DESENVOLVIMENTO DE UMA POLÍTICA DE DECISÕES DE RESSUPRIMENTO PARA MATERIAIS DE DEMANDA DEPENDENTE

Tiago Ribeiro de Almeida

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DE CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PRODUÇÃO.

Aprovada por:

_____

Prof. Clóvis Neumann, D.Sc.

_____

Prof. José Geraldo Ferreira, M.Sc.

_____

Prof. José Eloy Araújo Cerqueira

JUIZ DE FORA, MG – BRASIL

NOVEMBRO DE 2007

ALMEIDA, TIAGO RIBEIRO DE

Desenvolvimento de uma política de decisões de ressuprimento para materiais de demanda dependente

[Juiz de Fora] 2007

X, 54 p. 29,7 cm (EPD/UFJF, Graduação, Engenharia de Produção, 2007)

Monografia - Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção

1. Gestão de Estoques

I. EPD/UFJF II. Título ( série )

# AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais, que me acompanharam e me apoiaram ao longo de todos esses anos de engenharia. À minha namorada pelo companheirismo, amor e carinho nos momentos mais difíceis de minha graduação. Aos meus amigos, com suas incentivadoras presenças.

Agradeço também aos professores com os quais tive a oportunidade de aprender em minha vida acadêmica, seja em sala de aula ou não, seja Engenharia de Produção ou não. Em especial, ao meu orientador Clóvis Neumann, pelos imprescindíveis esforços para a realização deste. Aos professores integrantes da banca avaliadora: José Geraldo Ferreira e José Eloy Araújo Cerqueira, que contribuíram de forma excepcional sempre que se fez necessário.

Agradeço a Proveu por se disponibilizar para os estudos, pelas informações cedidas, pela confiança e pelas oportunidades de desenvolvimento oferecidas.

Resumo da monografia apresentada à Coordenação de Curso de Engenharia de Produção como parte dos requisitos necessários para a graduação em Engenharia Produção.

DESENVOLVIMENTO DE UMA POLÍTICA DE DECISÕES DE RESSUPRIMENTO PARA MATERIAIS DE DEMANDA DEPENDENTE

Tiago Ribeiro de Almeida

Novembro/2007

Orientador: Clóvis Neumann

Curso: Engenharia de Produção

O presente trabalho tem como propósito apresentar o estudo de caso do desenvolvimento de uma política de decisões de ressuprimento para os materiais de demanda dependente de uma indústria eletrônica, cujo sistema de controle de estoques utilizado é o MRP. A metodologia utilizada neste estudo foi, em um primeiro momento, pesquisar o estado da arte sobre o sistema MRP, a gestão de estoques, os modelos de decisões de ressuprimento e os modelos de controle de estoques multiitem. Após, foi realizado um levantamento detalhado de dados do estoque de materiais de demanda dependente da empresa objeto deste estudo. Foram definidas, após os estudos e levantamentos, as áreas de decisão que seriam abordadas pela política desenvolvida. Em seguida, os itens do estoque citado, foram dispostos em classes e políticas de decisões foram determinadas para cada classe. Finalmente os custos relevantes totais da política atual foram comparados aos valores obtidos com a política desenvolvida. Foi possível observar, com os resultados finais do trabalho, uma significativa redução dos gastos relativos aos estoques abordados, além dos benefícios gerenciais obtidos com a definição do que deve ser feito em cada situação para cada item de estoque.

**Palavras-chaves**: Política de Decisões, Estoque, Ressuprimento, Demanda dependente.

Abstract of the monograph presented to the Coordination of the Production Engineering Course as part of the necessary requirements for graduating in Production Engineering.

DEVELOPMENT OF A RE-SUPPLY DECISION POLICY FOR DEPENDENT REQUIREMENT MATERIALS.

Tiago Ribeiro de Almeida

November/2007

Advisor: Clóvis Neumann

Course: Production Engineering

This work has as propose to present a case study of a re-supply decisions policy development, for dependent requirement materials of a electronic company, which used stock control system is the MRP. The used methodology in this case was, in a first moment, elucidate the art state about MRP system, stock management, re-supply decisions models and the multi-item storage control models. After, a detailed data research of dependent requirement materials stock in the referred company was accomplished. It was defined, after studies and researches, the decisions areas that would be approached by the developed policy. Then, the quoted storage items were disposed in classes and decision policies were determined for each class. Finally, the pertinent total costs of the actual policy were compared with acquired values through the developed policy. It was possible to observe, with final results of this work, a meaningful spending reduction related with the mentioned stocks, beyond management benefits obtained through definition of what should be done in each situation with each stock item.

**Keywords**: Decision Policy, Stock, Re-supply, Dependent requirement.

# SUMÁRIO


Capítulo I – INTRODUÇÃO 1
1.1 – APRESENTAÇÃO 1
1.2 – OBJETIVOS 2
1.3 – JUSTIFICATIVAS 2
1.4 – ESCOPO DO TRABALHO 2
1.5 – METODOLOGIA 3

Capítulo II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 4
2.1 – PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO 4
2.1.1 – Planejamento e controle de estoques 5
2.1.2 – Planejamento das Necessidades de Materiais - MRP 5
2.1.3 – Demanda independente x demanda dependente 6
2.1.4 – Cálculo das necessidades de materiais 6
2.2 – GESTÃO DE ESTOQUES 7
2.2.1 – Políticas de estoque 9
2.2.2 - Custos de estoque 10
2.3 – MODELOS DE DECISÕES DE RESSUPRIMENTO 12
2.3.1 – O lote econômico de compras 12
2.3.2 – Modelo do ponto de ressuprimento 14
2.3.3 – Modelo de revisão periódica 19
2.3.4 – Modelo min-max 22
2.3.5 – Algoritmo de Wagner-Whitin 23
2.4 – MODELOS DE CONTROLE DE ESTOQUES MULTIITEM 23
2.4.1 – Classificação ABC de estoques 23
2.4.2 – Limite total dos investimentos 25

Capítulo III – DESCRIÇÃO DA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO 27
3.1 – A PROVEU INDÚSTRIA ELETRÔNICA 27
3.2 – A ESTRUTURA DE PRODUTO DA LINHA KURUMIM 27
3.3 – A POLÍTICA DE RESSUPRIMENTO ATUAL DA PROVEU 28

Capítulo IV – DESENVOLVIMENTO 29
4.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS 29

4.2 – CLASSIFICAÇÃO ABC DOS ESTOQUES 29
4.3 – DECISÕES DE RESSUPRIMENTO PARA OS ITENS CLASSE “A” 31
4.3.1 – Modelo de ressuprimento 31
4.3.2 – O cálculo dos lotes econômicos de compra 32
4.3.3 – O cálculo do limite de investimentos 32
4.3.4 – O cálculo dos estoques de segurança 33
4.3.5 – O cálculo dos pontos de ressuprimento 34
4.3.6 – O cálculo dos níveis máximos de estoque 34
4.3.7 – As freqüências de contagem e de revisão da classificação 35
4.4 – DECISÕES DE RESSUPRIMENTO PARA OS ITENS CLASSES “B” E “C” 35
4.4.1 – Modelo de ressuprimento 35
4.4.2 – O cálculo dos intervalos ótimos entre pedidos 36
4.4.3 – O cálculo dos estoques de segurança 38
4.4.4 – O cálculo dos níveis máximos de estoque 38
4.4.5 – As freqüências de contagem e de revisão da classificação 38
4.5 – COMPILAÇÃO DA POLÍTICA DE DECISÕES DE RESSUPRIMENTO 39

Capítulo V – CONCLUSÕES 41

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 43
ANEXOS I 45
ANEXOS II 54

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Hierarquia das funções do PCP 4
Figura 2: Curvas projetadas para o planejamento de estoques 9
Figura 3: Curva do custo de estocagem 13
Figura 4: Perfil de estoque dente de serra. Representação de *EOQ* e *ROP* 14
Figura 5: Distribuição DDLT e a probabilidade de haver estoque para z desvios padrão 16
Figura 6: Controle de estoque do ponto de compra com itens incertos 17
Figura 7: Controle de estoque de revisão periódica para um item com incerteza 20
Figura 8: Distribuição DD($T$*+$LT$) e a probabilidade de haver estoque para z desvios padrão 21
Figura 9: Curva ABC 25
Figura 10: Estrutura de produto em forma de “A” 27
Figura 11: Curva da classificação ABC dos itens de estoque da Proveu 30

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lotes econômicos de compra (EOQ) para os itens classe A 32
Tabela 2: Lotes econômicos de compra (EOQ) corrigidos para os itens classe A 33
Tabela 3: Estoques de segurança para os itens classe A 33
Tabela 4: Pontos de ressuprimento para os itens classe A 34
Tabela 5: Níveis máximos de estoque para os itens classe A 35
Tabela 6: Intervalos ótimos entre pedidos por fornecedor 37

# LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Distribuição de valores e variedade de itens ao longo do processo de produção 28
Quadro 2: Resultados da classificação ABC dos itens de estoque da Proveu 31
Quadro 3: Fornecedores agrupados por período de revisão 37
Quadro 4: Política de decisões de ressuprimento para materiais de demanda dependente desenvolvida 40

# Capítulo I
# INTRODUÇÃO

.

## 1.1 – APRESENTAÇÃO

A boa gestão dos materiais em uma empresa caracteriza-se como uma das condições fundamentais para o equilíbrio econômico e financeiro dessa. O planejamento adequado do abastecimento de materiais contribui para melhorias no desempenho de qualquer organização. Isso porque, do contrário, haverá uma má utilização dos recursos financeiros escassos, muitas vezes sem resultados para a área produtiva, (FRANCISCHINI; GURGEL, 2002).

Mesmo em países como os Estados Unidos, onde a adoção da filosofia *Just in Time* é largamente adotada nas indústrias, de acordo com Ballou (2006), o investimento anual em estoques chega a 13% do produto interno bruto daquele país.

Com isso, as empresas estão buscando cada vez mais o desenvolvimento da capacidade de coordenar o fluxo de bens e serviços entre instalações físicas. Ballou (2006, p.341) salienta que, “decidir quanto, quando e como movimentar produtos e, igualmente, onde comprá-los, é preocupação constante”. A boa gestão deve, portanto, coordenar essas decisões de programação com outras atividades no todo da empresa, especialmente com a produção. Como a função de compras é uma atividade do processo de programação dos suprimentos, muitas de suas decisões afetam diretamente o fluxo de materiais no canal logístico, (BALLOU, 2006).

Segundo Wanke (2006), a política ideal de ressuprimento busca o equilíbrio entre os custos associados a determinado fluxo de materiais e o consumo de recursos necessários à consecução deste fluxo.

Analisando esse ambiente a partir de uma abordagem holística da Gestão da Cadeia de Suprimentos, os setores de compras e gestão de estoques são responsáveis por uma ligação vital entre a empresa e seus fornecedores. Assim, é necessária a compreensão tanto das necessidades de todos os processos da empresa como das características de fornecimento de suas fontes de suprimentos, para que sejam obtidos resultados eficazes, (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

## 1.2 – OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é apresentar o desenvolvimento de uma política de decisões de compra de materiais de demanda dependente em uma indústria de equipamentos eletrônicos.

## 1.3 – JUSTIFICATIVAS

Para se atingir um bom desempenho de um sistema de controle de estoques em qualquer empresa, é necessário que a função compras disponha de orientações claras, para que as decisões relacionadas às tarefas de revisão dos níveis dos estoques e dimensionamento dos lotes de ressuprimento e dos estoques de segurança sejam as mais adequadas para cada caso.

As quantidades e o momento de cada compra afetam os preços a serem pagos, os custos de transporte e de manutenção de estoques. Em geral, de 40 a 60% do valor final da venda de qualquer produto, são representados pelos componentes e insumos comprados. Logo, através de reduções de custos no processo de aquisição de materiais, é possível alcançar impactos sobre os lucros da organização bem maiores do que os obtidos com aperfeiçoamentos semelhantes em outras áreas de custos e vendas, (BALLOU, 2006).

Portanto, desenvolver um conjunto de diretrizes para as decisões relativas ao abastecimento e manutenção dos suprimentos de uma empresa, se faz necessário para uma melhor utilização de recursos financeiros, melhor fluidez na produção e aumento da segurança do sistema produtivo como um todo.

## 1.4 – ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho foi desenvolvido no ambiente do planejamento e controle da produção de uma indústria do setor de montagem de relógios de ponto informatizados. Abordou apenas os estoques de materiais de demanda dependente dessa empresa com as respectivas decisões de ressuprimento. Os estudos restringiram-se a esse tipo de estoque, visto que o gerenciamento de estoques com demanda independente já é amplamente debatido pela literatura das áreas de Logística, Gestão de Estoques, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos e Planejamento e Controle de Produção.

## 1.5 – METODOLOGIA

O trabalho iniciou-se com a revisão bibliográfica na qual abordou-se as áreas de Planejamento e Controle de Produção, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos e Gestão de Estoques. Esses estudos visaram, respectivamente, um entendimento mais amplo e estruturado da coordenação dos fluxos de materiais e informações ao longo da cadeia de suprimentos, da integração desse fluxo com o planejamento e a programação da produção e dos processos probabilísticos de tomada de decisões de estoques.

Realizou-se a seguir a coleta dos dados da pesquisa e a análise das operações de suprimentos e de produção da empresa, abordando fatores como: levantamento e quantificação de custos de aquisição e armazenamento de materiais, quantificação de incertezas de demanda e tempos de ressuprimento, delineamento das características de fornecimento da cadeia e avaliação da estrutura operacional da organização.

Com os dados coletados e o embasamento teórico realizado, fez-se a seleção dos modelos, dentre os estudados, que mais se mostraram adequados à realidade levantada, para a construção da política de decisões de ressuprimento. O primeiro passo foi a definição das áreas de decisão que seriam incluídas nas análises. No segundo passo, os elementos do estoque abordado foram organizados em classes, adotando como critério as respectivas demandas valorizadas. Em seguida, analisou-se as alternativas mais indicadas para cada área de decisão em cada uma das classes.

Definidos os modelos utilizados, realizou-se então a análise comparativa de custos do sistema atual e do sistema desenvolvido, servindo de base às conclusões finais do trabalho.

# Capítulo II
# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## 2.1 – PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

O propósito basilar do Planejamento e Controle da Produção (PCP), segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), é garantir que a produção conceba seus produtos e/ou serviços de forma eficiente e eficaz, atendendo às exigências dos consumidores. Para isso é necessário que os recursos produtivos estejam disponíveis na quantidade necessária, no momento adequado e dentro dos parâmetros de qualidade especificados.

De acordo com Tubino (2000), as atividades exercidas pelo PCP em um sistema de produção, podem ser divididas em três níveis hierárquicos: nível estratégico, nível tático e nível operacional. No primeiro, são desenvolvidos os planos de longo prazo para o sistema produtivo da empresa, formulando um Plano de Produção. Os planos de médio prazo para a produção são estabelecidos no nível tático, concebendo o Plano-Mestre de Produção - PMP (*Master Production Schedule – MPS)*. No último nível, o operacional, são preparados os programas de curto prazo de produção que incluem a administração dos estoques, o seqüenciamento da produção e a emissão de ordens de compra e produção. Além da Programação da Produção, nesse nível também é realizado o Acompanhamento e Controle da Produção. A Figura 1 representa a visão dos níveis hierárquicos do PCP.

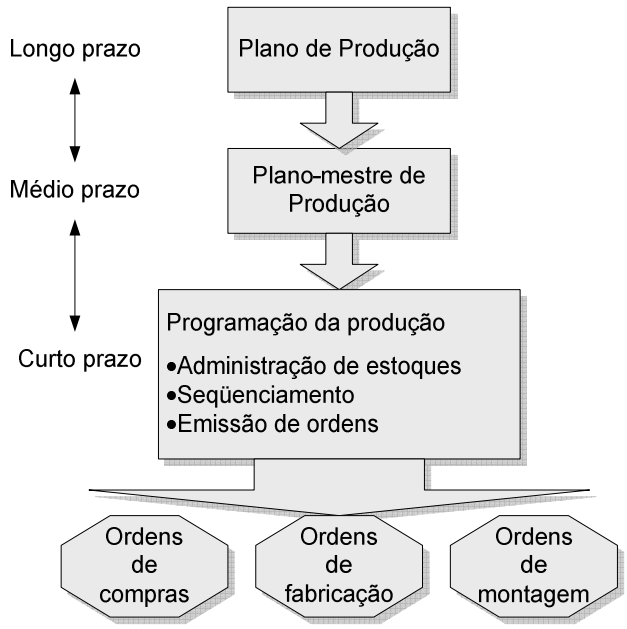


Figura 1: Hierarquia das funções do PCP

Fonte: Tubino (2000)

### 2.1.1 – Planejamento e controle de estoques

A Programação da Produção, a partir dos registros de controle de estoque, calcula quanto e quando comprar e produzir itens componentes para atender às demandas por produtos acabados, geradas pelo Plano-Mestre de Produção. A administração dos estoques será, portanto, a primeira atividade dentro da gama de atividades da Programação da Produção, executando o planejamento e controle dos níveis de estoque, (TUBINO, 2000).

Vollmann *et al.* (2006) indicam planos de materiais baseados em taxas de produção para aquelas empresas com uma faixa limitada de produtos. Porém em sistemas de produção com ampla variedade de produtos com muitas peças por produto, o planejamento detalhado de materiais pode envolver necessidades de cálculos para muitas peças e componentes, utilizando uma lógica formal chamada Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP – *materials requirement planning*).

### 2.1.2 – Planejamento das Necessidades de Materiais - MRP

O MRP atua na função de planejamento dos materiais componentes necessários para completar os pedidos por produtos finais de uma empresa, garantindo que os mesmos sejam providenciados a tempo. A partir do planejamento da demanda por produtos acabados, o MRP verifica as necessidades de itens componentes e calcula quanto e em que momento cada tipo será necessário, (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Vollmann *et al.* (2006, p.222) definem o objetivo gerencial do MRP como “fornecer a peça certa no momento certo”.

Ainda de acordo com Vollmann *et al.* (2006), o MRP é fundamental para empresas com processos de produção em lote, no fornecimento de planos formais detalhados das necessidades de peças. Freqüentemente essas empresas começam a desenvolver seus sistemas de PCP a partir do MRP, devido à familiaridade do planejamento defasado no tempo e dos registros associados defasados no tempo, com diversos outros aspectos do sistema de PCP.

Corrêa e Gianesi (1993) ressaltam a importância de se diferenciar dois importantes conceitos da utilização do cálculo de necessidades de materiais: *demanda independente e demanda dependente*. Esses conceitos resultam da estrutura de cálculo utilizada, em que um processamento de listas de materiais converte um plano de produção de um produto final (*demanda independente*) em um plano de compras ou produção de seus itens componentes (*demanda dependente*).

### 2.1.3 – Demanda independente x demanda dependente

A demanda independente, segundo Ballou (2006), é composta por compras individuais efetuadas por muitos clientes, apresentando um comportamento aleatório. Por esse motivo apresenta a necessidade de utilização de procedimentos de previsão, como por exemplo, modelos estatísticos de análise de séries temporais. Corrêa e Gianesi (1993) a definem como uma demanda que não depende da demanda de nenhum outro item.

Por outro lado, a demanda dependente é determinada a partir de programas de produção para os itens de demanda independente, (BALLOU, 2006). Portanto a demanda dependente não precisa ser prevista e pode ser calculada a partir da demanda de itens finais, (CORRÊA; GIANESI, 1993).

### 2.1.4 – Cálculo das necessidades de materiais

O cálculo das necessidades de materiais pelo MRP, de acordo com Vollmann *et al.* (2006), é realizado a partir de três elementos-chave: a lista de materiais (BOM – *Bill-of-materials*), o processo de explosão (usando a informação dos estoques em mãos e recebimentos programados) e a compensação do *lead time*[1].

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002) uma lista de materiais mostra quais e quantos itens são necessários para fabricar ou montar outros itens. A estrutura do produto mostra que alguns itens formam outros, que, por sua vez, formam terceiros. Todos os itens de estoque, produtos acabados, componentes e matérias primas são organizados na lista em níveis hierárquicos. O produto final é considerado nível 0. Os itens e submontagens que formam o produto final estão no nível 1, os itens que formam as submontagens estão no nível 2, e assim por diante. Fogliatto (2004) acrescenta que o nível hierárquico de um item denota a distância máxima entre o item e o produto acabado na construção do qual ele é utilizado.

Vollmann *et al.* (2006) explicam que a explosão pode ser vista como o processo de determinar, para qualquer número de peça, as quantidades de todos os componentes necessários para satisfazer suas necessidades, e continuar esse processo para todo número de peça até que toda compra e/ou necessidades de matéria-prima sejam exatamente calculadas. Para tal, devem ser consideradas apenas as necessidades líquidas dos componentes, descontadas dos estoques e dos recebimentos programados. Dessa forma, apenas os requisitos necessários estão ligados através do sistema.

---

[1] Tempo decorrido entre a emissão de uma ordem e o recebimento dos produtos necessitados, (TIGERLOG, 2007).

A explosão das necessidades nos diz quanto de cada um dos itens componentes é necessário para dar atender às necessidades de um produto final. Vollmann *et al.* (2006) observam que ela não diz, no entanto, quando cada componente ou subconjunto será necessário. Para a compensação do *lead time*, Corrêa e Gianesi (1993) apresentam duas formas básicas de se programar as necessidades no tempo: a partir da data mais cedo possível, fazendo a programação para frente (*forward scheduling*) ou a partir da data mais tarde possível, fazendo a programação para trás (*backward scheduling*). A lógica utilizada pelo MRP é a *backward scheduling*, pois programa as atividades para as datas mais tarde possíveis para que a demanda seja atendida a tempo. Com isso ela permite que os estoques sejam "carregados" pelo período mais curto possível.

Corrêa e Gianesi (1993) explicam que, idealmente, as ordens colocadas pela programação seriam exatamente do tamanho necessário. Entretanto, a empresa pode optar por trabalhar com lotes de ressuprimento para fazer frente a eventuais custos fixos em relação à quantidade adquirida. No caso de uma ordem de produção, pode-se exemplificar um custo fixo com o custo de preparação de máquina. Para uma ordem de compra, um exemplo de custo fixo pode ser o frete.

A freqüente existência de incertezas na demanda e no fornecimento, como falta de pontualidade ou inconsistência da qualidade oferecida pelos fornecedores (externos ou internos), implica, segundo Corrêa e Gianesi (1993), na necessidade de formação de estoques de segurança ou de tempos de segurança no sistema.

Portanto há a necessidade de se dimensionar os tamanhos dos lotes de ressuprimento juntamente com os respectivos estoques de segurança de cada item para que se obtenha um desempenho adequado do MRP. As implicações destas práticas serão detalhadas a seguir.

## 2.2 – GESTÃO DE ESTOQUES

Os estoques estão presentes em diversos pontos da cadeia de suprimentos como acumulações de matérias-primas, componentes, materiais em processo e produtos acabados. De acordo com Ballou (2006), administrar cuidadosamente o nível dos estoques é economicamente sensato, já que o custo de manutenção desses estoques pode representar de 20 a 40% do seu valor por ano. Porém apesar dos custos incorridos pela manutenção de estoques, em determinados momentos a sua utilização justifica-se através da redução de custos operacionais em outras atividades do canal de suprimentos e pode até mais do que compensar os custos de manutenção.

Uma justificativa bastante utilizada para o acúmulo de estoques é a redução dos impactos causados pelas aleatoriedades e problemas no abastecimento que ocorrem

seguidamente no dia-a-dia das empresas. Problemas no sistema de produção de fornecedores, no transporte ou com a dependência de liberação alfandegária freqüentemente impossibilitam que os prazos de entrega planejados sejam cumpridos. Desta forma, o dimensionamento de um estoque mínimo ou estoque de segurança é comumente incorporado para que fique à disposição dos usuários quando algo sair do planejado, (FRANCISCHINI; GURGEL, 2002).

Da mesma maneira, variações na demanda de determinado item de estoque devido à chegada de um grande pedido do produto final, ao aumento da produção para estocagem do produto final ou a grandes perdas na produção de forma repentina provocariam a falta desse item se não houvesse estoque de segurança.

Outra importante justificativa, apresentada por Ballou (2006), se refere às economias de escala obtidas em função de negociações envolvendo altos valores em compras. Ocasionalmente um departamento de compras faz aquisições que superam as necessidades imediatas da empresa, mas que proporcionam significativos descontos de preços exatamente em função da quantidade. Tal redução de preços irá, portanto, cobrir os custos incorridos pelos estoques gerados.

Existem também razões especulativas para aquisições adicionais de mercadorias. Por exemplo, se é esperada uma alta dos preços de certo material no futuro, comprar antecipadamente visando a formação de um estoque maior é amplamente justificável.

Todavia, Francischini e Gurgel (2002, p.83) observam que “qualquer que seja a razão para manter estoques, ela pode ser eliminada mediante um trabalho inteligente e técnico”. E as razões contrárias aos estoques são muitas.

Uma razão para a formação de estoques, segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), está no desejo dos gerentes de produção em isolar as operações da produção das variações de fornecimento e demanda dos estágios vizinhos (internos e externos à organização), permitindo que elas sejam executadas de forma ininterrupta e, conseqüentemente, eficiente. Porém essa premissa é contestada pela concepção japonesa de produção *Just in Time*[2]. Shingo (2002) observa que a formação desses estoques, na verdade, acaba escondendo a existência de outros focos de ineficiência, dificultando a empresa de identificar seus verdadeiros problemas de desempenho.

Ballou (2006) salienta que os gerentes argumentam ser muito mais fácil se defender de críticas pela manutenção de estoques em excesso do que ser surpreendido, ao menos uma vez, com falta de estoque. Como a maior parte dos custos de manutenção de estoques é custo de oportunidade, esses valores deixam de ser identificados nos relatórios normais de contabilidade. No entanto, esse custo de oportunidade indica que os estoques, na

---

[2] Estratégia do Sistema Japonês de Produção para atingir a produção sem estoque, (SHINGO, 2002).

realidade, estão absorvendo capital que teria utilização mais rentável se destinado a incrementar a produtividade e a competitividade. O conceito de custo de oportunidade será abordado com mais profundidade no item 2.2.2 do presente trabalho.

Outro motivador para a redução de estoques é apresentado por Wanke (2006), que destaca o crescente foco na redução do Capital Circulante Líquido (diferença entre ativo circulante e passivo circulante) por empresas que desejam maximizar seu valor de mercado.

A gestão de estoques busca, por um lado, reduzir os custos de estocagem e, por outro, melhorar o desempenho de atendimento às necessidades de materiais (ver Figura 2). Dessa forma procura-se minimizar os custos relativos a estoque para cada nível de desempenho, chamados de nível de serviço, (BALLOU, 2006).

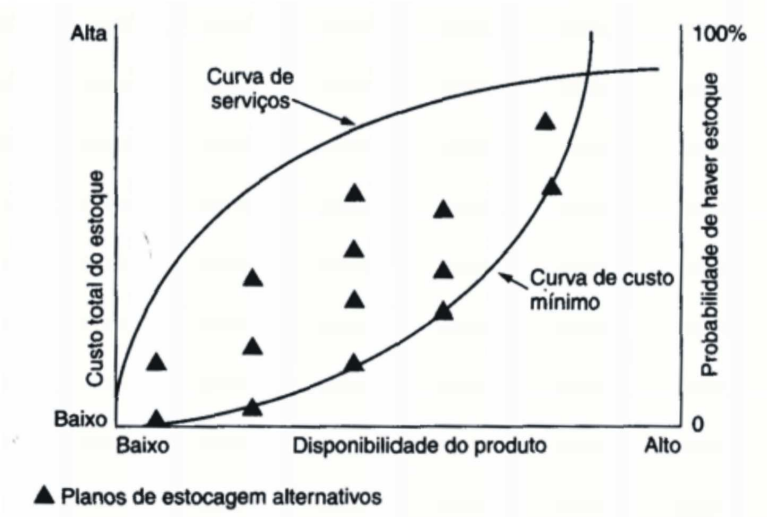


Figura 2: Curvas projetadas para o planejamento de estoques

Fonte: Ballou (2006)

Wanke (2006) ressalta que é crescente a importância atribuída à gestão de estoques como elemento fundamental para a redução e o controle dos custos totais e melhoria do nível de serviço prestado pela empresa.

### 2.2.1 – Políticas de estoque

Francischini e Gurgel (2002, p.87) definem por política “as diretrizes, formal ou informalmente, expressas pela administração, que se desdobram em padrões, guias e regras a serem utilizadas pelas pessoas que possuem autoridade na tomada de decisão numa empresa”.

Portanto cabe aos gerentes de produção, em relação aos estoques, a decisão de qual o nível de estoque para cada um dos materiais exigidos pelas áreas da empresa. Para

isto eles estão envolvidos em três principais tipos de decisão: quanto pedir; quando pedir; como controlar o sistema, (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Complementando, Wanke (2006) destaca também as decisões referentes a: quanto manter em estoques de segurança e onde localizar os estoques de produto acabado. No entanto essa última área de decisão não se aplica ao trabalho, visto que trata de materiais de demanda independente.

Para Vollmann *et al.* (2006), as políticas específicas de gerenciamento de estoque são desenvolvidas para cobrir quatro áreas: quantidade do pedido, estoque de segurança, verificação do registro do estoque e classificação do próprio item. As duas primeiras áreas são equivalentes a algumas das supracitadas. A terceira é importante para prevenir problemas de acuracidade de estoque, que ocorrem quando os registros do computador não correspondem às quantidades reais estocadas. Finalmente, a última trata de uma reconsideração da classificação dos itens. Isso porque, quando os estoques de determinada organização são distribuídos em classes, a partir de um determinado critério, é possível que para um ou outro elemento desse estoque seja mais interessante o gerenciamento a partir dos procedimentos aplicados a outra classe.

Assim, pode-se entender que uma política de decisões de ressuprimento é aquela que irá orientar os responsáveis pela atividade de abastecimento e manutenção dos estoques a tomarem suas decisões em cada área envolvida.

Por exemplo, se um gerente de suprimentos se depara com a questão: quanto devo pedir dos itens $i_1$, $i_2$,..., $i_n$? A política deve orientá-lo a qual cálculo recorrer para cada item.

Francischini e Gurgel (2002) complementam o assunto, salientando que uma política baseada na classificação ABC pode aproximar os resultados propiciados ao ótimo. A classificação ABC será discutida no item 2.4.1.

### 2.2.2 – Custos de estoque

Para a definição da política de estoque, Ballou (2006) destaca três classes de custos importantes: os custos de aquisição, de manutenção e de falta de estoques.

Os custos de aquisição freqüentemente incluem:

- preço do material;
- custo do processamento de um pedido pelos departamentos de contabilidade e compras;
- custo do transporte do pedido;
- custo da conferência e processamento dos materiais no recebimento.

Os custos de manutenção, segundo Francischini e Gurgel (2002), são:

- custo de obsolescência do estoque ou de vencimento de prazos de validade;
- custos de operações (mão-de-obra, movimentação, climatização, etc.);
- custos de ocupação (aluguel, seguros, imposto predial, etc.);
- custo de oportunidade.

O custo de oportunidade merece uma maior atenção. Ballou (2006) afirma que esse custo pode representar acima de 80% dos custos totais de estoque e, como agravante, é também o mais intangível de todos os outros elementos dos custos de manutenção de estoque.

> "O conceito de custo de oportunidade se refere a uma possível perda de rendimentos pela opção por uma determinada alternativa em detrimento de outra. Seu cálculo pode ser feito em função da diferença de resultado entre duas alternativas: a que de fato se concretizou e a que teria se concretizado caso a opção tivesse sido diferente. Para se analisar esta diferença é preciso considerar as possíveis receitas e custos das duas alternativas. Assim, o custo financeiro do estoque faz referência a um possível rendimento que o capital imobilizado teria, caso fosse aplicado em algum outro projeto da empresa. Neste caso, a aplicação em outro projeto seria a alternativa à decisão tomada de investir o capital em uma conta do ativo, (LIMA, 2007, p.1)".

No entanto, os graus de riscos apresentados por empreendimentos diferentes são freqüentemente bastante distintos, tornando esse tipo de comparação um pouco difícil e sem muito sentido. Quando isso ocorre, deve-se adotar como custo de oportunidade uma taxa livre de risco, no caso brasileiro, a taxa referencial do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic), na qual se baseia a remuneração aos títulos do Governo Federal, (MARTINS, 2003 apud CERQUEIRA, 2007).

O custo de falta de um item em estoque, de acordo com Francischini e Gurgel (2002), é muito difícil de ser calculado com precisão, já que envolve uma série de estimativas, rateios e valores intangíveis. Transtornos, viagens, auditorias, telefonemas, além da imagem negativa percebida pelo mercado, são alguns exemplos de custos intangíveis de falta de estoque.

Outros custos de falta de estoque:

- ociosidade (mão-de-obra e equipamentos aguardando materiais);
- multas;
- perda de vendas.

## 2.3 – MODELOS DE DECISÕES DE RESSUPRIMENTO

### 2.3.1 – O lote econômico de compras

A abordagem conhecida como lote econômico de compra ou EOQ (*Economic Order Quantity*) busca, essencialmente, direcionar a decisão de quanto pedir de um item particular, quando o estoque necessitar de reabastecimento, através da determinação da quantidade ótima para o pedido. A equação do modelo EOQ foi desenvolvida por Ford Harris em 1913 a partir do custo total de estoque, que envolve os custos de aquisição e de manutenção de estoques, para tentar encontrar o melhor equilíbrio entre as vantagens e as desvantagens de manter estoque, (BALLOU, 2006). A seguir a equação do custo total.

$$TC = S\frac{D}{Q} + IC\frac{Q}{2} \qquad \text{(Eq. 01)}$$

Onde:

*TC* = custo relevante do estoque total anual;

$S\frac{D}{Q}$ = custo anual de aquisição;

$\frac{D}{Q}$ = número de vezes por ano que um pedido de reposição é liberado;

$IC\frac{Q}{2}$ = custo anual de manutenção do estoque;

$\frac{Q}{2}$ = estoque médio disponível.

e

*Q* = tamanho do pedido para reposição do estoque, em unidades;

*D* = demanda anual dos itens, unidades/ano;

*S* = custo de aquisição por pedido;

*C* = valor do item no estoque;

*I* = custo da manutenção como percentagem do valor do item, %/ano.

Para encontrar a quantidade Q que minimiza o TC, ou seja, o EOQ, deriva-se a equação acima em função de Q e iguala-se a 0.

$$\frac{\partial TC}{\partial Q} = -\frac{DS}{Q^2} + \frac{IC}{2} = 0$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{IC}} \qquad \text{(Eq. 02)}$$

O intervalo ótimo entre pedidos e o número ótimo de pedidos anuais serão respectivamente:

$$T^* = \frac{EOQ}{D} \qquad \text{(Eq. 03)}$$

$$N^* = \frac{D}{EOQ} \qquad \text{(Eq. 04)}$$

Analisando a equação do custo de estoque total anual, pode-se observar que o custo anual de aquisição aumenta de forma não linear, na proporção de $Q^{-1}$, com o aumento do número de vezes por ano que um pedido de reposição é liberado. Já o custo anual de manutenção de estoque aumenta linearmente, na proporção de $Q$, com o aumento do tamanho do lote de reposição. Segundo Ballou (2006), pode ser matematicamente demonstrado que uma quantidade ótima de pedido (EOQ) existe sempre que os dois custos estão em equilíbrio e daí resulta o custo mínimo total. Representando esses relacionamentos graficamente, tem-se a Figura 3.

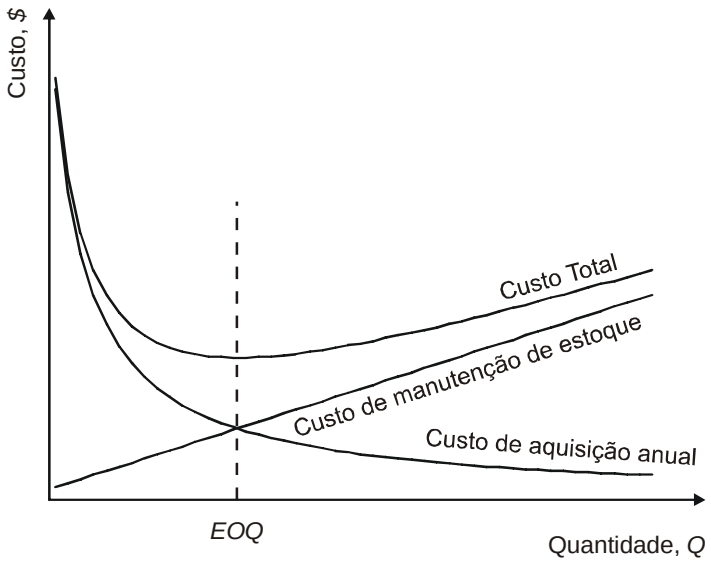


Figura 3: Custo de estocagem

Fonte: Francischini e Gurgel (adaptado) (2002)

### 2.3.2 – Modelo do ponto de ressuprimento

Vollmann *et al.* (2006) acrescentam que adicionalmente ao uso da EOQ na determinação do tamanho dos lotes de pedidos, pode-se introduzir uma outra medida importante no controle de estoques, o tempo econômico entre pedidos. De acordo com Ballou (2006), em geral existe um lapso de tempo entre o momento em que o pedido é feito e a disponibilização dos itens no estoque e, com isso, a demanda que ocorrer ao longo deste prazo de entrega deve ser antecipada. Esse lapso é também chamado de *lead time*, (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). O tempo econômico entre pedidos, doravante ponto de ressuprimento (ROP), pode ser obtido pela seguinte equação:

$$ROP = d \times LT \qquad \text{(Eq. 05)}$$

Onde:

*ROP* = ponto de ressuprimento, unidades;

*d* = taxa de demanda, em unidades de tempo;

*LT* = prazo médio de entrega, em unidades de tempo.

Ballou (2006) adverte que a taxa de demanda (*d*) e o prazo médio de entrega (*LT*) precisam ser expressos na mesma dimensão de tempo.

Um perfil de estoque, de acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), é uma representação visual do nível de estoque ao longo do tempo. Francischini e Gurgel (2002) observam que nessa representação existem dois momentos distintos: período de consumo do estoque e período de reposição do estoque. E o gráfico construído apresenta um padrão dente de serra. A Figura 4 ilustra o perfil de estoque.

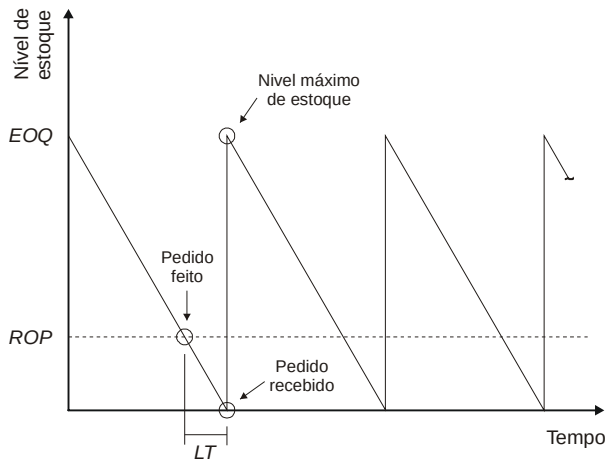


Figura 4: Perfil de estoque dente de serra. Representação de *EOQ* e *ROP*

Fonte: Ballou (adaptado) (2006)

Todavia, Slack, Chambers e Johnston (2002) atentam que o modelo básico do ponto de ressuprimento presume que tanto a demanda como o *lead time* de pedido são perfeitamente previsíveis. No entanto, para a maioria dos casos, isso não é assim. Tanto a demanda como o *lead time* de pedido provavelmente variarão.

Ballou (2006) faz uma importante explanação sobre o problema da sensibilidade do modelo a dados inexatos. Freqüentemente não é possível determinar com exatidão os custos e a demanda a serem admitidos para os cálculos da EOQ, porém a mesma não é muito sensível a essas imprecisões. Por exemplo, se a demanda for na verdade 10% superior à antecipada, EOQ deveria ser aumentado em apenas $\sqrt{1{,}10} = 4{,}88\%$, o que resulta em um incremento no custo total de 0,11% somente. Da mesma forma, se o custo de manutenção for 20% menor do que o presumido, EOQ deverá ser aumentado em $\sqrt{1/(1-0{,}20)} = 11{,}8\%$ e o custo total em apenas 0,62%.

Contudo, se as incertezas não impactam profundamente nos custos totais, as conseqüências para o desempenho global das operações podem ser significativas. De acordo com Wanke (2006), em um mundo ideal, sem incerteza, a taxa de consumo média (*d*) dos produtos é totalmente previsível. Dessa forma, pode-se saber exatamente quando o nível de estoque chegará a zero. Assim, para se determinar o ponto de ressuprimento, basta considerar o *lead time* apontado pelo fornecedor e a taxa de consumo média admitida.

No mundo real, todavia, as taxas de consumo dos produtos não são totalmente previsíveis, podendo variar consideravelmente ao redor do consumo médio. Da mesma forma, os prazos de entrega também podem variar, ocasionando atrasos na entrega. Usualmente, muitas empresas dimensionam estoques de segurança em função de uma probabilidade aceitável de falta de produtos em estoque, para se protegerem desses efeitos inesperados. Na prática, o estoque de segurança significa aumentar o ponto de ressuprimento, antecipando a colocação do pedido, para evitar falta de estoques no futuro.

A incerteza contida na taxa de demanda durante o prazo de entrega, produz uma distribuição discreta de probabilidades de demanda para o período. No entanto, Vollmann *et al.* (2006) observam que é conveniente aproximar essa distribuição discreta de uma distribuição contínua de forma a simplificar os cálculos. Uma distribuição de probabilidades que geralmente fornece uma cuidadosa aproximação aos dados empíricos é a distribuição normal padronizada.

Esta distribuição de demanda durante o prazo de entrega (DDLT) tem uma média de $\overline{X}$ e um desvio padrão de $s'_d$. Ballou (2006) ressalta que, apesar de os valores de $\overline{X}$ e $s'_d$ comumente não serem conhecidos diretamente, os mesmos podem ser facilmente estimados.

A média da distribuição DDLT é obtida através do produto da taxa de demanda *d* pelo *lead time* de entrega *LT*:

$$\overline{X} = d \cdot LT \qquad \text{(Eq. 06)}$$

A variância da distribuição DDLT é encontrada a partir do produto da variância das distribuições semanais pelo *lead time* de entrega *LT*:

$$s'^2_d = LT\left(s_d^2\right)$$

E o desvio padrão:

$$s'_d = s_d \sqrt{LT} \qquad \text{(Eq. 07)}$$

Para uma desejada probabilidade (*P*) de presença em estoque durante o período do prazo de entrega encontra-se, em uma tabela de distribuição normal padrão, o número de desvios-padrão ($z$) da média da distribuição DDLT. A Figura 5 apresenta os termos na curva de distribuição normal padrão.

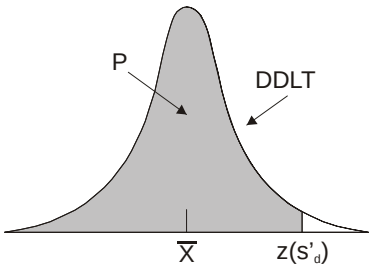


Figura 5: Distribuição DDLT e a probabilidade de haver estoque para z desvios padrão

Fonte: Ballou (adaptado) (2006)

Para aumentar a adequação do modelo à realidade, deve-se levar em conta, também, a incerteza no prazo de entrega ($s_{LT}$). Desta forma, pode-se encontrar o desvio-padrão ($s'_d$) da distribuição DDLT com base na incerteza tanto da demanda quanto do prazo de entrega. O acréscimo da variância do prazo de entrega resulta numa fórmula revisada para o desvio-padrão, (BALLOU, 2006):

$$s'_d = \sqrt{LT \cdot s_d^2 + d^2 \cdot s_{LT}^2} \qquad \text{(Eq. 08)}$$

Com os termos $z$ e $s'_d$, a equação do ponto de ressuprimento revisada será:

$$ROP = d \times LT + z\left(s'_d\right) \qquad \text{(Eq. 09)}$$

A Figura 6, ilustra um sistema de ponto de ressuprimento com incertezas:

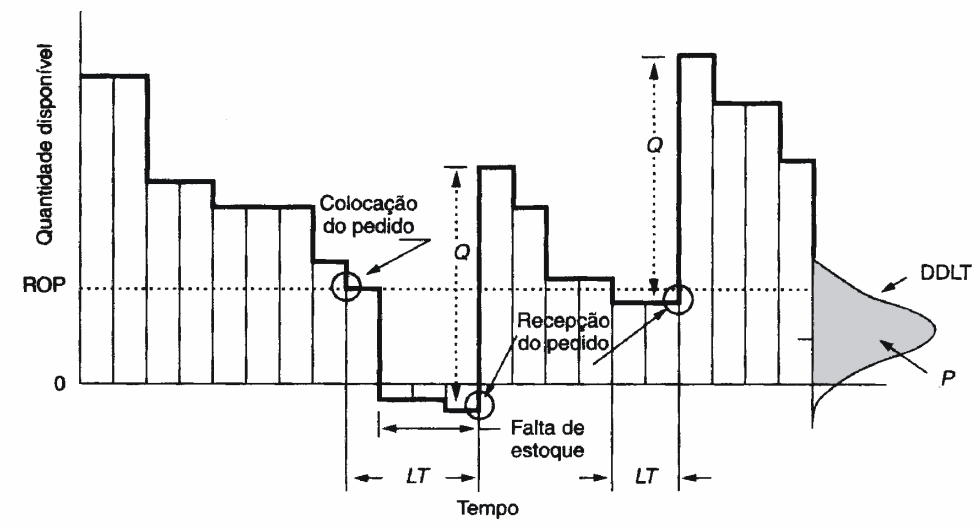


Figura 6: Controle de estoque do ponto de compra com itens incertos

Fonte: Ballou (2006)

Com adição do estoque de segurança aos estoques regulares o Nível Médio de Estoque, segundo Ballou (2006), será:

$$AIL = \frac{Q}{2} + z(s'_d) \qquad \text{(Eq. 10)}$$

A partir da Equação 09, pode-se concluir que o nível do estoque de segurança a ser utilizado depende da estatística *z*, que por sua vez depende da probabilidade *P* adotada. Vollmann *et al.* (2006) afirmam que para que o nível de estoque de segurança seja decidido, dois diferentes critérios são freqüentemente usados: a probabilidade da falta de estoques ou o nível de disponibilidade do produto.

Quando os custos da falta de estoque são conhecidos, a primeira opção é a recomendada. Ballou (2006) apresenta um procedimento iterativo para o cálculo:

<u>1º Passo:</u> Aproxime a quantidade do pedido através da fórmula básica de EOQ:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{IC}}$$

<u>2º Passo:</u> Compute a probabilidade de falta de estoque:

$$(1-P)=\frac{QIC}{Dk}$$

<u>3º Passo:</u> Determine um *Q* revisado de uma fórmula EOQ modificada, que é:

$$Q=\sqrt{\frac{2D\left[S+ks'_d\ E_{(Z)}\right]}{IC}}$$

<u>4º Passo:</u> Repita os passos 2 e 3 até não haver mais mudanças em *P* ou *Q*. Continue.

<u>5º Passo:</u> Compute *ROP* e outras estatísticas conforme desejadas.

Onde:

$ks'_d\ E_{(z)}$ = custo de falta de estoque durante um ciclo de pedido;

$k$ = custo unitário de falta de estoque;

$s'_d\ E_{(z)}$ = número previsto de unidades faltantes de estoque durante um ciclo de pedido;

$E_{(z)}$ = função perda normal (os valores são tabulados como função do desvio normal $z$).

Revisando a equação do custo total:

$$TC=S\frac{D}{Q}+IC\frac{Q}{2}+ICzs'_d+\frac{D}{Q}ks'_d\ E_{(z)} \qquad \text{(Eq. 11)}$$

No entanto, os custos de falta de estoques, muitas vezes não são conhecidos e se faz necessário a utilização do nível de disponibilidade do produto ou Nível de Serviço, (VOLLMANN *et al.*, 2006). Francischini e Gurgel (2002, p.155) definem o nível de serviço como “desempenho oferecido pelos fornecedores aos seus clientes, internos ou externos, no atendimento dos pedidos”.

Este índice de atendimento, segundo Ballou (2006), pode ser assim definido:

$$Nível\ de\ Serviço=1-\frac{Número\ esperado\ de\ unidades\ em\ \ falta\ anualmente}{Demanda\ anual\ total}$$

Restabelecendo-o em termos das variáveis em utilização tem-se:

$$SL=1-\frac{(D/Q)\left(s'_d\cdot E_{(z)}\right)}{D}=1-\frac{s'_d\ \left(E_{(z)}\right)}{Q} \qquad \text{(Eq. 12)}$$

O nível de serviço é representado como um valor entre 0 e 1 e é normalmente arbitrado estrategicamente pela empresa. Através da Equação 13, é possível determinar a função perda normal. Para se obter a estatística $z$ a partir de $E_{(z)}$, pode-se utilizar uma tabela de função perda normal ou a Equação 14.

$$\left(E_{(z)}\right) = \frac{Q(1-SL)}{s'_d} \qquad \text{(Eq. 13)}$$

$$-0{,}37z^2 - 1{,}19z - 0{,}92 - \ln\left(E(z)\right) = 0 \qquad \text{(Eq. 14)}$$

### 2.3.3 – Modelo de revisão periódica

O modelo de revisão periódica sugere a colocação de pedidos a intervalos de tempo regulares e fixos, alternativamente ao método de pedir quando um nível de estoques predeterminado é atingido. Assim, o nível de estoque de um item poderia ser checado, por exemplo, no final de cada mês, e um pedido de reabastecimento, colocado para elevar o nível de estoque até um nível predeterminado. Esse nível é calculado para cobrir a demanda entre a colocação do pedido de reabastecimento e a chegada do pedido seguinte de reabastecimento. De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), essa abordagem caracteriza-se por ser mais simples, mas sacrifica o uso de uma quantidade de pedido fixa (e ótima).

Além da não utilização de quantidades ótimas de pedido, uma outra desvantagem do modelo é apontada por Ballou (2006). No método do ponto de ressuprimento apenas as flutuações da demanda durante o prazo de entrega são importantes no cálculo do estoque de segurança, ao passo que no modelo de revisões periódicas há a necessidade de se criar uma proteção contra as flutuações da demanda durante o intervalo entre os pedidos além daquelas ocorridas durante o *lead time* de entrega.

Por outro lado, Ballou (2006) observa que soluções aproximadas em controle de estoque são razoáveis, uma vez que a curva do custo total normalmente tem a região vizinha ao extremo inferior com uma declividade próxima a zero de tal modo que leves desvios dos valores ótimos resultem em pequenas mudanças no custo total.

No modelo de ressuprimento de revisões periódicas, o nível de um item é revisado a intervalos $T$. O intervalo ótimo entre pedidos pode ser encontrado a partir da Equação 03. No momento da revisão, a determinação da quantidade a ser colocada no pedido é obtida pela diferença entre uma quantidade máxima predeterminada ($M$) e o nível de estoque em mãos. A Figura 7 ilustra essa dinâmica:

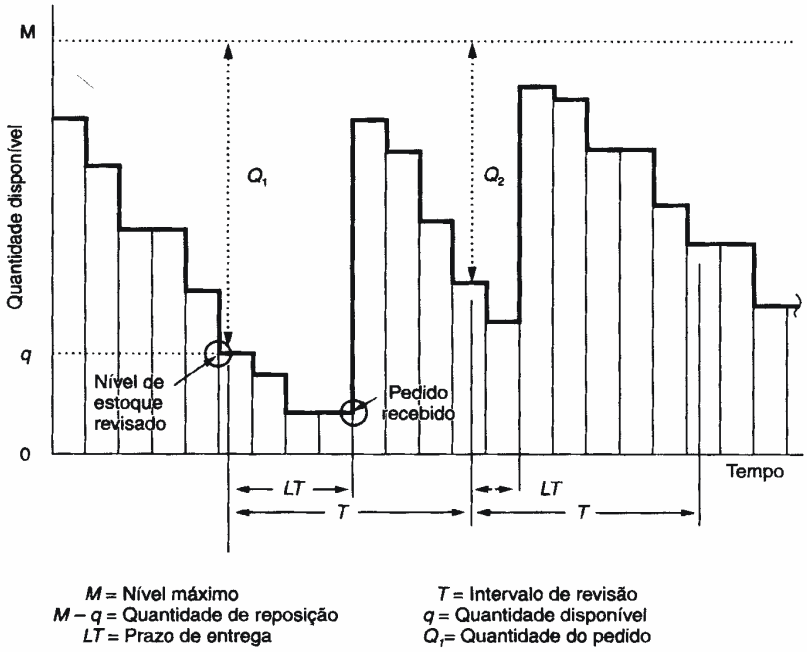


Figura 7: Controle de estoque de revisão periódica para um item com incerteza

Fonte: Ballou (2006)

Relembrando a Equação 03:

$$T^* = \frac{EOQ}{D}$$

O procedimento para o cálculo de $M^*$ é semelhante ao do ROP. A distribuição de probabilidades adotada, no entanto, deverá cobrir a demanda ao longo do intervalo entre pedidos mais o prazo de entrega $[DD(T^*+LT)]$, como mostrado na Figura 8. O ponto máximo $M^*$ será, por conseguinte, o ponto em que a área sob a curva de distribuição normal se iguala à probabilidade de falta de estoque durante o período de proteção $(1-P)$. O cálculo se dá via Equação 15:

$$M^* = d(T^*+LT) + z(s'_d) \qquad \text{(Eq. 15)}$$

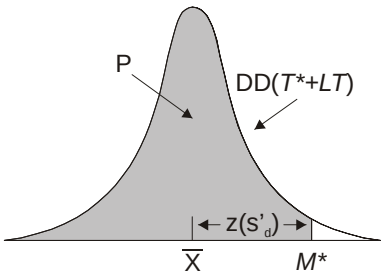


Figura 8: Distribuição DD(*T**+*LT*) e a probabilidade de haver estoque para z desvios padrão
Fonte: Ballou (adaptado) (2006)

O desvio padrão para $[DD(T*+LT)]$ será:

$$s'_d = \sqrt{(T*+LT)\cdot s_d^2 + d^2 \cdot s_{LT}^2}$$

Como o período $T$ é freqüentemente maior do que o prazo de reposição $LT$ a equação do desvio padrão pode ser simplificada para:

$$s'_d = s_d \sqrt{T*+LT} \qquad \text{(Eq. 16)}$$

O custo total será calculado pela Equação 11, e o nível médio de estoque é:

$$AIL = \frac{dT*}{2} + z(s'_d) \qquad \text{(Eq. 17)}$$

Uma grande vantagem do modelo, indicada por Ballou (2006), é a possibilidade de a empresa se beneficiar de economias de escala em encomendas de múltiplos itens de uma mesma fonte de fornecimento. Entre os benefícios encontrados na prática de compras conjuntas estão a possibilidade de credenciar-se para descontos de preços por quantidades e ajustar-se às quantidades mínimas de fornecedores.

O tempo ótimo de revisão para encomendas multiitens é:

$$T* = \sqrt{\frac{2\left(O + \sum_i S_i\right)}{I \sum_i C_i D_i}} \qquad \text{(Eq. 18)}$$

Onde:

$O$ = custo comum de aquisição de um pedido;

$i$ = item de estoque.

O nível máximo de cada item $M_i$ é:

$$M_i * = d_i (T * + LT) + z_i (s'_d)_i \qquad \text{(Eq. 19)}$$

O nível médio de estoque de cada item é determinado pela Equação 17. Finalmente o custo total é:

$$TC = \frac{O + \sum_i S_i}{T} + \frac{TI \sum_i C_i D_i}{2} + I \sum_i C_i z_i (s'_d)_i + \frac{1}{T} \sum_i k_i (s'_d)_i (E_{(z)})_i \qquad \text{(Eq. 20)}$$

**2.3.4 – Modelo min-max**

O procedimento de controle de estoque mín-máx, de acordo com Ballou (2006), é na verdade uma variação do modelo do ponto de ressuprimento. Porém uma diferença existente é observada quando o nível de estoque atinge o ponto de pedido. O tamanho desse pedido corresponde ao montante determinado pela diferença entre um nível máximo, $M$ e a quantidade em mãos, q. O controle mín-máx, contudo, não deve ser confundido com o método de revisão periódica. O nível máx. $M$ é simplesmente a quantidade do ponto de pedido (ROP) mais a quantidade econômica de pedido EOQ, acrescida pela quantidade em mãos que fica abaixo do ponto de pedido (ver Equação 22). Esse montante extra é necessário uma vez que o nível de estoque freqüentemente cai em ritmo maior do que uma unidade, devido ao fato de que múltiplas unidades do artigo vão sendo requisitadas do estoque entre as atualizações registradas.

Como a quantidade em mãos pode cair abaixo do ponto de pedido no momento da expedição do mesmo, o ROP deve ser ajustado para compensar esta queda. Isto é, deve ser acrescentado o *déficit previsto* (ED) ao ROP, que é o montante médio a que a quantidade em mãos tende a cair antes da emissão de um pedido de reabastecimento.

$$ROP = d \cdot LT + z(s'_d) + ED \qquad \text{(Eq. 21)}$$

$$M* = ROP + EOQ - ED \qquad \text{(Eq. 22)}$$

### 2.3.5 – Algoritmo de Wagner-Whitin

Segundo Vollmann *et al.* (2006), o algoritmo de Wagner-Whitin (WW) é um método de dimensionamento de lotes de ressuprimento dirigido a programas de necessidades de materiais defasados no tempo. O WW é um procedimento de otimização para determinar o plano de custo mínimo de pedido. Basicamente, esse procedimento avalia todas as maneiras possíveis de pedir materiais para atender à demanda em cada período do programa de necessidades usando a programação dinâmica.

A estrutura do algoritmo de WW, segundo Fogliatto (2004):

Para o horizonte de planejamento: $j, j+1,...,T$

Defina:

$$C_{jk} = S_{j+1} + CQ_{j+1} + \sum_{t=j+1}^{k-1} I_t Q_t$$

Onde:

$C_{jk}$ = custo de adquirir no período $j+1$ para satisfazer a demanda em $j+1, j+2,...,k$ .

$C_{jk}$ inclui custos de aquisição e manutenção de estoques do período $j$ até o período $k$ .

Para definir um procedimento recursivo de programação dinâmica que resulte em um ótimo global, define-se:

$$Z_k = \min_{0 \le j \le k-1} \left\lfloor Z^*_j + C_{jk} \right\rfloor \quad , \quad k = 1,2,...,T$$

Em cada estágio do procedimento, procura-se minimizar a combinação dos custos de produção entre dois pontos (*j* e *k*), acrescido da programação ótima até *j*.

O procedimento recursivo é computado de *k* = 1 até *T*, sendo que $Z^*_0 = 0$.

## 2.4 – MODELOS DE CONTROLE DE ESTOQUES MULTIITEM

### 2.4.1 – Classificação ABC de estoques

O estoque de uma empresa pode conter centenas e até mesmo milhares de itens. Para Francischini e Gurgel (2002), analisar em profundidade todos esses itens em um estoque é uma tarefa extremamente difícil e, na grande maioria das vezes, desnecessária. É conveniente, portanto, que seja estabelecido algum critério segundo o qual os itens mais

importantes tenham prioridade sobre os menos importantes, economizando tempo e recursos.

Diferenciar itens de estoque em um número limitado de categorias e depois aplicar uma política de controle de estoques separada a cada uma dessas categorias, de acordo com Ballou (2006), é uma prática comum no controle de estoques multiitens. Este procedimento permite atingir as metas de disponibilidade de materiais com níveis de estoque menores do que com uma política única aplicada conjuntamente a todos os produtos.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), em geral uma pequena proporção dos itens totais contidos em estoque representa uma grande proporção do valor total em estoque. Esse fenômeno é conhecido como *Princípio de Pareto*[3] ou regra 80-20. É chamada assim porque tipicamente em torno de 80% do valor do estoque de uma operação são responsáveis por somente 20% de todos os tipos de itens estocados. A classificação ABC de estoques se apóia nesse princípio, separando os itens do estoque dentro de três grupos, de acordo com a demanda valorizada (custo unitário x demanda) de cada um. Os grupos são: A, itens de alto consumo de recursos; B, itens com um consumo de recursos intermediário; C, itens com baixo consumo de recursos, (VOLLMANN *et al.*, 2006).

A elaboração da classificação ABC, segundo Tubino (2000), pode ser feita a partir da seguinte rotina:

- Calcular a demanda valorizada de cada item (custo unitário x demanda);
- Ordenar os itens decrescentemente, pela demanda valorizada;
- Calcular a demanda valorizada total dos itens;
- Calcular as percentagens individuais e acumuladas da demanda valorizada de cada item em relação à demanda valorizada total;
- Estabelecer, arbitrariamente, as classes A, B e C.

[3] Vilfredo Pareto observou em um estudo, em 1897, que grande percentagem da renda total, cerca de 80%, estava concentrada nas mãos de uma pequena percentagem da população, próximo de 20%. Atualmente, a aplicação desse conceito nos negócio se tornou generalizada, (BALLOU, 2006).

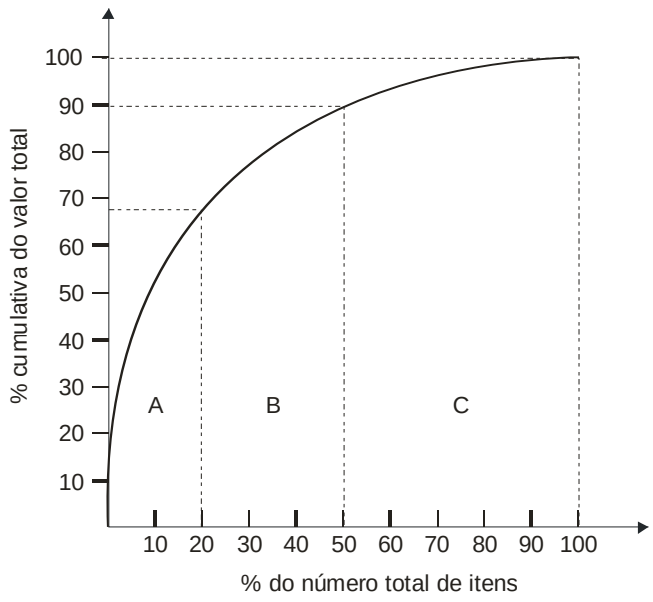


Figura 9: Curva ABC

Fonte: Slack, Chambers e Johnston (adaptado) (2002)

### 2.4.2 – Limite total dos investimentos

Devido à grande relevância dos estoques em relação ao ativo das empresas, muitas vezes são estabelecidos limites para o total de investimentos destinados à estocagem de materiais, (BALLOU, 2006). A política de controle de estoque deve então ser ajustada a fim de atingir esta meta, se o investimento médio total a superar.

Em um sistema controlado por uma política de controle de ponto de ressuprimento sob condições de certeza de demanda e do prazo de entrega, se um limite monetário for imposto a todos os itens de estoque, faz-se:

$$\sum_i C_i \frac{Q_i}{2} \leq L \qquad \text{(Eq. 23)}$$

Onde:

$L$ = limite de investimento para itens $i$ em estoque;

$C_i$ = valor do item $i$ no estoque;

$Q_i$ = quantidade de pedido de itens $i$ no estoque.

As quantidades de pedido para os itens de um estoque precisam ser ajustadas a fim de cumprir o limite de investimento ($L$). Ballou (2006) demonstra uma maneira razoável de encontrar essa meta, inflacionando artificialmente o custo de manutenção $I$ para um valor $I + \alpha$, suficiente para enxugar os níveis do estoque em um montante razoável, quando esses excedem $L$.

Modificando a Equação 02:

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i S_i}{C_i (I + \alpha)}} \qquad \text{(Eq. 24)}$$

Substituindo Eq. 24 em Eq. 23 encontra-se a equação de $\alpha$ :

$$\alpha = \left( \frac{\sum_i \sqrt{2D_i S_i C_i}}{2L} \right)^2 - I \qquad \text{(Eq. 25)}$$

# Capítulo III
# DESCRIÇÃO DA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO

## 3.1 – A PROVEU INDÚSTRIA ELETRÔNICA

A Proveu é uma indústria eletrônica focada no desenvolvimento de soluções para o mercado de gestão de pessoas, tendo como base uma linha de relógios de ponto informatizados, chamada de Kurumim. A empresa, com pouco mais de 3 anos de fundação, atualmente encontra-se na Incubadora de Base Tecnológica – IBT do Centro Regional de Inovação e Transferência de Tecnologia - CRITT da Universidade Federal de Juiz de Fora. Seus produtos são fabricados com tecnologia própria e distribuídos aos clientes finais através de revendedoras autorizadas espalhadas por todo o território nacional.

A linha Kurumim é composta por modelos de equipamentos que atendem a várias formas de comunicação: através de cartucho de memória USB, cabo serial ou ethernet (rede local). A Proveu foi a primeira empresa brasileira a utilizar um cartucho de memória com a tecnologia USB – *Universal Serial Bus*.

Em setembro de 2007 a empresa incrementou a linha Kurumim com o lançamento de relógios de ponto biométricos. Esses identificam os colaboradores através da leitura óptica das impressões digitais.

## 3.2 – A ESTRUTURA DE PRODUTO DA LINHA KURUMIM

Os relógios de ponto da linha Kurumim encontram-se na definição de estrutura de produto em forma da “A” (ver Figura 10). Nessa estrutura existe um produto-padrão que, segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), é concebido com base em uma grande quantidade de componentes que resultam em um pequeno número de produtos finais. Uma característica dessa forma de estrutura, devido à pouca variedade de produtos, diz respeito a algumas economias de escala que podem ser alcançadas através dos volumes da produção padronizada.

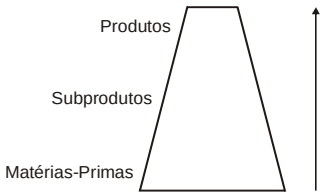


Figura 10: Estrutura de produto em forma de “A”

Fonte: Slack, Chambers e Johnston (adaptado) (2002)

Assim, a distribuição de valores e da variedade de itens em cada ponto de estoque ao longo do processo produtivo de montagem dos equipamentos pode ser representada como no Quadro 1:

Quadro 1: Distribuição de valores e variedade de itens ao longo do processo de produção

| | **Matérias-primas** | **Materiais em Processo** | **Produtos Acabados** |
|---|---|---|---|
| **Variedade** | Alta | Média | Baixa |
| **Valor** | Baixo | Médio | Alto |

Fonte: O autor

### 3.3 – A POLÍTICA DE RESSUPRIMENTO ATUAL DA PROVEU

O método adotado atualmente, pelo PCP da Proveu, para efetuar o reabastecimento dos estoques de materiais de demanda dependente pode ser descrito da seguinte forma: são coletadas as informações contendo os níveis de estoque para cada item componente, em cada período de tempo do horizonte de planejamento, esses dados são então disponibilizados num sistema baseado no MPR. Para os itens que apresentam maiores riscos no fornecimento e/ou maior variabilidade da demanda, são atribuídos estoques de segurança. Entretanto esses estoques suplementares são dimensionados a partir do uso do bom senso e de cálculos determinísticos simples.

De posse dos níveis de estoques calculados e das necessidades brutas de materiais planejadas para um horizonte de até quatro meses, uma revisão periódica com intervalo de um mês verifica as diferenças entre os dois termos. Essas diferenças fornecem as necessidades líquidas para cada item dentro do horizonte de planejamento. Finalmente são formadas as composições das ordens de compras, observando restrições de fornecedores como: volume mínimo e/ou múltiplo de compra, faturamento mínimo, entre outros.

# Capítulo IV
# DESENVOLVIMENTO

## 4.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para o desenvolvimento da política de decisões de ressuprimento destinada aos materiais de demanda dependente da Proveu, foi necessária a utilização de diversos dados relativos aos itens de estoque da empresa como: custo unitário, consumo médio, fornecedor, custos de manutenção e de aquisição.

Todavia, no intuito de preservar informações importantes da empresa, a lista de itens de estoque será apresentada de forma codificada. Essas alterações, no entanto, não perturbarão os resultados do trabalho. A relação dos itens de estoque e seus respectivos dados estão na Tabela A1 do Anexo I.

O custo de oportunidade utilizado no cálculo dos custos de manutenção dos estoques foi obtido a partir de uma taxa de juros livre risco: a taxa Selic [4].

As áreas de decisão de ressuprimento abordadas no trabalho foram determinadas conforme o apresentado pelo item 2.2.1. São elas:

- Quanto pedir?
- Quando pedir?
- Quanto manter em estoques de segurança?
- Como controlar?
- Qual freqüência de contagem dos estoques?
- Qual freqüência de revisão da classificação?

## 4.2 – CLASSIFICAÇÃO ABC DOS ESTOQUES

Conforme a revisão bibliográfica (item 2.4.1), a classificação ABC de estoques, empenha-se em classificar os elementos de um dado sistema de estoque, de acordo com as respectivas demandas valorizadas. Desta forma são criadas algumas poucas classes (geralmente três) e as decisões são tomadas para cada classe, simplificando os trabalhos de planejamento e controle de estoques. A classificação ABC tem como base o Princípio de Pareto ou regra 80-20 e, segundo Vollmann *et al.* (2006), pode ser considerada como um método para categorizar itens de forma que os mais importantes recebam uma maior

[4] O Comitê de Política Monetária (Copom) decidiu no dia 17 de outubro de 2007, por unanimidade, manter a taxa Selic em 11,25% ao ano, (BRASÍLIA, 2007).

atenção por parte do gerenciamento em um ambiente de itens múltiplos no estoque. Por isso, uma organização ABC é freqüentemente um primeiro passo na melhoria do desempenho do estoque.

De acordo com a rotina exposta por Tubino (2000), presente no item 2.4.1 deste, para a elaboração da classificação ABC deve-se:

- Calcular a demanda valorizada de cada item (custo unitário x demanda);
- Ordenar os itens decrescentemente, pela demanda valorizada;
- Calcular a demanda valorizada total dos itens;
- Calcular as percentagens individuais e acumuladas da demanda valorizada de cada item em relação à demanda valorizada total;
- Estabelecer, arbitrariamente, as classes A, B e C.

Executado tais procedimentos sobre os dados da Tabela A1 do anexo I, tem-se a lista de materiais de estoque classificada pela demanda valorizada (Tabela A2 do Anexo I).

A Figura 11 mostra os resultados graficamente.

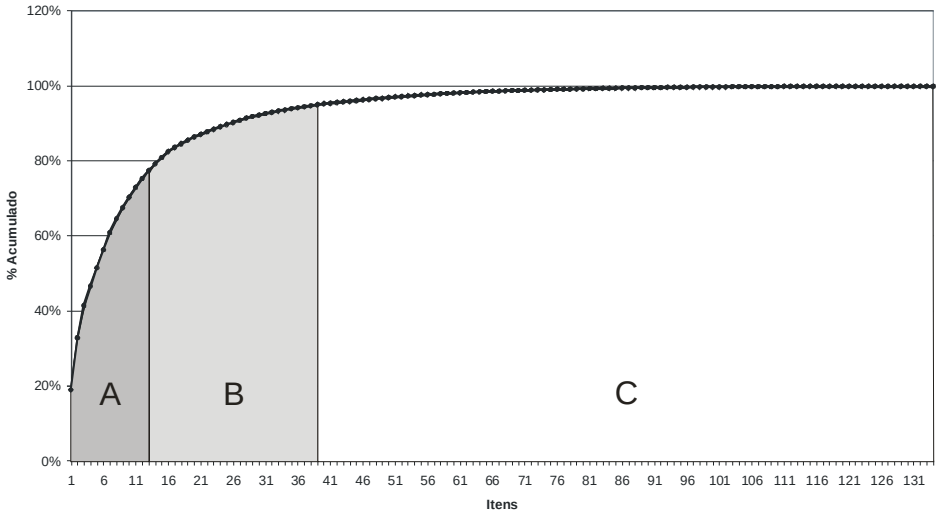


Figura 11: Curva da classificação ABC dos itens de estoque da Proveu

Fonte: O autor

A partir de uma análise ABC dos itens estocados da Proveu, podem ser feitas algumas importantes observações. Por exemplo: 10% dos itens são A, os quais correspondem a mais de 77% do valor total de estoque, entretanto, 70% dos itens são C e respondem por apenas 5% do custo total. Contanto, reduções de custos em A, fornecerão uma melhoria mais significativa no desempenho global dos estoques do que aconteceria com esforços similares nos itens C. Os outros 20% dos itens são B e correspondem a quase

18% da totalidade de valores em estoque. Suas implicações no desempenho do sistema têm, por tanto, relevância intermediária. O Quadro 2 resume esses resultados.

Quadro 2: Resultados da classificação ABC dos itens de estoque da Proveu

| Classe | % Itens | % Custo | Importância Relativa |
|---|---|---|---|
| A | 10,0% | 77,4% | Grande |
| B | 20,0% | 17,6% | Intermediária |
| C | 70,0% | 5,0% | Pequena |

Fonte: O autor

Definidas as três classes de itens do estoque, é possível o desenvolvimento de análises e a tomada de decisões de forma agrupada. Além disso, devido ao critério utilizado para a formação das classes, as decisões podem ser embasadas na relevância global de cada classe.

Alguns itens podem apresentar a necessidade de um modelo de gerenciamento diferenciado daquele desenvolvido para a classe na qual se encontra. Isso pode ocorrer devido a algumas propriedades críticas, diferentes de custo, inerentes aos mesmos, como por exemplo, dificuldade de obtenção. Porém, inicialmente a classificação obedeceu apenas o critério demanda valorizada. Periodicamente, de acordo com o que for observado nos resultados práticos, um item pode ser reclassificado pela gerência responsável.

## 4.3 – DECISÕES DE RESSUPRIMENTO PARA OS ITENS CLASSE “A”

### 4.3.1 – Modelo de ressuprimento

Os itens classe A do estoque de materiais de demanda dependente da Proveu, são aqueles que apresentam maior peso sobre os custos totais do mesmo. Portanto, dentre os modelos de ressuprimento estudados, o mais indicado para os itens dessa classe é aquele que apresenta o melhor desempenho econômico. O modelo do ponto de ressuprimento e o algoritmo de Wagner-Whitin, são os únicos que garantem soluções ótimas. O segundo, no entanto, tem uma amplitude de análise de curto prazo, já que seus cálculos abordam somente produções já programadas, enquanto a outra opção avalia as condições ótimas para o custo relevante total anual.

Sendo assim, o ponto de ressuprimento deveria ser o mais adequado. Entretanto, para dar uma maior adequação à dinâmica real de consumo, em que múltiplas unidades de um item são requisitadas entre as revisões dos registros de estoque, o modelo escolhido para guiar as decisões de ressuprimento dos itens A é o mín-máx. Esse modelo considera em seus cálculos um déficit previsto, protegendo o sistema dessa situação.

### 4.3.2 – O cálculo dos lotes econômicos de compra

O primeiro passo para definir os parâmetros necessários ao modelo é o cálculo do lote econômico de compra para cada item classe A. A equação de EOQ, Eq. 02, envolve alguns valores que não se encontram na Tabela A1 do Anexo I e foram utilizados para a construção da Tabela 01.

Primeiramente o custo de aquisição apresentado representa apenas custos externos como frete. Custos internos como processamento de um pedido pela contabilidade e por compras e a conferência e processamento dos materiais no recebimento somam a quantia de R$ 10,00 por item adquirido e foram adicionados ao custo de aquisição nos cálculos.

Finalmente o custo de manutenção de estoques foi obtido a partir da soma dos custos de oportunidade, de operação e ocupação, totalizando 15% do valor de cada item.

Tabela 1: Lotes econômicos de compra (EOQ) para os itens classe A

| Item | 1216 | 1203 | 1055 | 1240 | 1204 | 1050 | 1144 | 1079 | 1040 | 1232 | 1081 | 1019 | 1145 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $EOQ$ (unid.) | 37 | 408 | 308 | 606 | 686 | 624 | 64 | 661 | 1228 | 892 | 948 | 700 | 499 |

Fonte: O autor

### 4.3.3 – O cálculo do limite de investimentos

O valor total de investimentos destinados à estocagem dos itens classe A para esses EOQ é de R$ 150.477,22. Visando o aumento da aplicação de seus recursos, através da redução do Capital Circulante Líquido, a empresa limitou o valor total a ser investido nesses estoques em R$ 130.000,00. Da Equação 23, temos que:

$$\sum_i \frac{C_i Q_i}{2} \leq 130.000,00$$

Para garantir tal limite, o custo de manutenção $I$ foi artificialmente inflacionado para $I + \alpha$, sendo $\alpha$ = 0,05. A determinação dessa constante se deu através de Eq. 25.

Esta medida representou uma redução de 13,6% dos investimentos relativos à classe A dos estoques. Como essa responde por 77,4% do valor total de estocagem de materiais de demanda dependente da empresa, o impacto final da colocação do limite foi de 10,5%.

Com o novo valor $I + \alpha$, 20%, os valores de cada EOQ foram corrigidos para:

Tabela 2: Lotes econômicos de compra (EOQ) corrigidos para os itens classe A

| Item | 1216 | 1203 | 1055 | 1240 | 1204 | 1050 | 1144 | 1079 | 1040 | 1232 | 1081 | 1019 | 1145 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $EOQ$ (unid.) | 32 | 354 | 267 | 526 | 595 | 541 | 55 | 573 | 1065 | 774 | 823 | 608 | 433 |

Fonte: O autor

### 4.3.4 – O cálculo dos estoques de segurança

Para o dimensionamento dos estoques de segurança deve-se, inicialmente, determinar o nível de serviço desejado ou identificar os custos de falta de estoque para o cálculo da probabilidade de presença de estoque *P.* Devido à dificuldade de se calcular com precisão o custo de falta de estoque, justificada pela grande quantidade de valores intangíveis envolvidos, o critério adotado para a determinação de *P* é o nível de serviço. Esse, estrategicamente arbitrado pela empresa, é definido como um valor em entre 0 e 1 a partir de:

$$Nível\ de\ Serviço = 1 - \frac{Número\ esperado\ de\ unidades\ em\ \ falta\ anualmente}{Demanda\ anual\ total}$$

Sendo assim, o nível de serviço adotado foi de 0,95 ou 95% de disponibilidade dos materiais.

Em seguida, é necessário calcular os desvios-padrão combinados das demandas com os *lead times*, aplicando a Equação 08. Para os dados das taxas de demanda e *lead times* foram considerados períodos semanais.

Finalmente determina-se o número de desvios-padrão necessário para atender ao nível de serviço requisitado. Para $P = 0{,}95$, o valor de $z$ encontrado em uma tabela de distribuição normal padrão (ver Anexo II) é de 1,645. A tabela abaixo apresenta os estoques de segurança para cada item classe A.

Tabela 3: Estoques de segurança para os itens classe A

| Item | $d^2$ | $s_d^2$ | $LT$ | $s_{LT}^2$ | $s'_d$ | $z(s'_d)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1216 | 845,5 | 8,5 | 1 | 0,04 | 7 | 12 |
| 1203 | 38115,1 | 381,2 | 4 | 1,00 | 200 | 329 |
| 1055 | 27607,1 | 276,1 | 2 | 0,04 | 41 | 68 |
| 1240 | 38115,1 | 381,2 | 4 | 1,00 | 200 | 329 |
| 1204 | 38115,1 | 381,2 | 4 | 1,00 | 200 | 329 |
| 1050 | 38115,1 | 381,2 | 4 | 0,25 | 106 | 175 |
| 1144 | 621,2 | 6,2 | 1 | 0,04 | 6 | 10 |
| 1079 | 26244,0 | 262,4 | 2 | 0,01 | 29 | 48 |

Tabela 3 – Continuação

| Item | $d^2$ | $s_d^2$ | $LT$ | $s_{LT}^2$ | $s'_d$ | $z(s'_d)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1040 | 38115,1 | 381,2 | 10 | 0,25 | 116 | 191 |
| 1232 | 38115,1 | 381,2 | 4 | 0,04 | 56 | 93 |
| 1081 | 38115,1 | 381,2 | 4 | 1,00 | 200 | 329 |
| 1019 | 38115,1 | 381,2 | 4 | 1,00 | 200 | 329 |
| 1145 | 4417,1 | 44,2 | 10 | 0,25 | 40 | 66 |

Fonte: O autor

### 4.3.5 – O cálculo dos pontos de ressuprimento

O modelo mín-máx apresenta uma particularidade para o cálculo de ROP em relação ao modelo do ponto de ressuprimento. Na equação de ROP é acrescido um déficit previsto ED. Este fator compreende o montante médio de consumo entre as revisões dos níveis de estoque e tem o intuito de compensar as quantidades retiradas além do ponto de ressuprimento no momento da revisão. As revisões dos níveis de estoque da Proveu serão efetuadas a cada 2 dias úteis, acompanhando o tempo de ciclo da produção da empresa.

A Tabela 4 contém os ROP calculados com Eq. 21.

Tabela 4: Pontos de ressuprimento para os itens classe A

| Item | $d$ | $LT$ | $z(s'_d)$ | $ED$ | $ROP$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1216 | 29,1 | 1 | 12 | 11,6 | 53 |
| 1203 | 195,2 | 4 | 329 | 78,1 | 1189 |
| 1055 | 166,2 | 2 | 68 | 66,5 | 467 |
| 1240 | 195,2 | 4 | 329 | 78,1 | 1189 |
| 1204 | 195,2 | 4 | 329 | 78,1 | 1189 |
| 1050 | 195,2 | 4 | 175 | 78,1 | 1035 |
| 1144 | 24,9 | 1 | 10 | 10,0 | 45 |
| 1079 | 162,0 | 2 | 48 | 64,8 | 437 |
| 1040 | 195,2 | 10 | 191 | 78,1 | 2222 |
| 1232 | 195,2 | 4 | 93 | 78,1 | 953 |
| 1081 | 195,2 | 4 | 329 | 78,1 | 1189 |
| 1019 | 195,2 | 4 | 329 | 78,1 | 1189 |
| 1145 | 66,5 | 10 | 66 | 26,6 | 758 |

Fonte: O autor

### 4.3.6 – O cálculo dos níveis máximos de estoque

Para concluir os cálculos dos parâmetros necessários às ações de ressuprimento para a classe A, deve-se determinar os níveis máximos de estoque de cada item. Para isso, aplica-se Eq. 22.

Tabela 5: Níveis máximos de estoque para os itens classe A

| Item | *ROP* | *EOQ* | *ED* | *M* * |
|---|---|---|---|---|
| 1216 | 53 | 32 | 11,6 | 74 |
| 1203 | 1189 | 354 | 78,1 | 1465 |
| 1055 | 467 | 267 | 66,5 | 668 |
| 1240 | 1189 | 526 | 78,1 | 1637 |
| 1204 | 1189 | 595 | 78,1 | 1706 |
| 1050 | 1035 | 541 | 78,1 | 1498 |
| 1144 | 45 | 55 | 10,0 | 91 |
| 1079 | 437 | 573 | 64,8 | 946 |
| 1040 | 2222 | 1065 | 78,1 | 3209 |
| 1232 | 953 | 774 | 78,1 | 1649 |
| 1081 | 1189 | 823 | 78,1 | 1934 |
| 1019 | 1189 | 608 | 78,1 | 1719 |
| 1145 | 758 | 433 | 26,6 | 1165 |

Fonte: O autor

### 4.3.7 – As freqüências de contagem e de revisão da classificação

Quanto mais freqüentes forem as contagens físicas dos itens no estoque, mais exatos serão os registros mantidos no sistema, evitando acúmulos de materiais além do necessário ou paradas na produção por falta de componentes. Como a classe A contém um número pequeno de itens diferentes e custo de manutenção dos estoques desses itens são elevados, uma contagem bimestral desses itens foi indicada pela empresa como a mais adequada.

Mudanças relativas à relevância global e criticidade que um determinado item de estoque apresenta, normalmente são observadas em prazos longos. Porém, devido à importância econômica dos itens classe A, a periodicidade adotada para revisão da classificação foi de seis meses.

## 4.4 – DECISÕES DE RESSUPRIMENTO PARA OS ITENS CLASSES “B” E “C”

### 4.4.1 – Modelo de ressuprimento

Uma análise dos dados da classe B dos estoques evidencia que, apesar de a mesma possuir o dobro de itens em relação à classe A, financeiramente não apresenta sequer um quinto da representatividade de A nos valores totais dos investimentos em estocagem. Este fato incentiva a procura por ganhos em economias de escala para itens B, já que os custos unitários de manutenção dos estoques apresentam valores muito reduzidos em relação aos custos de aquisição. O modelo de revisão periódica é aquele que mais favorece as

necessidades apresentadas, visto que permite agrupar grandes pedidos aos fornecedores, devido aos pedidos de compra serem disparados em datas previamente programadas e não quando um determinado item atinge seu ponto de ressuprimento. Esses pedidos conjuntos permitem vantagens importantes como, por exemplo, rateios de frete entre itens de pequeno valor unitário.

Os itens classe C somam 70% do total do estoque de materiais de demanda dependente da empresa objeto. Entretanto toda sua demanda valorizada responde somente por 5% do valor global, demonstrando que os componentes dessa classe apresentam custos unitários muito pequenos. Isto implica que, caso fosse adotada uma política de decisões que fomentasse ganhos em escala para a classe C isoladamente, os pedidos deveriam ser tão grandes que promoveriam outros fatores indesejáveis como o aumento do risco de obsolescência, em decorrência dos altos volumes de estoques.

Merece atenção o caso de 65% dos itens classe B serem adquiridos de fornecedores comuns a algum outro item da classe C. Complementa a observação o conhecimento de que 89% dos itens das classes B e C compartilham fornecedores. Desta forma, foi decidido pela adoção do modelo de revisão periódica para as classes B e C conjuntamente, com a prática de compras de múltiplos itens agrupados por fonte de fornecimento. As composições dos pedidos serão formadas independentemente da classificação de cada item (B ou C).

### 4.4.2 – O cálculo dos intervalos ótimos entre pedidos

Os intervalos ótimos entre pedidos foram dimensionados por fornecedor, conforme as considerações anteriores. Para isto, foi utilizada a equação do tempo ótimo de revisão para encomendas multiitens, Eq. 18. Os valores para cada $T*$ estão na Tabela 6. A última coluna dessa tabela apresenta os intervalos das revisões arredondados para meses completos. Essas alterações, no entanto, resultam em pequenas mudanças no custo total, uma vez que a curva do custo total tem a região vizinha ao extremo inferior com uma declividade próxima a zero, (BALLOU, 2006). Esses arredondamentos são justificados pelo aumento da simplicidade operacional do controle de estoque que, na perspectiva prática da empresa, implica em ganhos de agilidade nos processos internos e reduções de custos inerentes a esses processos.

Tabela 6: Intervalos ótimos entre pedidos por fornecedor

| Fornecedor | Nº de itens Fornecidos | $\sum_i C_i D_i$ | Custo de Aquisição | $T*$ (meses) | $T*$ (meses) arred. |
|---|---|---|---|---|---|
| AQ | 10 | 316.783,37 | 113,64 | 1,1 | 1 |
| AC | 3 | 256.259,02 | 227,28 | 1,4 | 1 |
| AP | 42 | 186.420,41 | 50,00 | 2,2 | 2 |
| BF | 6 | 156.524,22 | 50,00 | 1,2 | 1 |
| BB | 7 | 124.384,45 | 11,37 | 1,1 | 1 |
| AJ | 2 | 88.103,96 | 90,91 | 1,6 | 2 |
| AK | 1 | 69.687,19 | 50,00 | 1,3 | 1 |
| AV | 4 | 66.062,78 | 50,00 | 1,6 | 2 |
| BD | 1 | 47.087,62 | 113,64 | 2,2 | 2 |
| AD | 1 | 42.737,22 | 11,37 | 1,0 | 1 |
| AO | 4 | 33.370,71 | 11,37 | 1,7 | 2 |
| AG | 1 | 31.893,45 | - | 0,8 | 1 |
| AU | 4 | 31.196,16 | 50,00 | 2,4 | 2 |
| AM | 2 | 30.680,22 | 11,37 | 1,4 | 1 |
| AX | 2 | 27.428,37 | 11,37 | 1,5 | 1 |
| AA | 1 | 27.313,01 | 113,64 | 2,9 | 3 |
| AF | 1 | 25.514,76 | 50,00 | 2,1 | 2 |
| AY | 1 | 22.108,27 | 50,00 | 2,3 | 2 |
| BH | 2 | 21.687,55 | 50,00 | 2,5 | 2 |
| BE | 10 | 11.454,50 | 50,00 | 5,0 | 5 |
| AI | 1 | 11.305,21 | 50,00 | 3,2 | 3 |
| AE | 4 | 11.141,54 | 50,00 | 3,9 | 4 |
| AR | 1 | 7.973,36 | 11,37 | 2,3 | 2 |
| AW | 6 | 7.463,20 | 50,00 | 5,3 | 5 |
| BG | 1 | 7.216,88 | 50,00 | 4,0 | 4 |
| AN | 1 | 1.467,78 | 50,00 | 8,9 | 9 |
| AL | 1 | 1.289,31 | 11,37 | 5,6 | 6 |
| AS | 1 | 542,87 | 11,37 | 8,7 | 9 |

Fonte: O autor

Assim, para cada intervalo de tempo, decorrido em meses, os itens de um determinado grupo de fornecedores será revisado. O Quadro 3 resume os grupos.

Quadro 3: Fornecedores agrupados por período de revisão

| $T*$ (meses) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fornecedores | AG; BF; AD; BB; AK; AM; AX; AQ; AC | AJ; AV; AO; AF; AP; AR; AY; AU; BH; BD | AA; AI | AE; BG | BE; AW | AL | AS; AN |
| Nº de itens | 33 | 62 | 2 | 5 | 16 | 1 | 2 |

Fonte: O autor

### 4.4.3 – O cálculo dos estoques de segurança

A estatística $z$ utilizada nos cálculos de dimensionamento dos estoques de segurança dos itens classes B e C foi a mesma empregada em A, 1,645. Isto quer dizer que a probabilidade $P$ de disponibilidade dos estoques também foi definida em 0,95.

Os desvios-padrão para cada item foram obtidos a partir da Equação 16, à exceção daqueles fornecidos pela empresa AC, já que o *lead time* de entrega da mesma é maior do que o tempo de ressuprimento. A forma mais adequada para o cálculo nesse caso seria:

$$s'_d = \sqrt{(T^* + LT) \cdot s_d^2 + d^2 \cdot s_{LT}^2}$$

Os valores calculados encontram-se na Tabela A3 do Anexo.

### 4.4.4 – O cálculo dos níveis máximos de estoque

Os níveis máximos de estoque para os itens das classes B e C foram obtidos com a aplicação de Eq. 19, em que $T^*$ e $LT$ são valores comuns a todos os itens de um dado fornecedor e $d_i$ e $z_i(s'_i)$ são particulares a cada item $i$. A Tabela A3 do Anexo I apresenta os valores determinados para cada $M_i^*$.

### 4.4.5 – As freqüências de contagem e de revisão da classificação

A classe B do estoque de demanda dependente da Proveu, responde por um quinto do total de materiais estocados. Uma vez que a empresa não possui pessoal alocado exclusivamente à manutenção dos estoques, esse trabalho é realizado pelos operadores de produção e montagem. Em vista disso, uma contagem bimestral, como na classe A, acarretaria em altos custos de operação na área da produção em uma atividade que não agrega valor algum. No intuito de evitar um número excessivo de horas gastas na contagem dos estoques, decidiu-se por realizar essa atividade em períodos semestrais. Do mesmo modo, a revisão da classificação deve ocorrer a cada seis meses.

A necessidade de trabalho para a conferência dos níveis de estoques dos itens classe C é ainda maior, pois essa representa 70% dos itens. Além disso, a importância relativa de C é de apenas 5%. Sendo assim, a contagem para esse caso deve ocorrer anualmente. Com justificativa análoga, foi determinado que a classificação dos elementos dessa classe fosse revista com freqüência anual.

Apesar da maior parte das decisões de ressuprimento para os materiais das classes B e C serem comuns, a divisão dos estoques de itens com demanda dependente em três classes, é justificada por alguns pontos relevantes. Em um primeiro momento, a considerável redução de trabalhos em contagens físicas por parte dos operadores e de revisões da classificação por parte da gerência, pois do contrário, semestralmente seriam contados e revisados todos os itens do estoque. Outro benefício da separação é a possibilidade de um maior nível de atenção, por parte da gerência, aos itens B, uma vez que esses representam um número suficientemente pequeno para análises individuais e importâncias relativas significativas. O trabalho de revisão da classificação também é favorecido, visto que as reclassificações mais representativas são aquelas onde há transferência de um elemento classe A para B e vice-versa. Se B e C compusessem uma única classe, a identificação de situações de mudanças seria mais complexa e dispendiosa.

## 4.5 – COMPILAÇÃO DA POLÍTICA DE DECISÕES DE RESSUPRIMENTO

O desfecho das discussões desenvolvidas ao longo deste estudo, foram reunidas e organizadas de forma esquemática no Quadro 4, para simplificar a visualização dos resultados do trabalho. A representação da política de decisões foi disposta em uma matriz, onde se observa as áreas de decisão arranjadas nas linhas e as classes de estoque nas colunas. No centro dessa matriz, para cada cruzamento área de decisão x classe de estoque, é apresentada a diretriz para a decisão a ser tomada. Essa diretriz pode figurar como uma expressão do tipo “conjuntamente por fornecedor”, como equações matemáticas ou ainda combinando as duas formas.

Quadro 4: Política de decisões de ressuprimento para materiais de demanda dependente

| **ÁREAS DE DECISÃO** | **DECISÕES** | | |
|---|---|---|---|
| **Classificação de Estoque** | **A** | **B** | **C** |
| **Como controlar?** | Individualmente | Conjuntamente por fornecedor | Conjuntamente por fornecedor |
| **Quanto pedir?** | $Q_i = M_i - q_i$<br>$M_i = ROP_i + EOQ_i - ED_i$ | $Q_i = M_i - q_i$<br>$M_i = d_i \cdot (T + LT)_f + z(s'_d)_i$ | $Q_i = M_i - q_i$<br>$M_i = d_i \cdot (T + LT)_f + z(s'_d)_i$ |
| **Quando pedir?** | Quando o nível de estoque atingir $ROP$:<br>$ROP_i = d_i \cdot LT_i + z(s'_d)_i + ED_i$ | A cada intervalo $T$:<br>$T_f = \sqrt{\frac{2\left(O_f + \sum_i S_i\right)}{I \sum_i C_i D_i}}$ | A cada intervalo $T$:<br>$T_f = \sqrt{\frac{2\left(O_f + \sum_i S_i\right)}{I \sum_i C_i D_i}}$ |
| **Quanto manter em estoques de segurança?** | $z(s'_d)_i$<br>$(s'_d)_i = \sqrt{LT_i \cdot (s_d^2)_i + (d^2)_i \cdot (s_{LT}^2)_i}$ | $z(s'_d)_i$<br>Se $T_f \geq LT_f$:<br>$(s'_d)_i = (s_d)_i \sqrt{(T + LT)_f}$<br>Senão:<br>$(s'_d)_i = \sqrt{(T + LT)_f \cdot (s_d^2)_i + (d^2)_i \cdot (s_{LT}^2)_f}$ | $z(s'_d)_i$<br>Se $T_f \geq LT_f$:<br>$(s'_d)_i = (s_d)_i \sqrt{(T + LT)_f}$<br>Senão:<br>$(s'_d)_i = \sqrt{(T + LT)_f \cdot (s_d^2)_i + (d^2)_i \cdot (s_{LT}^2)_f}$ |
| **Freqüência de contagem** | Bimestral | Semestral | Anual |
| **Freqüência de revisão de classificação** | Semestral | Semestral | Anual |
| Decisões para cada item $i$ e fornecedor $f$. | | | |

Fonte: O autor

# Capítulo V
# CONCLUSÕES

Este trabalho teve como principal objetivo apresentar o estudo e o desenvolvimento da política de decisões mais adequada para orientar as ações de ressuprimento da Proveu Indústria Eletrônica, no que toca os materiais de demanda dependente.

Os resultados alcançados podem ser qualificados como satisfatórios, tendo em vista que, além das economias propiciadas pela racionalização dos estoques, as diretrizes da política de decisões foram organizadas e expostas de forma clara e sistemática. Isto propicia às atividades de gerenciamento dos suprimentos uma maior agilidade, segurança e eficácia.

Na atual política de decisões de ressuprimento da empresa objeto, revisões mensais dos estoques para todos os itens são realizadas com compras dedicadas a cobrir o consumo esperado de um mês e estoques de segurança de uma semana, em média, são reservados para cada material. Ainda assim, acompanhamentos contínuos são efetuados e decisões repentinas e isentas de análises globais dos impactos decorrentes são freqüentes. O custo relevante do estoque total anual, $TC$, para essa política foi calculado em R$ 107.136,43.

Com a política desenvolvida neste trabalho, atingiu-se uma economia de 9,9% com os gastos de estocagem, reduzindo $TC$ a R$ 96.550,99. Além das melhorias de âmbito financeiro, um grande benefício que o trabalho trará para a empresa é a sistematização das tomadas de decisão. Desse modo as iniciativas da gerência passam a ocorrer de forma orientada e segura quanto às implicações para o sistema como um todo. O conhecimento da probabilidade de disponibilidade dos materiais também é de grande importância para a estabilidade da produção e para o gerenciamento do nível de serviço oferecido pela empresa em relação aos seus produtos acabados.

Um passo fundamental para os resultados obtidos com o trabalho foi a classificação dos estoques e a posterior análise das decisões por classe. Contudo, além da segmentação dos materiais de um dado sistema de estoques através da demanda valorizada dos mesmos, diversos critérios que não consideram o custo são importantes no gerenciamento do estoque. Entre eles estão: obsolescência, substituibilidade, prazos de entrega, disponibilidade e criticidade, (VOLLMANN *et al.*, 2006). Slack, Chambers e Johnston (2002) acrescentam que sistemas de classificação de estoque mais complexos podem incluir esses critérios para classificar os itens. O desenvolvimento de uma política de decisões de ressuprimento, cuja classificação dos estoques obedeça a uma análise multicritério fica, por conseguinte, como sugestão para trabalhos futuros.

A importância do desempenho dos sistemas de estoques para as organizações nos dias de hoje, pode ser bem compreendida quando Ballou (2006, p.271) cita o pensamento do ex-diretor presidente da Revlon, Inc., Michael C. Bergerac: “Todo erro de gerenciamento se reflete no estoque”. Contanto, conclui-se que a discussão fornecida pelo presente trabalho teve sua validade na medida em que contribuiu para uma importante área de conhecimento da Engenharia de Produção.

Por fim, este estudo mostrou como os avanços conquistados pela teoria acadêmica podem ser aplicados em benefício do desempenho de empresas no ambiente prático e competitivo.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BALLOU, Ronald H.. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BRASÍLIA. Banco Central do Brasil. Assessoria de Imprensa (Org.). **Notícias do Banco Central:** Copom mantém a taxa Selic em 11,25% ao ano. Nota à Imprensa. Disponível em: <www.bcb.gov.br>. Acesso em: 18 out. 2007.

CERQUEIRA, José Eloy Araújo. **Introdução às finanças de longo prazo:** Apostila. Juiz de Fora: UFJF, 2004.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.. **Just in Time, MRP II e OPT:** Um Enfoque Estratégico. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

FOGLIATTO, Flávio Sanson. **Planejamento das Necessidades de Materiais - MRP:** Notas de Aula. Porto Alegre: UFRGS, 2004. Disponível em: <www.producao.ufrgs.br>. Acesso em: 14 abr. 2007.

FRANCISCHINI, Paulino G.; GURGEL, Floriano do Amaral. **Administração de Materiais e do Patrimônio.** São Paulo: Thomson Pioneira, 2002.

LIMA, Maurício Pimenta. **Estoque: Custo de Oportunidade e Impacto sobre os Indicadores Financeiros.** CEL - Centro de Estudos em Logística / COPPEAD. Disponível em: <www.centrodelogistica.com.br>. Acesso em: 05 maio 2007.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção:** Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TIGERLOG - CONSULTORIA E TREINAMENTO EM LOGÍSTICA (Org.). **Glossário de Termos Utilizados na Logística.** Disponível em: <www.tigerlog.com.br>. Acesso em: 06 maio 2007.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VOLLMANN, Thomas E.; BERRY, William L.; WHYBARK, D. Clay; JACOBS, F. Robert. **Sistemas de Planejamento e Controle da Produção para o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

WANKE, Peter. **Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimento:** Decisões e Modelos Quantitativos. São Paulo: Atlas, 2006.

# ANEXO I: TABELAS

Tabela A1: Lista dos materiais de demanda dependente da Proveu com valores codificados

| Item | Fornecedor | Custo Unitário (R$) | Consumo Mensal |
|---|---|---|---|
| 1004 | AP | 0,091 | 420,000 |
| 1007 | AC | 18,097 | 1860,000 |
| 1014 | AP | 0,041 | 600,000 |
| 1019 | BF | 16,588 | 2820,000 |
| 1024 | AP | 0,033 | 720,000 |
| 1027 | AK | 6,864 | 2820,000 |
| 1028 | AP | 5,089 | 420,000 |
| 1029 | AP | 0,176 | 420,000 |
| 1034 | AP | 0,094 | 5640,000 |
| 1035 | AP | 0,176 | 5640,000 |
| 1036 | AP | 1,696 | 2820,000 |
| 1037 | AU | 2,477 | 2820,000 |
| 1038 | AF | 2,513 | 2820,000 |
| 1039 | AC | 12,642 | 2820,000 |
| 1040 | AC | 21,329 | 2820,000 |
| 1041 | BF | 4,492 | 2820,000 |
| 1042 | AP | 0,141 | 2820,000 |
| 1043 | AP | 0,622 | 5700,000 |
| 1044 | AP | 2,199 | 1269,850 |
| 1045 | AP | 0,405 | 2820,000 |
| 1046 | AP | 0,273 | 42300,000 |
| 1048 | BF | 6,912 | 2820,000 |
| 1049 | AP | 0,038 | 2820,000 |
| 1050 | AT | 35,168 | 2820,000 |
| 1051 | AW | 0,037 | 11160,000 |
| 1054 | AP | 0,151 | 2400,000 |
| 1055 | AZ | 73,188 | 2400,000 |
| 1056 | AW | 0,037 | 7560,000 |
| 1057 | AP | 0,123 | 25620,000 |
| 1059 | BE | 0,025 | 29820,000 |
| 1060 | BE | 0,025 | 11280,000 |
| 1061 | BG | 4,273 | 469,200 |
| 1062 | BH | 0,440 | 5640,000 |
| 1063 | AP | 0,817 | 1131,600 |
| 1064 | AP | 0,817 | 593,700 |
| 1065 | AP | 0,848 | 359,400 |
| 1066 | AJ | 6,808 | 2760,000 |
| 1067 | AP | 0,280 | 2820,000 |
| 1068 | AJ | 2,059 | 2760,000 |
| 1069 | AW | 0,035 | 8460,000 |
| 1070 | AW | 0,035 | 11280,000 |
| 1071 | AW | 0,035 | 2760,000 |
| 1072 | BE | 0,047 | 14040,000 |
| 1074 | AP | 0,685 | 5520,000 |
| 1075 | AV | 2,383 | 5640,000 |

Tabela A1 – Continuação

| Item | Fornecedor | Custo Unitário (R$) | Consumo Mensal |
|---|---|---|---|
| 1076 | AQ | 13,320 | 2820,000 |
| 1077 | BH | 0,628 | 5640,000 |
| 1078 | BB | 12,252 | 1800,000 |
| 1079 | BD | 31,865 | 2340,000 |
| 1080 | AE | 0,275 | 8460,000 |
| 1081 | BA | 18,630 | 2820,000 |
| 1082 | AP | 0,330 | 2760,000 |
| 1083 | AP | 0,330 | 2880,000 |
| 1085 | AQ | 6,723 | 2160,000 |
| 1090 | AQ | 5,781 | 2340,000 |
| 1092 | AD | 4,210 | 2820,000 |
| 1093 | AM | 270,177 | 28,200 |
| 1094 | AG | 3,142 | 2820,000 |
| 1095 | AM | 80,079 | 11,280 |
| 1098 | BE | 0,141 | 8280,000 |
| 1099 | BE | 0,031 | 8280,000 |
| 1104 | AR | 0,785 | 2820,000 |
| 1105 | AX | 0,440 | 11280,000 |
| 1110 | AW | 0,037 | 16020,000 |
| 1113 | AO | 0,530 | 2820,000 |
| 1115 | AE | 0,061 | 2820,000 |
| 1116 | AE | 0,706 | 60,000 |
| 1117 | AX | 0,471 | 5640,000 |
| 1123 | AL | 2,985 | 120,000 |
| 1124 | AS | 2,513 | 60,000 |
| 1127 | AP | 2,042 | 60,000 |
| 1128 | AP | 2,639 | 60,000 |
| 1129 | AU | 0,120 | 660,000 |
| 1130 | AV | 1,692 | 300,000 |
| 1131 | AP | 2,168 | 660,000 |
| 1132 | AU | 3,421 | 360,000 |
| 1133 | AP | 2,136 | 300,000 |
| 1134 | BF | 5,529 | 300,000 |
| 1135 | BF | 8,639 | 360,000 |
| 1136 | AP | 0,185 | 1500,000 |
| 1137 | AP | 6,912 | 360,000 |
| 1138 | AP | 0,188 | 360,000 |
| 1140 | AP | 0,156 | 720,000 |
| 1141 | AP | 0,176 | 360,000 |
| 1142 | AP | 1,225 | 360,000 |
| 1143 | AC | 6,243 | 300,000 |
| 1144 | AB | 259,800 | 360,000 |
| 1145 | AC | 44,080 | 960,000 |
| 1146 | AQ | 4,053 | 300,000 |
| 1147 | AQ | 5,058 | 360,000 |
| 1148 | BB | 12,252 | 60,000 |
| 1149 | BB | 12,252 | 240,000 |
| 1150 | BB | 12,252 | 300,000 |
| 1154 | AY | 17,059 | 360,000 |
| 1155 | BF | 9,780 | 60,000 |

Tabela A1 – Continuação

| Item | Fornecedor | Custo Unitário (R$) | Consumo Mensal |
|---|---|---|---|
| 1156 | AP | 14,326 | 60,000 |
| 1157 | AP | 2,042 | 60,000 |
| 1158 | AP | 2,450 | 60,000 |
| 1159 | AN | 6,795 | 60,000 |
| 1161 | AV | 2,591 | 300,000 |
| 1162 | AP | 2,042 | 60,000 |
| 1163 | BE | 0,031 | 180,000 |
| 1164 | BE | 0,031 | 180,000 |
| 1165 | BE | 0,031 | 180,000 |
| 1166 | BE | 0,063 | 180,000 |
| 1167 | BE | 0,157 | 180,000 |
| 1168 | AQ | 4,775 | 60,000 |
| 1169 | AQ | 4,304 | 60,000 |
| 1198 | AO | 0,414 | 2820,000 |
| 1199 | AP | 0,041 | 2820,000 |
| 1200 | AO | 1,205 | 14,100 |
| 1201 | BD | 31,143 | 420,000 |
| 1202 | AQ | 5,781 | 420,000 |
| 1203 | AQ | 100,657 | 2820,000 |
| 1204 | AQ | 35,626 | 2820,000 |
| 1205 | AO | 2,337 | 2820,000 |
| 1206 | AU | 0,880 | 420,000 |
| 1207 | AV | 8,639 | 420,000 |
| 1208 | AP | 8,105 | 420,000 |
| 1209 | AP | 3,110 | 420,000 |
| 1210 | AA | 18,064 | 420,000 |
| 1211 | BF | 14,200 | 420,000 |
| 1212 | AP | 0,031 | 420,000 |
| 1213 | BB | 12,252 | 300,000 |
| 1214 | BB | 12,252 | 60,000 |
| 1215 | BB | 12,252 | 60,000 |
| 1216 | AB | 931,479 | 420,000 |
| 1220 | AQ | 27,552 | 420,000 |
| 1221 | AI | 7,477 | 420,000 |
| 1222 | AQ | 11,435 | 420,000 |
| 1223 | AP | 0,220 | 420,000 |
| 1232 | BC | 21,080 | 2820,000 |
| 1235 | AE | 1,319 | 420,000 |
| 1240 | AH | 37,197 | 2820,000 |

Fonte: O autor

Tabela A2: Classificação ABC dos materiais de demanda dependente da Proveu

| Item | Fornecedor | Custo Unit. (R$) | Consumo Mensal | Custo Total (R$) | % | % Acum. | Classe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1216 | AB | 931,479 | 420,000 | 391.221,21 | 19,11% | 19,11% | A |
| 1203 | AQ | 100,657 | 2820,000 | 283.851,69 | 13,87% | 32,98% | A |
| 1055 | AZ | 73,188 | 2400,000 | 175.650,34 | 8,58% | 41,56% | A |
| 1240 | AH | 37,197 | 2820,000 | 104.896,20 | 5,12% | 46,68% | A |
| 1204 | AQ | 35,626 | 2820,000 | 100.464,36 | 4,91% | 51,59% | A |
| 1050 | AT | 35,168 | 2820,000 | 99.174,01 | 4,84% | 56,43% | A |
| 1144 | AB | 259,800 | 360,000 | 93.528,10 | 4,57% | 61,00% | A |
| 1079 | BD | 31,865 | 2340,000 | 74.564,51 | 3,64% | 64,65% | A |
| 1040 | AC | 21,329 | 2820,000 | 60.147,70 | 2,94% | 67,58% | A |
| 1232 | BC | 21,080 | 2820,000 | 59.445,84 | 2,90% | 70,49% | A |
| 1081 | BA | 18,630 | 2820,000 | 52.535,60 | 2,57% | 73,05% | A |
| 1019 | BF | 16,588 | 2820,000 | 46.777,06 | 2,29% | 75,34% | A |
| 1145 | AC | 44,080 | 960,000 | 42.316,68 | 2,07% | 77,41% | A |
| 1076 | AQ | 13,320 | 2820,000 | 37.563,40 | 1,83% | 79,24% | B |
| 1039 | AC | 12,642 | 2820,000 | 35.649,04 | 1,74% | 80,98% | B |
| 1007 | AC | 18,097 | 1860,000 | 33.660,99 | 1,64% | 82,63% | B |
| 1078 | BB | 12,252 | 1800,000 | 22.053,98 | 1,08% | 83,70% | B |
| 1048 | BF | 6,912 | 2820,000 | 19.490,44 | 0,95% | 84,66% | B |
| 1027 | AK | 6,864 | 2820,000 | 19.357,55 | 0,95% | 85,60% | B |
| 1066 | AJ | 6,808 | 2760,000 | 18.789,61 | 0,92% | 86,52% | B |
| 1085 | AQ | 6,723 | 2160,000 | 14.521,70 | 0,71% | 87,23% | B |
| 1090 | AQ | 5,781 | 2340,000 | 13.526,44 | 0,66% | 87,89% | B |
| 1075 | AV | 2,383 | 5640,000 | 13.437,42 | 0,66% | 88,55% | B |
| 1201 | BD | 31,143 | 420,000 | 13.079,90 | 0,64% | 89,18% | B |
| 1041 | BF | 4,492 | 2820,000 | 12.668,79 | 0,62% | 89,80% | B |
| 1092 | AD | 4,210 | 2820,000 | 11.871,45 | 0,58% | 90,38% | B |
| 1220 | AQ | 27,552 | 420,000 | 11.571,74 | 0,57% | 90,95% | B |
| 1046 | AP | 0,273 | 42300,000 | 11.561,38 | 0,56% | 91,51% | B |
| 1094 | AG | 3,142 | 2820,000 | 8.859,29 | 0,43% | 91,95% | B |
| 1093 | AM | 270,177 | 28,200 | 7.618,99 | 0,37% | 92,32% | B |
| 1210 | AA | 18,064 | 420,000 | 7.586,95 | 0,37% | 92,69% | B |
| 1038 | AF | 2,513 | 2820,000 | 7.087,43 | 0,35% | 93,04% | B |
| 1037 | AU | 2,477 | 2820,000 | 6.985,37 | 0,34% | 93,38% | B |
| 1205 | AO | 2,337 | 2820,000 | 6.591,31 | 0,32% | 93,70% | B |
| 1154 | AY | 17,059 | 360,000 | 6.141,19 | 0,30% | 94,00% | B |
| 1211 | BF | 14,200 | 420,000 | 5.964,00 | 0,29% | 94,29% | B |
| 1068 | AJ | 2,059 | 2760,000 | 5.683,71 | 0,28% | 94,57% | B |
| 1105 | AX | 0,440 | 11280,000 | 4.961,20 | 0,24% | 94,81% | B |
| 1222 | AQ | 11,435 | 420,000 | 4.802,87 | 0,23% | 95,04% | B |
| 1036 | AP | 1,696 | 2820,000 | 4.784,02 | 0,23% | 95,28% | C |
| 1074 | AP | 0,685 | 5520,000 | 3.780,47 | 0,18% | 95,46% | C |
| 1150 | BB | 12,252 | 300,000 | 3.675,66 | 0,18% | 95,64% | C |
| 1213 | BB | 12,252 | 300,000 | 3.675,66 | 0,18% | 95,82% | C |
| 1207 | AV | 8,639 | 420,000 | 3.628,54 | 0,18% | 96,00% | C |
| 1043 | AP | 0,622 | 5700,000 | 3.545,60 | 0,17% | 96,17% | C |
| 1077 | BH | 0,628 | 5640,000 | 3.543,72 | 0,17% | 96,35% | C |
| 1208 | AP | 8,105 | 420,000 | 3.403,97 | 0,17% | 96,51% | C |

Tabela A2 – Continuação

| Item | Fornecedor | Custo Unit. (R$) | Consumo Mensal | Custo Total (R$) | % | % Acum. | Classe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1221 | AI | 7,477 | 420,000 | 3.140,34 | 0,15% | 96,67% | C |
| 1057 | AP | 0,123 | 25620,000 | 3.139,02 | 0,15% | 96,82% | C |
| 1135 | BF | 8,639 | 360,000 | 3.110,18 | 0,15% | 96,97% | C |
| 1149 | BB | 12,252 | 240,000 | 2.940,53 | 0,14% | 97,11% | C |
| 1044 | AP | 2,199 | 1269,850 | 2.792,55 | 0,14% | 97,25% | C |
| 1117 | AX | 0,471 | 5640,000 | 2.657,79 | 0,13% | 97,38% | C |
| 1137 | AP | 6,912 | 360,000 | 2.488,14 | 0,12% | 97,50% | C |
| 1062 | BH | 0,440 | 5640,000 | 2.480,60 | 0,12% | 97,62% | C |
| 1202 | AQ | 5,781 | 420,000 | 2.427,82 | 0,12% | 97,74% | C |
| 1080 | AE | 0,275 | 8460,000 | 2.325,56 | 0,11% | 97,86% | C |
| 1104 | AR | 0,785 | 2820,000 | 2.214,82 | 0,11% | 97,96% | C |
| 1028 | AP | 5,089 | 420,000 | 2.137,54 | 0,10% | 98,07% | C |
| 1061 | BG | 4,273 | 469,200 | 2.004,69 | 0,10% | 98,17% | C |
| 1143 | AC | 6,243 | 300,000 | 1.873,03 | 0,09% | 98,26% | C |
| 1147 | AQ | 5,058 | 360,000 | 1.820,87 | 0,09% | 98,35% | C |
| 1134 | BF | 5,529 | 300,000 | 1.658,76 | 0,08% | 98,43% | C |
| 1113 | AO | 0,530 | 2820,000 | 1.494,56 | 0,07% | 98,50% | C |
| 1131 | AP | 2,168 | 660,000 | 1.430,68 | 0,07% | 98,57% | C |
| 1209 | AP | 3,110 | 420,000 | 1.306,27 | 0,06% | 98,63% | C |
| 1132 | AU | 3,421 | 360,000 | 1.231,63 | 0,06% | 98,69% | C |
| 1146 | AQ | 4,053 | 300,000 | 1.215,80 | 0,06% | 98,75% | C |
| 1098 | BE | 0,141 | 8280,000 | 1.170,56 | 0,06% | 98,81% | C |
| 1198 | AO | 0,414 | 2820,000 | 1.166,77 | 0,06% | 98,87% | C |
| 1045 | AP | 0,405 | 2820,000 | 1.142,85 | 0,06% | 98,92% | C |
| 1035 | AP | 0,176 | 5640,000 | 992,24 | 0,05% | 98,97% | C |
| 1083 | AP | 0,330 | 2880,000 | 950,02 | 0,05% | 99,02% | C |
| 1063 | AP | 0,817 | 1131,600 | 924,31 | 0,05% | 99,06% | C |
| 1082 | AP | 0,330 | 2760,000 | 910,43 | 0,04% | 99,11% | C |
| 1095 | AM | 80,079 | 11,280 | 903,29 | 0,04% | 99,15% | C |
| 1156 | AP | 14,326 | 60,000 | 859,54 | 0,04% | 99,19% | C |
| 1067 | AP | 0,280 | 2820,000 | 788,48 | 0,04% | 99,23% | C |
| 1161 | AV | 2,591 | 300,000 | 777,25 | 0,04% | 99,27% | C |
| 1059 | BE | 0,025 | 29820,000 | 749,46 | 0,04% | 99,31% | C |
| 1148 | BB | 12,252 | 60,000 | 735,13 | 0,04% | 99,34% | C |
| 1214 | BB | 12,252 | 60,000 | 735,13 | 0,04% | 99,38% | C |
| 1215 | BB | 12,252 | 60,000 | 735,13 | 0,04% | 99,42% | C |
| 1072 | BE | 0,047 | 14040,000 | 661,62 | 0,03% | 99,45% | C |
| 1133 | AP | 2,136 | 300,000 | 640,70 | 0,03% | 99,48% | C |
| 1110 | AW | 0,037 | 16020,000 | 598,91 | 0,03% | 99,51% | C |
| 1155 | BF | 9,780 | 60,000 | 586,79 | 0,03% | 99,54% | C |
| 1235 | AE | 1,319 | 420,000 | 554,18 | 0,03% | 99,56% | C |
| 1034 | AP | 0,094 | 5640,000 | 531,56 | 0,03% | 99,59% | C |
| 1130 | AV | 1,692 | 300,000 | 507,56 | 0,02% | 99,61% | C |
| 1064 | AP | 0,817 | 593,700 | 484,94 | 0,02% | 99,64% | C |
| 1142 | AP | 1,225 | 360,000 | 441,08 | 0,02% | 99,66% | C |
| 1051 | AW | 0,037 | 11160,000 | 410,20 | 0,02% | 99,68% | C |
| 1159 | AN | 6,795 | 60,000 | 407,72 | 0,02% | 99,70% | C |
| 1042 | AP | 0,141 | 2820,000 | 398,67 | 0,02% | 99,72% | C |
| 1070 | AW | 0,035 | 11280,000 | 393,35 | 0,02% | 99,74% | C |
| 1206 | AU | 0,880 | 420,000 | 369,45 | 0,02% | 99,76% | C |

Tabela A2 – Continuação

| Item | Fornecedor | Custo Unit. (R$) | Consumo Mensal | Custo Total (R$) | % | % Acum. | Classe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1054 | AP | 0,151 | 2400,000 | 361,91 | 0,02% | 99,77% | C |
| 1123 | AL | 2,985 | 120,000 | 358,14 | 0,02% | 99,79% | C |
| 1065 | AP | 0,848 | 359,400 | 304,85 | 0,01% | 99,81% | C |
| 1069 | AW | 0,035 | 8460,000 | 295,01 | 0,01% | 99,82% | C |
| 1168 | AQ | 4,775 | 60,000 | 286,51 | 0,01% | 99,83% | C |
| 1060 | BE | 0,025 | 11280,000 | 283,50 | 0,01% | 99,85% | C |
| 1056 | AW | 0,037 | 7560,000 | 280,26 | 0,01% | 99,86% | C |
| 1136 | AP | 0,185 | 1500,000 | 278,03 | 0,01% | 99,88% | C |
| 1099 | BE | 0,031 | 8280,000 | 260,12 | 0,01% | 99,89% | C |
| 1169 | AQ | 4,304 | 60,000 | 258,24 | 0,01% | 99,90% | C |
| 1115 | AE | 0,061 | 2820,000 | 172,76 | 0,01% | 99,91% | C |
| 1128 | AP | 2,639 | 60,000 | 158,34 | 0,01% | 99,92% | C |
| 1124 | AS | 2,513 | 60,000 | 150,80 | 0,01% | 99,92% | C |
| 1158 | AP | 2,450 | 60,000 | 147,03 | 0,01% | 99,93% | C |
| 1127 | AP | 2,042 | 60,000 | 122,52 | 0,01% | 99,94% | C |
| 1157 | AP | 2,042 | 60,000 | 122,52 | 0,01% | 99,94% | C |
| 1162 | AP | 2,042 | 60,000 | 122,52 | 0,01% | 99,95% | C |
| 1199 | AP | 0,041 | 2820,000 | 115,17 | 0,01% | 99,96% | C |
| 1140 | AP | 0,156 | 720,000 | 112,64 | 0,01% | 99,96% | C |
| 1049 | AP | 0,038 | 2820,000 | 106,31 | 0,01% | 99,97% | C |
| 1071 | AW | 0,035 | 2760,000 | 95,38 | 0,00% | 99,97% | C |
| 1223 | AP | 0,220 | 420,000 | 92,36 | 0,00% | 99,98% | C |
| 1129 | AU | 0,120 | 660,000 | 79,14 | 0,00% | 99,98% | C |
| 1029 | AP | 0,176 | 420,000 | 73,89 | 0,00% | 99,98% | C |
| 1138 | AP | 0,188 | 360,000 | 67,86 | 0,00% | 99,99% | C |
| 1141 | AP | 0,176 | 360,000 | 63,33 | 0,00% | 99,99% | C |
| 1116 | AE | 0,706 | 60,000 | 42,37 | 0,00% | 99,99% | C |
| 1004 | AP | 0,091 | 420,000 | 38,26 | 0,00% | 99,99% | C |
| 1167 | BE | 0,157 | 180,000 | 28,27 | 0,00% | 99,99% | C |
| 1014 | AP | 0,041 | 600,000 | 24,50 | 0,00% | 100,00% | C |
| 1024 | AP | 0,033 | 720,000 | 23,75 | 0,00% | 100,00% | C |
| 1200 | AO | 1,205 | 14,100 | 17,00 | 0,00% | 100,00% | C |
| 1212 | AP | 0,031 | 420,000 | 13,19 | 0,00% | 100,00% | C |
| 1166 | BE | 0,063 | 180,000 | 11,31 | 0,00% | 100,00% | C |
| 1163 | BE | 0,031 | 180,000 | 5,65 | 0,00% | 100,00% | C |
| 1164 | BE | 0,031 | 180,000 | 5,65 | 0,00% | 100,00% | C |
| 1165 | BE | 0,031 | 180,000 | 5,65 | 0,00% | 100,00% | C |

Fonte: O autor

Tabela A3: Estoques de segurança e níveis máximos de estoques para os itens B e C dos estoques

| Item | Classe | Fornecedor | $T*$ | $z(s'_d)$ | $M*$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1076 | B | AQ | 1 | 68 | 1045 |
| 1039 | B | AC | 1 | 104 | 2252 |
| 1007 | B | AC | 1 | 70 | 1487 |
| 1078 | B | BB | 1 | 32 | 406 |
| 1048 | B | BF | 1 | 68 | 1045 |
| 1027 | B | AK | 1 | 68 | 1045 |
| 1066 | B | AJ | 2 | 68 | 1215 |
| 1085 | B | AQ | 1 | 51 | 799 |
| 1090 | B | AQ | 1 | 56 | 866 |
| 1075 | B | AV | 2 | 137 | 2480 |
| 1201 | B | BD | 2 | 9 | 126 |
| 1041 | B | BF | 1 | 68 | 1045 |
| 1092 | B | AD | 1 | 68 | 1045 |
| 1220 | B | AQ | 1 | 10 | 156 |
| 1046 | B | AP | 2 | 584 | 9370 |
| 1094 | B | AG | 1 | 37 | 428 |
| 1093 | B | AM | 1 | 2 | 5 |
| 1210 | B | AA | 3 | 14 | 276 |
| 1038 | B | AF | 2 | 70 | 1242 |
| 1037 | B | AU | 2 | 70 | 1242 |
| 1205 | B | AO | 2 | 40 | 626 |
| 1154 | B | AY | 2 | 7 | 107 |
| 1211 | B | BF | 1 | 10 | 156 |
| 1068 | B | AJ | 2 | 68 | 1215 |
| 1105 | B | AX | 1 | 193 | 2536 |
| 1222 | B | AQ | 1 | 10 | 156 |
| 1036 | C | AP | 2 | 40 | 626 |
| 1074 | C | AP | 2 | 78 | 1225 |
| 1150 | C | BB | 1 | 7 | 70 |
| 1213 | C | BB | 1 | 7 | 70 |
| 1207 | C | AV | 2 | 12 | 187 |
| 1043 | C | AP | 2 | 79 | 1263 |
| 1077 | C | BH | 2 | 137 | 2480 |
| 1208 | C | AP | 2 | 7 | 95 |
| 1221 | C | AI | 3 | 9 | 155 |
| 1057 | C | AP | 2 | 354 | 5676 |
| 1135 | C | BF | 1 | 10 | 135 |
| 1149 | C | BB | 1 | 5 | 55 |
| 1044 | C | AP | 2 | 19 | 283 |
| 1117 | C | AX | 1 | 98 | 1270 |
| 1137 | C | AP | 2 | 7 | 82 |
| 1062 | C | BH | 2 | 137 | 2480 |
| 1202 | C | AQ | 1 | 10 | 156 |
| 1080 | C | AE | 4 | 167 | 3682 |
| 1104 | C | AR | 2 | 27 | 457 |
| 1028 | C | AP | 2 | 7 | 95 |
| 1061 | C | BG | 4 | 10 | 205 |

Tabela A3 – Continuação

| Item | Classe | Fornecedor | $T*$ | $z(s'_d)$ | $M*$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1143 | C | AC | 1 | 12 | 241 |
| 1147 | C | AQ | 1 | 10 | 135 |
| 1134 | C | BF | 1 | 9 | 113 |
| 1113 | C | AO | 2 | 40 | 626 |
| 1131 | C | AP | 2 | 10 | 148 |
| 1209 | C | AP | 2 | 7 | 95 |
| 1132 | C | AU | 2 | 10 | 160 |
| 1146 | C | AQ | 1 | 9 | 113 |
| 1098 | C | BE | 5 | 216 | 5376 |
| 1198 | C | AO | 2 | 40 | 626 |
| 1045 | C | AP | 2 | 40 | 626 |
| 1035 | C | AP | 2 | 79 | 1251 |
| 1083 | C | AP | 2 | 42 | 641 |
| 1063 | C | AP | 2 | 17 | 253 |
| 1082 | C | AP | 2 | 40 | 614 |
| 1095 | C | AM | 1 | 2 | 3 |
| 1156 | C | AP | 2 | 2 | 15 |
| 1067 | C | AP | 2 | 40 | 626 |
| 1161 | C | AV | 2 | 9 | 134 |
| 1059 | C | BE | 5 | 774 | 19355 |
| 1148 | C | BB | 1 | 2 | 15 |
| 1214 | C | BB | 1 | 2 | 15 |
| 1215 | C | BB | 1 | 2 | 15 |
| 1072 | C | BE | 5 | 364 | 9112 |
| 1133 | C | AP | 2 | 5 | 68 |
| 1110 | C | AW | 5 | 417 | 10399 |
| 1155 | C | BF | 1 | 2 | 23 |
| 1235 | C | AE | 4 | 9 | 184 |
| 1034 | C | AP | 2 | 79 | 1251 |
| 1130 | C | AV | 2 | 9 | 134 |
| 1064 | C | AP | 2 | 9 | 133 |
| 1142 | C | AP | 2 | 7 | 82 |
| 1051 | C | AW | 5 | 290 | 7244 |
| 1159 | C | AN | 9 | 4 | 58 |
| 1042 | C | AP | 2 | 40 | 626 |
| 1070 | C | AW | 5 | 293 | 7322 |
| 1206 | C | AU | 2 | 12 | 187 |
| 1054 | C | AP | 2 | 35 | 534 |
| 1123 | C | AL | 6 | 4 | 56 |
| 1065 | C | AP | 2 | 7 | 82 |
| 1069 | C | AW | 5 | 221 | 5493 |
| 1168 | C | AQ | 1 | 2 | 23 |
| 1060 | C | BE | 5 | 293 | 7322 |
| 1056 | C | AW | 5 | 196 | 4907 |
| 1136 | C | AP | 2 | 22 | 334 |
| 1099 | C | BE | 5 | 216 | 5376 |
| 1169 | C | AQ | 1 | 2 | 23 |
| 1115 | C | AE | 4 | 56 | 1228 |
| 1128 | C | AP | 2 | 2 | 15 |
| 1124 | C | AS | 9 | 2 | 41 |
| 1158 | C | AP | 2 | 2 | 15 |

Tabela A3 – Continuação

| Item | Classe | Fornecedor | $T*$ | $z(s'_d)$ | $M*$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1127 | C | AP | 2 | 2 | 15 |
| 1157 | C | AP | 2 | 2 | 15 |
| 1162 | C | AP | 2 | 2 | 15 |
| 1199 | C | AP | 2 | 40 | 626 |
| 1140 | C | AP | 2 | 12 | 162 |
| 1049 | C | AP | 2 | 40 | 626 |
| 1071 | C | AW | 5 | 73 | 1793 |
| 1223 | C | AP | 2 | 7 | 95 |
| 1129 | C | AU | 2 | 17 | 292 |
| 1029 | C | AP | 2 | 7 | 95 |
| 1138 | C | AP | 2 | 7 | 82 |
| 1141 | C | AP | 2 | 7 | 82 |
| 1116 | C | AE | 4 | 2 | 27 |
| 1004 | C | AP | 2 | 7 | 95 |
| 1167 | C | BE | 5 | 5 | 118 |
| 1014 | C | AP | 2 | 10 | 135 |
| 1024 | C | AP | 2 | 12 | 162 |
| 1200 | C | AO | 2 | 2 | 5 |
| 1212 | C | AP | 2 | 7 | 95 |
| 1166 | C | BE | 5 | 5 | 118 |
| 1163 | C | BE | 5 | 5 | 118 |
| 1164 | C | BE | 5 | 5 | 118 |
| 1165 | C | BE | 5 | 5 | 118 |

Fonte: O autor

# ANEXO II: TABELA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL PADRÁO

| $Z$ | 0,0 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0 | 0,5000 | 0,5040 | 0,5080 | 0,5120 | 0,5160 | 0,5199 | 0,5239 | 0,5279 | 0,5319 | 0,5359 |
| 0,1 | 0,5398 | 0,5438 | 0,5478 | 0,5517 | 0,5557 | 0,5596 | 0,5636 | 0,5675 | 0,5714 | 0,5753 |
| 0,2 | 0,5793 | 0,5832 | 0,5871 | 0,5910 | 0,5948 | 0,5987 | 0,6026 | 0,6064 | 0,6103 | 0,6141 |
| 0,3 | 0,6179 | 0,6217 | 0,6255 | 0,6293 | 0,6331 | 0,6368 | 0,6406 | 0,6443 | 0,6480 | 0,6517 |
| 0,4 | 0,6554 | 0,6591 | 0,6628 | 0,6664 | 0,6700 | 0,6736 | 0,6772 | 0,6808 | 0,6844 | 0,6879 |
| 0,5 | 0,6915 | 0,6950 | 0,6985 | 0,7019 | 0,7054 | 0,7088 | 0,7123 | 0,7157 | 0,7190 | 0,7224 |
| 0,6 | 0,7257 | 0,7291 | 0,7324 | 0,7357 | 0,7389 | 0,7422 | 0,7454 | 0,7486 | 0,7517 | 0,7549 |
| 0,7 | 0,7580 | 0,7611 | 0,7642 | 0,7673 | 0,7704 | 0,7734 | 0,7764 | 0,7794 | 0,7823 | 0,7852 |
| 0,8 | 0,7881 | 0,7910 | 0,7939 | 0,7967 | 0,7995 | 0,8023 | 0,8051 | 0,8078 | 0,8106 | 0,8133 |
| 0,9 | 0,8159 | 0,8186 | 0,8212 | 0,8238 | 0,8264 | 0,8289 | 0,8315 | 0,8340 | 0,8365 | 0,8389 |
| 1,0 | 0,8413 | 0,8438 | 0,8461 | 0,8485 | 0,8508 | 0,8531 | 0,8554 | 0,8577 | 0,8599 | 0,8621 |
| 1,1 | 0,8643 | 0,8665 | 0,8686 | 0,8708 | 0,8729 | 0,8749 | 0,8770 | 0,8790 | 0,8810 | 0,8830 |
| 1,2 | 0,8849 | 0,8869 | 0,8888 | 0,8907 | 0,8925 | 0,8944 | 0,8962 | 0,8980 | 0,8997 | 0,9015 |
| 1,3 | 0,9032 | 0,9049 | 0,9066 | 0,9082 | 0,9099 | 0,9115 | 0,9131 | 0,9147 | 0,9162 | 0,9177 |
| 1,4 | 0,9192 | 0,9207 | 0,9222 | 0,9236 | 0,9251 | 0,9265 | 0,9279 | 0,9292 | 0,9306 | 0,9319 |
| 1,5 | 0,9332 | 0,9345 | 0,9357 | 0,9370 | 0,9382 | 0,9394 | 0,9406 | 0,9418 | 0,9429 | 0,9441 |
| 1,6 | 0,9452 | 0,9463 | 0,9474 | 0,9484 | 0,9495 | 0,9505 | 0,9515 | 0,9525 | 0,9535 | 0,9545 |
| 1,7 | 0,9554 | 0,9564 | 0,9573 | 0,9582 | 0,9591 | 0,9599 | 0,9608 | 0,9616 | 0,9625 | 0,9633 |
| 1,8 | 0,9641 | 0,9649 | 0,9656 | 0,9664 | 0,9671 | 0,9678 | 0,9686 | 0,9693 | 0,9699 | 0,9706 |
| 1,9 | 0,9713 | 0,9719 | 0,9726 | 0,9732 | 0,9738 | 0,9744 | 0,9750 | 0,9756 | 0,9761 | 0,9767 |
| 2,0 | 0,9772 | 0,9778 | 0,9783 | 0,9788 | 0,9793 | 0,9798 | 0,9803 | 0,9808 | 0,9812 | 0,9817 |
| 2,1 | 0,9821 | 0,9826 | 0,9830 | 0,9834 | 0,9838 | 0,9842 | 0,9846 | 0,9850 | 0,9854 | 0,9857 |
| 2,2 | 0,9861 | 0,9864 | 0,9868 | 0,9871 | 0,9875 | 0,9878 | 0,9881 | 0,9884 | 0,9887 | 0,9890 |
| 2,3 | 0,9893 | 0,9896 | 0,9898 | 0,9901 | 0,9904 | 0,9906 | 0,9909 | 0,9911 | 0,9913 | 0,9916 |
| 2,4 | 0,9918 | 0,9920 | 0,9922 | 0,9925 | 0,9927 | 0,9929 | 0,9931 | 0,9932 | 0,9934 | 0,9936 |
| 2,5 | 0,9938 | 0,9940 | 0,9941 | 0,9943 | 0,9945 | 0,9946 | 0,9948 | 0,9949 | 0,9951 | 0,9952 |
| 2,6 | 0,9953 | 0,9955 | 0,9956 | 0,9957 | 0,9959 | 0,9960 | 0,9961 | 0,9962 | 0,9963 | 0,9964 |
| 2,7 | 0,9965 | 0,9966 | 0,9967 | 0,9968 | 0,9969 | 0,9970 | 0,9971 | 0,9972 | 0,9973 | 0,9974 |
| 2,8 | 0,9974 | 0,9975 | 0,9976 | 0,9977 | 0,9977 | 0,9978 | 0,9979 | 0,9979 | 0,9980 | 0,9981 |
| 2,9 | 0,9981 | 0,9982 | 0,9982 | 0,9983 | 0,9984 | 0,9984 | 0,9985 | 0,9985 | 0,9986 | 0,9986 |
| 3,0 | 0,9987 | 0,9987 | 0,9987 | 0,9988 | 0,9988 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9990 | 0,9990 |
| 3,1 | 0,9990 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9993 | 0,9993 |
| 3,2 | 0,9993 | 0,9993 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 |
| 3,3 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9997 |
| 3,4 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9998 |
| 3,5 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 |
| 3,6 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 |
| 3,7 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 |
| 3,8 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 |
| 3,9 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |