

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

Renata Schmoeller

**PROPOSTA DE REESTRUTURAÇÃO DE PARÂMETROS DE ESTOQUE: UM  
ESTUDO DE CASO APLICADO A UMA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS  
ALIMENTÍCIAS**

Joinville, 2016

Renata Schmoeller

**PROPOSTA DE REESTRUTURAÇÃO DE PARÂMETROS DE ESTOQUE: UM  
ESTUDO DE CASO APLICADO A UMA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS  
ALIMENTÍCIAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística no curso de Engenharia de Transportes e Logística, na Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Dr. Eng. Francielly Hedler Staudt

Joinville, 2016

Renata Schmoeller

**PROPOSTA DE REESTRUTURAÇÃO DE PARÂMETROS DE ESTOQUE: UM  
ESTUDO DE CASO APLICADO A UMA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS  
ALIMENTÍCIAS**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira de Transportes e Logística e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville, 1 de dezembro de 2016.

---

Prof. Elisete Santos da Silva Zagheni, Dr.

Coordenadora do Curso

**Banca examinadora:**

---

Prof. Francielly Hedler Staudt, Dr. Eng.

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Janaína Renata Garcia, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Regis Carvalho Esteves, Eng.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a meu pai Renato Schmoeller e minha mãe Valmirene de Oliveira por terem me ajudado a chegar até aqui, por toda a educação e todo investimento material que puderam me proporcionar, essenciais para eu me tornar o que vejo hoje como uma pessoa de valor.

Agradeço a meu irmão Guilherme Bernardo Schmoeller por ser meu grande cúmplice e acima de qualquer desavença sempre me apoiar quando precisei.

Agradeço a minha melhor amiga Elisa Mobini Kesheh, por ter me acompanhado nesta longa caminhada, sempre permanecendo a meu lado mesmo quando nossas escolhas divergiram, ouvindo todos os meus desabafos e me ajudando a seguir em frente.

Agradeço a meu melhor amigo Charles Groff Jansen por ser meu maior porto seguro durante o desenvolvimento deste trabalho, ajudando no que lhe foi possível.

Agradeço a minha orientadora Francielly Hedler Staudt, por ter me acolhido sem me conhecer e pacientemente me orientado, sabendo também ouvir as minhas preferências e me passando muito de seus conhecimentos.

Agradeço ao meu diretor Regis Carvalho Esteves por aceitar fazer parte deste trabalho, me apoiar e se importar com meu desenvolvimento, acima de qualquer ganho empresarial.

Agradeço aos meus colegas de trabalho Silvana Moglich, Robson Holland e Isaias Seleme por seus conselhos e apoios, especialmente a Danilo Silva pelo seu tempo e ajuda na coleta de dados. Todos foram importantes para o meu desenvolvimento profissional.

Agradeço a Deus por todas as bênçãos até hoje me concedidas e por todas as pessoas acima citadas que foram colocadas em meu caminho, as quais significaram muito para o meu desenvolvimento.

## RESUMO

A gestão de estoques é de suma importância para as organizações que visam ter uma quantidade suficiente e segura de produtos estocados, que atendam às exigências do cliente a um custo mínimo possível. Parte desta gestão está ligada a aplicação de métodos de controle de estoques, os quais são de grande apoio a tomada de decisões, visto que definem parâmetros como quanto e quando pedir, tornando o processo mais confiável e sistemático. Assim, este trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma indústria de máquinas alimentícias, sendo seu objetivo propor uma nova estruturação dos parâmetros de estoques que possam atender as necessidades da produção. Baseando-se em uma revisão bibliográfica referente a gestão de estoques e seus principais modelos de controle, adotou-se para aplicação um modelo adequado a realidade da empresa. Foram realizados os cálculos dos parâmetros de estoque de matérias-primas em três cenários diferentes obtidos através de combinações entre variações de demanda e *lead time*. A análise dos resultados encontrados demonstrou que o cenário com menores desvios de demanda e menores *lead times* apresentou uma redução de 40%, em média, em relação aos custos totais de estoque quando comparado aos demais cenários, sendo então possível através do mesmo estabelecer uma proposta de reestruturação dos parâmetros de estoque de matérias-primas.

Palavras-chave: Gestão de estoques, Parâmetros de Estoques, Modelos de gestão de estoques.

## **ABSTRACT**

Stock management is very important for organizations that aim to have a sufficient and safe quantity of stocked material, that meet customer requirements with minimal cost possible. Part of this management is linked to the application of stock control methods, which are very supportive on decision making, they define parameters of how much and when to order the components, making the process more reliable and systematic. This work presents a case study carried out in a food machinery industry and its have objective to propose a new structuring of the parameters of stock that can meet the needs of the production. Based on a bibliographical review regarding stock management and its main control models, it was adopted for application, a model suitable to the reality of the company. The raw material stock parameters were calculated in three different scenarios obtained through combinations of variations in demand and lead time. The analysis of the results found, showed that the scenario with lower variance in demand and lower lead times shown an average reduction of 40% in relation to total stock costs when compared to the other scenarios, and based on that it is possible to establish a proposal of restructuration of the raw material stock parameters.

**Key words:** Stock management, Stock parameters, Stock management models.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2 - Localização dos estoques na cadeia de suprimentos. ....	13
Figura 3 - Curva de Pareto para itens em estoque. ....	16
Figura 4 - Quantidade do lote de ressuprimento e custos relevantes.....	17
Figura 5 - Filosofias de puxar e empurrar de gerenciamento de estoques. ....	20
Figura 6 - Modelo de revisão contínua. ....	25
Figura 7 - Modelo de revisão periódica. ....	28
Figura 1 - Etapas do trabalho.....	33
Figura 8 - Classificação ABC.....	39
Figura 9 - Comparativo dos custos de manutenção de estoques. ....	48
Figura 10 - Comparativo dos custos de falta de estoque. ....	48
Figura 11 - Comparativo dos custos de aquisição de matérias-primas. ....	49
Figura 12 - Comparativo dos custos totais relativos a todos os cenários. ....	50
Figura 13 - Comparativo do total de estoque médio mensal de matérias primas.....	51
Figura 14 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 1 em nível de serviço de 90%.....	53
Figura 15 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 1 em nível de serviço de 95%.....	53
Figura 16 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 2 em nível de serviço de 90%.....	54
Figura 17 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 2 em nível de serviço de 95%.....	54
Figura 18 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 3 em nível de serviço de 90%.....	55
Figura 19 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 3 em nível de serviço de 95%.....	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Porcentagens relativas aos custos de manutenção.....	18
Quadro 2 - Cálculo do valor relativo. ....	39
Quadro 3 - Grupos de Classificação ABC.....	39
Quadro 4- <i>Lead time</i> médio atual. ....	41
Quadro 5 - <i>Lead time</i> reduzido. ....	41
Quadro 6 – Demanda média mensal histórica de matérias-primas (em unidades).....	42
Quadro 7 – Demanda mensal de máquinas X.....	43
Quadro 8 – Demanda média de máquinas X e desvio padrão da demanda.....	43
Quadro 9 - Demandas médias previstas das matérias-primas (em unidades).....	43
Quadro 10 - Parâmetros de estoque para demanda e <i>lead time</i> históricos (em unidades).....	45
Quadro 11 – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para demanda e <i>lead time</i> históricos. ....	45
Quadro 12 – Parâmetros de estoque para demanda prevista e <i>lead time</i> histórico (em unidades).....	46
Quadro 13 – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para demanda prevista e <i>lead time</i> histórico. ....	46
Quadro 14 - Parâmetros de estoque para demanda prevista e <i>lead time</i> histórico (em unidades).....	47
Quadro 15 – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para demanda prevista e <i>lead time</i> reduzido. ....	47
Quadro 16 – Resumo dos custos relativos a todos os cenários.....	50
Quadro 17 – Comparativo dos parâmetros de estoques para o item 1 (unidades).....	51



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1. JUSTIFICATIVA .....	11
1.2. OBJETIVOS .....	12
<b>1.2.1. Objetivo Geral</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1. GESTÃO DE ESTOQUES .....	13
<b>2.1.2. Valor e custo de estoque</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1.3. Problemas no gerenciamento de estoques</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1.4. Política de estoque</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1.5. Decisões sobre estoques</b> .....	<b>21</b>
2.1.5.1. <i>Determinação do Lote de Ressuprimento - Quanto Pedir</i> .....	22
2.1.5.2. <i>Determinação do Ponto de Ressuprimento - Quando Pedir</i> .....	23
<b>2.1.6. Modelos de gestão de estoques</b> .....	<b>24</b>
2.1.6.1. <i>Procedimentos de Controle Permanente</i> .....	24
2.1.6.2. <i>Procedimentos de controle periódico</i> .....	27
<b>2.1.7. Estoque de segurança</b> .....	<b>30</b>
<b>3. METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	<b>32</b>
<b>4. ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>35</b>
4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA .....	35
4.2. PROBLEMÁTICAS ENCONTRADAS E DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO TRABALHO .....	36
4.3. ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS .....	38
<b>4.3.1. Dados comuns</b> .....	<b>38</b>
<b>4.3.2. Dados específicos</b> .....	<b>40</b>

4.3.2.1. <i>Lead time histórico</i> .....	41
4.3.2.2. <i>Lead time reduzido</i> .....	41
4.3.2.3. <i>Demanda histórica</i> .....	42
4.3.2.4. <i>Demanda prevista</i> .....	42
4.4. RESULTADOS .....	44
<b>4.4.1. Cenário 1 – Parâmetros de estoques com dados de demanda e <i>lead time</i> históricos</b> .....	44
<b>4.4.2. Cenário 2 – Parâmetros de estoque com dados de demanda prevista e <i>lead time</i> histórico</b> .....	45
<b>4.4.3. Cenário 3 – Parâmetros de estoque com dados de demanda prevista e <i>lead time</i> reduzido</b> .....	46
4.5. ANÁLISE DE RESULTADOS .....	47
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	57
<b>APÊNDICE A – Cálculo do valor relativo para classificação ABC</b> .....	62
<b>APÊNDICE B – <i>Lead time</i> médio atual para itens classe A</b> .....	66
<b>APÊNDICE C – <i>Lead time</i> médio reduzido para itens classe A</b> .....	67
<b>APÊNDICE D – Demanda média mensal atual para itens classe A</b> .....	68
<b>APÊNDICE E – Demanda média mensal prevista para itens classe A</b> .....	69
<b>APÊNDICE F – Parâmetros de estoque para demanda e <i>lead time</i> históricos</b> .....	70
<b>APÊNDICE G – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para demanda e <i>lead time</i> históricos</b> .....	71
<b>APÊNDICE H – Parâmetros de estoque para demanda prevista e <i>lead time</i> histórico</b> ...	72
<b>APÊNDICE I – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para demanda prevista e <i>lead time</i> histórico</b> .....	73
<b>APÊNDICE J – Parâmetros de estoque para demanda prevista e <i>lead time</i> reduzido</b> ....	74
<b>APÊNDICE K – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para demanda prevista e <i>lead time</i> reduzido</b> .....	75

## 1. INTRODUÇÃO

Estoques podem ser definidos, segundo Ballou (2006, p. 271), como "acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística da empresa". Em outras palavras estoques são recursos materiais de um sistema de transformação que são armazenados de maneira acumulada (SLACK, 2006).

De forma utópica, caso um item fosse fornecido exatamente quando é demandado, não existiria a necessidade de estocá-lo, contudo, o estoque existe exatamente por haver uma diferença entre a taxa demandada e a taxa de fornecimento. Por exemplo, a inconstância no abastecimento de água gera a necessidade de uma estocagem, a caixa d'água, a qual tem seu estoque elevado quando o consumo é inferior ao abastecimento ou tem seu estoque diminuído quando contrário (SLACK, 2006).

Dentre as vantagens de se manter um estoque pode-se mencionar a disponibilidade de produtos para atendimento ao cliente, garantindo um bom nível de serviço perante as incertezas na demanda do mesmo, além da segurança mediante possíveis problemas de qualidade, custo ou tempo de entrega do fornecedor e até mesmo algumas reduções de custos através de consolidação de mercadoria para o transporte (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2010). A existência de um estoque também pode gerar economias a partir do momento que este se torna um suporte à produção, fazendo-a mais eficiente através do rápido abastecimento e conseqüentemente possibilitando maiores lucros, sendo apoio inclusive em casos de contingências como greves ou desastres naturais conforme destaca Ballou (2006), o qual ainda cita que compras de materiais de estoque em maiores quantidades não só reduzem custos por conta de descontos, mas evitam diversas aquisições pequenas com diferentes preços, estes cada vez maiores por conta das atualizações de mercado.

A administração dos estoques não se trata apenas de um acúmulo de matéria-prima, mas de gerenciar custos de manutenção que podem variar de 20 a 40% de seu valor total (BALLOU, 2006), incluindo impostos governamentais, custos de oportunidade e custos de obsolescência (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2010), além de riscos de extravios e sinistros. Segundo Bowersox e Closs (2011) a escassez de métodos que possam avaliar estes custos torna difícil as determinações de níveis de serviço, eficiência operacional e níveis de estoque, fazendo com que muitas empresas mantenham um estoque superior as suas necessidades.

A gestão de estoques surge então como parte fundamental para garantir que o estoque seja configurado de maneira a gerar os menores custos possíveis sem provocar falta de

material, ou seja, dimensioná-lo de forma a atender as necessidades tanto produtivas quanto financeiras da empresa.

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Alimentação – ABIA (2013), a indústria de alimentação no Brasil representa 9,5% do PIB (Produto Interno Bruto), evidenciando a importância do setor para a economia do país. O desempenho financeiro destas indústrias está diretamente ligado ao desempenho logístico das mesmas, que por sua vez é influenciado pelos níveis de estoque que devem ser mantidos ao tentar aliar demanda à oferta (COELHO *et.al.* 2009). Conforme Dias (2010) a necessidade de integração entre as indústrias do setor alimentício, considerando também as parcerias na cadeia de suprimentos, é de grande valor para que vendas não sejam perdidas por rupturas de estoque. A partir deste contexto este trabalho realiza um estudo sobre gerenciamento de estoques de matérias-primas de uma empresa de fabricação de maquinários para o setor alimentício, que através de seus produtos acabados mostra-se essencial como ponto de partida para a produção de todo o ramo.

Seguida desta introdução a Seção 2 apresenta a revisão bibliográfica referente à gestão de estoques. Nesta é possível encontrar desde definições mais gerais, como tipos de estoques, parâmetros, custos, entre outros, até os modelos de gestão de estoques, os quais serão alvo desta pesquisa. Na Seção 3 encontra-se o estudo de caso, iniciado por uma contextualização da empresa, apresentação e tratamento dos dados, seguido dos resultados encontrados mediante aplicação do modelo de gestão escolhido e análises dos mesmos. Por fim, na Seção 4 são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 1.1. JUSTIFICATIVA

A competitividade de uma empresa está também ligada a uma boa gestão de estoques, pois, se por um lado a falta de estoque pode comprometer o nível de serviço ao deixar de atender os clientes, por outro lado o seu excesso pode ocasionar custos altos e desnecessários (FAVARETTO; DROHOMERETSKI, 2011).

Segundo Montanheiro e Fernandes (2008, apud BRITO, 2010) melhoras significativas são obtidas a partir de uma eficiente gestão de estoques, pois influencia diretamente na eficiência da produção, previne possíveis atrasos de entrega de pedidos além de embasar a tomada de decisões, tornando-a mais segura.

Assim sendo, a principal motivação para realização deste trabalho partiu da verificação da necessidade de um melhor gerenciamento do estoque de matérias-primas na empresa em estudo, na qual as movimentações de mercadoria apresentam constantes

problemas de faltas ou sobras, impactando diretamente no atendimento ao cliente e gerando custos não previstos, comprometendo a saúde financeira da mesma.

## 1.2. OBJETIVOS

Os objetivos gerais e específicos desta pesquisa guiarão as atividades descritas nesse relatório e serão geridas conforme a seguir. Os objetivos específicos são resultados intermediários do objetivo geral proposto, ou seja, são metas estipuladas que deverão ser cumpridas para se alcançar o objetivo geral.

### 1.2.1. Objetivo Geral

Propor uma reestruturação dos parâmetros de estoques de matérias-primas em uma indústria de máquinas alimentícias.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Definir o modelo de gestão de estoques a ser executado de acordo com a realidade da empresa em estudo.
- ✓ Calcular os parâmetros de estoque para as matérias-primas com maior giro de estoque, de acordo com o modelo de gestão escolhido, para três cenários diferentes.
- ✓ Comparar os resultados obtidos para cada cenário e propor a reestruturação dos parâmetros conforme aquele mais vantajoso.

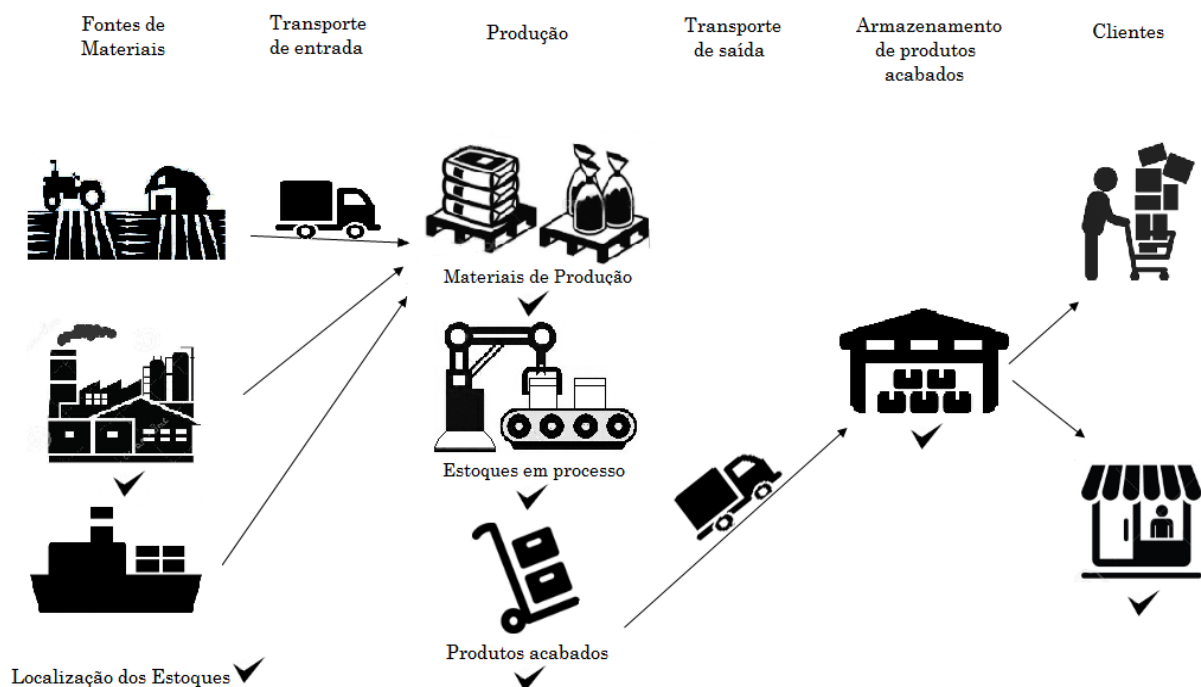
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda os principais conceitos relacionados ao tema do presente trabalho, a fim de gerar embasamento teórico para o desenvolvimento do estudo de caso.

### 2.1. GESTÃO DE ESTOQUES

Uma gestão de estoques eficiente objetiva ter o estoque certo no local certo para que tanto as necessidades do sistema sejam satisfeitas como os custos do mesmo sejam minimizados (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2010). Sendo uma cadeia de suprimentos composta por fornecedores e fabricantes em vários níveis, o estoque pode aparecer em diversos pontos, como em armazéns, pátios, chãos de fábrica, equipamentos de transporte, entre outros (BALLOU, 2006). Em cada local o estoque aparece de uma forma distinta, podendo ser estoque de matéria-prima, estoque de produtos em processamento (WIP - *Work in Process*) ou estoque de produtos acabados (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2010). A Figura 2 esquematiza os possíveis locais e formas de estoque.

Figura 1 - Localização dos estoques na cadeia de suprimentos.



Fonte: Adaptado de Ballou, 2006.

Assim pode-se dizer que todas as operações produtivas mantêm estoques e não importa o que está sendo armazenado, ou onde, sempre haverá uma diferença entre a taxa demandada e a taxa de fornecimento, e como consequência deste desequilíbrio existem os diferentes tipos de estoque (SLACK, 2006).

Ballou (2006) divide os tipos de estoques em cinco categorias, estoque de canal, estoque de especulação, estoque regular, estoque obsoleto e estoque de segurança.

- Estoque de canal : Segundo Ballou(2006) estoque de canal trata-se dos produtos em trânsito na cadeia de suprimentos, ou seja, o produto que se encontra em alguma modalidade de transporte, podendo ser inclusive aqueles entre operações da produção e Slack (2006) acrescenta que sua existência se dá devido à incapacidade de um material não poder ser transportado instantaneamente.
- Estoque de especulação: De acordo com Ballou (2006) os estoques de especulação existem quando alguns produtos tem alta variabilidade de preço e são comprados antes que um aumento no valor do produto ocorra, a fim de evitar a falta do produto, gerar valor ao mesmo e consequentemente lucro.
- Estoque regular: o estoque regular, também chamado por Slack (2006) de estoque de ciclo, existe para suprir a demanda entre reabastecimento, devido à incapacidade de se produzir alguns materiais ao mesmo tempo, sendo necessário então compensar o fornecimento irregular com o estoque.
- Estoque obsoleto: o estoque obsoleto ou morto é aquele formado por materiais que se tornam ultrapassados ou se deterioraram por conta de longos períodos de armazenagem, sendo produtos de alto valor ou perecíveis os que mais merecem atenção visto que trazem grandes perdas para a empresa caso se tornem obsoletos (BALLOU, 2006).
- Estoque de segurança: o estoque de segurança é formado para suprir as necessidades geradas por um excesso de demanda não previsto ou por variabilidades nos prazos de reposição, conforme destaca Ballou (2006).

Dentre os tipos de estoque, o estoque de segurança pode ser dimensionado e utilizado no modelo de gestão como um parâmetro de estoque. Segundo Bowersox e Closs (2011) o parâmetro estoque de segurança é parte do estoque destinado a cobrir as variações de curto prazo, podendo também ser definido como a quantidade mínima a ser mantida em estoque,

consistindo no parâmetro estoque mínimo. Além disso, existe o parâmetro estoque médio, o qual trata-se da quantidade normalmente mantida em estoque, sendo composto por produtos acabados ou em processo (BOWERSOX; CLOSS, 2011). O parâmetro estoque máximo é aquele que deve ser calculado de modo que um item seja comprado até atingir uma quantidade máxima, sem aumentar os custos de manutenção, ou seja, sem aumentar os custos financeiros com a compra e o espaço de armazenagem além do necessário (BORBA *et al.*, 2015).

### **2.1.2. Valor e custo de estoque**

Além de avaliar a qual tipo de estoque se destina um produto, é importante para uma empresa entender qual o valor que o mesmo tem sobre sua produtividade, ou seja, qual a importância exercida por aquele item para a organização mediante todos os outros. Muitas vezes os mesmos tipos de produtos têm diferentes pesos para empresas distintas e devem ser então tratados de forma diferente.

Por exemplo, conforme baseado em Slack (2006), para um estoque de produtos acabados de pneus para carros, a empresa fabricante de pneus considerará este produto como de grande importância para o faturamento da empresa por tratar-se do produto que a mantém. Já para uma revenda de autopeças, que não possui somente pneus como produto de venda e também não os compra apenas de um único fornecedor, a importância deste item de estoque será diferente, mesmo que seja o tipo de pneu mais vendido.

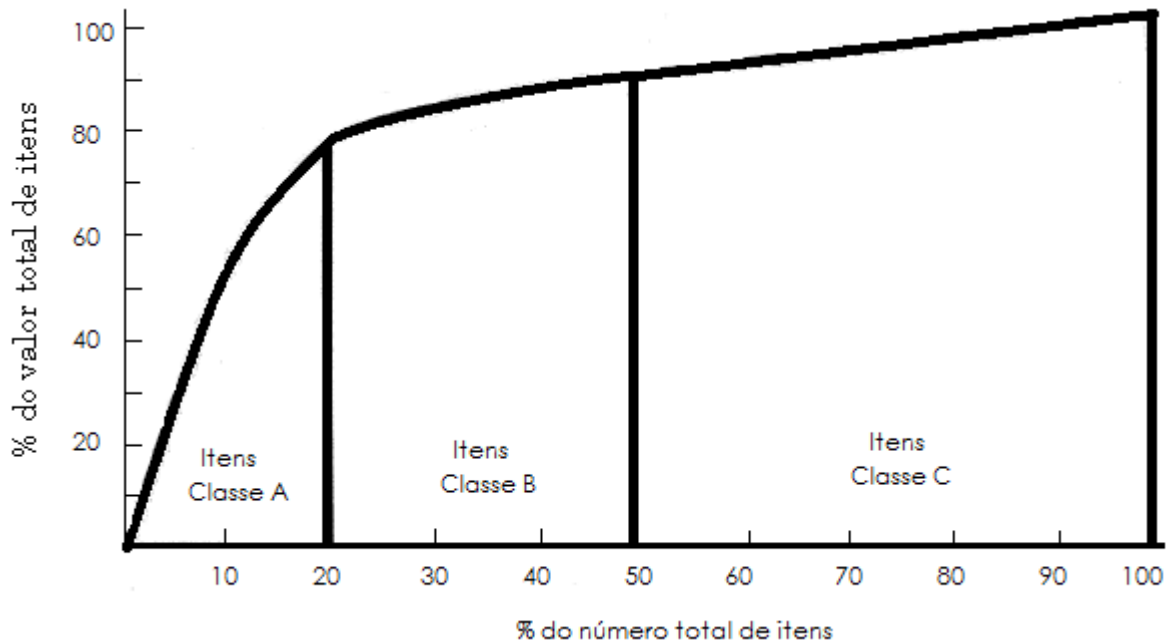
Segundo Brito (2010) o valor ou importância que cada material de estoque tem para uma empresa gera a necessidade de uma classificação para auxiliar no gerenciamento de estoques de múltiplos itens. Dentre as técnicas existentes, a classificação ABC apresenta simples aplicação e resultados imediatos, sendo comumente representada pela demanda do item multiplicada por seu custo unitário, resultando na ordenação destes itens em função de seu valor relativo e gerando três classes chamadas de A, B e C:

- Classe A: nesta classe encontram-se itens de alto valor e importância no processo produtivo, que exigem maior investimento e controle.
- Classe B: classe de controle menos rigoroso que a classe A, composta por itens de valor intermediário.
- Classe C: classe composta por itens de menor valor relativo e que requerem apenas um controle rotineiro.



Slack (2006) menciona que os itens classe A são aqueles responsáveis por 80% do valor total de estoque e 20% dos itens, fato conhecido como Lei de Pareto, também chamada de regra 80/20. Os itens classe B representam 30% dos itens e 10% do valor total de estoque enquanto os itens classe C compreendem 50% dos itens e 10% do valor total de estoque.

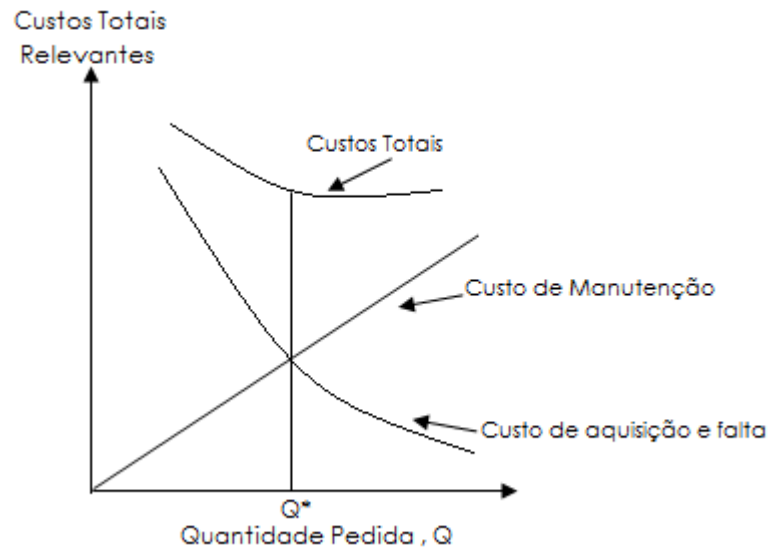
Figura 2 - Curva de Pareto para itens em estoque.



Fonte: Slack, 2006, p. 299.

Enquanto o valor do estoque dimensiona a importância que o mesmo tem dentro da organização, o custo de estoque dimensiona os custos financeiros atrelados ao mesmo. Tubino (2007, p. 68) define que a determinação dos níveis de estoque "é obtida da análise dos custos que estão envolvidos no sistema de reposição e de armazenagem dos itens" e Bowersox e Closs (2011) acrescentam que esta análise visa encontrar o equilíbrio entre estes custos, que conforme Ballou (2006) tratam-se dos custos de aquisição, manutenção e falta, os quais estão constantemente em conflito. A Figura 4 esquematiza estes custos e seu ponto de equilíbrio, onde define-se a quantidade a ser pedida.

Figura 3 - Quantidade do lote de ressuprimento e custos relevantes.



Fonte: Adaptado de Slack, 2006.

Os custos de aquisição de um produto não estão apenas ligados a seu preço de compra em si ou produção, mas a todos os custos envolvidos desde o momento do pedido de compra até a entrega do produto, isso inclui custos de processamento do pedido por departamentos envolvidos, custo de transmissão, custo de transporte, custo de manuseio, entre outros, sendo alguns fixos e outros não, variando conforme o tamanho do lote de compra ou produção (SLACK, 2006).

Segundo Ballou (2006) os custos de manutenção referem-se aos custos de armazenagem do material por um período estabelecido e são divididos em quatro classes:

- Custos de espaço: os custos de espaço tratam-se de custos relativos ao local de armazenagem propriamente dito, seja este locado ou próprio;
- Custos de capital: Os custos de capital são aqueles correspondentes ao capital imobilizado no estoque;
- Custos de serviços de estocagem: Os custos de serviços de estocagem referem-se a custos com impostos e seguros, que por serem relativos ao total de estoque disponível são considerados como um custo de manutenção;
- Custos de riscos de estocagem: Os custos dos riscos de estocagem são aqueles pertinentes a materiais não vendidos, seja por danos, roubos, obsolescência, entre outros;

O Quadro 1 demonstra a porcentagem relativa de cada classe em relação ao custo de manutenção total.

Quadro 1 - Porcentagens relativas aos custos de manutenção.

<b>Custo de manutenção</b>	<b>Porcentagem</b>
Custos dos juros e de oportunidade	82,00%
Obsolescência	14,00%
Armazenagem e manuseio	3,25%
Impostos sobre propriedade	0,50%
Seguros	0,25%
Total	100%

Fonte: Adaptado de Ballou, 2006.

Conforme apresentado no Quadro 1, verifica-se que o custo de manutenção se compõe principalmente dos custos de oportunidade a partir do capital imobilizado em estoques. Por este motivo, o custo de manutenção de estoques normalmente é calculado conforme definido na Equação (1) (TUBINO, 2007):

$$C_i = E_m \cdot C_{un} \cdot i \quad (1)$$

Em que:

$C_i$  = Custo de Manutenção (moeda)

$E_m$  = Estoque médio (unidades)

$C_{un}$  = Custo unitário do produto (moeda)

$i$  = Taxa de encargos financeiros sobre os estoques (percentual)

Os custos de falta de estoques são definidos por Slack (2006, p. 285) como "custos incorridos por nós, pela falha no fornecimento a nossos consumidores", conforme também explicitado por Ballou (2006) que acrescenta que estes podem ser computados através do custo da venda perdida, que se trata do lucro perdido, ou do custo de pedido atrasado, referente aos gastos extras quando um cliente decide esperar pela conclusão do pedido, podendo ser calculado através da Equação (2):

$$C_f = (1 - NS).L.D.DA \quad (2)$$

Em que:

$C_f$  = Custo da falta de estoque (moeda)

$NS$  = Nível de serviço esperado (adimensional)

$L$  = Lucro por produto vendido (moeda)

$D$  = Demanda média por dia (unidades)

$DA$  = Dias no ano em que se tem produção

Assim o custo total de estoque pode ser obtido através da soma do custo da falta de estoque ao custo de manutenção do estoque.

Entendendo-se então os custos relativos às dimensões dos estoques e como classificá-los através da sua importância, pode-se tomar decisões de forma mais segura. Porém, antes de se entender quais os tipos de decisões mais importantes sobre os estoques, é necessário classificar os problemas existentes no gerenciamento, devido sua influência direta no processo, o que será apresentado na próxima seção.

### 2.1.3. Problemas no gerenciamento de estoques

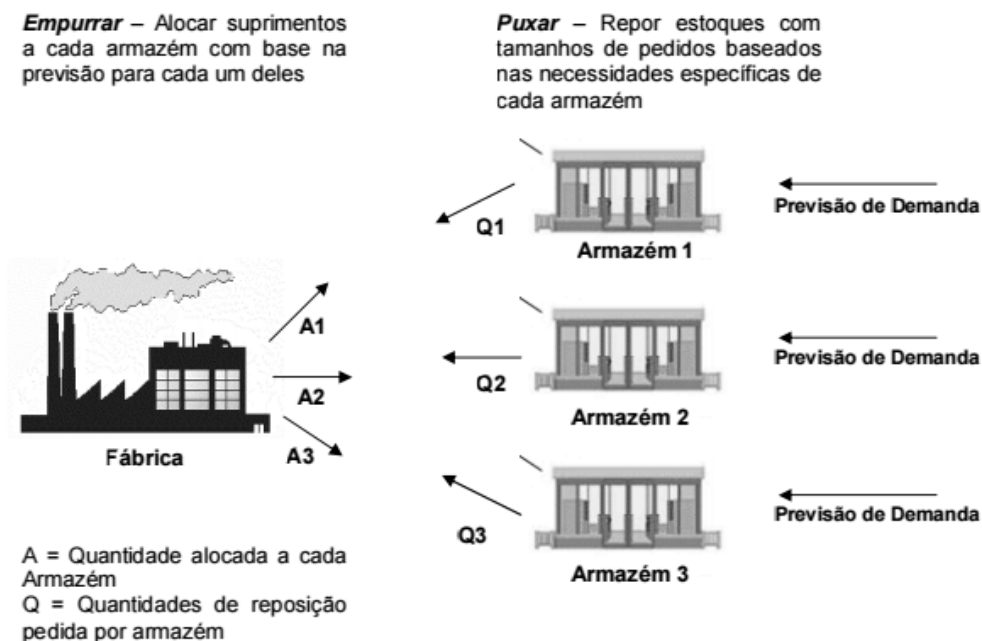
Ballou (2006) destaca que são inúmeros os problemas tratados pelo gerenciamento de estoque e que estes não podem ser resolvidos a partir de um único método, portanto essa caracterização exige que exista uma classificação para estes problemas, a fim de facilitar a identificação dos parâmetros a serem gerenciados e organizá-los de forma a selecionar o método de resolução que melhor se encaixe. Segundo o autor, as categorias de classificação mais importantes são:

- **Natureza da Demanda:** A natureza da demanda sem dúvidas desempenha um papel importante para que possam ser determinados os volumes de estoque. Existem vários padrões de demanda, sendo o mais comum destes chamado de perpétuo. Um produto pode possuir uma demanda perpétua quando seu ciclo de vida é de pelo menos 5 anos, mesmo que grandes picos sejam experimentados neste meio. Um produto de demanda sazonal é aquele consumido em apenas algumas épocas do ano, merecendo grande atenção para que não se tenham sobras ou faltas. Existem produtos em que a demanda se esgota em um curto espaço de tempo, por geralmente possuírem alto grau de

atualização (como livros didáticos) e também produtos com demanda derivada de outro produto, ou seja, conforme um primeiro produto é vendido, o segundo também será.

- **Filosofia de Gerenciamento:** Existem duas filosofias de gerenciamento, a de puxar e a de empurrar. A primeira considera cada local de estoque de um modo independente, não analisando o efeito que a reposição dos mesmos tem sobre a origem e baseando a mesma conforme a sua necessidade. A segunda estabelece a reposição para os armazéns a partir da origem segundo alguma análise, como projeções, espaço disponível, entre outros critérios, centralizando as decisões. O modelo híbrido para estas duas filosofias seria o reabastecimento colaborativo, onde os representantes de cada local entram em comum acordo para determinar as quantidades e momentos de reabastecimento. A Figura 5 demonstra as filosofias de puxar e empurrar, sendo as quantidades de reposição representadas por  $A_n$  as empurradas e as quantidades de reposição representadas por  $Q_n$  são as quantidades puxadas.

Figura 4 - Filosofias de puxar e empurrar de gerenciamento de estoques.



Fonte: Ballou, 2006.

- **Grau de Agregação de Produtos:** Um controle de estoque por item, que leva ao controle exato de cada componente, é uma abordagem de gerenciamento de baixo para

cima, uma vez que pensando-se em todo o estoque e seus diversos níveis, observar um único item trata-se de analisar o menor nível. A abordagem de cima para baixo é aquela que trata de um controle por grupos de produtos ao invés de isoladamente e tende a ser menos precisa, porém satisfatória quando a análise é sobre o investimento e a quantidade de SKU's (*Stock Keeping Unit* - Item de estoque) é grande demais para garantir a confiabilidade do método item-por-item.

Para que estes problemas sejam solucionados a empresa deve organizar-se de tal modo que o sistema de produção possa fluir de maneira natural, gerando menor esforço e com isso gerar tempo livre para que os gerentes aperfeiçoem o sistema existente ou desenvolvam novos projetos. Essa organização acontece mediante a definição de uma política de estoques (PEREIRA *et al.*, 2003).

#### **2.1.4. Política de estoque**

Talvez uma das mais difíceis definições referentes ao gerenciamento de estoque, a política de estoque consiste basicamente em normas relacionadas ao estoque, desde o quanto comprar ou produzir, até onde estocar, além de também ser responsável pela estratégia de gerenciamento, se esta será centralizada ou independente para cada centro de distribuição, conforme destaca Bowersox e Closs (2011). Simchi-Levi *et al.* (2010, p. 67) definem política de estoques, em outras palavras, como "a estratégia, a abordagem ou o conjunto de técnicas utilizado para definir a maneira de administrar estoques".

Segundo Tubino (2007) "os estoques são criados para absorver diferentes problemas do sistema de produção" e como os mesmos não agregam valor aos produtos o sistema será mais eficiente quanto menor forem os níveis de estoque, sendo que para definir os níveis de estoque necessita-se equacionar três variáveis básicas: quanto pedir, quando pedir e como controlar. Slack (2006) define estas três variáveis como decisões sobre estoques.

#### **2.1.5. Decisões sobre estoques**

No dia a dia de um estoque pedidos de clientes externos e internos são recebidos, os itens são expedidos e aos poucos são consumidos devido à demanda. Pedidos de ressurgimento são colocados e assim que a mercadoria chega deve ser armazenada. Estas tarefas exigem dos gerentes três tipos de decisões, a primeira sobre o quanto pedir, ou seja,

qual será o tamanho do lote de ressuprimento, a segunda decisão trata de quando pedir, que significa saber em qual momento a reposição deve ser acionada e a terceira decisão abrange como controlar, que constitui em estabelecer qual a melhor política de apoio às decisões anteriores (SLACK, 2006).

#### 2.1.5.1. Determinação do Lote de Ressuprimento - Quanto Pedir

O objetivo é então identificar a quantidade de ressuprimento que minimize os custos de manutenção e de emissão de pedidos. Esta quantidade é chamada de Lote Econômico de Compra - LEC e a maneira mais eficiente de calculá-la é através da Equação (3) (BOWERSOX; CLOSS, 2011):

$$LEC = Q = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_u i}} \quad (3)$$

Em que:

$LEC = Q =$  Lote econômico de compra (unidades)

$C_p =$  Custo de emitir e colocar um pedido (moeda)

$i =$  Taxa de retorno de investimento (percentual)

$D =$  Demanda média (unidades)

$C_u =$  Custo unitário do produto (moeda)

Bowersox e Closs (2011) mencionam que apesar da fórmula de LEC calcular a quantidade ótima de ressuprimento, ela possui algumas suposições que restringem sua aplicação, tais como:

- Atendimento de toda a demanda, não pressupõe demandas crescentes ou decrescentes;
- Considera a taxa de demanda conhecida, constante e contínua;
- Períodos de tempo de ressuprimento conhecidos e constantes;
- O preço de compra do produto é considerado constante;
- Horizonte de planejamento infinito;
- Ausência de iteração com outros itens do estoque;
- Inexistência de estoque em trânsito;
- A empresa possui disponibilidade ilimitada de capital.

Para Slack (2006) a fórmula de LEC tenta determinar custos e então otimizar decisões a partir destes, sendo um modelo de abordagem reativa, enquanto o mais correto seria primeiramente tentar mudar a operação de modo a reduzir os níveis de estoque capazes de atendê-la.

#### 2.1.5.2. Determinação do Ponto de Ressuprimento - Quando Pedir

Caso a chegada do pedido de abastecimento fosse instantânea assim que solicitado, não haveria a necessidade de se calcular quando o mesmo teria de ser efetuado, contudo, há um *lead time* entre a colocação do pedido e sua entrega, considerado fixo e que apesar de não ser sempre assim, o estoque de segurança existe exatamente para cobrir estas variabilidades (SLACK, 2006).

Segundo Bowersox e Closs (2011) o ponto de ressuprimento, ou momento de pedir, pode ser calculado em unidades ou dias de suprimentos, sobre as condições de certeza de demanda e do tempo de abastecimento, segundo a Equação (4):

$$PR = D \times T \quad (4)$$

Em que:

*PR = Ponto de Ressuprimento (unidades)*

*D = Demanda média no período (unidades)*

*T = Tempo de ressuprimento (semanal, mensal, anual)*

Quando existem incertezas sobre a chegada do material, Bowersox e Closs (2011) acrescentam o estoque de segurança, resultando na Equação (5):

$$PR = D \times T + ES \quad (5)$$

Em que:

*PR = Ponto de Ressuprimento (unidades)*

*D = Demanda média no período (unidades)*

*T = Tempo de ressuprimento (semanal, mensal, anual)*

*ES = Estoque de segurança (unidades)*



Calculados os volumes e pontos de ressuprimento é preciso determinar então de que forma controlá-los. O controle de estoques acompanha as quantidades disponíveis em locais específicos e suas variações durante o tempo, sendo um procedimento de rotina e imprescindível para que se definam as frequências com as quais serão examinados os níveis de estoques, sendo necessário para cumprimento da política de estoque (BOWERSOX; CLOSS, 2011).

Segundo Bowersox e Closs (2011) as empresas devem se basear em considerações de natureza estratégica para estabelecer e implementar políticas de estoques, o que exige o desenvolvimento de um extenso processo gerencial. Assim, a política de estoques é responsável por escolher um modelo de gestão capaz de controlar os parâmetros de estoque, estes também chamados de modelos de controle de estoques, os quais serão apresentados a seguir.

#### **2.1.6. Modelos de gestão de estoques**

Os modelos de gestão de estoque são caracterizados pela maneira com que as variáveis analisadas representam a realidade. Modelos mais estruturados consideram taxas de recebimentos de materiais ou sua produção, variações de preço, custos agregados, incertezas, entre outros (CORRÊA & DIAS, 1998).

Tubino (2007) afirma que os modelos de controle de estoques têm a função de definir regras que estabeleçam a reposição de um item e sendo a programação da produção puxada ou empurrada, conforme visto na Seção 2.1.3, estas possuem diferenças na utilização, planejamento e operação do sistema. Segundo o autor modelos de controle baseados na filosofia empurrar são classificados por: procedimentos de controle periódico e procedimentos de ponto de pedido ou de controle permanente. Já o modelo de controle mais conhecido da filosofia puxada é o Kanban. Neste trabalho serão apresentados os modelos fundamentados na lógica empurrada.

##### *2.1.6.1. Procedimentos de Controle Permanente*

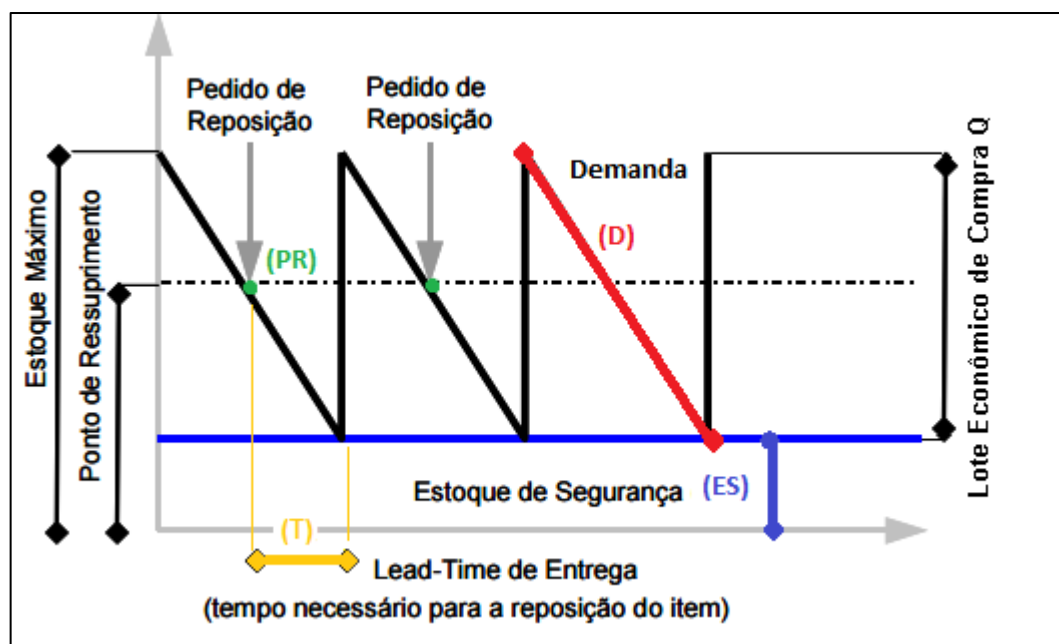
Procedimentos de controle permanente são definidos por Bowersox e Closs (2011) como aqueles executados diariamente para averiguar as necessidades de reposição e que necessitam de apoio de sistemas informatizados para que sejam eficazes, pois se tratam de um procedimento de controle preciso. Simchi-Levi *et al.* (2010, p. 77) denominam este

procedimento de política de avaliação contínua e a definem em outras palavras como sendo a política "em que o estoque é inventariado continuamente, e um pedido é emitido quando o nível de estoque atinge um nível específico, ou o ponto de reabastecimento".

O ponto de pedido, conforme relatado na Seção 2.1.5.1 é chamado de  $PR$  e precisa ser determinado pela inexistência de um reabastecimento instantâneo, ou seja, é necessário mensurar o nível a que o estoque deve chegar para que seja acionado um pedido de compra, calculado conforme a Equação (5) (BOWERSOX; CLOSS, 2011).

A Figura 6 demonstra o comportamento de um procedimento de controle permanente. Percebe-se que  $PR$  é fixo, bem como  $T$ , o tempo de atendimento ou *lead time* e  $Q$ , a quantidade de ressurgimento, também chamada de lote econômico de compra, que busca uma quantidade que minimize os custos de manutenção dos estoques e emissão de pedidos, é calculada pela Equação (3) conforme descrito na Seção 2.1.5.1.

Figura 5 - Modelo de revisão contínua.



Fonte: Adaptado de Pereira *et.al*, 2003.

De acordo com Tubino (2007), a adoção de uma avaliação contínua não está fundamentalmente ligada a utilização do cálculo do lote econômico de compra (LEC). A quantidade  $Q$  pode ser definida, conforme Buffa (1968, apud ROSA *et al.*, 2010), através de algum critério de importância baseado em experiências práticas, porém torna-se claramente conveniente a reposição de estoques em quantidades econômicas, sendo então esta calculada através da Equação (3).

Segundo Bowersox e Closs (2011) este tipo de controle compara a soma do estoque em pedido ( $Q_p$ ) e estoque existente ( $E$ ) com a quantidade do ponto de ressuprimento ( $PR$ ).  $Q_p$  é a quantidade que consta nos pedidos que já foram realizados ao fornecedor, mas ainda não foram entregues,  $E$  é a quantidade total existente no estoque físico da empresa. Caso a soma destes seja menor que  $PR$  então o controle de estoques dá início a um novo pedido conforme apresentado na Equação (6):

$$\text{se } E + Q_p < PR, \text{ então pedir } Q \quad (6)$$

Em que:

$E =$  Estoque disponível (unidades)

$Q_p =$  Quantidade pendente (unidades)

$PR =$  Ponto de ressuprimento (unidades)

$Q =$  Quantidade do novo pedido (unidades)

Buffa (1968, apud ROSA *et al.*, 2010) menciona que esta análise deve ser feita quando o tempo de ressuprimento  $T$  é longo e quantidade  $Q$  solicitada é suficiente para um tempo menor que  $T$ , pois se caso o tempo de ressuprimento  $T$  for curto a necessidade é quase que prontamente atendida e não é necessário levar em conta os pedidos pendentes..

Assim que o ponto de ressuprimento  $PR$  se iguala ao estoque existente  $E$  somado a  $Q_p$ , iniciam-se as providências para uma nova reposição e a quantidade já pedida chega ao depósito, conforme destacam Bowersox e Closs (2011), os quais também definem que o estoque médio no modelo de controle permanente pode ser calculado pela Equação (7):

$$E_{\text{médio}} = \frac{Q}{2} + ES \quad (7)$$

Em que:

$E_{\text{médio}} =$  Estoque médio (unidades)

$Q =$  Quantidade do pedido =  $LEC$  (unidades)

$ES =$  Estoque de segurança (unidades)

Segundo Santos *et al.* (2009) o estoque máximo para o procedimento de controle permanente é calculado através da soma da quantidade a ser pedida e o estoque de segurança, conforme Equação (8):

$$E_{m\acute{a}x} = Q + ES \quad (8)$$

Em que:

$E_{m\acute{a}x}$  = *Estoque máximo (unidades)*

$Q$  = *Quantidade do pedido = LEC (unidades)*

$ES$  = *Estoque de segurança (unidades)*

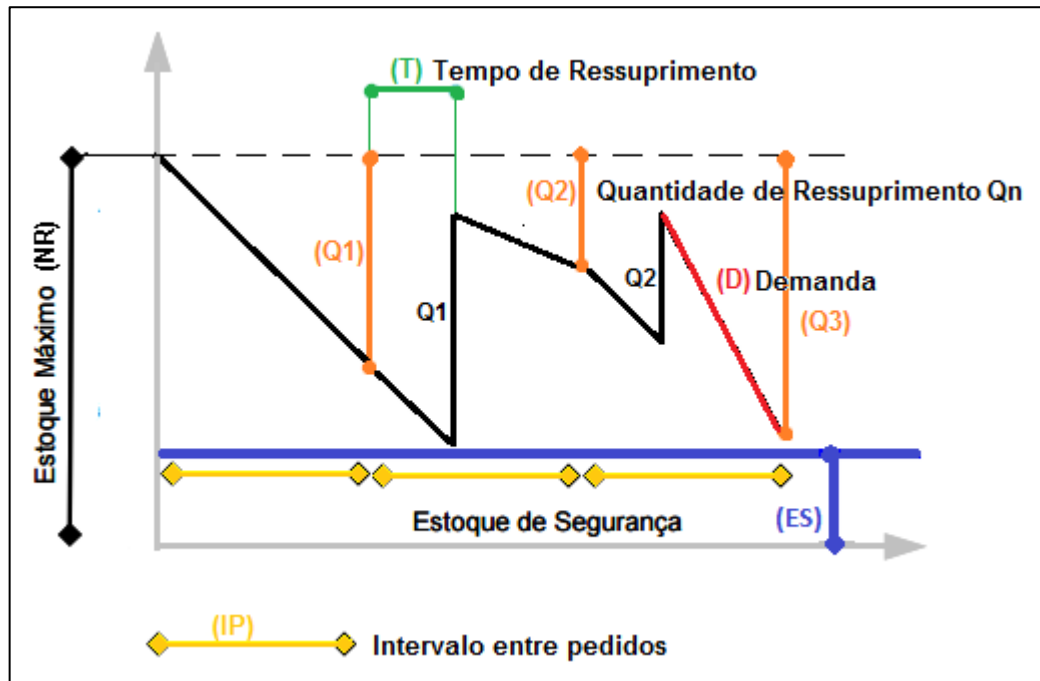
O ressuprimento leva em conta que os pedidos de compra do produto que está sendo controlado são acionados assim que o ponto de ressuprimento é atingido e que o método monitora permanentemente o estado dos estoques, caso estas suposições não se satisfaçam,  $PR$  e  $Q$  devem ser revistos por se tratarem dos parâmetros de controle do procedimento (BOWERSOX & CLOSS, 2011).

#### 2.1.6.2. Procedimentos de controle periódico

Simchi-Levi *et al.* (2010, p. 81) definem o procedimento de controle periódico como aquele "em que o nível do estoque é avaliado a intervalos regulares e uma quantidade apropriada é pedida após cada avaliação. Este tipo de política é o mais apropriado para sistemas em que é impossível ou inconveniente promover uma avaliação do estoque e emitir pedidos, se necessário". Slack (2006) acrescenta que a dificuldade de se avaliar continuamente um estoque permite a escolha do modelo de controle periódico, porém sacrificando o uso de uma quantidade de pedido fixa e, portanto, ou muito provavelmente, ótima.

A Figura 7 apresenta o modelo de revisão periódica onde percebe-se um intervalo constante de avaliação e variabilidades entre as quantidades de ressuprimentos.

Figura 6 - Modelo de revisão periódica.



Fonte: Adaptado de Pereira *et.al*, 2003.

Segundo Tubino (2007) o intervalo entre pedidos (*IP*) pode ser definido utilizando a quantidade *Q* de lote econômico, o que fará a quantidade a ser reposta se aproximar do mesmo, sendo calculado mediante a Equação (9):

$$IP = \frac{Q \times DA}{D} \quad (9)$$

Em que:

*IP* = Intervalo entre pedidos (dias)

*Q* = Quantidade do pedido = LEC (unidades)

*DA* = Dias no ano em que se tem produção (dias)

*D* = Demanda média diária (unidades)

Buffa (1968, apud ROSA *et al.*, 2010) define o nível alvo máximo de estoque para o modelo segundo a Equação (10):

$$NR = D \times (IP + T) + ES \quad (10)$$

Em que:

$NR = \text{Estoque máximo}$

$D = \text{Demanda média no período (unidades)}$

$T = \text{Tempo médio de ressuprimento (semanal, mensal, anual)}$

$IP = \text{Intervalo entre pedidos (dias, semanas, meses)}$

$ES = \text{Estoque de segurança (unidades)}$

A quantidade  $Q_n$  que deve ser pedida para que o estoque alcance  $NR$ , levando em conta o estoque existente  $Q_f$ , define-se conforme Tubino (2000, apud ROSA *et al.*, 2010) de acordo com a Equação (11):

$$Q_n = NR - Q_f \quad (11)$$

O autor também cita que em casos onde  $IP < T$  existirão quantidades solicitadas em pendência, chamadas de  $Q_p$  e devem ser consideradas, além das quantidades reprimidas de demanda  $Q_r$  que devem ser atendidas e sendo assim o cálculo de  $Q_n$  é realizado através da Equação (12):

$$Q_n = NR - Q_f - Q_p + Q_r = D \times (IP + T) - Q_f - Q_p + Q_r + ES \quad (12)$$

Em que:

$Q_n = \text{Quantidade a ser pedida (unidades)}$

$Q_f = \text{Quantidade existente em estoque (unidades)}$

$Q_p = \text{Quantidades pendentes (unidades)}$

$Q_r = \text{Quantidades reprimidas (unidades)}$

$NR = \text{Estoque máximo (unidades)}$

$D = \text{Demanda média no período (unidades)}$

$T = \text{Tempo médio de ressuprimento (semanal, mensal, anual)}$

$IP = \text{Intervalo entre pedidos ( dias, semanas, meses)}$

$ES = \text{Estoque de segurança (unidades)}$

Segundo Bowersox e Closs (2011) a existência de um intervalo entre duas contagens consecutivas faz com que o estoque médio para o modelo de controle periódico seja maior que para o modelo de controle permanente e conforme apresentado na Equação (13):

$$E_{m\u00e9dio} = \frac{Q_n}{2} + \frac{IP \times D}{2} + ES \quad (13)$$

Em que:

$D$  = Demanda média no período (unidades)

$IP$  = Intervalo entre pedidos (dias, semanas, meses)

$ES$  = Estoque de segurança (unidades)

$E_{m\u00e9dio}$  = Estoque médio (unidades)

$Q_n$  = Quantidade do pedido (unidades)

$ES$  = Estoque de segurança (unidades)

Tubino (2007) destaca que o modelo de controle de revisão periódica não é um controle tão simples quanto o de revisão permanente, por ter de coletar diversas variáveis e exigir cálculos mais elaborados para definição das quantidades de ressuprimento, sendo assim é utilizado apenas quando outras alternativas não estão disponíveis, associando a necessidade de inventários periódicos com o ressuprimento dos itens.

### 2.1.7. Estoque de segurança

Conforme visto anteriormente, ambos os métodos de controle de estoques utilizam o estoque de segurança ( $ES$ ) para cálculo de seus parâmetros e este desempenha um papel importante nos mesmos através da compensação de incertezas.

Segundo Staudt (2011) o estoque de segurança pode ser obtido através de dois métodos, o DS – sistema de demanda, que se trata de um sistema reativo que calcula o estoque de segurança a partir da variabilidade da demanda ou o FS – sistema de previsão, sendo este um método ativo que calcula o estoque de segurança através da variabilidade dos erros de previsão de demanda.

Wanke (2003, apud STAUDT, 2011) apresenta duas equações para calcular o estoque de segurança para o método DS, mais comum e de mais fácil aplicação. A Equação (14) é

mais conservadora, avaliando as variáveis de forma independente e resultando em um estoque de segurança maior, enquanto a Equação (15) leva em conta compensações entre as variáveis.

Segue as formulações:

$$ES = Z_{\alpha} \sqrt{T \cdot \alpha_D^2 + D^2 \cdot \alpha_T^2} \quad (14)$$

$$ES = Z_{\alpha} \sqrt{(T \cdot \alpha_D)^2 + (D \cdot \alpha_T)^2 + \alpha_D^2 \cdot \alpha_T^2} \quad (15)$$

Em que:

$T$  = Tempo médio de ressuprimento (semanal, mensal, anual)

$ES$  = Estoque de segurança (unidades)

$Z_{\alpha}$  = Nível de serviço (adimensional)

$\sigma_D$  = Desvio padrão da demanda (unidades)

$D$  = Demanda Média no período (unidades)

$\sigma_T$  = Desvio padrão do tempo de ressuprimento (dias, semanas, meses)

O nível de serviço  $Z_{\alpha}$  é o fator que corresponde a  $f(Z_{\alpha})$ , que é a função distribuição normal acumulada, a qual define a probabilidade do estoque de segurança atender a demanda projetada, ou seja, definido o percentual de nível de serviço que deve ser atendido faz-se a relação com a Tabela de distribuição normal padronizada para obter-se  $Z_{\alpha}$  (BRITO, 2010).



### 3. METODOLOGIA DA PESQUISA

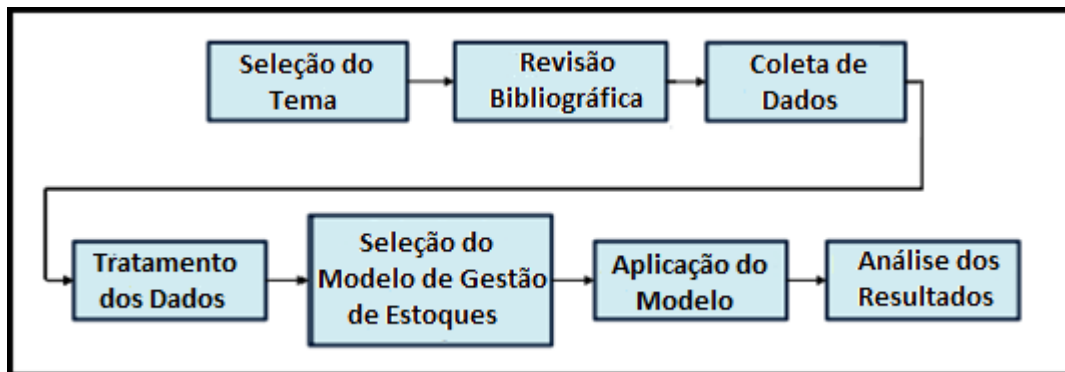
Segundo Miguel (2010, apud BRITO, 2010) uma metodologia de pesquisa pode ser definida através de três principais fatores: natureza, objetivo e abordagem:

- A natureza pode ser básica caso seu objetivo seja gerar conhecimentos novos sem aplicação prática ou pode ser de natureza aplicada caso houver um enfoque prático e o mesmo seja dirigido a solucionar problemas específicos.
- O objetivo pode ser exploratório ao criar familiaridade com o problema através de entrevistas e levantamentos bibliográficos, em geral assumindo a forma de pesquisas bibliográficas e estudos de caso. O objetivo será descritivo caso a pesquisa assuma forma de levantamento, uma vez que tenta estabelecer relações entre variáveis ou descrever características entre determinados fenômenos ou populações. Explicativo será o objetivo quando tenta explicar o porquê, assumindo características de pesquisas experimentais e pesquisa *ex-post-facto* (a partir do fato passado).
- A abordagem é quantitativa ao considerar que tudo pode ser quantificado, ou seja, traduzir os dados obtidos em informações que possam ser analisadas e rotuladas. Na abordagem qualitativa os dados são analisados de maneira mais intuitiva, onde os resultados não podem ser totalmente traduzidos em números.

De acordo com as definições apresentadas pode-se classificar este trabalho como de natureza aplicada visto que a pesquisa tem o propósito de melhorar o gerenciamento de estoques da empresa em estudo; com objetivo exploratório pois adentra o problema a ser solucionado, criando alto conhecimento sobre o mesmo e assumindo assim a forma de estudo de caso e abordagem quantitativa uma vez que suas conclusões são diretamente tiradas através de resultados numéricos, ou seja, através do cálculo dos parâmetros de estoques.

A Figura 1 apresenta as etapas realizadas no trabalho de forma sucinta.

Figura 7 - Etapas do trabalho.



Fonte: o autor, 2016.

Após a definição do tema para estudo e verificação de sua viabilidade junto a empresa estudada, o trabalho iniciou-se com uma revisão bibliográfica a fim de se adquirir conhecimentos a respeito da gestão de estoques e usá-los como base para aplicação no estudo.

Posteriormente os dados necessários foram coletados através do *software* de gestão utilizado pela empresa e entrevistas com os gestores. A empresa em estudo trabalha com o sistema SAP, um modelo de ERP (*Enterprise Resource Planning* - Planejamento de Recursos Empresarias) que integra todas as informações da mesma em um único local. Sendo assim, primeiramente iniciou-se o processo de identificação das matérias-primas que serão estudadas, as quais fazem parte de uma máquina em específico (máquina X), para em seguida coletar do sistema outras informações como:

- Quantidade necessária de matérias-primas por máquina: Quantas peças de determinada matéria-prima são necessárias para cada máquina X.
- Preço médio móvel do material: Preço médio de compra de cada matéria-prima, tratado como custo unitário.
- Ponto de ressuprimento atual: Nível de estoque em que se realiza um novo pedido atualmente.
- Lote mínimo de compra atual: Quantidade mínima a ser solicitada em cada compra ao fornecedor.
- *Lead time* fixado: Tempo de entrega imposto pela empresa ao fornecedor.
- *Lead time* realizado: Tempo total decorrido entre a colocação do pedido e a realização da entrega pelo fornecedor.

- Movimentações: Baixas realizadas do estoque referente matéria-prima, indicando a demanda histórica de cada item.

A previsão de demanda para a máquina X, bem como a taxa de manutenção de estoque e o custo de realizar um pedido foram obtidos mediante entrevistas com pessoas responsáveis pelo departamento de Manufatura e Logística. Os dados de *lead time* reduzidos foram coletados através de pesquisa direta com os fornecedores fixos dos materiais via e-mail, questionando-lhes qual seria o menor tempo de ressurgimento possível. Todos estes dados são necessários para que três cenários diferentes sejam compostos para realização dos cálculos.

Houve tratamento dos dados para selecionar aqueles pertinentes à pesquisa, no qual foi realizada uma classificação ABC dos componentes da máquina X para verificar os itens de maior importância. Após análise dos dados obtidos o modelo de gestão para aplicação do estudo foi selecionado. Gerou-se então resultados através do emprego do modelo escolhido para cada cenário montado. Estes resultados foram então avaliados e em seguida apresentada a conclusão, a qual define o cenário com as melhores condições para reestruturação dos parâmetros de estoque da empresa em estudo.

## 4. ESTUDO DE CASO

### 4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA

Por solicitação da empresa sua razão social não será divulgada, mantendo a integridade da mesma, que colaborou para o desenvolvimento desta pesquisa de todas as maneiras possíveis.

A empresa em estudo possui mais de 150 anos de mercado, tem sede em mais de 140 países e é líder global em engenharia de tecnologia térmica e mecânica, abrangendo transporte, purificação, separação, moagem, mistura e moldagem de grãos e matérias-primas, atuando então no processamento de cereais em farinha e ração, na produção de massa alimentícia e de chocolate, fundição sob pressão, moagem molhada e revestimento de superfície por exemplo.

No Brasil está presente desde 1953, sendo a principal unidade da América do Sul. Iniciou suas instalações na cidade de São Paulo - SP e há 10 anos transferiu-se para cidade de Joinville - SC, por se tratar de um município próximo a portos e fornecedores, além de oferecer uma melhor qualidade de vida aos colaboradores. A atual unidade conta com 320 funcionários, além de equipes terceirizadas atuando tanto no setor produtivo quanto administrativo. A empresa está autorizada por sua matriz a produzir 78 modelos de máquinas diferentes, que ao considerar suas variações pode-se alcançar 488 modelos, os quais abrangem principalmente o processamento de trigo e tecnologia de moagem.

A linha de produção da empresa funciona sob encomenda, ou seja, é puxada através do cliente final, visto que mesmo o propósito de uma máquina sendo único, pode haver necessidade de customização. A compra de uma determinada máquina geralmente vem acompanhada de outras e então é realizado um grande projeto ao cliente, o qual recorre a financiamentos como o BNDES para adquirir os produtos. Com a crise econômica que atingiu o país, muitos financiamentos foram perdidos ou cortados pela metade, além do aumento da taxa de juros, o que enfraqueceu as compras. Para que a empresa não parasse, começou-se a produzir alguns maquinários específicos que possuem alta probabilidade de vendas, gerando um estoque de produtos acabados.

Uma das principais tecnologias vendidas refere-se a uma máquina de preparação e limpeza de grãos, essencial para aumentar a validade dos mesmos e sua qualidade, tratando-se de tecnologia de alta performance, capaz de atuar 24 horas por dia, 7 dias por semana. A produção para estoque desta máquina iniciou em uma unidade por semana e deseja-se

augmentar esta produção para uma unidade e meia por semana a partir de janeiro de 2017. Esta máquina especificamente será o foco do presente estudo, sendo chamada ao longo do trabalho de máquina X.

#### 4.2. PROBLEMÁTICAS ENCONTRADAS E DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO TRABALHO

A empresa define, atualmente as quantidades de estoque de matérias-primas a serem mantidas no armazém baseando-se em experiências vividas e previsões. No momento, os parâmetros utilizados para gestão de estoques são o ponto de ressuprimento e a quantidade mínima de compra, ambos calculados com base nas quantidades necessárias de itens de matérias-primas por cada máquina a ser produzida, sem a existência, por exemplo, de um estoque de segurança. Os *lead times* de reabastecimento dos fornecedores são em sua maioria fixos em 30 dias, salvo exceções de 45 dias.

A alteração do sistema de produção de algumas máquinas para o modelo de produção para estoque (conhecido como *make-to-stock*\*) aumentou a demanda de algumas matérias-primas. Com isso, problemas de falta de estoque de matérias-primas começaram a surgir, pois sem a existência de um estoque de segurança e sendo o ponto de ressuprimento atual baixo, a quantidade de matérias-primas que sobrava em estoque até aguardar a chegada de um novo pedido não era suficiente para cobrir as necessidades.

Com o planejamento da produção com um horizonte avançado, visto que as quantidades estavam fixas semanalmente, começou-se a comprar matérias-primas com antecedência de até dois meses a programação, levando em conta que nestes há um mês para a entrega.

Estas compras antecipadas de matérias-primas cobriram algumas demandas que estavam atrasadas, não suportadas pelos níveis de estoque até então estabelecidos, arriscando produções futuras caso novas compras não fossem feitas com antecedência também ou em casos de menor necessidade mantendo o item em estoque por muitos dias, às vezes mais de um mês, até que este fosse utilizado para sua programação, gerando custos de manutenção de estoques desnecessários.

Os tempos de ressuprimento fixos em 30 ou 45 dias para todas as matérias-primas tratam-se de outra variável que merece atenção, visto que poderiam ser reduzidos ao se considerar uma demanda fixa semanal conhecida pelo fornecedor. Com o período de 30 dias

---

\* *Make-to-stock*: o produto é fabricado mediante previsão de demanda, atendendo ao pedido do cliente quase de imediato ao retirar este produto do estoque de produtos acabados. Possui a vantagem de menor *lead time*, entretanto significa capital investido em produtos parados aguardando compra (PACHECO; CÂNDIDO, 2001).

mínimo para o ressuprimento é preciso aumentar os níveis de estoque e os lotes de compra para que estes supram as necessidades durante todo o período.

Para a máquina X, objeto deste estudo, a previsão é que sua produção para o ano de 2017 aumente de quatro para seis máquinas ao mês, cerca de uma máquina e meia por semana, o que comprometerá ainda mais as condições atuais de estoque de matérias-primas. Assim torna-se necessário reavaliar os parâmetros de estoque vigentes e verificar aqueles que não estão em vigor.

Pelo fato da empresa em estudo já trabalhar com o modelo de revisão contínua, visto que tem estabelecido um ponto de ressuprimento, e possuir um *software* (SAP) que auxilia no controle contínuo dos níveis de estoque, este será o modelo escolhido para aplicação. Segundo Rosa *et al.* (2010) o modelo de revisão contínua proporciona menores níveis de estoque médio e custos totais se comparado ao modelo de revisão periódica para as mesmas condições, mesmo diante das limitações do lote econômico de compra.

Os cálculos dos parâmetros de estoque para o novo modelo de revisão contínua serão realizados utilizando quatro tipos de dados de entrada diferentes (demanda histórica e prevista e *lead time* histórico e reduzido), o que gerará três cenários distintos:

- Cenário 1: O cenário 1 será definido considerando os dados históricos de demanda e *lead time* (tempo de ressuprimento), para o período de um ano, sendo este de setembro de 2015 a outubro de 2016.
- Cenário 2: O cenário 2 irá considerar a previsão de demanda para o período de outubro de 2016 a setembro de 2017, sendo que os meses do ano de 2016 possuem média de quatro máquinas ao mês e para o ano de 2017 serão seis máquinas ao mês. O *lead time* considerado será o atual praticado, ou seja, os dados retirados de histórico.
- Cenário 3: O cenário 3 também considerará a previsão de demanda, idêntica ao segundo cenário, porém este com *lead time* reduzido, repassado pelos fornecedores.

A partir dos três cenários montados com diferentes dados de entrada, serão calculados os seguintes parâmetros: o estoque de segurança, o ponto de ressuprimento, o lote econômico de compra, o estoque médio e os custos de manutenção e falta de estoque, todos aplicados primeiramente a um nível de serviço de 90% e posteriormente 95%.

Será também calculado o custo de aquisição de matérias-primas para o estoque de segurança. Este item é importante para compreender o investimento a ser realizado, visto que mesmo a empresa tendo de comprar matérias-primas para produzir, o dimensionamento dos

parâmetros influencia na quantidade a ser adquirida. Este custo será estimado com base no estoque de segurança, parâmetro que até então não é aplicado pela empresa e exige aplicação de capital em um estoque adicional que ficará “parado”, como um seguro para variações no *lead time* de entrega ou na demanda.

Neste contexto, a Seção 4.3 apresentará os dados coletados, suas análises e tratamentos. Na Seção 4.4 traz-se os resultados obtidos mediante aplicação do modelo e a Seção 4.5 trata das análises destes resultados, comparando os parâmetros de cada cenário e verificando sua aplicabilidade.

### 4.3. ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Para melhores entendimentos serão mantidos ao decorrer do trabalho os dados de pelo menos cinco principais itens tratados e nos Apêndices poderão ser encontrados os demais. Inicialmente serão apresentados os dados comuns a todos os cenários na Seção 4.3.1 e a Seção 4.3.2 trará os dados específicos de cada cenário, conforme mencionados na Seção 4.2.

#### 4.3.1. Dados comuns

Primeiramente realizou-se uma classificação ABC das matérias-primas. A máquina X é composta por 165 itens de estoque e através dos dados de quantidade necessária de cada item por máquina e custo unitário de cada material, calculou-se o percentual relativo de cada material ao valor total de todos os itens. O Quadro 2 apresenta este cálculo para os cinco itens mais importantes segundo a análise ABC.

Percebe-se que o principal produto (item 1) possui um custo unitário baixo, mas uma importância, ou seja, um valor relativo, quase duas vezes maior que o segundo item mais importante (item 2), o qual possui alto custo unitário. Assim verifica-se que a importância relativa de um item não está somente associada ao seu custo unitário, mas também ao seu grau de utilização.

Quadro 2 - Cálculo do valor relativo.

Item	Custo Unitário (R\$)	Demanda por Máquina (Unid.)	Valor Relativo (C.U X Demanda)	%
1	R\$ 50,15	64	R\$ 3.209,60	11,4%
2	R\$ 1.788,31	1	R\$ 1.788,31	6,3%
3	R\$ 1.622,91	1	R\$ 1.622,91	5,8%
4	R\$ 0,34	4480	R\$ 1.523,20	5,4%
5	R\$ 702,33	2	R\$ 1.404,66	5,0%
<b>Total para 165 itens</b>			R\$ 28.189,05	

Fonte: o autor, 2016.

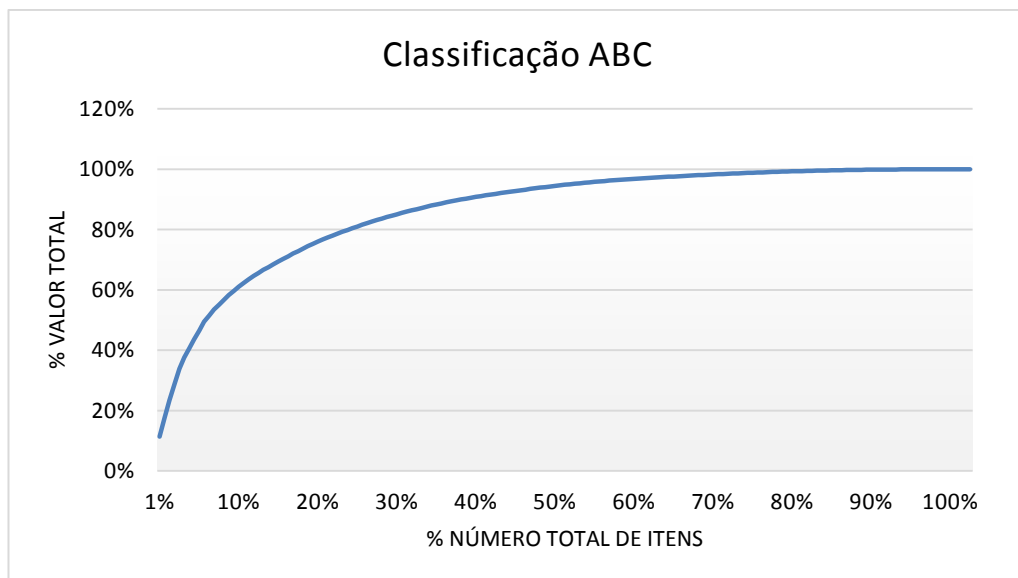
A classificação resultou em um agrupamento conforme o Quadro 3 e a curva ABC pode ser vista na Figura 8.

Quadro 3 - Grupos de Classificação ABC.

Grupo	% Valor total de itens de matéria-prima	% Valor total de itens de matéria-prima acumulado	% Quantidade total de itens de matérias-primas	% Quantidade total de itens de matérias-primas acumulado	Quantidade de itens de matérias primas
<b>A</b>	80,40%	80,40%	24%	24%	40
<b>B</b>	15,20%	95,60%	29%	53%	48
<b>C</b>	4,40%	100,00%	47%	100%	77

Fonte: o autor, 2016.

Figura 8 - Classificação ABC.



Fonte: o autor, 2016.



Portanto, conforme a Seção 4.2, serão calculados os parâmetros de estoque para os materiais classe A, os quais totalizaram quarenta itens e somaram aproximadamente 80% do valor do estoque. No Apêndice A encontra-se o cálculo do valor relativo completo para os 165 componentes da máquina X.

A taxa de manutenção de estoque, necessária para o cálculo do lote econômico de compra (Equação (3)) e cálculo do custo de manutenção de estoque (Equação (1)) é definida como a menor taxa possível de retorno (retorno mínimo esperado de algum investimento). Ela foi obtida através de entrevista direta com um gestor da empresa, diretor responsável pelo setor de manufatura e logística, e será considerada como 1,5% ao mês para todas as matérias-primas.

Para o cálculo do custo do pedido, também necessário ao cálculo do lote econômico de compra (Equação (3)), apuraram-se todas as despesas relativas ao departamento de compras e este custo foi dividido por todos os pedidos realizados pelos funcionários do setor. Desta forma o custo do pedido médio a ser utilizado para a compra de todas as matérias-primas será de R\$40,35. Por se tratar de um dado financeiro com informações salariais não foi permitido à pesquisadora divulgar os valores utilizados para o cálculo.

O lucro é em média definido pela empresa como 30% sobre os custos gerais. Para o cálculo do custo de falta de estoque (Equação (2)) será considerado então 30% do custo unitário da matéria-prima. Este dado foi obtido mediante entrevista direta com um funcionário responsável por controle de custos da empresa.

Como último parâmetro comum está a definição de nível de serviço. Este é um parâmetro utilizado para o cálculo do custo da falta de estoque (Equação (2)) e utilizado em sua forma adimensional, ou seja, dividido por 100%, além de empregado no cálculo do estoque de segurança (Equação (14)) onde precisa ser convertido para o número Z da distribuição normal. Para o nível de serviço de 90% a tabela de distribuição normal resulta em um valor de  $Z_{\alpha}$  de 1,28. Para o nível de serviço de 95% a tabela de distribuição normal resulta nos valores de  $Z_{\alpha}$  de 1,64 e 1,65 por se encontrar igualmente distante destes dois pontos, então será considerada a média de 1,645.

#### **4.3.2. Dados específicos**

Os *lead times* obtidos a partir do sistema serão utilizados para o cálculo do primeiro e segundo cenário, chamados de *lead time* histórico. Os *lead times* obtidos a partir dos fornecedores, chamados de *lead times* reduzidos serão utilizados no terceiro cenário.

#### 4.3.2.1. Lead time histórico

A partir dos históricos de *lead time* de entrega de cada uma das matérias-primas no período de um ano, calculou-se os *lead times* médios para cada item e seus respectivos desvios padrões. Pelo fato dos cálculos serem realizados no padrão mensal, os períodos foram divididos por um padrão de 30 dias para obter-se um tempo médio ao mês e posteriormente calculado o desvio padrão. O Quadro 4 demonstra os dados de *lead time* para os cinco principais itens. O Apêndice B contém os *lead times* médios e seus respectivos desvios padrões para os quarenta itens classe A.

Quadro 4- *Lead time* médio atual.

Item	Tempo de Ressuprimento Médio Histórico em Meses	Desvio Padrão Histórico em Meses
1	1,03	0,79
2	1,55	0,92
3	0,85	0,25
4	1,20	1,42
5	0,85	0,64

Fonte: o autor, 2016.

#### 4.3.2.2. Lead time reduzido

Para os *lead times* reduzidos os fornecedores também indicaram seu próprio desvio padrão de atendimento (por solicitação da pesquisa), visto que não haveria outra maneira de fazê-lo. O Quadro 5 traz o *lead time* reduzido para os cinco principais itens. O Apêndice C apresenta os *lead times* reduzidos para todos os itens classe A.

Quadro 5 - *Lead time* reduzido.

Item	Tempo de Ressuprimento Médio Reduzido em Meses	Desvio Padrão Reduzido em Meses
1	0,40	0,27
2	0,67	0,17
3	0,70	0,17
4	0,67	0,17
5	0,13	0,07

Fonte: o autor, 2016.

A demanda histórica obtida a partir dos dados de um ano retirados do sistema será utilizada para cálculo dos parâmetros do primeiro cenário, enquanto a demanda prevista, elaborada pela pesquisadora juntamente ao gestor da empresa, diretor responsável pelo setor de manufatura e logística, será utilizada no segundo e terceiro cenário.

#### 4.3.2.3. Demanda histórica

A partir dos históricos de movimentações de cada uma das matérias-primas no período de um ano calculou-se a demanda média mensal histórica e seu respectivo desvio padrão. O Quadro 6 apresenta os dados de demanda média e desvio padrão para os cinco principais itens e o Apêndice D traz os dados para todos os itens classe A. É possível perceber que devido a antiga produção se dar por encomenda os desvios padrões serão grandes se comparados a sua respectiva demanda devido à instabilidade da produção da máquina X nos dados históricos. Por exemplo, o desvio padrão do item 1 é 126 unidades, as quais representam cerca de 59% do volume da respectiva demanda de 212 unidades.

Quadro 6 – Demanda média mensal histórica de matérias-primas (em unidades).

Item	Demanda Média Mensal Histórica	Desvio Padrão Mensal da Demanda Histórica
1	212	126
2	3	2
3	15212	8990
4	6	3
5	53	32

Fonte: o autor, 2016.

#### 4.3.2.4. Demanda prevista

Para a demanda média prevista será considerada a produção da máquina X com média de quatro máquinas ao mês de outubro de 2016 a dezembro de 2016, passando a média de seis máquinas ao mês de janeiro de 2017 a setembro 2017, totalizando o período de um ano. A fim de gerar um pequeno desvio padrão aos cálculos, estipulou-se uma pequena variação entre os meses de modo que a média fosse mantida. O Quadro 7 apresenta as demandas de cada mês e o Quadro 8 os dados gerais de demanda média e desvio padrão obtidos através dos dados mensais previstos para confirmar a média proposta de cada ano e o pequeno desvio padrão.

Quadro 7 – Demanda mensal de máquinas X.

Mês	Demanda de Máquinas
<b>OUT/16</b>	3,8
<b>NOV/16</b>	4,1
<b>DEZ/16</b>	4,1
<b>JAN/17</b>	5,8
<b>FEV/17</b>	5,9
<b>MAR/17</b>	6,1
<b>ABR/17</b>	5,7
<b>MAI/17</b>	6,2
<b>JUN/17</b>	6,1
<b>JUL/17</b>	6
<b>AGO/17</b>	6,1
<b>SET/17</b>	6,2
<b>OUT/17</b>	5,9

Fonte: O autor, 2016.

Quadro 8 – Demanda média de máquinas X e desvio padrão da demanda.

Dados Gerais	
<b>Demanda Média 2016</b>	4
<b>Desvio Padrão 2016</b>	0,17
<b>Demanda Média 2017</b>	6
<b>Desvio Padrão 2017</b>	0,17

Fonte: o autor, 2016.

A partir da demanda prevista mensal da máquina X, calculou-se a demanda média das matérias-primas. Cada demanda mensal da máquina X foi multiplicada pelas quantidades necessárias de materiais para cada matéria-prima, ou seja, foi obtida uma quantidade mensal para cada matéria-prima e então calculou-se a média e seu respectivo desvio padrão. O Quadro 9 apresenta as demandas médias previstas das cinco principais matérias-primas e no Apêndice E estão disponíveis as demandas médias previstas para todos os itens de classe A.

Quadro 9 - Demandas médias previstas das matérias-primas (em unidades).

Item	Demanda Média Mensal Prevista	Desvio Padrão da Demanda Prevista
<b>1</b>	353	59
<b>2</b>	6	1
<b>3</b>	6	1
<b>4</b>	24677	4143
<b>5</b>	11	2

Fonte: o autor, 2016.

#### 4.4. RESULTADOS

Apesar da diferença entre os dados de entrada em cada cenário avaliado, os parâmetros calculados serão os mesmos e utilizarão das mesmas equações, conforme listagem apresentada a seguir:

- $ES$  - Estoque de Segurança: Calculado através da Equação (14) e a partir dos dados de *lead time*, demanda e nível de serviço.
- $PR$  - Ponto de ressuprimento: Conforme Equação (5), será calculado com base nos dados de *lead time*, demanda e  $ES$ .
- $Q$  - Lote Econômico de Compra: Necessita do custo de realizar um pedido, demanda, taxa de retorno e custo unitário do produto, calculado mediante Equação (3).
- $E_m$  - Estoque Médio: Estimado de acordo com a Equação (7), necessita dos parâmetros  $Q$  e  $ES$ .
- $C_m$  - Custo de Manutenção de Estoque: Através do parâmetro  $E_m$ , juntamente ao custo unitário e a taxa de retorno, é calculado conforme Equação (1).
- $C_f$  - Custo de Falta de Estoque: A partir dos dados de demanda, nível de serviço e lucro, é estimado com base na Equação (2).
- Custo de aquisição de matérias-primas para o estoque de segurança: Multiplicação entre o estoque de segurança e o valor unitário do produto, para dimensionar os gastos de compra com o mesmo.

##### 4.4.1. Cenário 1 – Parâmetros de estoques com dados de demanda e *lead time* históricos

O cenário 1, que compreende a utilização da demanda histórica (Quadro 6) e *lead time* histórico (Quadro 4), é uma avaliação de como será o comportamento dos parâmetros de estoque se estes forem estimados com base em dados históricos. O Quadro 10 apresenta os parâmetros de estoque de segurança, ponto de ressuprimento, lote econômico de compra e estoque médio calculados neste contexto para os cinco principais itens, para os níveis de serviço de 90% e 95% e no Apêndice F encontram-se os resultados para todos os itens classe A.

Quadro 10 - Parâmetros de estoque para demanda e *lead time* históricos (em unidades).

Item	Nível de Serviço 90%				Nível de Serviço de 95%			
	Q	ES	PR	$E_m$	Q	ES	PR	$E_m$
1	151	270	489	346	151	346	565	422
2	3	4	9	6	3	6	10	7
3	3	2	4	3	3	3	5	4
4	15515	30369	48644	38127	15515	38911	57186	46668
5	7	6	12	10	7	8	13	12

Fonte: o autor, 2016.

O custo de manutenção de estoque, custo da falta de estoque e custo de aquisição das matérias-primas para estoque de segurança foram calculados mensalmente e somados para todos os itens, apresentados no Quadro 11 para ambos os níveis de serviço. Os valores para cada item classe A encontram-se no Apêndice G.

Quadro 11 – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para demanda e *lead time* históricos.

Custo	90%	95%
<b>Custo Mensal de Manutenção de Estoque</b>	R\$ 2.009,62	R\$ 3.432,13
<b>Custo Mensal de Falta de Estoque</b>	R\$ 2.149,69	R\$ 1.074,85
<b>Custo de aquisição das matérias-primas do ES</b>	R\$ 77.447,32	R\$ 99.229,38

Fonte: o autor, 2016.

#### 4.4.2. Cenário 2 – Parâmetros de estoque com dados de demanda prevista e *lead time* histórico

O cenário 2, o qual utiliza dos dados de demanda prevista (Quadro 9) e *lead time* histórico (Quadro 4), trata-se da avaliação de como se dará o comportamento dos parâmetros de estoque se a demanda for atualizada para os próximos meses, sem mexer no tempo de entrega das matérias-primas. O Quadro 12 apresenta os parâmetros de estoque de segurança, ponto de ressuprimento, lote econômico de compra e estoque médio calculados para os cinco principais itens, para os níveis de serviço de 90% e 95% e no Apêndice H são apresentados os resultados para todos os itens classe A.

Quadro 12 – Parâmetros de estoque para demanda prevista e *lead time* histórico (em unidades).

Item	Nível de Serviço 90%				Nível de Serviço de 95%			
	Q	ES	PR	Em	Q	ES	PR	Em
1	194	366	729	463	194	469	832	566
2	4	7	15	9	4	9	17	11
3	4	10	17	12	4	13	20	15
4	19761	12485	43455	22365	19761	15997	46967	25877
5	9	12	23	16	9	15	26	19

Fonte: o autor, 2016.

O custo de manutenção de estoque, custo da falta de estoque e custo de aquisição das matérias-primas para estoque de segurança, apresentados no Quadro 13, foram estimados em um valor mensal e somados para todos os itens. O Apêndice I apresenta os valores calculados para todos os itens classe A individualmente.

Quadro 13 – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para demanda prevista e *lead time* histórico.

Custo	90%	95%
<b>Custo Mensal de Manutenção de Estoque</b>	R\$ 2.655,80	R\$ 3.087,82
<b>Custo Mensal de Falta de Estoque</b>	R\$ 3.747,32	R\$ 1.873,66
<b>Custo de aquisição das matérias-primas do ES</b>	R\$ 102.403,52	R\$ 131.204,51

Fonte: o autor, 2016.

#### 4.4.3. Cenário 3 – Parâmetros de estoque com dados de demanda prevista e *lead time* reduzido

O cenário 3, que abrange os dados de demanda prevista (Quadro 9) e *lead time* reduzido (Quadro 5), refere-se a avaliação de como será o comportamento dos parâmetros de estoque se a demanda for atualizada para os próximos meses e o *lead time* de entrega pelos fornecedores for reduzido para o menor tempo de atendimento possível. O Quadro 14 apresenta os parâmetros de estoque de segurança, ponto de ressuprimento, lote econômico de compra e estoque médio calculados para os cinco principais itens no contexto mencionado, para os níveis de serviço de 90% e 95% e no Apêndice J são apresentados os resultados para todos os itens classe A.

Quadro 14 - Parâmetros de estoque para demanda prevista e *lead time* histórico (em unidades).

Item	Nível de Serviço 90%				Nível de Serviço de 95%			
	Q	ES	PR	$E_m$	Q	ES	PR	$E_m$
1	194	130	271	227	194	166	307	263
2	4	2	5	4	4	2	6	4
3	4	2	5	4	4	2	6	4
4	19761	6817	23268	16697	19761	8734	25185	18614
5	9	1	3	6	9	2	3	6

Fonte: o autor, 2016.

O custo de manutenção de estoque, custo da falta de estoque e custo de aquisição das matérias-primas para estoque de segurança são apresentados no Quadro 15, calculados em um valor mensal e somados para todos os itens. O Apêndice K apresenta os valores calculados para todos os itens classe A separadamente.

Quadro 15 – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para demanda prevista e *lead time* reduzido.

Custo	90%	95%
<b>Custo Mensal de Manutenção de Estoque</b>	R\$ 1.642,28	R\$ 1.789,24
<b>Custo Mensal de Falta de Estoque</b>	R\$ 3.747,32	R\$ 1.873,66
<b>Custo de aquisição das matérias-primas do ES</b>	R\$ 34.835,40	R\$ 44.632,86

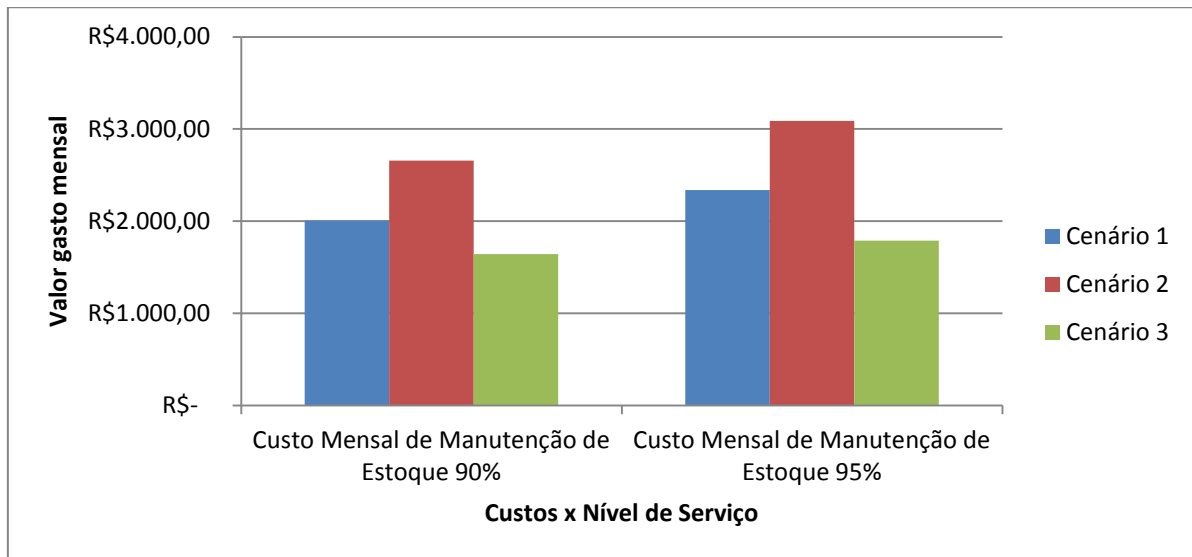
Fonte: o autor, 2016.

#### 4.5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Ao analisar os custos de manutenção de matérias-primas para todos os cenários percebe-se que em ambos os níveis de serviço o cenário 3 obteve o melhor resultado, sendo 18% e 38% mais baixo que os cenários 1 e 2 respectivamente para o nível de serviço de 90% e 23% e 42% mais baixo que os cenários 1 e 2 respectivamente para o nível de serviço de 95% como apresentado no Figura 9.



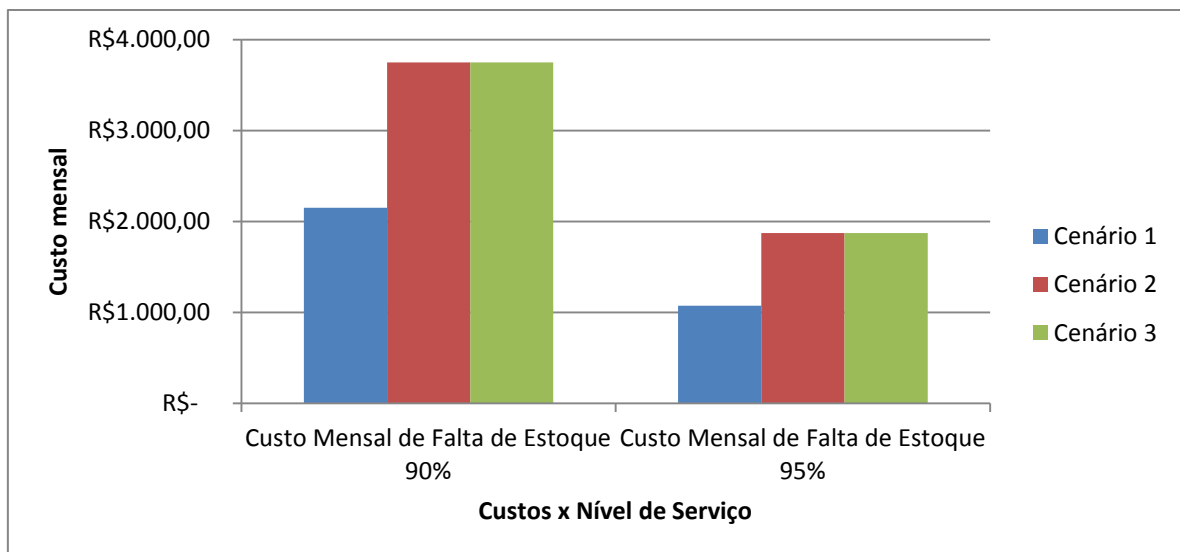
Figura 9 - Comparativo dos custos de manutenção de estoques.



Fonte: o autor, 2016.

Os custos de falta de estoque de matérias-primas, os quais dependem diretamente da demanda, foram menores para o cenário 1, visto que a demanda média das matérias-primas no cenário 1 é inferior. Para os cenários 2 e 3, o custo de falta de estoque é idêntico para ambos os níveis de serviço, visto que os dados utilizados de demanda são iguais (utiliza-se a demanda prevista). Os custos de falta de estoques de matérias primas para o cenário 1 foi 43% menor para os níveis de serviço de 90% e 95% se comparado aos cenários 2 e 3. Estes dados podem ser observados no Figura 10.

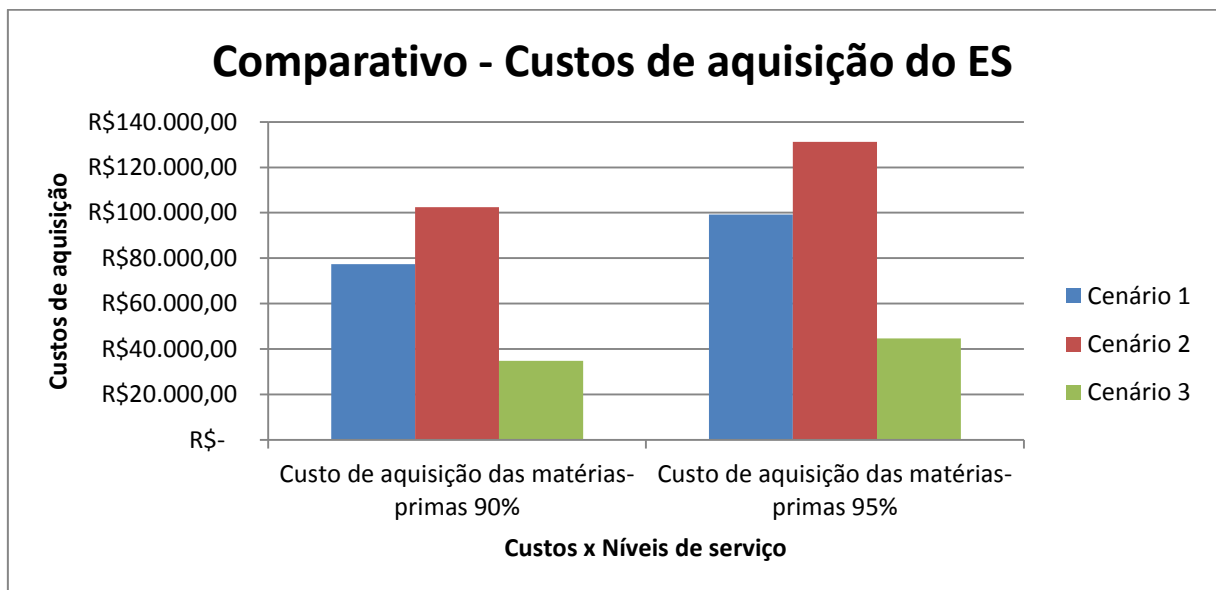
Figura 10 - Comparativo dos custos de falta de estoque.



Fonte: o autor, 2016.

Ao verificar os custos de aquisição de matérias primas, considerando o estoque de segurança mensal, o cenário 3 obteve o menor resultado se comparado aos demais em ambos os níveis de serviço. Os percentuais de redução foram 55% e 66% em relação aos cenários 1 e 2 respectivamente para o nível de serviço de 90% e igualmente 55% e 66% em relação aos cenários 1 e 2 respectivamente para o nível de serviço de 95%. O Figura 11 apresenta este comparativo.

Figura 11 - Comparativo dos custos de aquisição de matérias-primas.



Fonte: o autor, 2016.

Para a soma de todos os custos para o período de um ano, considerou-se a multiplicação dos custos de manutenção de estoque e falta de estoque por 12 meses e somando ao custo de aquisição de matérias-primas para o estoque de segurança, visto que este não necessita ser adquirido todos os meses e o objetivo é não utilizá-lo.

O cenário 3 obteve uma redução de aproximadamente R\$28 mil e R\$80 mil em relação ao cenário 1 e 2 respectivamente para o nível de serviço de 90% e uma redução de aproximadamente R\$52 mil e R\$102 mil em relação ao cenário 1 e 2 respectivamente para o nível de serviço de 95%.

O Quadro 16 apresenta um resumo para os custos de manutenção e falta do estoque de matérias-primas, além do custo de aquisição de matérias primas do estoque de segurança e os custos totais, para os níveis de 90% e 95%, referentes aos três cenários no período de um ano. A diferença calculada em porcentagem é sempre relativa a redução que há do maior para o menor valor que está sendo comparado.

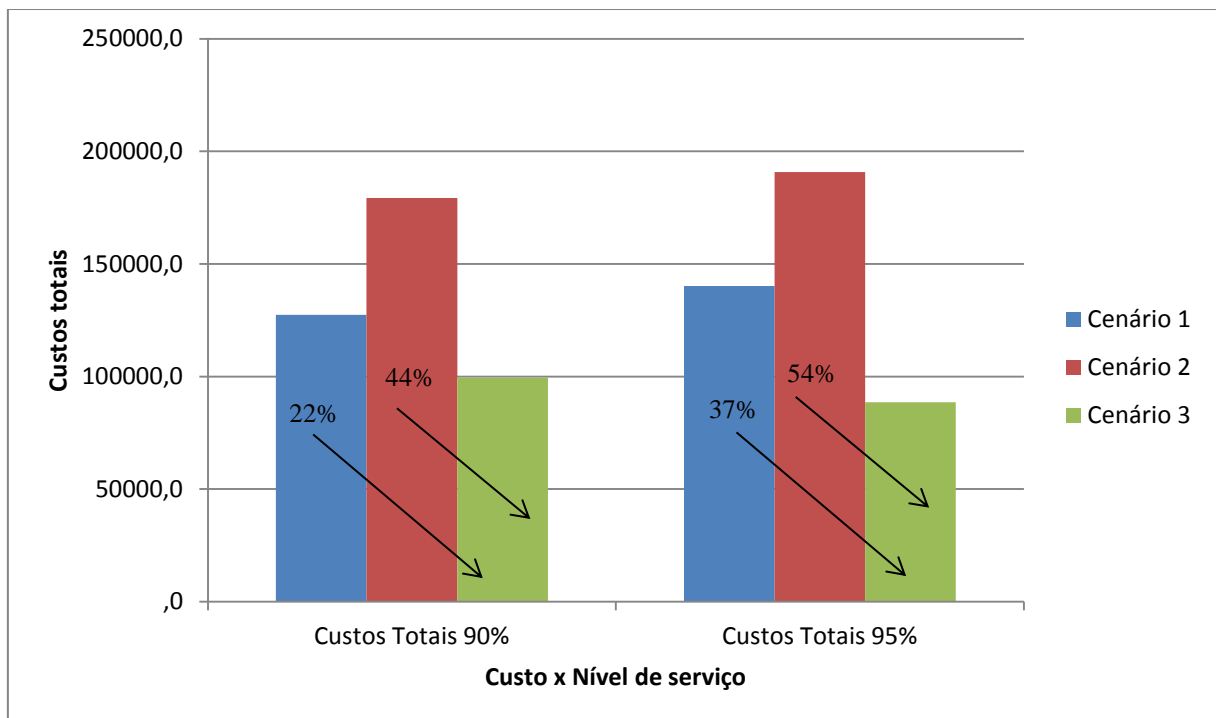
Quadro 16 – Resumo dos custos relativos a todos os cenários.

Custos em R\$ x Cenários	Custo de Manutenção		Custo de Falta		Custo de Aquisição		Custos Totais	
	90%	95%	90%	95%	90%	95%	90%	95%
<b>Cenário 1</b>	24.115	28.036	25.796	12.898	77.447	99.229	127.359	140.164
<b>Cenário 2</b>	31.870	37.054	44.968	22.484	102.404	131.205	179.241	190.742
<b>Cenário 3</b>	19.707	21.471	44.968	22.484	34.835	44.633	99.511	88.588
<b>Diferença Cen. 1 e 3</b>	18%	23%	43%	43%	55%	55%	22%	37%
<b>Diferença Cen. 2 e 3</b>	38%	42%	0%	0%	66%	66%	44%	54%

Fonte: o autor, 2016.

A Figura 12 demonstra de forma visual o comparativo dos custos totais entre todos os cenários. As flechas e seus respectivos percentuais indicam a redução do cenário em que se iniciam ao cenário para o qual apontam, por exemplo, ao nível de serviço de 90% o cenário 3 obteve 22% de redução em relação ao cenário 1.

Figura 12 - Comparativo dos custos totais relativos a todos os cenários.

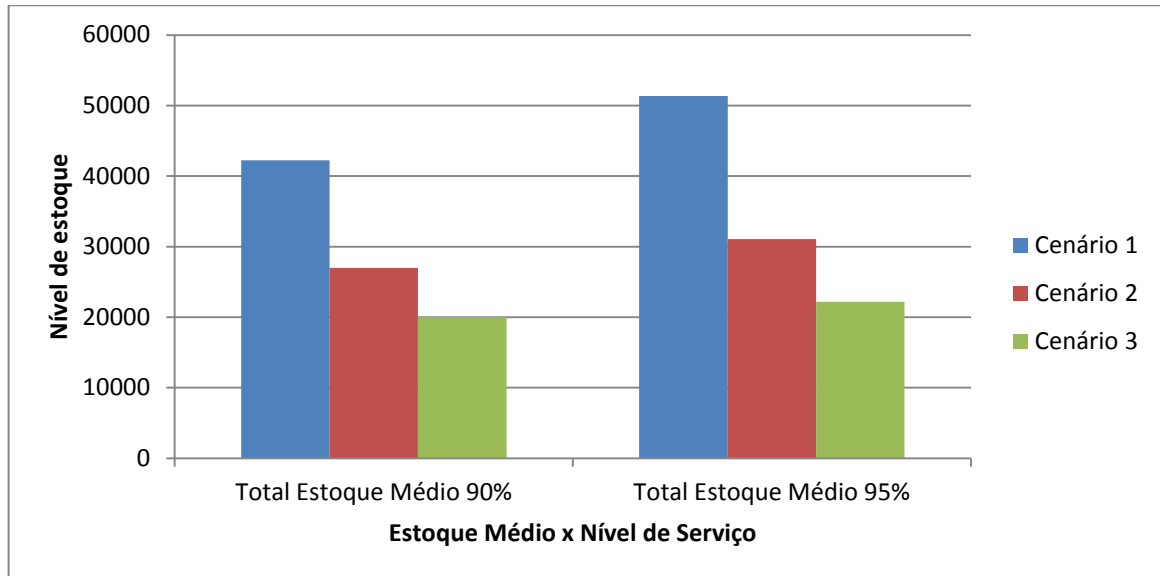


Fonte: o autor, 2016.

Outra análise a ser feita é referente ao nível de estoque médio mensal de matérias-primas. O cenário 3 foi novamente melhor se comparado aos demais cenários, sendo 53% e 26% menor que os cenários 1 e 2 respectivamente para o nível de serviço de 90%. Para o

nível de serviço de 95% o cenário 3 foi 69% e 29% menor em relação ao cenário 1 e 2 respectivamente. O Figura 13 apresenta os resultados para o comparativo de estoque médio mensal nos cenários.

Figura 13 - Comparativo do total de estoque médio mensal de matérias primas.



Fonte: o autor, 2016.

A partir do Quadro 17 que demonstra o comparativo dos parâmetros de estoques calculados para o item 1 de classe A percebe-se que a quantidade do lote econômico de compra  $Q$  não se modifica em um mesmo cenário para diferentes níveis de serviço e para aqueles cenários com mesma demanda,  $Q$  não se modifica entre estes. Além disso analisa-se para os demais parâmetros que conforme o aumento do nível de serviço, aumenta-se também quantitativamente o parâmetro, por exemplo, para o nível de serviço de 90% o estoque de segurança é 22% menor que para o nível de serviço de 95% em todos os cenários.

Quadro 17 – Comparativo dos parâmetros de estoques para o item 1 (unidades).

Cenário	Item	Nível de Serviço 90%				Nível de Serviço de 95%			
		$Q$	$ES$	$PR$	$E_m$	$Q$	$ES$	$PR$	$E_m$
1	1	151	270	489	346	151	346	565	422
2		194	366	729	463	194	469	832	566
3		194	130	271	227	194	166	307	263

Fonte: o autor, 2016.

Apesar da proposta do trabalho dimensionar os parâmetros de estoque utilizando diferentes dados de entrada, para que novos parâmetros de estoque sejam executados na empresa em estudo é necessário avaliá-los para o novo formato de produção (*make-to-stock*). Portanto, simulou-se o comportamento do item 1 de classe A para a demanda futura da máquina X considerando os resultados de parâmetros de estoque em cada cenário.

O item 1 possui uma necessidade semanal de 64 unidades. Nos gráficos seguintes o índice  $s0$  indica a semana inicial, onde o estoque encontra-se em seu nível máximo, o qual para o modelo de revisão contínua é calculado pela Equação (8). O índice  $s$  seguido de um número indica a semana em que encontra-se o estoque e  $R$  é o momento em que o ressurgimento chegou a empresa.

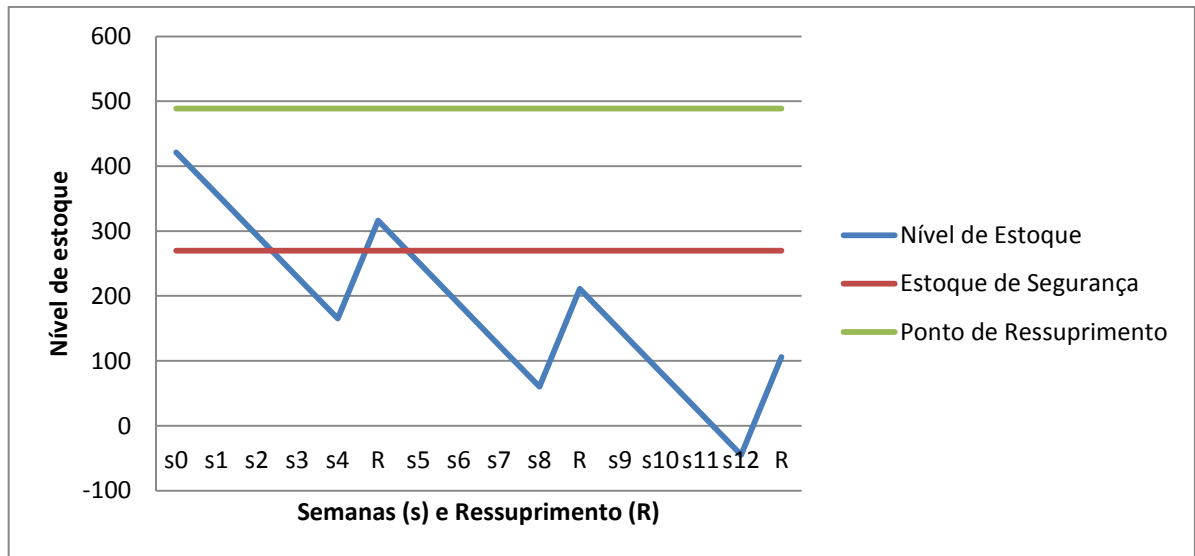
A Figura 14 e a Figura 15 indicam o comportamento do estoque do item 1 para o nível de serviço de 90% e 95% respectivamente no cenário 1. Percebe-se através dos mesmos que o estoque máximo encontra-se abaixo do ponto de ressurgimento e assim, antes mesmo de qualquer consumo uma reposição já é acionada. De mesmo modo quando o lote de compra chegar, outra reposição já é acionada, devido ao fato do nível de estoque encontrar-se sempre abaixo do ponto de ressurgimento.

Esta característica aliada ao longo tempo de ressurgimento faz com que os níveis de estoque tenham uma tendência decrescente. Percebe-se que mesmo quando há uma reposição, o estoque máximo não chega a ser atingido novamente e conforme mais itens são consumidos, mais o nível de estoque se reduz.

O estoque de segurança que em situações estáveis não deve ser utilizado, já é alcançado no primeiro mês.

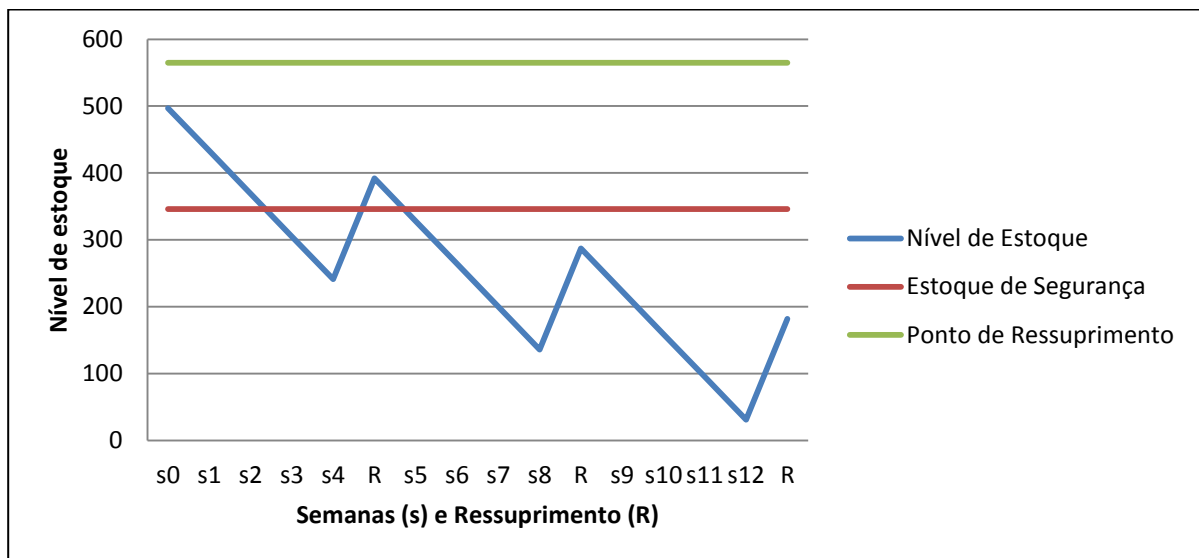
Em menos de três meses o estoque de matérias-primas torna-se inviável ao consumo, ou seja, ocorre falta de estoque de matérias-primas para ambos os níveis de serviço.

Figura 14 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 1 em nível de serviço de 90%.



Fonte: o autor, 2016.

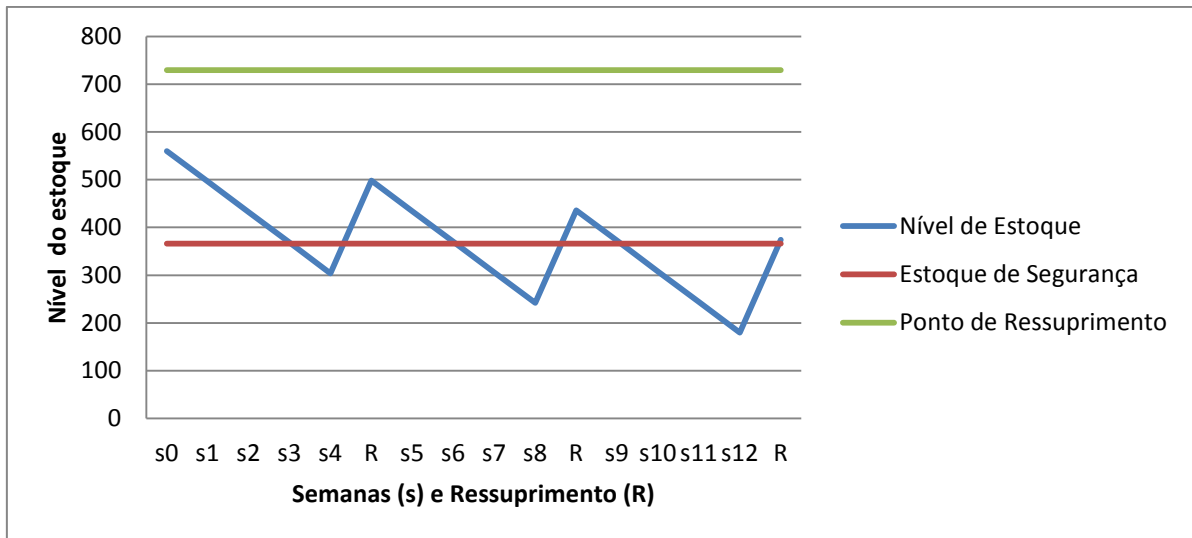
Figura 15 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 1 em nível de serviço de 95%.



Fonte: o autor, 2016.

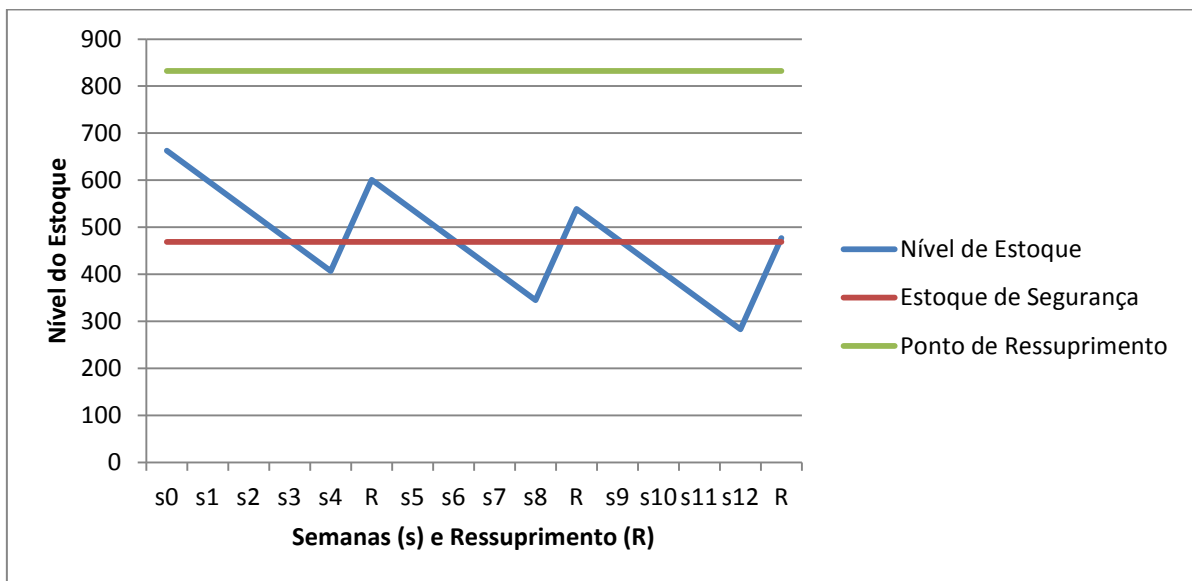
A Figura 16 e a Figura 17 apresentam o comportamento do estoque para o item 1 no cenário 2 para o nível de serviço de 90% e 95% respectivamente. Novamente o estoque máximo encontra-se abaixo do ponto de ressuprimento, ou seja, inicia-se uma reposição antes mesmo do primeiro consumo. Como o cenário 2 também considera um longo tempo de ressuprimento, os níveis de estoque, irão semelhantemente ao cenário 1, possuem uma tendência decrescente e mesmo que no terceiro mês ainda hajam níveis que atendam às necessidades não será preciso muito tempo para que também ocorra falta de estoque de matérias-primas.

Figura 16 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 2 em nível de serviço de 90%.



Fonte: o autor, 2016.

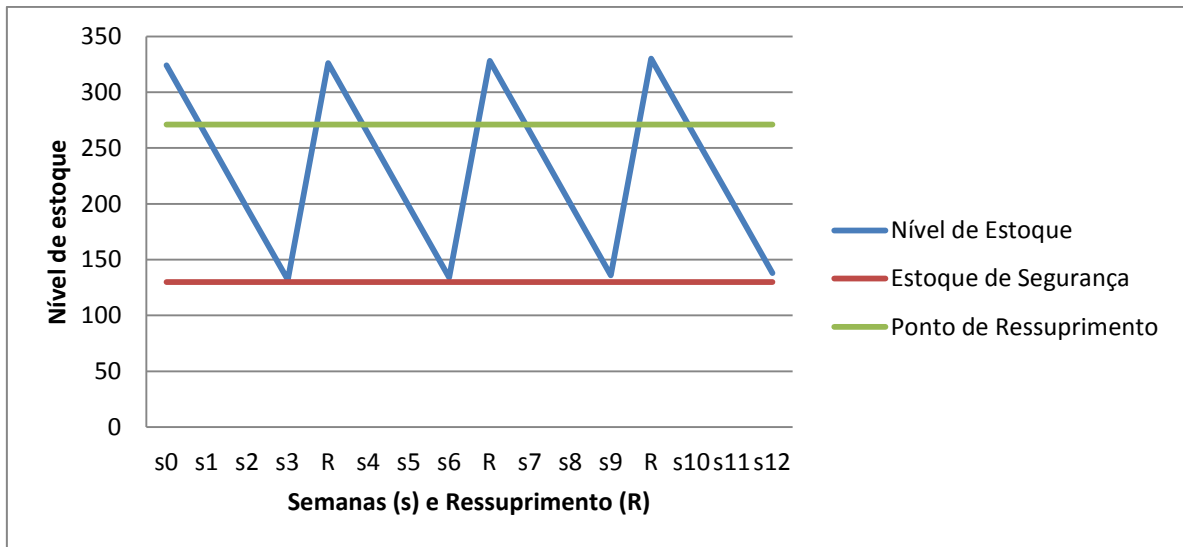
Figura 17 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 2 em nível de serviço de 95%.



Fonte: o autor, 2016.

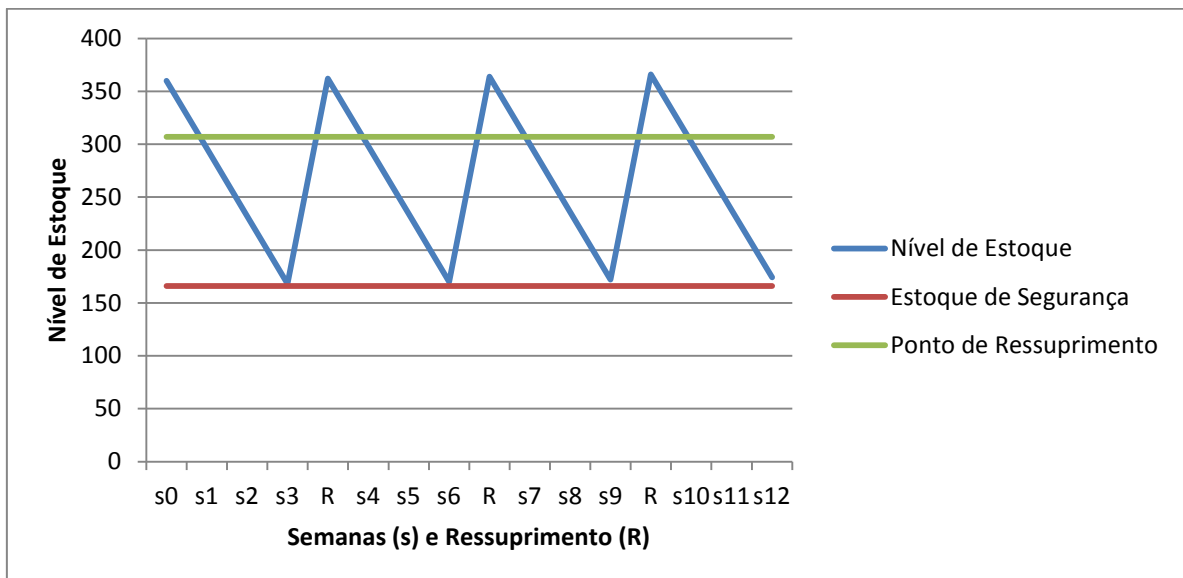
A Figura 18 e a Figura 19 demonstram o comportamento do estoque do item 1 para o cenário 3. É possível perceber através dos mesmos que para ambos os níveis de serviços o comportamento se dá de forma estável. O ponto de reposição é atingido no primeiro consumo e inicia-se as providências para uma reposição, a qual leva duas semanas e chega, portanto, na semana 3 e assim por diante, nunca chegando a atingir o estoque de segurança.

Figura 18 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 3 em nível de serviço de 90%.



Fonte: o autor, 2016.

Figura 19 - Comportamento do estoque do item 1 para o cenário 3 em nível de serviço de 95%.



Fonte: o autor, 2016.

Com base em todas as análises propõe-se então que o cenário 3, o qual foi dimensionado com base na demanda prevista e *lead time* reduzido repassado pelos fornecedores, seja implantado pela empresa. O mesmo obteve grandes ganhos em relação aos custos totais envolvidos quando comparado aos demais cenários, além de se mostrar o único capaz de suportar as demandas futuras. Assim, o estoque de segurança, componente importante para suportar variabilidades, poderá ser um parâmetro ativo que anteriormente não era considerado, bem como o lote econômico de compra.



É importante salientar também que o cenário 3 é o único que ao prazo de um ano possui menores custos para um nível de serviço 95% do que para um nível de serviço de 90%, cerca de R\$11 mil, mesmo que para tal sejam investidos aproximadamente R\$9 mil além com 2133 unidades de produtos a mais no estoque de segurança. Assim, pode-se oferecer um nível de serviço melhor com menores gastos totais, mesmo que haja maior investimento em nível de estoque.

Algumas matérias-primas de baixo *lead time* poderiam ser compradas diretamente para produção, sem necessidade de estocagem. Com a retirada de 7 matérias-primas que possuem seu tempo de ressurgimento entre 2 e 5 dias, os níveis de estoque reduzem em aproximadamente 1% para ambos os níveis de serviço, enquanto os custos totais de estoque para o período de um ano reduzem em aproximadamente 12% para ambos os níveis de serviço.

É possível também a partir da desconsideração do desvio padrão do *lead time* de entrega, integrante de parte da Equação (14) do estoque de segurança, reduzir o nível do mesmo, visto que juntamente será desconsiderada a demanda. Esta medida pode ser tomada caso haja uma real estabilidade na produção e assim o estoque de segurança não é utilizado a menos que variações de entrega ocorram, mas não são suficientemente grandes para afetar a cadeia produtiva. Assim, não só os custos de aquisição com matérias-primas para o estoque de segurança são reduzidos, mas também os custos de manutenção de estoques e os custos de falta de estoque permanecem os mesmos. No caso do cenário 3 para o nível de serviço de 90% os custos totais passam de R\$99 mil para R\$80 mil, uma redução de 19% e para o nível de serviço de 95% os custos totais passam de R\$88 mil para R\$64 mil, uma redução de 28%. A diferença maior está diretamente ligada aos custos de aquisição que passam de R\$34 mil a R\$18 mil para o nível de serviço de 90% e de R\$44 mil a R\$24 mil para o nível de serviço de 95%, ambos uma redução de 47%.

## 5. CONCLUSÃO

O mercado exige hoje produções cada vez mais rápidas, de modo que as indústrias necessitam se adequar a esta realidade para se tornarem competitivas. A existência de um estoque de matérias-primas é um dos passos para acelerar este processo. Contudo, é de suma importância que haja controle dos níveis de estoque para que a empresa não desperdice capital com estoques superdimensionados ou não perca vendas com a falta destes. Parte deste controle está diretamente ligado a definições de parâmetros de estoques, tais como: estoque de segurança, lote econômico de compra, ponto de ressuprimento e estoque médio, ambos necessários para manter uma maior estabilidade da gestão de estoques.

O presente trabalho apresentou uma proposta de reestruturação dos atuais parâmetros de estoque de matérias-primas empregados por uma indústria de máquinas alimentícias. A análise foi realizada para os itens classe A de uma máquina específica, baseando-se em três cenários diferentes. O primeiro cenário considerou a demanda histórica e *lead time* histórico praticado. O segundo cenário considerou a demanda prevista e *lead time* histórico, enquanto o terceiro cenário avaliou a demanda prevista e *lead time* reduzido.

Através das análises comparativas foi possível perceber que o terceiro cenário, definido através da demanda prevista e *lead time* reduzido obteve melhores resultados em relação aos custos totais. Para o nível de serviço de 90% seus custos totais foram 22% e 44% menores em relação aos cenários 1 e 2 respectivamente, enquanto para o nível de serviço de 95% foi 37% e 54% menor que os cenários 1 e 2 respectivamente.

Além disso o cenário 3 alcançou menores custos totais para o maior nível de serviço, ou seja, o nível de serviço de 95% teve custos totais 11% mais baixos que os custos totais para o nível de serviço de 90%.

Apesar da utilização de dados históricos o objetivo está em dimensionar um estoque para atender a nova realidade de produção da empresa. Assim, analisou-se o comportamento do estoque para demandas futuras conforme os parâmetros obtidos nos três cenários. O cenário 3 foi o único que suportou os níveis de estoques exigidos, não atingindo o estoque de segurança antes de uma nova reposição e se comportando de forma estável.

Os demais cenários não se mostraram capazes de serem aplicados, pois seus níveis de estoques descessem constantemente até atingir o nível zero em poucos meses. Ao considerar que a demanda para o primeiro cenário era menor em relação aos demais e para o segundo cenário era idêntica ao cenário 3, percebe-se que esta incapacidade se dá ao longo tempo de ressuprimento atual. Nestes casos o modelo de controle periódico pode ser uma melhor

alternativa, visto que trabalha com tamanho de lotes de compra diferentes e estes poderiam suprir as necessidades, mas somente se o tempo de ressurgimento alto não pudesse ser modificado.

Os níveis de estoque de matérias-primas dimensionado para o cenário 3 também se mostraram vantajosos em relação aos níveis de estoque para os demais cenários. Ao nível de serviço de 90% o cenário 3 obteve 53% e 26% de redução comparado aos cenários 1 e 2 respectivamente, enquanto para o nível de serviço de 95% obteve uma redução de 69% e 29% em relação aos cenários 1 e 2 respectivamente.

Sugere-se então que a empresa reestruture seus parâmetros de estoque de forma a possuir um lote mínimo de compra e um estoque de segurança, os quais não são praticados na atualidade, além de rever seus *lead times* até então fixos para todas as matérias-primas, conforme proposto no cenário 3.

Aconselha-se ainda que para matérias-primas de baixos *lead times* de entrega, por exemplo de 2 a 5 dias, seja analisada a possibilidade de compra direta para a produção, sem a necessidade de estocagem. Para o cenário 3 cerca de 7 matérias-primas poderiam ser compradas desta forma, reduzindo em 11% os custos totais anuais para os níveis de serviço de 90% e 95%, além de reduzir em aproximadamente 1% os níveis de estoque para ambos os níveis de serviço também.

Foi verificado também que caso o desvio padrão de *lead time* de entrega seja desconsiderado para o cálculo do estoque de segurança são economizados no cenário 3 R\$19 mil e R\$24 mil para o nível de serviço de 90% e 95% respectivamente, pois há uma grande redução do estoque de segurança e conseqüentemente dos custos de manutenção. Esta medida pode ser tomada caso haja uma real estabilidade da produção, onde nada ou quase nada do estoque de segurança não será utilizado e variações no *lead time* de entrega não afetariam a produção.

Mesmo que o presente trabalho tenha abordado apenas os itens classe A de uma máquina específica, é provável que mais máquinas que são produzidas no momento para estoque de produtos acabados também mereçam uma análise mais criteriosa, a fim de reduzir mais ainda os níveis de estoque e gastos gerais.

Como consideração final é importante salientar que o cálculo do lote econômico de compra não avalia os custos de transportes. Esta variável está diretamente ligada com o tamanho do lote de compra, além de impactar também no *lead time* de entrega. Trata-se de um trabalho que deve levar em conta tabelas de preços de transportadoras, peso do produto e a própria quantidade a ser comprada, ou seja, é uma abordagem mais crítica, mas que influencia

nos cálculos e não é na maior parte das vezes levada em conta. Para trabalhos futuros recomenda-se então o estudo do custo de transporte para o cálculo do lote econômico de compra.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO – ABIA. **Associação Brasileira de Indústrias de Alimentação: Credibilidade que alimenta o mercado**. Editora DBA, 2013.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos / logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Boockman, 2006.
- BORBA, J. K. R.; MESQUITA, J.V; SANTOS, M. A. M; SOUZA, T. T.; GONTIJO, F. B. **Aplicação do sistema máximo-mínimo no controle de estoque de uma empresa do segmento termoplástico**. Anais do XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015.
- BOWERSOX, D.; CLOSS, D. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. 1 ed. -10, reimpr. - Sao Paulo: Atlas, 2011
- BRITO, T. L. **Aplicação de modelos de gestão de estoques para controle de ressuprimento em uma pequena empresa industrial: um estudo de caso**. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.
- COELHO, L. C.; FOLLMANN, N.; RODRIGUEZ, C. M. T. **O impacto do compartilhamento de informações na redução do efeito chicote na cadeia de suprimentos**. Gestão e Produção, São Carlos, v.16, n. 4, p.571-583, out.-dez, 2009.
- CORRÊA, H. L.; DIAS, G. P. P. D. **De volta a gestão de estoques: as técnicas estão sendo usadas pelas empresas?**. Anais do Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações. São Paulo, FGVSP, 1998.
- DIAS, F. S. **Impacto da gestão de estoque: o efeito chicote na cadeia produtiva de empresas do setor alimentício**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração. Curso de Administração, 2010
- FAVARETTO, F.; DROHOMERETSKI, E. **Análise de problemas de controle de estoque decorrentes de erros nos registros de saída**. Anais do SIMPOI 2011, São Paulo, 2011.
- PACHECO, R. F.; CÂNDIDO, M. A. B. **Metodologia de Avaliação da viabilidade de mudança de estratégia de gestão da demanda de make-to-order para assembly-to-order**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de pós graduação em Informática aplicada, Paraná: 2001.
- PEREIRA, M. M. A. M.; PINTO, P. A. V.; ROMAGNH, M. J. F.; NOSSA, V. **Gestão estratégica de estoques: o caso de uma indústria de alimento no estado do Espírito Santo**. Anais do X Congresso Brasileiro de Custos, 2003, Guarapari (ES), 2003.

ROSA, H.; MAYERLE S. F.; GONÇALVES M. B. **Controle de estoque por revisão contínua e revisão periódica: uma análise comparativa utilizando simulação.** Produção, v.20, n.4, out/dez.2010, p. 626-638. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SANTOS, G. A.; TREVISAN, T. M.; VENDRAME, F. C.; SARRACENI, J. M.; VENDRAME, M. C. R. **Gestão de estoque: um fator de obtenção de lucro através de sua eficiência.** São Paulo, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. HARLAND, C.; HARRISON, A. **Administração da produção.** 1 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

STAUDT, F. H. **Cálculo do estoque de segurança:** as suas diferentes abordagens. Revista Mundo Logística. Setembro/Outubro de 2010, ed. n° 18.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Cadeias de Suprimentos: projeto e gestão.** 3. ed. - Porto Alegre: Bookman, 2010.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática.** São Paulo: Atlas, 2007.

### APÊNDICE A – Cálculo do valor relativo para classificação ABC

Item	Custo Unitário	Quantidade Necessária por Máquina	Valor Relativo	Percentual	Percentual Acumulado	% Número de itens Acumulado
Item 1	R\$ 50,15	64	R\$ 3.209,60	11,4%	11,39%	1%
Item 2	R\$ 1.788,31	1	R\$ 1.788,31	6,3%	17,73%	1%
Item 3	R\$ 1.622,91	1	R\$ 1.622,91	5,8%	23,49%	2%
Item 4	R\$ 0,34	4480	R\$ 1.523,20	5,4%	28,89%	2%
Item 5	R\$ 702,33	2	R\$ 1.404,66	5,0%	33,87%	3%
Item 6	R\$ 1.057,26	1	R\$ 1.057,26	3,8%	37,62%	4%
Item 7	R\$ 421,99	2	R\$ 843,98	3,0%	40,62%	4%
Item 8	R\$ 52,38	16	R\$ 838,08	3,0%	43,59%	5%
Item 9	R\$ 51,78	16	R\$ 828,48	2,9%	46,53%	5%
Item 10	R\$ 50,91	16	R\$ 814,56	2,9%	49,42%	6%
Item 11	R\$ 289,88	2	R\$ 579,76	2,1%	51,48%	7%
Item 12	R\$ 281,29	2	R\$ 562,58	2,0%	53,47%	7%
Item 13	R\$ 233,39	2	R\$ 466,78	1,7%	55,13%	8%
Item 14	R\$ 111,16	4	R\$ 444,64	1,6%	56,71%	8%
Item 15	R\$ 109,36	4	R\$ 437,44	1,6%	58,26%	9%
Item 16	R\$ 26,40	15,2	R\$ 401,28	1,4%	59,68%	10%
Item 17	R\$ 2,16	168	R\$ 362,88	1,3%	60,97%	10%
Item 18	R\$ 361,37	1	R\$ 361,37	1,3%	62,25%	11%
Item 19	R\$ 2,02	168	R\$ 339,36	1,2%	63,45%	12%
Item 20	R\$ 164,41	2	R\$ 328,82	1,2%	64,62%	12%
Item 21	R\$ 17,70	16	R\$ 283,20	1,0%	65,63%	13%
Item 22	R\$ 34,03	8	R\$ 272,24	1,0%	66,59%	13%
Item 23	R\$ 16,79	16	R\$ 268,64	1,0%	67,54%	14%
Item 24	R\$ 258,01	1	R\$ 258,01	0,9%	68,46%	15%
Item 25	R\$ 254,27	1	R\$ 254,27	0,9%	69,36%	15%
Item 26	R\$ 31,76	8	R\$ 254,08	0,9%	70,26%	16%
Item 27	R\$ 123,78	2	R\$ 247,56	0,9%	71,14%	16%
Item 28	R\$ 24,50	10	R\$ 245,00	0,9%	72,01%	17%
Item 29	R\$ 117,72	2	R\$ 235,44	0,8%	72,85%	18%
Item 30	R\$ 234,59	1	R\$ 234,59	0,8%	73,68%	18%
Item 31	R\$ 229,70	1	R\$ 229,70	0,8%	74,49%	19%
Item 32	R\$ 13,16	16	R\$ 210,56	0,7%	75,24%	19%
Item 33	R\$ 104,11	2	R\$ 208,22	0,7%	75,98%	20%
Item 34	R\$ 12,28	16	R\$ 196,48	0,7%	76,67%	21%
Item 35	R\$ 47,78	4	R\$ 191,12	0,7%	77,35%	21%
Item 36	R\$ 186,89	1	R\$ 186,89	0,7%	78,02%	22%
Item 37	R\$ 176,69	1	R\$ 176,69	0,6%	78,64%	22%
Item 38	R\$ 171,25	1	R\$ 171,25	0,6%	79,25%	23%
Item 39	R\$ 84,44	2	R\$ 168,88	0,6%	79,85%	24%
Item 40	R\$ 167,91	1	R\$ 167,91	0,6%	80,44%	24%
Item 41	R\$ 79,56	2	R\$ 159,12	0,6%	81,01%	25%
Item 42	R\$ 39,53	4	R\$ 158,12	0,6%	81,57%	25%
Item 43	R\$ 150,25	1	R\$ 150,25	0,5%	82,10%	26%
Item 44	R\$ 49,01	3	R\$ 147,03	0,5%	82,62%	27%
Item 45	R\$ 72,78	2	R\$ 145,56	0,5%	83,14%	27%

Item 46	R\$ 6,44	22	R\$ 141,68	0,5%	83,64%	28%
Item 47	R\$ 68,82	2	R\$ 137,64	0,5%	84,13%	28%
Item 48	R\$ 33,19	4	R\$ 132,76	0,5%	84,60%	29%
Item 49	R\$ 63,00	2	R\$ 126,00	0,4%	85,05%	30%
Item 50	R\$ 60,44	2	R\$ 120,88	0,4%	85,48%	30%
Item 51	R\$ 60,20	2	R\$ 120,40	0,4%	85,91%	31%
Item 52	R\$ 59,54	2	R\$ 119,08	0,4%	86,33%	32%
Item 53	R\$ 114,31	1	R\$ 114,31	0,4%	86,73%	32%
Item 54	R\$ 18,96	6	R\$ 113,76	0,4%	87,14%	33%
Item 55	R\$ 56,47	2	R\$ 112,94	0,4%	87,54%	33%
Item 56	R\$ 54,58	2	R\$ 109,16	0,4%	87,93%	34%
Item 57	R\$ 52,64	2	R\$ 105,28	0,4%	88,30%	35%
Item 58	R\$ 50,19	2	R\$ 100,38	0,4%	88,66%	35%
Item 59	R\$ 15,26	6	R\$ 91,56	0,3%	88,98%	36%
Item 60	R\$ 30,26	3	R\$ 90,78	0,3%	89,30%	36%
Item 61	R\$ 89,97	1	R\$ 89,97	0,3%	89,62%	37%
Item 62	R\$ 88,86	1	R\$ 88,86	0,3%	89,94%	38%
Item 63	R\$ 41,30	2	R\$ 82,60	0,3%	90,23%	38%
Item 64	R\$ 40,76	2	R\$ 81,52	0,3%	90,52%	39%
Item 65	R\$ 38,82	2	R\$ 77,64	0,3%	90,79%	39%
Item 66	R\$ 73,71	1	R\$ 73,71	0,3%	91,06%	40%
Item 67	R\$ 18,15	4	R\$ 72,60	0,3%	91,31%	41%
Item 68	R\$ 35,05	2	R\$ 70,10	0,2%	91,56%	41%
Item 69	R\$ 34,98	2	R\$ 69,96	0,2%	91,81%	42%
Item 70	R\$ 69,69	1	R\$ 69,69	0,2%	92,06%	42%
Item 71	R\$ 16,75	4	R\$ 67,00	0,2%	92,29%	43%
Item 72	R\$ 65,70	1	R\$ 65,70	0,2%	92,53%	44%
Item 73	R\$ 32,64	2	R\$ 65,28	0,2%	92,76%	44%
Item 74	R\$ 32,30	2	R\$ 64,60	0,2%	92,99%	45%
Item 75	R\$ 21,39	3	R\$ 64,17	0,2%	93,22%	45%
Item 76	R\$ 10,69	6	R\$ 64,14	0,2%	93,44%	46%
Item 77	R\$ 7,54	8	R\$ 60,32	0,2%	93,66%	47%
Item 78	R\$ 60,23	1	R\$ 60,23	0,2%	93,87%	47%
Item 79	R\$ 27,36	2	R\$ 54,72	0,2%	94,07%	48%
Item 80	R\$ 54,45	1	R\$ 54,45	0,2%	94,26%	48%
Item 81	R\$ 26,76	2	R\$ 53,52	0,2%	94,45%	49%
Item 82	R\$ 5,35	10	R\$ 53,50	0,2%	94,64%	50%
Item 83	R\$ 10,26	5	R\$ 51,30	0,2%	94,82%	50%
Item 84	R\$ 49,81	1	R\$ 49,81	0,2%	95,00%	51%
Item 85	R\$ 8,00	6	R\$ 48,00	0,2%	95,17%	52%
Item 86	R\$ 6,62	7	R\$ 46,34	0,2%	95,33%	52%
Item 87	R\$ 43,66	1	R\$ 43,66	0,2%	95,49%	53%
Item 88	R\$ 43,53	1	R\$ 43,53	0,2%	95,64%	53%
Item 89	R\$ 21,58	2	R\$ 43,16	0,2%	95,79%	54%
Item 90	R\$ 20,00	2	R\$ 40,00	0,1%	95,94%	55%
Item 91	R\$ 12,93	3	R\$ 38,79	0,1%	96,07%	55%
Item 92	R\$ 6,16	6	R\$ 36,96	0,1%	96,20%	56%
Item 93	R\$ 9,05	4	R\$ 36,20	0,1%	96,33%	56%
Item 94	R\$ 16,79	2	R\$ 33,58	0,1%	96,45%	57%
Item 95	R\$ 16,79	2	R\$ 33,58	0,1%	96,57%	58%
Item 96	R\$ 16,45	2	R\$ 32,90	0,1%	96,69%	58%
Item 97	R\$ 1,60	20	R\$ 32,00	0,1%	96,80%	59%



Item 98	R\$	15,79	2	R\$	31,58	0,1%	96,91%	59%
Item 99	R\$	4,54	6	R\$	27,24	0,1%	97,01%	60%
Item 100	R\$	13,44	2	R\$	26,88	0,1%	97,11%	61%
Item 101	R\$	13,37	2	R\$	26,74	0,1%	97,20%	61%
Item 102	R\$	26,36	1	R\$	26,36	0,1%	97,29%	62%
Item 103	R\$	12,91	2	R\$	25,82	0,1%	97,39%	62%
Item 104	R\$	6,44	4	R\$	25,76	0,1%	97,48%	63%
Item 105	R\$	25,57	1	R\$	25,57	0,1%	97,57%	64%
Item 106	R\$	25,47	1	R\$	25,47	0,1%	97,66%	64%
Item 107	R\$	25,15	1	R\$	25,15	0,1%	97,75%	65%
Item 108	R\$	24,56	1	R\$	24,56	0,1%	97,83%	65%
Item 109	R\$	12,07	2	R\$	24,14	0,1%	97,92%	66%
Item 110	R\$	11,80	2	R\$	23,60	0,1%	98,00%	67%
Item 111	R\$	7,81	3	R\$	23,43	0,1%	98,09%	67%
Item 112	R\$	5,81	4	R\$	23,24	0,1%	98,17%	68%
Item 113	R\$	11,25	2	R\$	22,50	0,1%	98,25%	68%
Item 114	R\$	3,72	6	R\$	22,32	0,1%	98,33%	69%
Item 115	R\$	5,49	4	R\$	21,96	0,1%	98,41%	70%
Item 116	R\$	10,63	2	R\$	21,26	0,1%	98,48%	70%
Item 117	R\$	10,48	2	R\$	20,96	0,1%	98,56%	71%
Item 118	R\$	8,16	2,5	R\$	20,40	0,1%	98,63%	72%
Item 119	R\$	19,24	1	R\$	19,24	0,1%	98,70%	72%
Item 120	R\$	9,08	2	R\$	18,16	0,1%	98,76%	73%
Item 121	R\$	8,98	2	R\$	17,96	0,1%	98,82%	73%
Item 122	R\$	8,81	2	R\$	17,62	0,1%	98,89%	74%
Item 123	R\$	8,45	2	R\$	16,90	0,1%	98,95%	75%
Item 124	R\$	16,44	1	R\$	16,44	0,1%	99,01%	75%
Item 125	R\$	8,06	2	R\$	16,12	0,1%	99,06%	76%
Item 126	R\$	1,13	14	R\$	15,82	0,1%	99,12%	76%
Item 127	R\$	15,61	1	R\$	15,61	0,1%	99,17%	77%
Item 128	R\$	1,99	7	R\$	13,93	0,0%	99,22%	78%
Item 129	R\$	1,33	10	R\$	13,30	0,0%	99,27%	78%
Item 130	R\$	6,48	2	R\$	12,96	0,0%	99,32%	79%
Item 131	R\$	6,35	2	R\$	12,70	0,0%	99,36%	79%
Item 132	R\$	3,09	4	R\$	12,36	0,0%	99,41%	80%
Item 133	R\$	6,11	2	R\$	12,22	0,0%	99,45%	81%
Item 134	R\$	5,90	2	R\$	11,80	0,0%	99,49%	81%
Item 135	R\$	2,92	4	R\$	11,68	0,0%	99,53%	82%
Item 136	R\$	2,90	4	R\$	11,60	0,0%	99,57%	82%
Item 137	R\$	5,80	2	R\$	11,60	0,0%	99,61%	83%
Item 138	R\$	8,97	1	R\$	8,97	0,0%	99,65%	84%
Item 139	R\$	4,48	2	R\$	8,96	0,0%	99,68%	84%
Item 140	R\$	2,01	4	R\$	8,04	0,0%	99,71%	85%
Item 141	R\$	3,63	2	R\$	7,26	0,0%	99,73%	85%
Item 142	R\$	7,16	1	R\$	7,16	0,0%	99,76%	86%
Item 143	R\$	1,50	4	R\$	6,00	0,0%	99,78%	87%
Item 144	R\$	5,80	1	R\$	5,80	0,0%	99,80%	87%
Item 145	R\$	5,66	1	R\$	5,66	0,0%	99,82%	88%
Item 146	R\$	3,58	1,5	R\$	5,37	0,0%	99,84%	88%
Item 147	R\$	5,20	1	R\$	5,20	0,0%	99,86%	89%
Item 148	R\$	2,22	2	R\$	4,44	0,0%	99,87%	90%
Item 149	R\$	2,09	2	R\$	4,18	0,0%	99,89%	90%

Item 150	R\$ 3,61	1	R\$ 3,61	0,0%	99,90%	91%
Item 151	R\$ 3,41	1	R\$ 3,41	0,0%	99,91%	92%
Item 152	R\$ 0,63	5	R\$ 3,15	0,0%	99,92%	92%
Item 153	R\$ 7,32	0,38	R\$ 2,78	0,0%	99,93%	93%
Item 154	R\$ 2,46	1	R\$ 2,46	0,0%	99,94%	93%
Item 155	R\$ 2,42	1	R\$ 2,42	0,0%	99,95%	94%
Item 156	R\$ 2,40	1	R\$ 2,40	0,0%	99,96%	95%
Item 157	R\$ 0,41	5	R\$ 2,05	0,0%	99,97%	95%
Item 158	R\$ 0,29	6	R\$ 1,74	0,0%	99,97%	96%
Item 159	R\$ 0,82	2	R\$ 1,64	0,0%	99,98%	96%
Item 160	R\$ 1,58	1	R\$ 1,58	0,0%	99,98%	97%
Item 161	R\$ 0,74	2	R\$ 1,48	0,0%	99,99%	98%
Item 162	R\$ 0,50	2	R\$ 1,00	0,0%	99,99%	98%
Item 163	R\$ 0,90	1	R\$ 0,90	0,0%	100,00%	99%
Item 164	R\$ 0,61	1	R\$ 0,61	0,0%	100,00%	99%
Item 165	R\$ 0,36	1	R\$ 0,36	0,0%	100,00%	100%

**APÊNDICE B – Lead time médio atual para itens classe A**

<b>Item</b>	<b>Tempo Ressuprimento Médio Histórico em Meses</b>	<b>Desvio Padrão Histórico em Meses</b>
Item 1	1,03	0,79
Item 2	1,55	0,92
Item 3	1,20	1,42
Item 4	1,26	0,35
Item 5	1,04	0,80
Item 6	1,09	0,51
Item 7	1,05	0,47
Item 8	1,27	0,35
Item 9	1,30	0,34
Item 10	1,27	0,42
Item 11	1,26	0,42
Item 12	0,99	0,35
Item 13	1,72	0,75
Item 14	0,87	0,29
Item 15	0,93	0,90
Item 16	1,01	0,45
Item 17	0,84	0,50
Item 18	0,88	0,29
Item 19	0,74	0,40
Item 20	0,94	0,39
Item 21	0,82	0,21
Item 22	0,52	0,34
Item 23	0,74	0,26
Item 24	0,79	0,48
Item 25	1,43	0,55
Item 26	0,97	0,38
Item 27	1,19	0,42
Item 28	0,85	0,64
Item 29	0,89	0,59
Item 30	1,58	1,08
Item 31	0,51	0,40
Item 32	0,55	0,39
Item 33	0,55	0,22
Item 34	0,37	0,10
Item 35	0,94	0,38
Item 36	0,88	0,43
Item 37	0,77	0,29
Item 38	0,85	0,25
Item 39	0,87	0,21
Item 40	0,82	0,38

**APÊNDICE C – Lead time médio reduzido para itens classe A**

<b>Item</b>	<b>Tempo de Ressuprimento Médio Reduzido em Meses</b>	<b>Desvio Padrão Reduzido em Meses</b>
Item 1	0,13	0,07
Item 2	0,67	0,10
Item 3	0,33	0,10
Item 4	0,83	0,17
Item 5	0,83	0,17
Item 6	0,23	0,10
Item 7	0,33	0,17
Item 8	0,33	0,17
Item 9	0,33	0,17
Item 10	0,33	0,17
Item 11	1,13	0,80
Item 12	0,33	0,17
Item 13	0,50	0,17
Item 14	0,33	0,17
Item 15	0,23	0,10
Item 16	0,23	0,10
Item 17	0,83	0,17
Item 18	0,83	0,17
Item 19	0,67	0,17
Item 20	0,40	0,27
Item 21	0,40	0,27
Item 22	0,67	0,17
Item 23	0,33	0,17
Item 24	0,67	0,17
Item 25	0,50	0,10
Item 26	0,50	0,10
Item 27	0,13	0,07
Item 28	0,17	0,07
Item 29	0,23	0,07
Item 30	0,67	0,17
Item 31	1,07	0,10
Item 32	0,70	0,17
Item 33	0,27	0,07
Item 34	0,23	0,10
Item 35	0,83	0,17
Item 36	0,17	0,07
Item 37	0,17	0,07
Item 38	0,33	0,17
Item 39	0,13	0,07
Item 40	0,13	0,07

**APÊNDICE D – Demanda média mensal atual para itens classe A**

<b>Item</b>	<b>Demanda Média Mensal Histórica</b>	<b>Desvio Padrão Mensal da Demanda Histórica</b>
Item 1	211,69	126,35
Item 2	3,00	1,58
Item 3	15212,15	8990,11
Item 4	6,15	3,31
Item 5	52,92	31,59
Item 6	561,85	292,03
Item 7	625,69	337,55
Item 8	56,54	34,41
Item 9	58,15	32,40
Item 10	59,08	32,81
Item 11	56,92	26,89
Item 12	2,62	1,80
Item 13	6,31	2,81
Item 14	69,54	47,12
Item 15	6,23	3,17
Item 16	43,08	30,50
Item 17	38,38	20,02
Item 18	2,67	1,56
Item 19	12,31	5,76
Item 20	58,32	33,70
Item 21	3,08	1,61
Item 22	29,54	25,59
Item 23	6,23	2,92
Item 24	4,62	2,63
Item 25	3,00	1,91
Item 26	6,23	3,32
Item 27	3,08	1,66
Item 28	6,23	3,11
Item 29	12,31	7,02
Item 30	38,15	21,20
Item 31	4,62	2,63
Item 32	4,77	2,65
Item 33	14,85	5,74
Item 34	2,38	1,26
Item 35	3,08	1,44
Item 36	2,69	1,25
Item 37	3,15	1,41
Item 38	2,75	1,48
Item 39	6,00	3,56
Item 40	3,08	1,44

**APÊNDICE E – Demanda média mensal prevista para itens classe A**

<b>Item</b>	<b>Demanda Média Mensal Prevista</b>	<b>Desvio Padrão da Demanda Prevista</b>
Item 1	353	59
Item 2	6	1
Item 3	6	1
Item 4	24677	4143
Item 5	11	2
Item 6	6	1
Item 7	11	2
Item 8	88	15
Item 9	88	15
Item 10	88	15
Item 11	11	2
Item 12	11	2
Item 13	11	2
Item 14	22	4
Item 15	22	4
Item 16	84	14
Item 17	925	155
Item 18	6	1
Item 19	925	155
Item 20	11	2
Item 21	88	15
Item 22	44	7
Item 23	88	15
Item 24	6	1
Item 25	44	7
Item 26	6	1
Item 27	11	2
Item 28	55	9
Item 29	11	2
Item 30	6	1
Item 31	6	1
Item 32	88	15
Item 33	11	2
Item 34	88	15
Item 35	22	4
Item 36	6	1
Item 37	6	1
Item 38	6	1
Item 39	11	2
Item 40	6	1

**APÊNDICE F – Parâmetros de estoque para demanda e *lead time* históricos**

Item	Nível de Serviço 90%				Nível de Serviço de 95%			
	Q	ES	PR	$E_m$	Q	ES	PR	$E_m$
Item 1	151	270	489	346	151	346	565	422
Item 2	3	4	9	6	3	6	10	7
Item 3	3	2	4	3	3	3	5	4
Item 4	15515	30369	48644	38127	15515	38911	57186	46668
Item 5	7	6	12	10	7	8	13	12
Item 6	4	2	4	4	4	3	5	5
Item 7	9	5	13	10	9	7	15	11
Item 8	85	62	123	104	85	79	140	122
Item 9	63	63	123	94	63	81	141	112
Item 10	75	68	123	105	75	87	142	124
Item 11	9	3	6	8	9	4	7	9
Item 12	10	3	6	8	10	4	7	9
Item 13	12	5	10	10	12	6	11	12
Item 14	24	9	18	21	24	11	21	24
Item 15	27	7	15	20	27	9	17	22
Item 16	109	51	106	105	109	65	120	120
Item 17	1183	538	1153	1129	1183	689	1304	1280
Item 18	7	2	5	5	7	3	5	6
Item 19	1291	580	1237	1225	1291	743	1400	1389
Item 20	14	8	14	15	14	10	16	18
Item 21	131	56	128	121	131	71	143	137
Item 22	68	27	42	61	68	35	50	69
Item 23	137	53	129	122	137	68	144	137
Item 24	7	2	4	6	7	3	5	6
Item 25	85	46	90	89	85	59	103	102
Item 26	8	2	5	6	8	3	5	7
Item 27	16	4	8	12	16	5	10	13
Item 28	92	34	66	80	92	43	76	89
Item 29	15	4	8	11	15	5	9	13
Item 30	8	4	8	8	8	5	9	9
Item 31	9	2	4	6	9	3	5	7
Item 32	155	57	132	135	155	73	148	151
Item 33	18	5	11	14	18	7	13	16
Item 34	158	49	121	128	158	63	135	142
Item 35	37	13	24	31	37	16	27	35
Item 36	8	1	2	5	8	1	2	5
Item 37	10	2	5	7	10	3	6	8
Item 38	9	3	5	7	9	3	6	8
Item 39	20	8	19	18	20	10	21	20
Item 40	10	3	7	8	10	4	7	9
	<b>Total <math>E_m</math> 90%</b>				<b>Total <math>E_m</math> 95%</b>			
	<b>42230</b>				<b>51359</b>			

**APÊNDICE G – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para  
demanda e lead time históricos**

Item	Nível de Serviço 90%			Nível de Serviço de 95%		
	Custo de Manutenção	Custo de Falta	Custo de Aquisição	Custo de Manutenção	Custo de Falta	Custo de Aquisição
1	R\$ 348,41	R\$ 530,39	R\$ 18.350,67	R\$ 425,82	R\$ 265,19	R\$ 23.511,79
2	R\$ 233,45	R\$ 295,52	R\$ 11.923,59	R\$ 283,76	R\$ 147,76	R\$ 15.277,11
3	R\$ 297,57	R\$ 268,19	R\$ 16.370,81	R\$ 366,64	R\$ 134,09	R\$ 20.975,10
4	R\$ 114,06	R\$ 251,71	R\$ 4.244,93	R\$ 131,97	R\$ 125,85	R\$ 5.438,82
5	R\$ 169,63	R\$ 232,12	R\$ 8.082,86	R\$ 203,73	R\$ 116,06	R\$ 10.356,16
6	R\$ 102,64	R\$ 174,71	R\$ 4.043,96	R\$ 119,70	R\$ 87,36	R\$ 5.181,33
7	R\$ 81,99	R\$ 139,47	R\$ 2.965,65	R\$ 94,50	R\$ 69,73	R\$ 3.799,74
8	R\$ 72,40	R\$ 138,49	R\$ 2.334,83	R\$ 82,25	R\$ 69,25	R\$ 2.991,50
9	R\$ 70,99	R\$ 136,91	R\$ 2.254,99	R\$ 80,50	R\$ 68,45	R\$ 2.889,20
10	R\$ 76,18	R\$ 134,61	R\$ 2.621,80	R\$ 87,24	R\$ 67,30	R\$ 3.359,18
11	R\$ 59,32	R\$ 95,81	R\$ 1.882,42	R\$ 67,27	R\$ 47,90	R\$ 2.411,85
12	R\$ 53,69	R\$ 92,97	R\$ 1.537,95	R\$ 60,18	R\$ 46,48	R\$ 1.970,50
13	R\$ 66,50	R\$ 77,14	R\$ 2.573,78	R\$ 77,36	R\$ 38,57	R\$ 3.297,66
14	R\$ 42,78	R\$ 73,48	R\$ 1.037,21	R\$ 47,16	R\$ 36,74	R\$ 1.328,92
15	R\$ 69,34	R\$ 72,29	R\$ 2.822,42	R\$ 81,25	R\$ 36,14	R\$ 3.616,22
16	R\$ 46,10	R\$ 66,31	R\$ 1.349,22	R\$ 51,79	R\$ 33,16	R\$ 1.728,68
17	R\$ 44,59	R\$ 59,97	R\$ 1.332,80	R\$ 50,21	R\$ 29,98	R\$ 1.707,65
18	R\$ 37,31	R\$ 59,72	R\$ 851,26	R\$ 40,90	R\$ 29,86	R\$ 1.090,67
19	R\$ 38,96	R\$ 56,08	R\$ 1.011,50	R\$ 43,22	R\$ 28,04	R\$ 1.295,99
20	R\$ 38,02	R\$ 54,34	R\$ 973,80	R\$ 42,13	R\$ 27,17	R\$ 1.247,68
21	R\$ 29,52	R\$ 46,80	R\$ 519,25	R\$ 31,71	R\$ 23,40	R\$ 665,29
22	R\$ 31,74	R\$ 44,99	R\$ 696,08	R\$ 34,68	R\$ 22,49	R\$ 891,85
23	R\$ 29,53	R\$ 44,39	R\$ 558,12	R\$ 31,89	R\$ 22,20	R\$ 715,09
24	R\$ 34,43	R\$ 42,64	R\$ 912,97	R\$ 38,28	R\$ 21,32	R\$ 1.169,74
25	R\$ 36,35	R\$ 41,99	R\$ 1.051,00	R\$ 40,78	R\$ 20,99	R\$ 1.346,59
26	R\$ 31,74	R\$ 42,02	R\$ 743,50	R\$ 34,88	R\$ 21,01	R\$ 952,61
27	R\$ 32,39	R\$ 40,91	R\$ 805,34	R\$ 35,79	R\$ 20,45	R\$ 1.031,84
28	R\$ 37,36	R\$ 40,49	R\$ 1.143,37	R\$ 42,18	R\$ 20,24	R\$ 1.464,94
29	R\$ 35,05	R\$ 38,91	R\$ 1.015,69	R\$ 39,33	R\$ 19,45	R\$ 1.301,35
30	R\$ 47,11	R\$ 38,77	R\$ 1.822,22	R\$ 54,80	R\$ 19,38	R\$ 2.334,72
31	R\$ 29,72	R\$ 37,96	R\$ 676,72	R\$ 32,57	R\$ 18,98	R\$ 867,04
32	R\$ 27,77	R\$ 34,80	R\$ 602,16	R\$ 30,31	R\$ 17,40	R\$ 771,52
33	R\$ 24,21	R\$ 34,41	R\$ 371,65	R\$ 25,77	R\$ 17,20	R\$ 476,18
34	R\$ 21,14	R\$ 32,47	R\$ 202,51	R\$ 21,99	R\$ 16,23	R\$ 259,47
35	R\$ 26,20	R\$ 31,58	R\$ 556,57	R\$ 28,55	R\$ 15,79	R\$ 713,11
36	R\$ 26,65	R\$ 30,88	R\$ 600,18	R\$ 29,19	R\$ 15,44	R\$ 768,98
37	R\$ 23,28	R\$ 29,20	R\$ 407,59	R\$ 25,00	R\$ 14,60	R\$ 522,23
38	R\$ 22,29	R\$ 28,30	R\$ 359,72	R\$ 23,81	R\$ 14,15	R\$ 460,89
39	R\$ 21,45	R\$ 27,91	R\$ 311,37	R\$ 22,76	R\$ 13,95	R\$ 398,94
40	R\$ 23,95	R\$ 27,75	R\$ 481,07	R\$ 25,98	R\$ 13,87	R\$ 616,38
	R\$ 2.655,80	R\$ 3.747,32	R\$ 102.403,52	R\$ 3.087,82	R\$ 1.873,66	R\$ 131.204,51



**APÊNDICE H – Parâmetros de estoque para demanda prevista e *lead time* histórico**

Item	Nível de Serviço 90%				Nível de Serviço de 95%			
	Q	ES	PR	$E_m$	Q	ES	PR	$E_m$
Item 1	194	366	729	463	194	469	832	566
Item 2	4	7	15	9	4	9	17	11
Item 3	4	10	17	12	4	13	20	15
Item 4	19761	12485	43455	22365	19761	15997	46967	25877
Item 5	9	12	23	16	9	15	26	19
Item 6	5	4	10	6	5	5	11	8
Item 7	12	7	19	13	12	9	21	15
Item 8	95	45	157	92	95	57	169	105
Item 9	96	44	158	91	96	56	170	104
Item 10	97	51	164	100	97	66	178	114
Item 11	14	6	20	14	14	8	22	15
Item 12	15	5	16	13	15	7	18	14
Item 13	16	11	30	19	16	14	33	22
Item 14	33	9	29	26	33	12	31	28
Item 15	33	26	46	42	33	33	54	50
Item 16	131	51	136	116	131	65	150	131
Item 17	1518	617	1396	1376	1518	791	1569	1550
Item 18	9	2	7	7	9	3	8	8
Item 19	1570	501	1190	1286	1570	642	1330	1427
Item 20	19	6	16	15	19	8	18	17
Item 21	164	29	102	111	164	38	110	119
Item 22	83	20	43	62	83	26	49	68
Item 23	168	33	99	117	168	43	108	127
Item 24	11	4	8	9	11	5	9	10
Item 25	86	33	96	76	86	42	105	86
Item 26	11	3	8	8	11	4	9	9
Item 27	22	7	20	17	22	8	21	19
Item 28	110	47	94	102	110	60	107	115
Item 29	22	9	18	20	22	11	21	22
Item 30	11	8	16	13	11	10	19	16
Item 31	11	3	6	9	11	4	7	9
Item 32	190	46	94	141	190	59	107	154
Item 33	24	4	10	15	24	5	11	17
Item 34	196	16	49	115	196	21	54	119
Item 35	50	12	32	37	50	15	36	40
Item 36	13	3	8	10	13	4	9	10
Item 37	13	2	7	9	13	3	7	9
Item 38	13	2	7	9	13	3	7	9
Item 39	26	4	13	17	26	5	14	18
Item 40	13	3	7	10	13	4	8	10
	<b>Total <math>E_m</math> 90%</b>			<b>26988</b>	<b>Total <math>E_m</math> 95%</b>			<b>31081</b>

**APÊNDICE I – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para  
demanda prevista e lead time histórico**

Item	Nível de Serviço 90%			Nível de Serviço de 95%		
	Custo de Manutenção	Custo de Falta	Custo de Aquisição	Custo de Manutenção	Custo de Falta	Custo de Aquisição
1	R\$ 348,41	R\$ 530,39	R\$ 23.227,04	R\$ 425,82	R\$ 265,19	R\$ 28.388,16
2	R\$ 233,45	R\$ 295,52	R\$ 15.563,52	R\$ 283,76	R\$ 147,76	R\$ 18.917,03
3	R\$ 297,57	R\$ 268,19	R\$ 19.838,33	R\$ 366,64	R\$ 134,09	R\$ 24.442,62
4	R\$ 114,06	R\$ 251,71	R\$ 7.604,24	R\$ 131,97	R\$ 125,85	R\$ 8.798,13
5	R\$ 169,63	R\$ 232,12	R\$ 11.308,80	R\$ 203,73	R\$ 116,06	R\$ 13.582,11
6	R\$ 102,64	R\$ 174,71	R\$ 6.842,70	R\$ 119,70	R\$ 87,36	R\$ 7.980,06
7	R\$ 81,99	R\$ 139,47	R\$ 5.466,21	R\$ 94,50	R\$ 69,73	R\$ 6.300,30
8	R\$ 72,40	R\$ 138,49	R\$ 4.826,63	R\$ 82,25	R\$ 69,25	R\$ 5.483,30
9	R\$ 70,99	R\$ 136,91	R\$ 4.732,48	R\$ 80,50	R\$ 68,45	R\$ 5.366,69
10	R\$ 76,18	R\$ 134,61	R\$ 5.078,39	R\$ 87,24	R\$ 67,30	R\$ 5.815,77
11	R\$ 59,32	R\$ 95,81	R\$ 3.954,92	R\$ 67,27	R\$ 47,90	R\$ 4.484,35
12	R\$ 53,69	R\$ 92,97	R\$ 3.579,52	R\$ 60,18	R\$ 46,48	R\$ 4.012,07
13	R\$ 66,50	R\$ 77,14	R\$ 4.433,41	R\$ 77,36	R\$ 38,57	R\$ 5.157,29
14	R\$ 42,78	R\$ 73,48	R\$ 2.852,20	R\$ 47,16	R\$ 36,74	R\$ 3.143,92
15	R\$ 69,34	R\$ 72,29	R\$ 4.622,66	R\$ 81,25	R\$ 36,14	R\$ 5.416,46
16	R\$ 46,10	R\$ 66,31	R\$ 3.073,44	R\$ 51,79	R\$ 33,16	R\$ 3.452,91
17	R\$ 44,59	R\$ 59,97	R\$ 2.972,45	R\$ 50,21	R\$ 29,98	R\$ 3.347,30
18	R\$ 37,31	R\$ 59,72	R\$ 2.487,50	R\$ 40,90	R\$ 29,86	R\$ 2.726,92
19	R\$ 38,96	R\$ 56,08	R\$ 2.597,13	R\$ 43,22	R\$ 28,04	R\$ 2.881,62
20	R\$ 38,02	R\$ 54,34	R\$ 2.534,61	R\$ 42,13	R\$ 27,17	R\$ 2.808,49
21	R\$ 29,52	R\$ 46,80	R\$ 1.967,75	R\$ 31,71	R\$ 23,40	R\$ 2.113,78
22	R\$ 31,74	R\$ 44,99	R\$ 2.116,27	R\$ 34,68	R\$ 22,49	R\$ 2.312,04
23	R\$ 29,53	R\$ 44,39	R\$ 1.968,89	R\$ 31,89	R\$ 22,20	R\$ 2.125,87
24	R\$ 34,43	R\$ 42,64	R\$ 2.295,54	R\$ 38,28	R\$ 21,32	R\$ 2.552,32
25	R\$ 36,35	R\$ 41,99	R\$ 2.423,01	R\$ 40,78	R\$ 20,99	R\$ 2.718,60
26	R\$ 31,74	R\$ 42,02	R\$ 2.116,02	R\$ 34,88	R\$ 21,01	R\$ 2.325,13
27	R\$ 32,39	R\$ 40,91	R\$ 2.159,63	R\$ 35,79	R\$ 20,45	R\$ 2.386,13
28	R\$ 37,36	R\$ 40,49	R\$ 2.490,64	R\$ 42,18	R\$ 20,24	R\$ 2.812,21
29	R\$ 35,05	R\$ 38,91	R\$ 2.336,41	R\$ 39,33	R\$ 19,45	R\$ 2.622,08
30	R\$ 47,11	R\$ 38,77	R\$ 3.140,55	R\$ 54,80	R\$ 19,38	R\$ 3.653,05
31	R\$ 29,72	R\$ 37,96	R\$ 1.981,24	R\$ 32,57	R\$ 18,98	R\$ 2.171,57
32	R\$ 27,77	R\$ 34,80	R\$ 1.851,15	R\$ 30,31	R\$ 17,40	R\$ 2.020,51
33	R\$ 24,21	R\$ 34,41	R\$ 1.613,68	R\$ 25,77	R\$ 17,20	R\$ 1.718,21
34	R\$ 21,14	R\$ 32,47	R\$ 1.409,02	R\$ 21,99	R\$ 16,23	R\$ 1.465,98
35	R\$ 26,20	R\$ 31,58	R\$ 1.746,51	R\$ 28,55	R\$ 15,79	R\$ 1.903,05
36	R\$ 26,65	R\$ 30,88	R\$ 1.776,88	R\$ 29,19	R\$ 15,44	R\$ 1.945,68
37	R\$ 23,28	R\$ 29,20	R\$ 1.551,73	R\$ 25,00	R\$ 14,60	R\$ 1.666,36
38	R\$ 22,29	R\$ 28,30	R\$ 1.486,10	R\$ 23,81	R\$ 14,15	R\$ 1.587,27
39	R\$ 21,45	R\$ 27,91	R\$ 1.429,93	R\$ 22,76	R\$ 13,95	R\$ 1.517,51
40	R\$ 23,95	R\$ 27,75	R\$ 1.596,42	R\$ 25,98	R\$ 13,87	R\$ 1.731,72
	R\$ 2.655,80	R\$ 3.747,32	R\$ 177.053,57	R\$ 3.087,82	R\$ 1.873,66	R\$ 205.854,56

**APÊNDICE J – Parâmetros de estoque para demanda prevista e *lead time* reduzido**

Item	Nível de Serviço 90%				Nível de Serviço de 95%			
	Q	ES	PR	$E_m$	Q	ES	PR	$E_m$
Item 1	194	130	271	227	194	166	307	263
Item 2	4	2	5	4	4	2	6	4
Item 3	4	2	5	4	4	2	6	4
Item 4	19761	6817	23268	16697	19761	8734	25185	18614
Item 5	9	1	3	6	9	2	3	6
Item 6	5	1	7	4	5	2	8	4
Item 7	12	3	12	9	12	4	13	10
Item 8	95	26	99	73	95	33	106	80
Item 9	96	92	192	140	96	118	218	166
Item 10	97	32	68	81	97	41	77	90
Item 11	14	1	3	8	14	2	4	9
Item 12	15	1	3	9	15	2	4	9
Item 13	16	2	6	10	16	3	6	10
Item 14	33	4	15	21	33	6	17	22
Item 15	33	3	9	20	33	4	10	20
Item 16	131	23	79	88	131	30	85	95
Item 17	1518	153	368	912	1518	195	411	955
Item 18	9	1	5	6	9	2	5	6
Item 19	1570	153	368	937	1570	195	411	980
Item 20	19	1	4	11	19	2	4	11
Item 21	164	22	51	104	164	28	57	110
Item 22	83	5	13	47	83	7	14	49
Item 23	168	22	51	106	168	28	57	112
Item 24	11	1	1	6	11	1	2	6
Item 25	86	5	11	48	86	7	12	50
Item 26	11	2	6	7	11	2	7	7
Item 27	22	3	12	14	22	4	13	15
Item 28	110	14	32	69	110	17	36	72
Item 29	22	1	3	12	22	2	3	13
Item 30	11	1	2	7	11	1	2	7
Item 31	11	2	6	7	11	2	7	8
Item 32	190	22	51	117	190	28	57	123
Item 33	24	3	6	15	24	3	7	15
Item 34	196	22	51	120	196	28	57	126
Item 35	50	4	9	29	50	5	10	30
Item 36	13	1	3	8	13	2	4	8
Item 37	13	1	4	8	13	2	5	8
Item 38	13	1	4	8	13	1	4	8
Item 39	26	3	6	16	26	3	7	17
Item 40	13	2	5	8	13	2	6	9
	<b>Total <math>E_m</math> 90%</b>			<b>20020</b>	<b>Total <math>E_m</math> 95%</b>			<b>22152</b>

**APÊNDICE K – Custos de manutenção, falta e aquisição de matérias-primas para  
demanda prevista e lead time reduzido**

Item	Nível de Serviço 90%			Nível de Serviço de 95%		
	Custo de Manutenção	Custo de Falta	Custo de Aquisição	Custo de Manutenção	Custo de Falta	Custo de Aquisição
1	R\$ 170,58	R\$ 530,39	R\$ 6.495,50	R\$ 197,98	R\$ 265,19	R\$ 8.322,35
2	R\$ 95,41	R\$ 295,52	R\$ 2.721,05	R\$ 106,89	R\$ 147,76	R\$ 3.486,34
3	R\$ 89,43	R\$ 268,19	R\$ 2.494,17	R\$ 99,95	R\$ 134,09	R\$ 3.195,65
4	R\$ 85,15	R\$ 251,71	R\$ 2.317,66	R\$ 94,93	R\$ 125,85	R\$ 2.969,50
5	R\$ 61,84	R\$ 232,12	R\$ 897,01	R\$ 65,63	R\$ 116,06	R\$ 1.149,29
6	R\$ 64,36	R\$ 174,71	R\$ 1.492,20	R\$ 70,66	R\$ 87,36	R\$ 1.911,88
7	R\$ 57,72	R\$ 139,47	R\$ 1.347,40	R\$ 63,40	R\$ 69,73	R\$ 1.726,36
8	R\$ 57,45	R\$ 138,49	R\$ 1.337,98	R\$ 63,09	R\$ 69,25	R\$ 1.714,29
9	R\$ 108,98	R\$ 136,91	R\$ 4.787,96	R\$ 129,18	R\$ 68,45	R\$ 6.134,57
10	R\$ 61,58	R\$ 134,61	R\$ 1.648,48	R\$ 68,53	R\$ 67,30	R\$ 2.112,12
11	R\$ 36,95	R\$ 95,81	R\$ 390,86	R\$ 38,60	R\$ 47,90	R\$ 500,79
12	R\$ 36,31	R\$ 92,97	R\$ 379,28	R\$ 37,91	R\$ 46,48	R\$ 485,95
13	R\$ 34,77	R\$ 77,14	R\$ 458,37	R\$ 36,70	R\$ 38,57	R\$ 587,28
14	R\$ 34,52	R\$ 73,48	R\$ 486,64	R\$ 36,58	R\$ 36,74	R\$ 623,51
15	R\$ 32,06	R\$ 72,29	R\$ 337,33	R\$ 33,49	R\$ 36,14	R\$ 432,20
16	R\$ 35,02	R\$ 66,31	R\$ 610,58	R\$ 37,60	R\$ 33,16	R\$ 782,30
17	R\$ 29,54	R\$ 59,97	R\$ 329,43	R\$ 30,93	R\$ 29,98	R\$ 422,08
18	R\$ 31,03	R\$ 59,72	R\$ 432,35	R\$ 32,85	R\$ 29,86	R\$ 553,95
19	R\$ 28,41	R\$ 56,08	R\$ 308,08	R\$ 29,71	R\$ 28,04	R\$ 394,72
20	R\$ 27,06	R\$ 54,34	R\$ 243,40	R\$ 28,09	R\$ 27,17	R\$ 311,86
21	R\$ 27,50	R\$ 46,80	R\$ 384,99	R\$ 29,13	R\$ 23,40	R\$ 493,27
22	R\$ 24,06	R\$ 44,99	R\$ 183,54	R\$ 24,83	R\$ 22,49	R\$ 235,16
23	R\$ 26,64	R\$ 44,39	R\$ 365,20	R\$ 28,18	R\$ 22,20	R\$ 467,91
24	R\$ 23,21	R\$ 42,64	R\$ 164,76	R\$ 23,91	R\$ 21,32	R\$ 211,10
25	R\$ 23,01	R\$ 41,99	R\$ 162,25	R\$ 23,70	R\$ 20,99	R\$ 207,89
26	R\$ 26,68	R\$ 42,02	R\$ 405,94	R\$ 28,39	R\$ 21,01	R\$ 520,11
27	R\$ 26,24	R\$ 40,91	R\$ 395,23	R\$ 27,91	R\$ 20,45	R\$ 506,38
28	R\$ 25,20	R\$ 40,49	R\$ 333,06	R\$ 26,61	R\$ 20,24	R\$ 426,73
29	R\$ 22,07	R\$ 38,91	R\$ 150,35	R\$ 22,70	R\$ 19,45	R\$ 192,64
30	R\$ 22,97	R\$ 38,77	R\$ 212,96	R\$ 23,87	R\$ 19,38	R\$ 272,86
31	R\$ 25,07	R\$ 37,96	R\$ 366,71	R\$ 26,62	R\$ 18,98	R\$ 469,85
32	R\$ 23,03	R\$ 34,80	R\$ 286,24	R\$ 24,24	R\$ 17,40	R\$ 366,75
33	R\$ 22,88	R\$ 34,41	R\$ 283,06	R\$ 24,07	R\$ 17,20	R\$ 362,67
34	R\$ 22,10	R\$ 32,47	R\$ 267,10	R\$ 23,23	R\$ 16,23	R\$ 342,22
35	R\$ 20,45	R\$ 31,58	R\$ 173,50	R\$ 21,18	R\$ 15,79	R\$ 222,30
36	R\$ 21,46	R\$ 30,88	R\$ 254,06	R\$ 22,53	R\$ 15,44	R\$ 325,52
37	R\$ 20,99	R\$ 29,20	R\$ 254,92	R\$ 22,06	R\$ 14,60	R\$ 326,62
38	R\$ 19,71	R\$ 28,30	R\$ 187,43	R\$ 20,50	R\$ 14,15	R\$ 240,14
39	R\$ 20,22	R\$ 27,91	R\$ 229,58	R\$ 21,19	R\$ 13,95	R\$ 294,15
40	R\$ 20,61	R\$ 27,75	R\$ 258,80	R\$ 21,70	R\$ 13,87	R\$ 331,59
	R\$ 1.642,28	R\$ 3.747,32	R\$ 34.835,40	R\$ 1.789,24	R\$ 1.873,66	R\$ 44.632,86