanda

A teoria dos estoques está pautada na previsão de demanda dos produtos. Esta previsão estabelece estimativas futuras de quais produtos, quanto e quando serão consumidos (DIAS, 1997, p.28).

Conforme Moreira (1998, p.317), na obra Administração da Produção e Operações, a previsão de demanda é um processo racional de busca de informações sobre vendas futuras de um ou mais itens.

1.7.1 Classificação dos métodos de previsão de demanda

Quantitativos: de acordo com Moreira (1998, p.318), na obra Administração da Produção e Operações, são métodos que utilizam modelos matemáticos para encontrar os valores de previsão de demanda. Estes métodos exigem informações quantitativas antecipadamente. Estes métodos podem ser divididos em:

- **Métodos Causais**: a demanda de um ou mais itens está relacionada com uma ou mais variáveis internas ou externas à empresa. O que determina a escolha de uma variável é a sua relação lógica com a previsão da demanda do item ou itens. Exemplos: a população, o número de alvarás expedidos para construção, etc..
- **Séries Temporais**: o termo série temporal indica uma coleção de valores da demanda coletados em instantes específicos de tempo, geralmente com igual

intervalo. A expectativa é que o padrão observado nas demandas anteriores forneça informação adequada para a previsão.

Qualitativos: para Moreira (1998, p.319), na obra *Administração da Produção e Operações*, estes métodos são baseados na opinião e na experiência de pessoas que possam, pelo seu conhecimento, dar opiniões sobre eventos futuros. Exemplos: opiniões de executivos, do pessoal de vendas, dos consumidores, etc.

1.7.2 Método do último período

Este é um dos modelos mais simples, não utiliza base matemática e consiste apenas em utilizar como previsão para o período seguinte a demanda ocorrida no período anterior (DIAS, 1997, p.33).

1.7.3 Método da média móvel

Moreira (1998, p.337), na obra *Administração da Produção e Operações*, afirma que neste método a previsão de demanda para o período t , imediatamente futuro, é obtida calculando-se a média aritmética dos valores reais das demandas dos n períodos anteriores.

Ainda segundo o autor, a escolha do número de períodos anteriores, que serão analisados para calcular a média, é arbitrária. Mas algumas regras devem ser analisadas:

- Quanto maior for o número de períodos anteriores analisados, mais suavizados serão os efeitos sazonais.
- Se o número de períodos for igual a 1, o resultado é igual ao método do último período.
- Se o número de períodos for igual a 12, significa anular completamente os efeitos sazonais, distribuídos ao longo do ano.

De forma geral, o método da média móvel pode ser eficiente quando a demanda varia em torno de um valor médio. Em casos de demandas crescentes ou decrescentes, a tendência é que a previsão de demanda encontrada por este método esteja em atraso em relação aos valores reais. Este método também não é muito eficiente em situações onde a demanda é sazonal.

1.7.4 Método da média móvel ponderada (MMP)

De acordo com Dias (1997, p.35), o método da média móvel ponderada é uma variação do modelo da média móvel com a diferença que cada período recebe um peso. Os períodos mais recentes devem receber peso maior e a soma dos pesos dos n períodos deve ser 100%.

Para Moreira (1998, p.338), na obra *Administração da Produção e Operações*, este método é semelhante ao método anterior, pois analisa n períodos anteriores para a previsão da demanda. A diferença existe porque os valores recebem pesos diferentes, geralmente maiores para os valores das demandas de períodos mais recentes. Assim como no método da média móvel, neste método a escolha do número de períodos também é arbitrária, mas vale destacar que quanto maior valor de n mais lentamente responderá as variações do estoque e vice-versa.

Fórmula geral:

$$Previsão_t = \frac{(peso_{t-1} \cdot consumo_{t-1}) + (peso_{t-2} \cdot consumo_{t-2}) + \dots + (peso_m \cdot consumo_m)}{n}$$

1.7.5 Método da média móvel com ponderação exponencial (MMPE)

Segundo Dias (1997, p.36), este método valoriza as informações mais recentes e utiliza menos as informações passadas. Neste modelo apenas três valores são necessários para se obter a previsão para o próximo período:

- A previsão do último período.
- O consumo ocorrido no último período.
- Uma constante que determina o valor ou ponderação dada aos valores mais recentes.

O método da média móvel com ponderação exponencial faz a previsão de demanda tentando analisar e considerar apenas a tendência geral, eliminando desta forma a reação a valores aleatórios. Este método compara o valor previsto e o valor real da demanda do mês anterior e verifica se houve diferença entre eles. Quando há diferença, parte desta diferença é atribuída como mudança de tendência no padrão de consumo e o restante como causas aleatórias.

De acordo com o autor, este método não deve ser utilizado nos seguintes casos:

- Quando o padrão de consumo contém somente flutuações aleatórias em torno de uma média constante.

- Quando o padrão de consumo possui tendência crescente ou decrescente.
- Quando o padrão de consumo for cíclico.

Moreira (1998, p.339), na obra *Administração da Produção e Operações*, afirma que em princípio este método faz a previsão apenas para o período imediatamente à frente. Mas há adaptações que estendem esta previsão para vários meses à frente. Neste método a previsão de demanda para o período t é igual à previsão de demanda para o período $(t-1)$, acrescida do erro de previsão cometido no período $(t-1)$. Este erro é a diferença entre a previsão de demanda e a demanda real ocorrida no período $(t-1)$.

Fórmula geral.

$$D_t = D_{t-1} + \alpha \cdot (Y_{t-1} - D_{t-1})$$

Onde:

D_t = previsão de demanda para o período t .

D_{t-1} = previsão de demanda para o período $(t-1)$.

α = constante de suavização ou de alisamento (fração de erro).

Y_{t-1} = demanda real para o período $(t-1)$.

O autor destaca que, como finalidade deste modelo é a previsão, é fundamental que se tenha uma série de valores reais de demandas de períodos anteriores ao qual o modelo será aplicado. Com o conhecimento destes valores anteriores é possível fixar um valor inicial para a previsão de demanda, pois neste modelo é necessário saber sempre o valor previsto e o realizado do período anterior ao que se deseja fazer a previsão, e escolher o valor adequado para a constante α .

1.7.6 Método da média móvel com ponderação exponencial de segunda ordem (MMPE2)

De acordo com Moreira (1998, p.341), na obra *Administração da Produção e Operações*, este método também pode ser chamado de dupla suavização. Na prática, a única diferença em relação ao método anterior (método da média com ponderação exponencial) é que ele é aplicado sobre a previsão obtida no método MMPE e não mais pelo consumo real, o que faz com que este método tenha previsões mais suaves que o anterior, ou seja, menos sujeito a variações bruscas.

Fórmula geral:

$$D'_t = D'_{t-1} + \beta \cdot (D_{t-1} - D'_{t-1})$$

Onde:

D'_t = previsão de 2ª ordem para o período t .

D'_{t-1} = previsão de 2ª ordem para o período $(t-1)$.

β = constante de suavização de 2ª ordem.

D_{t-1} = previsão de demanda do método MMPE para o período $(t-1)$.

1.7.7 Método dos mínimos quadrados

Conforme Dias (1997, p.39), este método determina a melhor linha de ajuste que passa mais perto de todas as informações coletadas, ou seja, este método minimiza as diferenças entre a linha reta da função e cada ponto real de demanda analisado. O objetivo deste método é encontrar o valor de a , de y e de b , onde y é a quantidade prevista para o período e b é a inclinação da reta.

Para determinar o valor de a e b são utilizadas duas equações, estas equações são denominadas de equações normais.

Equação para encontrar o valor de a :

$$\sum Y = N \cdot a + b \sum X$$

Equação para encontrar o valor de b :

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2$$

Quatro somas são necessárias para resolver as equações anteriores, são elas: $\sum Y$, $\sum X$, $\sum XY$ e $\sum X^2$. Essas somas são obtidas através de uma tabela onde X é igual ao número de períodos a partir do ano-base até o período imediatamente anterior ao que se deseja calcular a previsão. Depois de calculados os somatórios, estes são substituídos nas fórmulas normais para encontrar o valor de a e o valor de b , que são utilizados na equação para encontrar a previsão de demanda para o período.

Fórmula da previsão:

$$Y_p = a + bx$$

Exemplo:

Determinada empresa necessita calcular a previsão de vendas do produto W para o ano de 1995. As vendas nos cinco anos anteriores, de 1990 a 1994, foram, respectivamente, 108, 119, 110, 122 e 130 unidades.

Tabulação:

Tabela 1.6 – Tabela de demanda dos anos anteriores e somatórios.

Ano	Y	X	X ²	X . Y
1990	108	0	0	0 (ano-base)
1991	119	1	1	119
1992	110	2	4	220
1993	122	3	9	366
1994	130	4	16	520
Σ	589	10	30	1225

Fonte: Adaptado de Dias (1997, p.40).

Equações normais:

$$\begin{aligned}\sum Y &= N \cdot a + b \sum X \\ 589 &= 5a + 10b \\ \sum XY &= a \sum X + b \sum X^2 \\ 1225 &= 10a + 30b\end{aligned}$$

Resolvendo as duas equações simultaneamente:

$$\begin{aligned}a &= 108,4 \\ b &= 4,7\end{aligned}$$

Previsão:

$$\begin{aligned}Y_p &= a + bx \\ Y_p &= 108,4 + 4,5 \cdot (5) \\ Y_p &= 131,9 \approx 132\end{aligned}$$

1.7.8 Técnicas para previsão da sazonalidade

Tubino (1997, p.78), afirma que a característica da sazonalidade é a ocorrência de variações, tanto para cima quanto para baixo, em intervalos regulares em séries temporais, e essas variações devem ter alguma razão plausível para ocorrer e se repetir. O período de ocorrência da sazonalidade pode ser anual (em determinada época do ano), mensal (em determinado período do mês), semanal (em determinados dias da semana) e até mesmo diário (em determinado horário do dia).

Ainda segundo o autor, a sazonalidade é expressa em quantidade ou porcentagem da demanda que se desvia do valor médio da série temporal. Se houver tendência de acréscimo

ou decréscimo nos períodos da sazonalidade, a mesma deve ser considerada. Este valor é conhecido com índice de sazonalidade. Um índice de 1,3 indica que a demanda no período da sazonalidade é 30% maior que a média.

O autor também destaca duas maneiras para considerar a sazonalidade no cálculo da previsão de demanda:

Uma delas é assumir que a previsão será igual à demanda do último período sazonal e, caso haja tendência na demanda, ela deve ser considerada. Essa é considerada a maneira mais simples.

A outra opção, que é a mais usual, consiste em obter o índice de sazonalidade para os diversos períodos, utilizando a média móvel centrada, e aplicá-los no valor médio ou tendência prevista para o período analisado.

O valor do índice de sazonalidade é obtido da seguinte maneira: divide-se o valor da demanda no período pela média móvel centrada do mesmo período. O período utilizado para o cálculo da média móvel centrada é todo o ciclo de sazonalidade. Exemplos: se número de períodos no ciclo for ímpar, em uma semana são sete dias, a média do dia analisado será a soma das demandas dos três dias anteriores, mais a demanda do dia analisado, mais a demanda dos três dias seguintes, tudo isso dividido por 7; quando o número de períodos no ciclo for par, em um ano são 12 meses, primeiro calcula-se a média móvel da mesma forma que a anterior, isso irá gerar valores no meio de períodos, ou seja, entre um mês e outro. Então estes valores são corrigidos fazendo com que a média de dois valores descentrados corresponda a um valor centrado. Exemplificando, o valor médio de julho será a média entre junho e julho com a média do valor entre julho e agosto (TUBINO, 1997, p.79).

Exemplo:

A Tabela 1.7 mostra a demanda diária de refeições em um restaurante durante três semanas.

Tabela 1.7 – Cálculo da Média Móvel Centrada.

Dia	Demanda	Média Móvel Centrada	Índice
Segunda	50		
Terça	55		
Quarta	52		
Quinta	56	$443 / 7 = 63,28$	$56 / 63,28 = 0,88$
Sexta	65	$448 / 7 = 64,00$	$65 / 64,00 = 1,01$
Sábado	80	$443 / 7 = 63,28$	$80 / 63,28 = 1,26$
Domingo	85	$449 / 7 = 64,14$	$85 / 64,14 = 1,32$

Dia	Demanda	Média Móvel Centrada	Índice
Segunda	55	443 / 7 = 63,28	55 / 63,28 = 0,86
Terça	50	448 / 7 = 64,00	50 / 64,00 = 0,78
Quarta	58	443 / 7 = 63,28	58 / 63,28 = 0,91
Quinta	50	438 / 7 = 62,57	50 / 62,57 = 0,79
Sexta	70	435 / 7 = 62,14	70 / 62,14 = 1,12
Sábado	75	435 / 7 = 62,14	75 / 62,14 = 1,20
Domingo	80	431 / 7 = 61,57	80 / 61,57 = 1,29
Segunda	52	441 / 7 = 63,00	52 / 63,00 = 0,82
Terça	50	436 / 7 = 62,28	50 / 62,28 = 0,80
Quarta	54	446 / 7 = 63,71	54 / 63,71 = 0,84
Quinta	60	456 / 7 = 65,14	60 / 65,14 = 0,92
Sexta	65	454 / 7 = 64,85	65 / 64,85 = 1,00
Sábado	85	457 / 7 = 65,28	85 / 65,28 = 1,30
Domingo	90	458 / 7 = 65,42	90 / 65,42 = 1,37
Segunda	50		
Terça	53		
Quarta	55		

Fonte: Adaptado de Tubino (1997, p.78).

Cálculo do índice de sazonalidade para cada dia da semana:

$$I_{segunda} = \frac{(0,86 + 0,82)}{2} = 0,84$$

$$I_{terca} = \frac{(0,78 + 0,80)}{2} = 0,79$$

$$I_{qaurta} = \frac{(0,91 + 0,84)}{2} = 0,87$$

$$I_{quinta} = \frac{(0,88 + 0,79 + 0,92)}{3} = 0,86$$

$$I_{sexta} = \frac{(1,01 + 1,12 + 1,00)}{3} = 1,04$$

$$I_{sábado} = \frac{(1,26 + 1,20 + 1,30)}{3} = 1,25$$

$$I_{domingo} = \frac{(1,32 + 1,29 + 1,37)}{3} = 1,32$$

Caso a demanda apresente sazonalidade e tendência, é necessário que se coloquem estas duas características no modelo, da seguinte maneira:

- Primeiro, retirar o componente de sazonalidade da série das informações históricas, dividindo-os pelos correspondentes índices de sazonalidade.
- Com esses dados, criar uma equação que represente a tendência.

- Com a equação da tendência, calcular a previsão da demanda e multiplicá-la pelo índice de sazonalidade.

Utilizando o exemplo anterior, se existisse uma tendência de aumento da demanda do restaurante, representada pela equação $Y = 40 + 2X$, a previsão de demanda para determinada semana, em que a segunda-feira fosse o 18º dia teria o seguinte cálculo:

$$\begin{aligned}
 I_{segunda} &= (40 + (2 \cdot 18)) \cdot 0,84 = 63,84 \\
 I_{terca} &= (40 + (2 \cdot 19)) \cdot 0,79 = 61,62 \\
 I_{qaurta} &= (40 + (2 \cdot 20)) \cdot 0,87 = 69,60 \\
 I_{quinta} &= (40 + (2 \cdot 21)) \cdot 0,86 = 70,52 \\
 I_{sexta} &= (40 + (2 \cdot 22)) \cdot 1,04 = 87,36 \\
 I_{sábado} &= (40 + (2 \cdot 23)) \cdot 1,25 = 107,50 \\
 I_{domingo} &= (40 + (2 \cdot 24)) \cdot 1,32 = 116,16
 \end{aligned}$$

1.7.9 Medida e controle de erros nas estimativas

Conforme Moreira (1998, p.344), na obra Administração da Produção e Operações, existem duas classes de indicadores de controle de erro nas previsões de demanda. Essas classes são classificadas de acordo com o seu uso prático:

Indicadores de adequação:

- **Erro padrão de estimativa (Y_s):** este indicador pode ser utilizado para se determinar o intervalo de confiança para previsão de demanda. Se a demanda real cair fora deste intervalo, é aconselhável abandonar o modelo:

$$Y_s = \sqrt{\frac{\left(Y - \hat{Y} \right)^2}{n - 2}}$$

- **Desvio absoluto médio (MAD) e erro médio quadrático (MSE):** são utilizados para todos os métodos de previsões de médias. No caso da MMPE e da MMPE2, tem uma utilidade adicional que consiste em encontrar o melhor valor de α e β , respectivamente. Para isto, basta aplicar a média móvel ponderada na demanda real com vários valores de α para obter diferentes previsões. O valor que levar ao menor MAD ou MSE é adotado:

$$MAD = \frac{\sum |Y - D|}{n}$$

$$MSE = \frac{\sum (Y - D)^2}{n - 1}$$

Onde:

Y = valor real da demanda.

D = previsão da demanda.

n = número de pares (Y, D).

Indicadores de desempenho:

- **Medida do viés da previsão (MVP):** um erro de viés ocorre quando a previsão mantém-se constantemente acima ou abaixo do valor real da demanda.

$$MVP = \frac{\sum (Y - D)}{n}$$

Onde:

Y = valor real da demanda.

D = previsão da demanda.

n = número de períodos anteriores.

- **Sinal de percurso (SP):** é utilizado para monitorar a existência de viés na previsão. Caso a previsão fique normalmente acima da demanda real, o valor do sinal de percurso será próximo de -1, caso contrário, ou seja, se a previsão fique constantemente abaixo da demanda real, então SP será próximo de +1. Como o MAP é sempre positivo, o SP terá sempre o mesmo sinal da MVP:

$$SP = \frac{MVP}{MAD}$$

2 PESQUISA OPERACIONAL

2.1 Histórico da Pesquisa Operacional (PO)

A Pesquisa Operacional teve seu início na Segunda Guerra Mundial. Devido a esse esforço da guerra, surgiu a necessidade de alocar recursos escassos às várias operações militares e às atividades dentro de cada operação. Diante desta situação foi requisitado um número expressivo de cientistas para aplicarem uma abordagem científica a essas operações, sendo o resultado positivo (HILLIER, 1988, p.15).

Diante deste sucesso na área militar, a indústria gradativamente começou a se interessar pela Pesquisa Operacional. Outro fator que contribuiu para esse interesse foi o crescimento da indústria e por conseqüência a sua complexidade (HILLIER, 1988, p.15).

2.2 A natureza da Pesquisa Operacional

Hillier (1988, p.16), afirma que a Pesquisa Operacional pode ser apresentada como uma abordagem científica para apoio à tomada de decisões. A PO pode ser aplicada em problemas relativos à condução e coordenação de operações e/ou atividades dentro de uma organização. Pode ser aplicada para os mais diversos tipos de organizações, e este fato tem contribuído muito para o aumento da sua utilização.

A PO inicia com a observação e formulação do problema e então passa para a construção do modelo científico do problema. Normalmente o modelo é matemático e deve ser uma representação suficientemente precisa da situação real. Com a formulação do problema, a Pesquisa Operacional tenta encontrar a solução ótima para o mesmo. Sua meta é identificar o melhor curso de ações possíveis para o problema.

2.3 Metodologias

A seguir são apresentadas algumas metodologias da Pesquisa Operacional.

2.3.1 Programação linear (PL)

A programação linear trata da resolução de problemas de maximização e minimização de um objetivo específico, atendendo a uma série de restrições, sendo as mesmas, bem como o objetivo representadas por equações lineares. Esta metodologia inicia com a modelagem do problema e resulta na obtenção da solução ótima. Neste modelo as variáveis são reais (LOESCH, 1999, p.11).

Ainda segundo autor (p. 19), o modelo geral para os problemas de programação linear pode ser descrito através da seguinte equação:

$$\begin{aligned} & \{Max, Min\}Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\ & \text{sujeito a} \\ & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \{=, \leq, \geq\} b_1 \\ & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \{=, \leq, \geq\} b_2 \\ & \dots \\ & a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{=, \leq, \geq\} b_m \\ & x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \end{aligned}$$

Onde:

$x_1 + x_2 + \dots + x_n =$ é o conjunto das variáveis estruturais do problema, também conhecidos como variáveis de decisão, ou seja, são as variáveis que o algoritmo irá alterar para encontrar uma solução ótima¹ para o problema.

$c_1 + c_2 + \dots + c_n =$ são os coeficientes da função-objetivo.

$a_{ij} e b_j =$ são os coeficientes das restrições. Estes coeficientes expressam limites a serem respeitados, ou seja, a solução encontrada deve atender a estas restrições.

$\{Max, Min\}Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n =$ é a função-objetivo do modelo. Ela expressa a meta a ser atingida (maximização ou minimização) pelo modelo.

$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 =$ são as restrições de não-negatividade, necessárias para aplicação do método *Simplex*² e de resolução dos problemas de PL.

¹ Solução ótima é uma solução viável que tem o valor mais favorável da função-objetivo (HILLIER, 1988, p.35).

² *Simplex* é o procedimento geral para resolução de problemas de PL (HILLIER, 1988, p.44).

2.3.2 Programação inteira e mista

Loesch (1999, p.11), afirma que esta metodologia amplia o uso da programação linear permitindo que as variáveis do modelo sejam números inteiros, o que é necessário em alguns tipos de problemas, como por exemplo, planejamento de produção.

2.3.3 Programação não-linear

Segundo Loesch (1999, p.151), a programação não-linear, da mesma forma que a programação linear, objetiva otimizar problemas de maximização e minimização sujeitos a um conjunto de restrições. A diferença é que, neste método, a função-objetivo e as restrições podem ser equações não-lineares. Na programação não-linear não existe um método que se sobressaia, como é o caso do Simplex na programação linear.

2.3.4 Programação dinâmica (PD)

De acordo com Loesch (1999, p.167), esta metodologia é utilizada para solucionar problemas onde o processo de decisão envolve uma seqüência de decisões inter-relacionadas. Neste método o problema é dividido em etapas, onde cada etapa tem um conjunto de estados possíveis. Quando o estado do próximo estágio é determinado de acordo com a decisão tomada na etapa atual, trata-se de um problema de PD determinística. Quando o estado da próxima etapa depende também de uma probabilidade, trata-se de um problema de PD probabilística. Outra característica importante da PD é que, dado um estado atual, a solução ótima para as etapas restantes independe das decisões adotadas nas etapas anteriores, esta característica é chamada de princípio da condição do ótimo.

3 PROJETO PRÁTICO

3.1 *Benchmarking*³

Este capítulo tem como objetivo analisar alguns sistemas de gestão de estoque de empresas de médio e grande porte de desenvolvimento de *software*. O objetivo aqui é mostrar como os sistemas destas empresas resolvem a questão principal deste trabalho, que é a adequação do lote econômico de compras a algumas restrições.

Para tanto foram contatadas e/ou consultadas algumas empresas de destaque no desenvolvimento de sistemas e solicitado, para fins educacionais, o manual de usuário do sistema ou outro material que explicasse a questão que se pretende analisar. Em alguns casos o material estava no próprio site da empresa, não necessitando, assim o contato. Nos demais foi realizado o contato através de *e-mail*.

Entre as empresas contatadas algumas retornaram dizendo que o sistema não tinha um manual de usuário e outras não retornaram o *e-mail* de contato. Abaixo está a análise dos *softwares* das empresas das quais se teve acesso à documentação do sistema.

3.1.1 Protheus 8

A Microsiga foi fundada em 1983, é especializada em desenvolvimento de tecnologia e sistemas de gestão empresarial. Atua no Brasil, Argentina, Chile, México, Paraguai, Porto Rico e Uruguai.

O ERP (*Enterprise Resource Planning*) Protheus 8 da Microsiga tem uma rotina de cálculo do lote econômico de compra (MATA290). Esta rotina oferece uma opção de ajuste do lote pela disponibilidade financeira. Esta opção de ajuste funciona da seguinte maneira: o usuário informa o valor disponível financeiramente e o sistema calcula a diferença, em

³ *Benchmarking* é um processo de avaliação de produtos, serviços e processos de empresas que são representantes das melhores práticas (SPENDOLINI, 1994, p.10).

percentual, entre o total do lote que o sistema calculou na rotina e o valor disponível informado pelo usuário. Esse percentual é aplicado no LEC de cada item de forma igualitária, fazendo com que o lote total se ajuste ao valor informado pelo usuário. O sistema não considera nenhum critério de importância do item em relação ao estoque, apenas aplica o mesmo percentual em todos os itens.

3.1.2 TecMaran

A TecMaram é uma empresa sediada na cidade de Vitória/ES, foi fundada em 1993. Atualmente a empresa atua no Brasil, Argentina, Colômbia e Chile.

O *software* Preactor da Tecmaran trabalha com o conceito VMI (*Vendor Managed Inventory*). Neste conceito o estoque é gerenciado pelo fornecedor. Este tipo de ferramenta busca realizar otimizações no sentido de minimizar os estoques e aumentar o nível de serviço aos clientes. Para calcular o lote de reposição, o algoritmo do VMI considera as seguintes variáveis: estoque máximo, estoque atual, estoque em trânsito, tempo médio da reposição, e *1ddv* (1 dia médio de venda).

3.1.3 AlterData

A empresa AlterData sediada em Petrópolis/RJ atua no mercado de *software* desde 1989. Atua em todo o território nacional com mais de 60000 sistemas em operação.

O ERP AlterData utiliza um conceito de Assistente de Compra que leva em consideração muitas variáveis, como por exemplo, histórico de compras, sazonalidades anuais, correções de pico, desvios padrões e demandas reprimidas. O Assistente de Compra assume o processo matemático da decisão, deixando apenas a análise estratégica para o usuário.

3.2 Escopo do projeto

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um sistema de gestão de estoques, aplicando conceitos abordados aqui. O diferencial deste projeto em relação aos sistemas e/ou métodos analisados está relacionado ao uso da Pesquisa Operacional para resolver questões de ajustes do lote econômico de compras.

Quanto ao uso da PO, cabe salientar que não serão desenvolvidas as suas metodologias. O que será feito no projeto é utilizar, de forma integrada com o sistema, uma

planilha eletrônica ou API (*Application Programming Interface*) que já tenha implementado essas metodologias.

Recursos que serão disponibilizados no sistema:

- Gestão de estoque.
 - Classificação de materiais.
 - Custos de estoque.
 - Níveis de estoque.
 - Curva ABC.
 - Lote Econômico de Compra.
 - Previsão de Demanda.
- Pesquisa Operacional.
 - Módulo de otimização para ajuste do lote econômico de compra.

O projeto deve ser considerado como uma ferramenta de apoio à gestão de estoque. Isso porque o sistema não foi projetado para tomar decisões e sim ser flexível para que um usuário com conhecimentos de gestão de estoque e metodologias de otimização utilize-o para apoio na tomada de suas decisões.

3.3 Validação do projeto prático

Para validar as metodologias implementadas no projeto prático deste trabalho foi utilizada a metodologia de indução através da experimentação. A indução é método que consiste em generalizar uma relação de causalidade entre dois fenômenos e, utilizando-se da experimentação, estabelece o conceito de diretriz, gerando assim um termo médio do argumento experimental que não vem da dedução (SANTOS e PARRA FILHO, 2001, p.71).

Para isso foram feitas simulações, ou seja, foram inseridos dados no sistema e executadas as metodologias. Após isso, foram analisados e validados os resultados obtidos. É importante destacar também, que foram feitos testes com dados reais e o sistema obteve resultados satisfatórios.

3.4 Projeto

O projeto desenvolvido neste trabalho é um sistema completo de gestão de estoques, contendo todos os cadastros necessários para a administração de um estoque. A seguir é apresentada uma visão geral das principais funcionalidades implementadas.

Visão geral do sistema:

- Controle de usuários: o sistema tem um módulo de cadastro de usuários e grupos de usuários, onde podem ser configuradas as permissões por grupo de usuário.
- Multitarefa: o sistema foi desenvolvido com interface MDI (*Multiple Document Interface*), o que possibilita que o usuário trabalhe com várias janelas abertas ao mesmo tempo.
- Módulo de Construção de Consultas: este módulo permite que o usuário crie suas próprias consultas no sistema.
- Cadastros.
 - Grupos de produtos.
 - Parâmetros.
 - Fornecedores.
 - Clientes.
 - Produtos.
- Compras.
 - Ordem de Compra LEC.
 - Ordem de Compra.
 - Pedido de Compra.
- Vendas.
 - Módulo de vendas.

Algumas funcionalidades, que não são parte do foco principal deste trabalho, foram implementadas de maneira simplificada como, por exemplo, as telas de compra e venda de

produtos. Como o foco é a gestão de estoque, as telas de movimentações não precisam ser complexas, bastando que elas realizem as movimentações.

3.4.1 Tecnologias e conceitos utilizados

No desenvolvimento do projeto prático deste trabalho foram utilizadas diversas tecnologias. Para a programação a linguagem e o sistema utilizado foi o Microsoft Visual Basic 6.0; como banco de dados foi utilizado o Microsoft Access 2000; para as metodologias de Pesquisa Operacional foi utilizada a ferramenta *Solver*⁴ da planilha eletrônica Excel 2003 da Microsoft; para desenvolver a documentação de Ajuda do sistema foi utilizado o *software* HelpNDoc da IBE-Software.

Os principais motivos pelos quais estas tecnologias foram utilizadas são o conhecimento e experiência do autor deste projeto no desenvolvimento com as mesmas.

No desenvolvimento, foi utilizada a abordagem de modularização de projeto. Segundo Pressmann (2002, p.345), a modularização de um projeto reduz a sua complexidade, facilitando a manutenção e implementação do mesmo.

Dentro da abordagem de modularização o foco foi obter uma alta coesão das rotinas, principalmente nas rotinas dos cálculos de gestão de estoque. Estas rotinas foram implementadas em um módulo específico do sistema e separadas de acordo com a sua funcionalidade. Conceitualmente coesão é a medida de robustez funcional de um módulo, ou seja, um módulo coeso executa uma única tarefa (PRESSMANN, 2002, p.346). Ainda segundo o mesmo autor, é importante trabalhar em busca de uma alta coesão.

O sistema desenvolvido funciona na plataforma Windows da Microsoft, versão 98 ou superior.

3.4.2 Gestão estoques

Os cadastros referentes à gestão de estoques implementados no sistema disponibilizam a maioria dos conceitos apresentados no presente trabalho. Além disso, para muitos conceitos, foram disponibilizados vários métodos de solução, por exemplo, na previsão de demanda estão disponíveis os seguintes métodos: último período, média móvel,

⁴ *Solver* é uma ferramenta disponível na planilha eletrônica Excel que resolve problemas genéricos de programação matemática, utilizando o método Simplex para problemas lineares e o método *Generalized Reduced Gradient* para os problemas não-lineares (LOESCH, 1999, p.31).

média móvel ponderada, média móvel com ponderação exponencial, média dos mínimos quadrados e sazonalidade.

A seguir são apresentadas algumas telas do sistema e a explicação das funcionalidades e/ou opções disponíveis em cada uma delas.

Tela de parâmetros do sistema (Figura 3.1).

Parâmetro	Valor	Unidade
Data Última Atualização	27/05/2008	
Classe A Vendas	70,00	%
Classe B Vendas	20,00	%
Classe C Vendas	10,00	%
Taxa de Armazenagem	20,00	%
Taxa Armazenamento Físico	12,00	%
Taxa Seguro	2,00	%
Taxa Transporte	2,00	%
Taxa Obsolescência	2,00	%
Taxa Outras	2,00	%
Qtde OC LEC	DIF EST MAX	
Limite Erro Previsão	10,00	%

Figura 3.1-Tela de parâmetros do sistema.

Fonte: Do Autor.

Na tela “Parâmetros” são informados alguns parâmetros gerais do sistema. Campos dos percentuais da Classificação ABC (item 1.5 Curva ABC, classificação ABC ou curva de pareto); campos para cálculo da Taxa de Armazenagem (item 1.2.2 Custo de armazenagem (I)); campo “Data Última Atualização”, utilizado para que o sistema faça todos os cálculos de administração de estoque somente uma vez por dia; campo “Limite Erro Previsão”, indica o percentual de limite de erro na previsão de demanda, este campo é utilizado na consulta Consulta Diferença Previsão Versus Realizado (item 3.4.4 Recursos adicionais) para filtrar somente os produtos onde a diferença entre o previsto e o realizado seja maior que este percentual; campo “Qtde OC LEC”, indica a quantidade que o sistema irá gerar para a ordem de compra LEC, ou seja, a quantidade a ser comprada, que pode ser a diferença entre o estoque atual e o estoque máximo, isso porque algumas vezes os produtos não são comprados no momento que atingem o ponto de pedido, sendo comprados posteriormente, podendo o estoque atual estar abaixo do ponto de pedido, ou podendo ainda ser o próprio LEC.

Tela de cadastro de fornecedores (Figura 3.2).

The screenshot shows a window titled 'Fornecedores'. On the left side, there is a vertical label 'Fornecedores'. The form contains the following fields:

- Código: 1
- Nome: DELL COMPUTADORES
- Endereço: RUA BRASIL, 22
- Bairro: CENTRO
- Cidade: PORTO ALEGRE RS (dropdown menu)
- CEP: 99999-999
- Custo de Pedido: 18,00
- Valor Mínimo Compra: 1.000,00

Figura 3.2 - Tela de cadastro de fornecedores.

Fonte: Do Autor.

O cadastro de fornecedores está bem simplificado, contendo apenas as informações necessárias para o propósito deste projeto. Campo “Custo de pedido” (item 1.2.1 Custo de pedido (B)), utilizado para informar o custo total para se fazer um pedido para o fornecedor; campo “Valor Mínimo Compra”, utilizado para informar o valor mínimo para que o sistema gere uma ordem de compra para o fornecedor, ou seja, o sistema só irá gerar uma ordem de compra se o total desta ordem atingir este valor mínimo.

Tela de cadastro de grupo de produtos (Figura 3.3).

The screenshot shows a window titled 'Grupo de Produtos'. On the left side, there is a vertical label 'Grupo de Produtos'. The form contains the following fields:

- Código: 1
- Nome: COMPUTADORES

Figura 3.3 – Tela de cadastro de grupo de produtos.

Fonte: Do Autor.

O cadastro de grupo de produtos tem como objetivo classificar ou agrupar os produtos do sistema. O usuário tem liberdade para classificar os produtos da maneira que ele entenda que fique melhor para a sua empresa.

Tela de cadastro de produtos guia “Principal” (Figura 3.4).

Produtos

1 - COMPUTADOR DELL OPTIPLEX GX 270

Principal **Análise de Custos** **Adm Estoque**

Código: 1 Grupo: COMPUTADORES Class. Tipo Demanda: MAT. ESTOQUE

Descrição: COMPUTADOR DELL OPTIPLEX GX 270 U.M.: PC

Valores:
 Valor Custo: 980,00
 Custo Médio: 986,66
 Valor Venda: 1.400,00

Quantidades:
 Qtde Estoque: 1,00
 Estoque Máximo: 2,00
 Estoque Mínimo: 1,00
 Qtde Proc. Compra: 1,00
 Estoque Disponível: 2,00

Aliquotas:
 Aliq. ICMS Compra: 17,00
 Aliq. ICMS Venda: 17,00

Observação:
 consumo mensal = 1
 lec = 3

Fornecedores do Produto

Fornecedor	Tempo Reposição
▶ DELL COMPUTADORES	10
*	

Figura 3.4 - Tela de cadastro de produtos – Guia Principal.

Fonte: Do Autor.

Na guia “Principal” do cadastro de produtos estão as informações básicas do cadastro.

- Campo “Código”: este campo indica o código do produto, não podendo ser repetido (Chave Primária⁵) com o sistema controlando automaticamente o seu seqüencial.
- Campo “Grupo”: indica o grupo do produto.
- Campo “Class. Tipo Demanda”: indica o tipo de classificação de demanda do produto (item 1.1 Classificação de materiais).
- Campo “Descrição”: descrição do produto.
- Caixa “Valores”: valores do produto, valor de custo, valor de venda e custo médio, este último é calculado automaticamente pelo sistema na medida em que são realizadas compras do produto.
- Caixa “Quantidades”: quantidades do produto, quantidade de estoque atual, quantidade em processo de compra, quantidade mínima (item 1.3.4 Estoque

⁵ Chave Primária é o atributo escolhido pelo projetista como principal informação para identificar um registro de uma tabela (KORTH, 1993, p.34).

mínimo (EMn) ou estoque de segurança), quantidade máxima (item 1.3.10 Estoque máximo (EMx)) e estoque disponível (item 1.3.2 Estoque disponível). Todas estas quantidades são controladas automaticamente pelo sistema.

- Caixa “Alíquotas”: campos para alíquota de ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) de compra e de venda.
- Campo “Observação”: campo para informar observações do produto.
- Grade “Fornecedores do Produto”: esta grade lista todos os fornecedores dos quais já foi comprado o produto. Ela é atualizada automaticamente quando for lançado um pedido de compra para o produto. Apenas a coluna “Tempo Reposição” (1.3.3 Tempo de reposição (TR), lead time ou tempo de ressurgimento) deve ser informada pelo usuário. Colocou-se o tempo de reposição nesta grade, pois cada produto pode ter um TR diferente dependendo do fornecedor.

Tela de cadastro de produtos guia “Análise de Custos” (Figura 3.5):

1 - COMPUTADOR DELL OPTIPLEX GX 270	
Custo Médio	966,66
Custo ICMS	70,26
Custo de Armazenagem	296,00
Vlr Outras Despesas	0,00
Custo Real	1.352,93
Valor de Venda	1.400,00
Vlr Margem Contribuição	47,06
Perc. Margem Contribuição	3,36

Figura 3.5 - Tela de cadastro de produtos – Guia Análise de Custos.

Fonte: Do Autor.

Na guia “Análise de Custos” do cadastro de produtos são apresentados os cálculos de custo do produto. Estes cálculos são realizados automaticamente pelo sistema de acordo com os valores lançados no sistema.

- Campo “Custo Médio”: representa o custo médio do produto.
- Campo “Custo ICMS” representa o custo de ICMS por unidade do produto. É a diferença entre o crédito e o débito de ICMS.
- Campo “Custo de Armazenagem”: é o custo de armazenagem do produto (item 1.2.2 Custo de armazenagem (I)).
- Campo “Vlr Outras Despesas”: neste campo deve ser informado o valor das demais despesas do produto. Este campo foi colocado porque não foram colocadas no sistema todas as despesas que podem incidir sobre o produto, assim, dessa forma o usuário consegue informar o custo total real do produto.
- Campo “Custo Real”: representa a soma dos custos do produto.
- Campo “Vlr Margem Contribuição”: é a diferença entre os campos “Valor de Venda” e “Custo Real”. Conceituando, margem de contribuição é a diferença entre o preço de venda do produto e as suas despesas variáveis referente às vendas (COGAN, 1999, p.25).
- Campo “Perc. Margem Contribuição”: é o percentual do valor da margem de contribuição em relação ao valor de venda.

Tela de cadastro de produtos guia “Adm Estoque” (Figura 3.6).

Produtos

1 - COMPUTADOR DELL OPTIPLEX GX 270

Principal | Análise de Custos | **Adm Estoque**

Sazonalidades

Perc. Jan	Perc. Fev	Perc. Mar	Perc. Abril	Perc. Maio	Perc. Junho	Perc. Julho	Perc. Ago	Perc. Set	Perc. Out	Perc. Nov	Perc. Dez
*											

Vendas Mensais - Previsto x Realizado

Ano	Jan. Real	Jan. Prev	Feb. Real	Feb. Prev	Mar. Real	Mar. Prev	Abril Real	Abril Prev
2007	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
2008	2,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Classificação ABC

Classif. ABC Vendas: A | Ano: 2008

Perc. Produto: 10,68

Classe A: 70,00 | Classe B: 20,00 | Classe C: 10,00

LEC Descontos Por Quantidade

Sequencial	Quantidade	Valor
*		

Opções de Cálculo

Tipo Cálculo: Prev. Demanda

MÉDIA MÓVEL COM PONDERAÇÃO EXPON

Meses Cálculos: 3

Perc Constante Suav.: 20,00

Cálculo Est. Mínimo

FÓRMULA SIMPLES

Fator Segurança: 90,00

Fator K (Tab)

Cálculo Lote Econ. Compra

Valor Custo Falta

LEC SEM FALTAS

0,00

Calc. Qtdes Inteiras

Pesos Meses

Peso 1-1	100,00	Peso 1-2	99,00	Peso 1-3	98,00	Peso 1-4	96,00
Peso 1-5	95,00	Peso 1-6	0,00	Peso 1-7	0,00	Peso 1-8	0,00
Peso 1-9	0,00	Peso 1-10	0,00	Peso 1-11	0,00	Peso 1-12	0,00

Valores Calculados

Ponto Pedido: 1,00

Consumo Diário: 0,03

LEC: 1,00

Estoque Atual: 1,00

Data Prev. Fim Estoque: 22/06/2008

Fornecedor Principal: DELL COMPUTADORES

Demandas

jan/2008	fev/2008	mar/2008	abr/2008	mai/2008
2,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Demandas Reais | Demanda Prevista

Figura 3.6 - Tela de cadastro de produtos – Guia Administração de Estoque.

Fonte: Do Autor.

Na guia “Adm Estoque” do cadastro de produtos estão todas as configurações em relação à administração de estoques.

- Caixa “Classificação ABC”: esta caixa apresenta a classificação do produto na curva ABC de vendas para o ano atual.
- Campo “Tipo Cálculo Prev Demanda”: neste campo usuário pode escolher qual o tipo de cálculo ele utilizará para fazer a previsão de demanda do produto (item 1.7 Previsão de demanda). As opções disponíveis são: último período, média móvel, média móvel ponderada, média móvel com ponderação exponencial, média dos mínimos quadrados e sazonalidade. A previsão é sempre feita para o mês atual.
- Campo “Meses Cálculos”: este campo indica quantos meses anteriores serão considerados para o cálculo de previsão de demanda. Este campo deve ser informado quando a previsão de demanda for um dos seguintes tipos: média móvel, média móvel ponderada, média móvel com ponderação exponencial e média dos mínimos quadrados.
- Campo “Perc Constante Suavização”: neste campo deve ser informado o percentual de suavização, e só é utilizado quando a previsão de demanda for a média móvel com ponderação exponencial.

- Caixa “Pesos Meses”: nesta caixa devem ser informados os pesos cada mês (últimos doze meses), esta opção deve ser utilizada quando o cálculo da previsão de demanda for a média móvel com ponderação.
- Campo “Cálculo Est. Mínimo”: utilizado para informar a forma de cálculo do estoque mínimo (1.3.4 Estoque mínimo (EMn) ou estoque de segurança). Estão disponíveis as opções fórmula simples e estoque mínimo com grau de atendimento.
- Campo “Fator Segurança”: utilizado para informar o fator de segurança para o cálculo do estoque mínimo, e deve ser usado quando o tipo de cálculo do estoque mínimo for a fórmula simples.
- Campo “Fator K (Tab)”: indica o fator K para o cálculo do estoque mínimo, somente quando o cálculo do estoque mínimo for o estoque mínimo com grau de atendimento.
- Campo “Cálculo Lote Econ. Compra”: utilizado para informar o tipo de cálculo do lote econômico de compra (1.6 Lote econômico de compra (Q), ou LEC). Estão disponíveis três opções, sem faltas, admitindo faltas e com desconto por quantidade.
- Campo “Fornecedor Principal”: neste campo o usuário deve informar qual é o fornecedor principal/atual do produto para que o sistema gere as ordens de compra com base neste fornecedor.
- Grade “LEC Desconto Por Quantidade”: nesta grade o usuário deve informar as quantidades e valores quando ele obtém um desconto por quantidade junto ao fornecedor principal do produto. Esta opção deve ser utilizada quando o tipo de cálculo do lote econômico de compras for “Com Desconto por Quantidade”.
- Grade “Sazonalidade”: nesta grade o usuário lança os percentuais de sazonalidade para cada mês. Esta opção deve ser utilizada quando o cálculo de previsão de demanda for “Sazonalidade”.
- Grade “Vendas Mensais - Previsto x Realizado”: esta grade apresenta os valores das previsões de demanda e também os valores reais de demanda mês

a mês. O sistema armazena os valores previstos para posteriormente comparar com o realizado, e verificar se a previsão está próxima do valor real.

- Caixa “Demandas”: esta caixa apresenta os consumos dos últimos quatro meses e mais a previsão para o mês atual. Estas informações foram colocadas para que o usuário possa fazer uma análise rápida do produto.
- Caixa “Valores Calculados”: esta caixa apresenta alguns valores calculados pelo sistema. Ponto de pedido, lote econômico de compra, consumo diário e data de previsão de término do produto no estoque.
- Botão “Gráfico Previsto x Realizado”: este botão exibe a consulta da demanda prevista versus a demanda realizada do produto. Para gerar o gráfico desta consulta o usuário deve selecionar a opção “Grafar” no menu “Editar” do sistema. Esta opção está detalhada no item 3.4.4 Recursos adicionais.

3.4.3 Otimização do lote econômico de compras

Para a otimização do lote econômico de compras o sistema utiliza uma Ordem de Compra LEC, estas ordens de compra do LEC são geradas automaticamente pelo sistema na medida em que os produtos atingem o ponto de pedido e o valor mínimo para compra do fornecedor. Quando isso acontece o sistema gera uma Ordem de Compra LEC para cada fornecedor que atingiu o valor mínimo para compra. A quantidade a ser comprada de cada produto pode ser a diferença entre o estoque atual e o estoque máximo, isso porque algumas vezes os produtos não são comprados no momento que atingem o ponto de pedido, sendo comprados posteriormente, podendo o estoque atual estar abaixo do ponto de pedido, ou a quantidade a ser comprada pode ser o próprio LEC. Esta opção é definida na tela de parâmetro no campo “Qtde OC LEC”.

A Ordem de Compra LEC pode ser definida compra uma pré-ordem de compra onde o usuário fará ajustes de quantidades antes efetivar a compra.

Para facilitar visualização geral dos itens de otimização, foi colocada a grade “Itens Otimização” onde o sistema lança todos os itens das ordens de compra LEC do período atual através do botão “Importa Itens”. Com isso, o usuário realizará a otimização para todos os produtos que o sistema gerou ordem de compra LEC, independente do fornecedor.

Tela de ordem de compra do LEC guia “Principal” (Figura 3.7).

Ordem de Compra - LEC

22 - 05/2008 - FORNECEDOR DA FEEVALE

Principal Otimização

Nº OC: 22 Data OC: 20/05/2008 Período: 05/2008 Status: ANALISADO

Fornecedor: FORNECEDOR DA FEEVALE

Valor Mín. Compra: 2.000,00

Observação:

Item	Produto	LEC	Class. ABC	Quantidade	Valor Unitário
1	PRODUTO 00001 - PAPEL A4	861,00	A	1849,00	8,40
2	PRODUTO 02068 - GUARDANAPÓ	127,00	C	38,00	1,78
3	PRODUTO 00861 - SERVIÇO DE CORREIO	143,00	B	0,00	10,60

Nº OC Final: 7 Nº OC Otimização: 22 Valor Total: 15.599,24

Figura 3.7 - Tela de ordem de compra LEC – Guia Principal.

Fonte: Do Autor.

A guia “Principal” apresenta os dados iniciais gerados automaticamente pelo sistema.

- Campo “Nº OC”: é o número da Ordem de Compra LEC.
- Campo “Data OC”: é a data em que a Ordem de Compra LEC foi gerada pelo sistema.
- Campo “Período”: é o período (mês/ano) em que a Ordem de Compra LEC foi gerada pelo sistema. O sistema utiliza este campo para não gerar outra Ordem de Compra LEC para o mesmo período, desde que a atual ainda esteja em análise.
- Campo “Status”: indica o status da Ordem de Compra LEC, que pode ser “EM ANÁLISE” quando a OC LEC está em análise, “OTIMIZANDO” que indica que a ordem está sendo otimizada, e “ANALISADO” que indica que foi gerada ordem de compra final.
- Campo “Fornecedor”: é o fornecedor da Ordem de Compra LEC, este campo é atualizado com o campo “Fornecedor Principal” do cadastro de produtos;
- Campo “Valor Mín. Compra”: este campo indica o valor mínimo para compra do fornecedor.

- Grade “Itens da Ordem de Compra LEC”: lista todos os produtos da Ordem de Compra LEC.
- Campo “Valor Total”: indica o valor total da Ordem de Compra LEC.
- Campo “Nº OC Otimização”: indica o número da Ordem de Compra LEC que contem os itens de otimização para o período. Para melhor entendimento, olhar explicação da funcionalidade botão “Importar Itens” da guia “Otimização”.
- Campo “Nº OC Final”: indica o número da Ordem de Compra que o sistema gerou através da opção “OC Final” na guia “Otimização” para cada Ordem de Compra LEC.

Tela de ordem de compra do LEC guia “Otimização” (Figura 3.8).

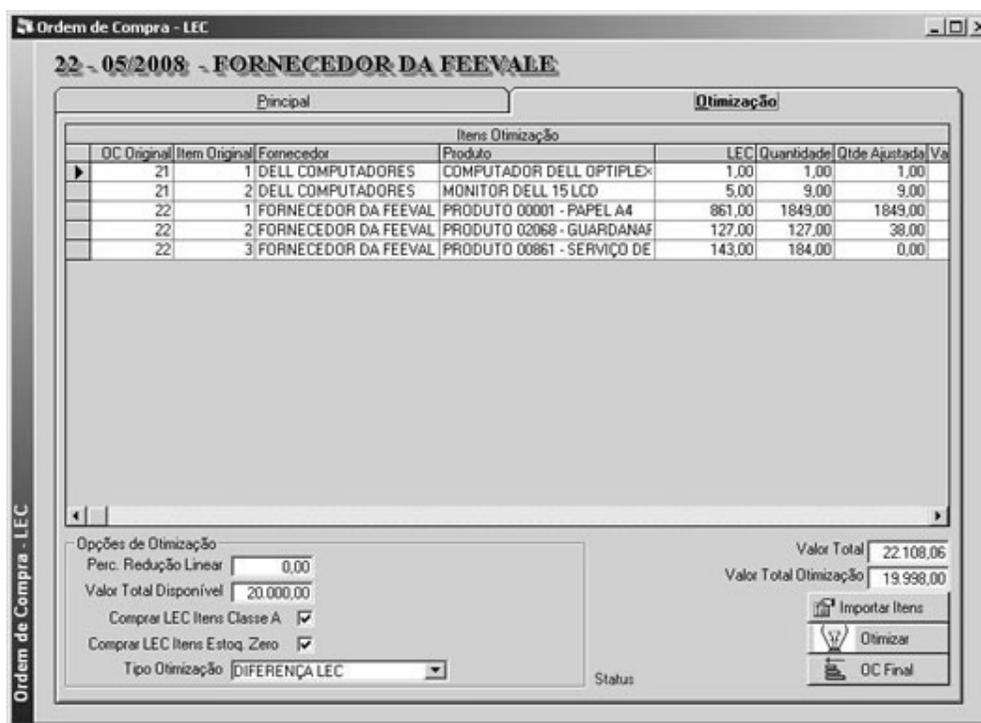


Figura 3.8 - Tela de ordem de compra LEC – Guia Otimização.

Fonte: Do Autor.

Na guia “Otimização” estão disponíveis as opções de otimização das ordens de compra do LEC geradas pelo sistema. É nesta tela que o usuário poderá ajustar as quantidades a serem compradas dos produtos.

É importante destacar algumas opções utilizadas no sistema quando a otimização for através *Solver*. Nestes casos, o problema é resolvido como sendo de programação não-linear,

ou seja, a opção do *Solver* “Presumir Modelo Linear” não é selecionada. Também é colocada uma restrição para que as variáveis de decisão sejam números inteiros.

- Botão “Importar Itens”: este botão tem a funcionalidade de lançar os itens das ordens de compra LEC de todos os fornecedores do período atual para a grade “Itens Otimização” da ordem de compra LEC em que o usuário está posicionado.
- Grade “Itens Otimização”: lista todos os itens que o sistema irá considerar nas opções de otimização. A coluna “Quantidade” indica a quantidade que o sistema calculou inicialmente; a coluna “Qtde Ajustada” indica a quantidade ajustada após a otimização.
- Campo “Valor Total”: indica o valor total dos itens de otimização, considerando a quantidade sugerida inicialmente pelo sistema. Este campo considera os itens de todas as ordens que estão sendo otimizadas. Este campo foi colocado na tela para que o usuário possa fazer a comparação com o campo “Valor Total Otimização”.
- Campo “Valor Total Otimização”: indica o valor total dos itens de otimização, considerando a quantidade ajustada pelas opções de otimização.
- Campo “Perc. Redução Linear”: utilizado para informar o percentual de redução linear a ser aplicado em todos os itens de otimização. Nesta opção o sistema irá reduzir a quantidade a ser comprada gerada inicialmente de acordo com o percentual informado e de forma igual para todos os itens da otimização.
- Campo “Valor Total Disponível”: neste campo deve ser informado o valor disponível para as compras.
- Campo “Comprar LEC Itens Classe A”: este campo deve ser marcado quando o usuário quiser que o sistema coloque como restrição que será comprada a quantidade calculada inicialmente para os produtos com classificação A da curva ABC de Vendas. Esta opção é utilizada quando a otimização for por valor disponível.
- Campo “Comprar LEC Itens Estoq. Zero”: este campo deve ser marcado quando o usuário quiser que o sistema coloque como restrição que será

comprada alguma quantidade para os produtos que estão com o estoque zerado.

- Campo “Tipo Otimização”: indica os tipos de otimização, ou seja, indica qual será a função-objetivo. Opção “DIFERENÇA LEC”, esta opção irá realizar a otimização minimizando a diferença entre a quantidade ajustada e a quantidade sugerida; Opção “MAX UTILIZAÇÃO VLR DISP”, esta opção irá realizar a otimização maximizando o valor disponível. Esta opção é utilizada quando a otimização for por valor disponível.
- Botão “Otimização”: executa a otimização de acordo com as opções selecionadas e/ou informadas. Quando a opção escolhida for “MAX UTILIZAÇÃO VLR DISP” o sistema irá tentar encontrar uma solução para o problema utilizando a Pesquisa Operacional através da ferramenta *Solver* da planilha eletrônica Excel da Microsoft. Neste caso o sistema irá proceder da seguinte maneira:
 1. Gera uma planilha Excel com todos os itens de otimização.
 2. Cria uma macro⁶ na planilha gerada para resolver o problema utilizando *Solver*. Esta macro cria função-objetivo, as restrições e as variáveis de decisão do modelo, de acordo com as opções selecionadas.
 3. Executa a macro para resolver o problema.
 4. Mostra mensagem para o usuário informando se encontrou ou não uma solução para o problema.
 5. Lê os valores das variáveis de decisão na planilha e atualiza a coluna “Qtde Ajustada” no sistema.
- Botão “OC Final”: este botão gera a ordem de compra final para os itens otimizados. Além de gerar a ordem de compra que será encaminhada para o fornecedor, o sistema também atualiza os campos “Qtde Proc. Compra” e “Estoque Disponível” no cadastro de produtos, com isso o sistema não irá gerar necessidade de compra para estes produtos, pois o estoque disponível

⁶ Macro é um programa gerado pelo usuário que contém comandos exclusivos do Excel a serem executados em seqüência (SANTOS, 1999, p.241).

aumentou. Esta opção deve ser utilizada após a otimização dos itens ter sido concluída.

3.4.4 Recursos adicionais

Abaixo são listados alguns recursos adicionais que foram disponibilizados no sistema. Estes recursos não estavam no escopo inicial do projeto, mas foram implementados, pois entende-se que eles ajudarão na análise das informações geradas pelo sistema.

Consulta Diferença Previsão Versus Realizado (Figura 3.9).

Código Produto	Descrição Produto	Valor Previsto Mês Anterior	Valor Real Mês Anterior	Limite Erro Previsão	Diferença
3	IMPRESSORA LASER HP 1022N	1,00	0,00	10,00	100,00
5	MONITOR DELL 15 LCD	8,00	4,00	10,00	50,00
7	TONNER PRETO HP	2,00	0,00	10,00	100,00
12	PEN DRIVE KINGSTON 1GB	2,00	0,00	10,00	100,00
13	PEN DRIVE KINGSTON 2GB	2,00	0,00	10,00	100,00
14	MP3 PLAYER FM 1GB	1,00	0,00	10,00	100,00
22	FITA PARA IMPRESSORA MATRICIAL	1,00	0,00	10,00	100,00
23	PAPEL A4 500FL	1,00	0,00	10,00	100,00
25	CARTUCHO HP 620C	1,00	0,00	10,00	100,00
26	MODEM BANDA LARGA DLINK A	1,00	0,00	10,00	100,00
28	PRODUTO 01944 - CARTUCHO EPSON	1,00	0,00	10,00	100,00
29	PRODUTO 02068 - GUARDANAPO	8,00	0,00	10,00	100,00
30	PRODUTO 00861 - SERVIÇO DE CORREIO	63,00	83,00	10,00	31,75
32	PRODUTO 03451 - TONNER HP Q2612	6,00	7,00	10,00	16,67

Figura 3.9 – Consulta Diferença Previsão Versus Realizado.

Fonte: Do Autor.

A consulta Diferença Previsão Versus Realizado lista todos os produtos que tiveram uma diferença na demanda maior que o valor informado no campo “Limite Erro Previsão” na tela de parâmetros entre o previsto e o realizado no último mês.

Gráfico Demanda Prevista Versus Realizada (Figura 3.10).

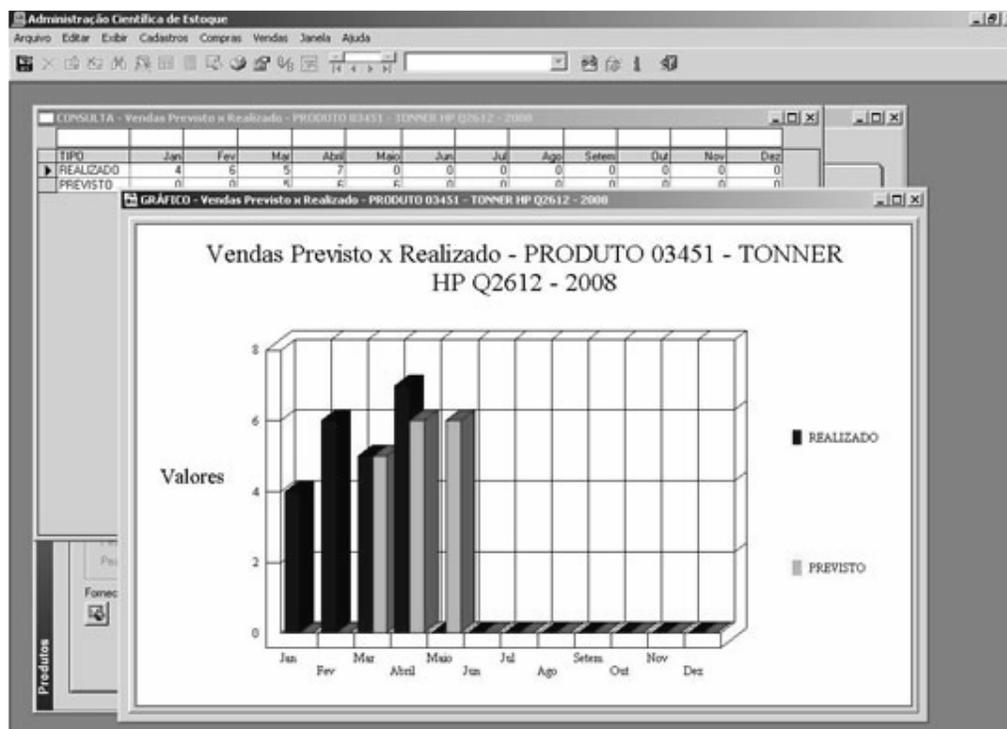


Figura 3.10 – Gráfico Demanda Prevista Versus Realizada.

Fonte: Do Autor.

O gráfico Demanda Prevista Versus Realizada mostra em forma de gráfico os valores previstos e realizado de demanda de um determinado produto. Esta consulta está disponível na tela de produtos.

Consulta Produtos em Ponto de Pedido (Figura 3.11).

Código	Nome Grupo	Descrição Produto	U.M.	Valor Custo	Custo Médio	Valor Venda	Qtde Estoque	Estoque Mínimo	Ponto Pedido	Lote Econ.	Compra	Estoque
1	COMPUTADORES	COMPUTADOR DELL OPTIPLEX (DC 270)	PC	500,00	506,66	1.400,00	1,00	1,00	1,00			1,00
26	ACESSÓRIOS	MODEM BANDA LARGA DLINK A	PC	120,00	120,00	160,00	1,00	1,00	1,00			3,00
5	MONITORES	MONITOR DELL 15 LCD	PC	380,00	380,00	550,00	0,00	46,00	38,00			5,00
9	ACESSÓRIOS	MOUSE ÓPTICO	PC	15,00	15,00	33,00	0,00	1,00	1,00			9,00
27	PRODUTOS FEEVALE	PRODUTO 00001 - PAPEL A4	PT	8,40	8,40	8,40	654,00	1.642,00	1.642,00			861,00
30	PRODUTOS FEEVALE	PRODUTO 00061 - SERVIÇO DE CORREIO	LN	10,60	10,60	10,60	16,00	57,00	57,00			143,00
29	PRODUTOS FEEVALE	PRODUTO 02068 - GUARDANAFO	PT	1,76	1,76	1,76	8,00	8,00	8,00			127,00

Figura 3.11 – Consulta Produtos Em Ponto de Pedido.

Fonte: Do Autor.

A consulta Produtos Em Ponto de Pedido lista todos os produtos que estão em ponto de pedido, ou seja, todos os produtos onde o estoque atual é igual ou menor que o ponto de pedido.

Consulta Totais Em Estoque Por Grupo (Figura 3.12).

Nome Grupo	Total
PRODUTOS FEEVALE	6688,32
IMPRESSORAS LASER	1100
COMPUTADORES	980
CARTUCHOS/TONNERS	520
ACESSÓRIOS	444,8
ESTABILIZADORES/NOBREAKS	22
PAPEL	18

Figura 3.12 - Consulta Totais Em Estoque Por Grupo.

Fonte: Do Autor.

A consulta Totais Em Estoque Por Grupo totaliza o valor em estoque por grupo de produtos. Os dados são listados em ordem decrescente pela coluna “Total”.

Relatório Curva ABC Vendas (Figura 3.13).

Relatório Classificação ABC de Vendas - 2008

Código	Descrição	Ano	Vlr Total Item	Vlr Total Ano	Perc. Item
27	PRODUTO 00001 - PAPEL A4	2008	39.219,60	66.931,94	58,59
5	MONITOR DELL 15 LCD	2008	10.450,00	66.931,94	15,61
1	COMPUTADOR DELL OPTIPLEX GX 270	2008	7.160,00	66.931,94	10,69
30	PRODUTO 00861 - SERVIÇO DE CORREIO	2008	1.780,80	66.931,94	2,66
3	IMPRESSORA LASER HP 1022N	2008	1.600,00	66.931,94	2,39
2	COMPUTADOR DELL OPTIPLEX GX 240	2008	1.200,00	66.931,94	1,79
20	IMPRESSORA MATRICIAL EPSON LX-300	2008	900,00	66.931,94	1,34
32	PRODUTO 00451 - TONNER HP Q2612	2008	880,00	66.931,94	1,31
31	PRODUTO 00566 - BANNER	2008	882,00	66.931,94	1,31
7	TONNER PRETO HP	2008	800,00	66.931,94	1,19
13	PEN DRIVE KINGSTON 20B	2008	452,00	66.931,94	0,64
4	MONITOR DELL 14	2008	400,00	66.931,94	0,59
6	IMPRESSORA HP DESKJET 680C	2008	400,00	66.931,94	0,59
14	MP3 PLAYER FM 10B	2008	240,00	66.931,94	0,35
12	PEN DRIVE KINGSTON 10B	2008	190,00	66.931,94	0,28
9	MOUSE ÓPTICO	2008	121,00	66.931,94	0,18
25	CARTUCHO HP 620C	2008	126,00	66.931,94	0,18
23	PAPEL A4 500FL	2008	37,50	66.931,94	0,05
28	PRODUTO 01944 - CARTUCHO EPSON	2008	39,44	66.931,94	0,05
29	PRODUTO 02068 - GUARDANAPO	2008	35,60	66.931,94	0,05
10	MINI MOUSE ÓPTICO	2008	32,00	66.931,94	0,04
22	FITA PARA IMPRESSORA MATRICIAL	2008	6,00	66.931,94	0,00

Figura 3.13 – Relatório de Curva ABC de Vendas.

Fonte: Do Autor.

O relatório Curva ABC Vendas lista os produtos de acordo com classificação ABC de Vendas. O relatório tem um filtro por ano e os produtos são listados em ordem decrescente de percentual do item em relação ao total.

Relatório Valores em Estoque (Figura 3.14).

Valores Em Estoque

1 of 1 100% Total 17 100% 17 of 17

Relatório de Valores em Estoque

Grupo

ACESSÓRIOS

Código	Descrição	U.M.	Estoque	Vlr Custo	Total Custo	Vlr Venda	Total Venda
10	MINI MOUSE ÓPTICO	CP	1,00	23,00	23,00	47,00	47,00
12	FEN DRIVE KINGSTON 1GB	PC	1,00	25,00	25,00	38,00	38,00
13	FEN DRIVE KINGSTON 2GB	PC	2,00	58,00	116,00	72,00	144,00
14	MP3 PLAYER FM 1GB	PC	2,00	80,00	160,00	120,00	240,00
22	FITA PARA IMPRESSORA MATRICIAL	PC	1,00	0,80	0,80	1,50	1,50
26	MODEM BANDA LARGA DLINK A	PC	1,00	120,00	120,00	160,00	160,00
Total Grupo:				444,80	638,50		

CARTUCHOSTONNERS

Código	Descrição	U.M.	Estoque	Vlr Custo	Total Custo	Vlr Venda	Total Venda
7	TONNER PRETO HP	PC	10,00	52,00	520,00	140,00	1.400,00
Total Grupo:				520,00	1.400,00		

COMPUTADORES

Código	Descrição	U.M.	Estoque	Vlr Custo	Total Custo	Vlr Venda	Total Venda
1	COMPUTADOR DELL OPTIPLEX OX 2	PC	1,00	980,00	980,00	1.400,00	1.400,00
Total Grupo:				980,00	1.400,00		

ESTABILIZADORES/NOBREAKS

Código	Descrição	U.M.	Estoque	Vlr Custo	Total Custo	Vlr Venda	Total Venda
18	ESTABILIZADOR SMS REVOLUTION3	PC	1,00	22,00	22,00	35,00	35,00
Total Grupo:				22,00	35,00		

IMPRESSORA LASER

Código	Descrição	U.M.	Estoque	Vlr Custo	Total Custo	Vlr Venda	Total Venda
3	IMPRESSORA LASER HP 1022N	PC	2,00	550,00	1.100,00	800,00	1.600,00
Total Grupo:				1.100,00	1.600,00		

PAPEL

Código	Descrição	U.M.	Estoque	Vlr Custo	Total Custo	Vlr Venda	Total Venda
23	PAPEL A4 500FL	PC	2,00	9,00	18,00	12,50	25,00
Total Grupo:				18,00	25,00		

Figura 3.14 - Relatório Valores Em Estoque.

Fonte: Do Autor.

O relatório Valores Em Estoque lista os produtos em que a quantidade em estoque seja maior que zero e calcula o valor total de custo e de venda em estoque. O relatório é agrupado pelo grupo do produto e tem totais por grupo de produto e um total geral.

Documentação de Ajuda Sistema (Figura 3.15).

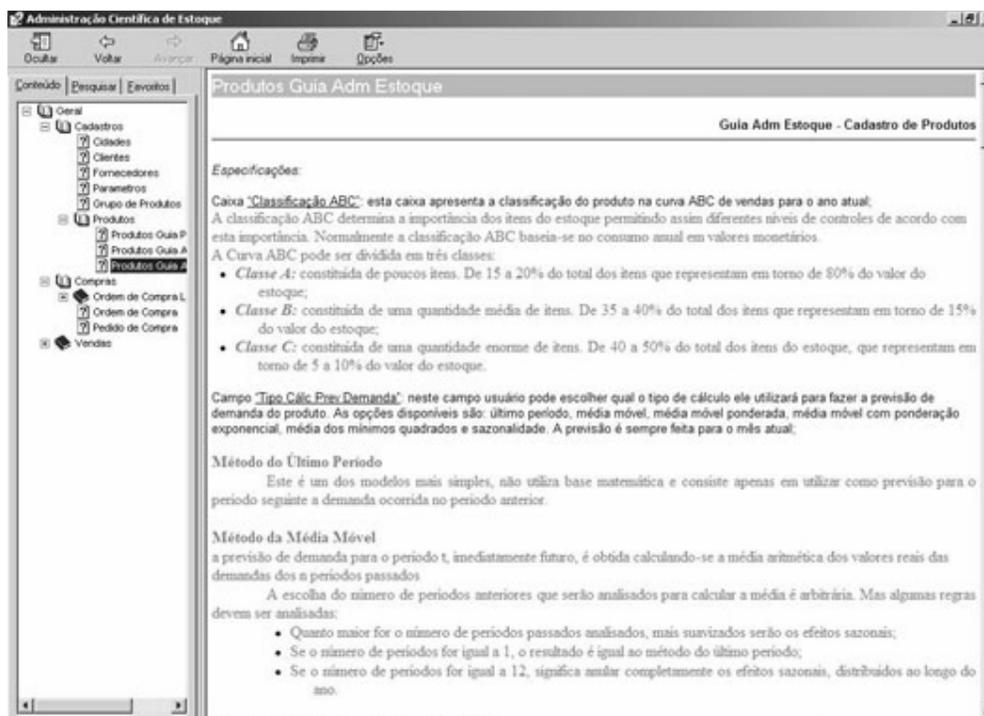


Figura 3.15 – Documentação de Ajuda do Sistema.

Fonte: Do Autor.

A documentação de Ajuda do Sistema foi desenvolvida no *software* HelpNDoc e contém a explicação detalhada de todas as opções do sistema. Mostra conceitos e exemplos sobre as mesmas.

CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado neste trabalho, pode-se afirmar que a área de gestão de estoques é muito importante dentro das empresas, visto que ela envolve recursos financeiros, ou seja, para se ter produtos em estoque é necessário investir. Outro fator que contribui para que esta área receba uma atenção especial por parte das empresas é que, se esta área for mal administrada, ela pode provocar atrasos de entrega de mercadorias e até mesmo perda de vendas por falta de produtos em estoque.

Diante destas afirmações, pode-se considerar que uma dos principais objetivos da gestão de estoques é encontrar o equilíbrio entre estoque e demanda, ou seja, saber quando e quanto comprar de cada produto em estoque, ter em estoque somente as quantidades necessárias para atender as demandas, sem que haja ruptura de estoque e utilizando o mínimo de recursos financeiros possíveis.

Além de ser difícil de encontrar este equilíbrio, pois requer muitos cálculos e conhecimento das variáveis envolvidas no processo, muitas vezes o valor sugerido pelo método não pode ser aplicado pela empresa por alguma restrição, seja ela financeira, de espaço, entre outros. Alguns métodos e/ou sistemas tentam resolver isso de forma linear, sem utilizar um critério diferenciado para diferentes produtos ou grupo de produtos.

Já a Pesquisa Operacional é uma metodologia que busca resolver problemas de uma maneira científica, tentando encontrar uma solução ótima para o problema. Para tanto, é necessário modelar o problema de forma, normalmente, matemática. Este modelo deve ser uma representação suficiente do problema real.

A proposta de desenvolvimento de um sistema de gestão de estoques configurável em nível de usuário quanto às metodologias de gestão de estoque e com um módulo para otimização do lote econômico de compras utilizando a Pesquisa Operacional foi cumprida. Todas as metodologias que foram implementadas no sistema foram testadas e validadas em um

ambiente de testes, foram feitos também alguns testes com informações reais e o sistema se mostrou eficiente.

A próxima etapa deste projeto é a implementação em uma empresa real. Nesta etapa, o projeto será colocado em um sistema existente. Será dado um treinamento para o pessoal que irá utilizar o sistema, pois o sistema tem muitos recursos e o usuário que for utilizá-lo precisa ter bastante conhecimento do mesmo, das metodologias de gestão de estoque e otimização.

O fato de o sistema ter muitas opções necessita que o usuário que for utilizá-lo tenha muito conhecimento destas metodologias disponíveis, pois sem esse conhecimento o usuário não conseguirá tirar o máximo proveito que o sistema pode oferecer.

O desenvolvimento deste trabalho proporcionou a obtenção de um conhecimento mais aprofundado da gestão de estoques e da Pesquisa Operacional, conhecimento este que foi utilizado o desenvolvimento do sistema apresentado anteriormente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTERDATA. **ERP AlterDada**. Disponível em: < <http://www.alterdata.com.br>>. Acesso em: 13 de novembro de 2007.
- ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de materiais**: uma introdução. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 521 p. ISBN 8522421692
- CHIAVENATO, Idalberto. **Iniciação à administração de materiais**. São Paulo: Makron Books, McGraw-Hill, 1991. 167 p.
- COGAN, Samuel. **Custos e preços: formação e análise**. [1. ed.] São Paulo: Pioneira, 1999. 157 p. ISBN 8522102023
- CORRÊA, Joary. **Gerência econômica de estoques e compras**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, INL, 1974. 334 p.
- DIAS, Marco Aurélio Pereira. **Administração de materiais**: edição compacta: resumo da teoria: questões de revisão: exercícios: estudo de casos. 4. ed. compacta São Paulo: Atlas, 1997. 289 p. ISBN 85-224-1237-5.
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. [1. ed.] Rio de Janeiro: Campus, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988. 805 p. ISBN 85-7001-143-1.
- KORTH, Henry F.; SILBERSCHATZ, Abraham. **Sistema de bancos de dados**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, McGraw-Hill, 1993. 748 p. ISBN 85-346-0079-1
- LOESCH, Claudio; HEIN, Nelson. **Pesquisa operacional**: fundamentos e modelos. Blumenau: FURB, 1999. 270 p. ISBN 8571140731.
- MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo Renato Campos. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000. [1], 353 p. ISBN 85-02-03008-6.
- MICROSIGA SA. **Protheus 8**. Disponível em: < <ftp://ftp.microsiga.com.br/Protheus8/Help-Windows/portuguese/>>. Acesso em: 05 de novembro de 2007.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Introdução à administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 1998. 422 p. (Biblioteca Pioneira de administração e negócios) ISBN 85-221-0132-9
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1998. 619 p. (Biblioteca Pioneira de administração e negócios)
- PIDD, Michael. **Modelagem empresarial**: ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Bookman, Artes Médicas, 1998. 314 p. ISBN 85-7307-352-7.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de software**. 5. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2002. 843 p. ISBN 8586804258

SANTOS, João Almeida; PARRA FILHO, Domingos. **Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Futura, 2001. 277 p. ISBN 8586082813

SANTOS JÚNIOR, Mozart Jesus Fialho dos. **Excel 97: passo a passo**. 2. ed. Goiânia: Terra, 1999. 272 p. ISBN 85-85879-33-5

SLACK, Nigel; HARRISON, Alan; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine. **Administração da produção**. Ed. compacta São Paulo: Atlas, 1999. 526 p. ISBN 8522421714

SPENDOLINI, Michael J. **Benchmarking**. São Paulo: Makron Books, [1994]. 226 p. ISBN 85-346-0132-1

TECMARAM. **Preactor**. Disponível em: < <http://www.tecmaran.com.br/>>. Acesso em: 07 de novembro de 2007.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997. 220 p. ISBN 85-224-1727-X

VIANA, João José. **Administração de materiais: um enfoque prático**. São Paulo: Atlas, 2000. 448 p. ISBN 85-224-2395-4.

