

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO - UENF**  
**CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CCT**  
**LABORATÓRIO DE ENGENHARIA PRODUÇÃO - LEPROD**

**FILIFE MAIA DE SOUZA RODRIGUES**

**DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUE COM BASE NO PADRÃO  
DE DEMANDA DO MATERIAL: ESTUDO DE CASO EM UMA  
EMPRESA DO RAMO DE PETRÓLEO E GÁS**

Campos dos Goytacazes – RJ

Janeiro de 2014

**FILIFE MAIA DE SOUZA RODRIGUES**

**DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUE COM BASE NO PADRÃO  
DE DEMANDA DO MATERIAL: ESTUDO DE CASO EM UMA  
EMPRESA DO RAMO DE PETRÓLEO E GÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Jacqueline Magalhães Rangel Cortes, D. Sc.

Campos dos Goytacazes – RJ

Janeiro de 2014

**FILIFE MAIA DE SOUZA RODRIGUES**

**DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUE COM BASE NO PADRÃO  
DE DEMANDA DO MATERIAL: ESTUDO DE CASO EM UMA  
EMPRESA DO RAMO DE PETRÓLEO E GÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em:

Comissão Examinadora:

---

Jacqueline Magalhães Rangel Cortes, D. Sc. – Orientadora  
UENF, CCT, LEPROD

---

Manuel Antonio Molina Palma, D. Sc.  
UENF, CCT, LEPROD

---

Jeanderson da Silva Azeredo, M. Sc.  
PETROBRAS

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter me acompanhado durante toda minha caminhada, dando saúde e sabedoria nas minhas decisões.

Agradeço a minha família por estar sempre comigo, dando suporte e apoio em todos os momentos.

Agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória. Cada um ajudou de uma forma particular no meu crescimento não só acadêmico e profissional, mas também no meu crescimento pessoal.

Agradeço a minha professora e orientadora Jacqueline, que me acompanhou durante todo o curso, ajudando a abrir caminhos e tomar as melhores decisões.

Agradeço ao professor Molina, que vai além do papel de mestre, sendo um amigo e referência não só para mim, mas para todos os seus alunos.

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, por me proporcionar oportunidades e ajudar a crescer como aluno e pessoa.

Um agradecimento especial a toda equipe de Administração de Demanda e Estoque da empresa onde foi realizado o estudo, por toda a atenção e disponibilidade que demonstraram desde que iniciei este trabalho.

Por fim, agradeço a todos que não foram citados, mas que fizeram parte não só da realização deste trabalho, mas de toda minha caminhada no curso de Engenharia de Produção e na UENF.

Muito obrigado!

## RESUMO

No cenário competitivo atual, a área de gestão de estoques vem sendo fortemente explorada pelas empresas como fonte de diferenciação e vantagem competitiva. As companhias buscam, através de uma gestão eficaz, estar um passo à frente dos concorrentes em eficiência, tanto operacional quanto de custos. Não poderia ser diferente na área de produção de petróleo e gás, e é neste mercado em que está inserida a empresa onde foi realizada esta pesquisa. Atualmente, o acompanhamento do histórico da demanda e a análise do comportamento do estoque dos itens estudados neste trabalho são feitas pelo usuário do material, e não pela equipe de gestão de estoques da empresa, algumas vezes de maneira qualitativa. Foi então detectada a necessidade de um estudo mais aprofundado e a aplicação de modelos teóricos para um melhor embasamento na tomada de decisões. Isso torna possível uma gestão mais eficaz do estoque destes produtos, considerados críticos para as operações da empresa. Para se dimensionar o estoque é preciso entender o comportamento da demanda. Esse entendimento se dá por meio de uma análise estatística para se estabelecer o padrão de demanda que atualmente rege o estoque destes itens. A partir daí, é possível estabelecer e analisar os parâmetros de estoque mais relevantes utilizando modelos de minimização de custos, além de outros conhecimentos teóricos acerca da gestão de estoques. Uma vez atestados os resultados do modelo aplicado, pode-se desenvolver um método para aplicar o mesmo a outros itens.

**Palavras-Chave:** parâmetros de estoque, gestão de estoque, padrões de demanda.

## ABSTRACT

In the current competitive scenario, the area of inventory management has been heavily exploited by companies as a source of differentiation and competitive advantage. Companies seek, through an effective management, be one step ahead of competitors in operational and cost efficiency. It couldn't be different in the area of oil and gas, and it is in this market that is inserted the company where this research was conducted. Today, the demand history tracking and the inventory behavior analysis of the items studied in this paper are done by the users of the material, not by company's inventory management team, sometimes in a qualitative form. It was detected the need for a deeper study and the application of theoretical basis for a better decision-making process. It will enable a more effective inventory management for these products that are critical to the company's operations. To scale the inventory it is necessary to understand the behavior of the demand. This understanding is achieved through a statistical analysis to establish the demand pattern which currently regulates these items' inventories. Thereafter, it is possible to establish and analyze the most relevant inventory parameters using cost minimization models, in addition to other theoretical knowledge about inventory management. Once the results of the applied model were tested, it is possible to develop a method to apply the same model to other items.

**Keywords:** inventory parameters, inventory management, demand patterns.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gráfico de perfil de estoque, onde é possível ver o comportamento do estoque ao longo do tempo.....	17
Figura 2 – Histórico da demanda de um material, com tipo de demanda <i>lumpy</i> , ao longo do tempo.....	19
Figura 3 – Quadro conceitual para classificação da demanda quanto à sua distribuição estatística, com base na demanda média e no coeficiente de variação.....	21
Figura 4 – Gráfico de uma função com distribuição Normal.....	23
Figura 5 – Gráfico com diferentes exemplos de funções com distribuição Poisson.....	24
Figura 6 – Gráfico de perfil de estoque levando em consideração o estoque de segurança e evidenciando o ponto de ressuprimento do item.....	31
Figura 7 – Gráfico que mostra como variam os custos de estoque com o tamanho do pedido.....	32
Figura 8 – Gráfico que mostra a relação entre o comportamento da demanda e do estoque do Produto A ao longo do tempo.....	46
Figura 9 – Gráfico que mostra a relação entre o comportamento da demanda e do estoque do Produto B ao longo do tempo.....	46
Figura 10 – Histórico da demanda do Produto A ao longo do tempo.....	47
Figura 11 – Histórico da demanda do Produto B ao longo do tempo.....	48
Figura 12 – Tela 1 do programa desenvolvido para cálculo de parâmetros de estoque.....	53
Figura 13 – Tela 2 do programa desenvolvido para cálculo de parâmetros de estoque.....	54
Figura 14 – Tela 3 do programa desenvolvido para cálculo de parâmetros de estoque.....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Intervalos de tempo utilizados na pesquisa, para cada item.....	44
Tabela 2 – Dados da data de realização do pedido e de recebimento do mesmo.....	44
Tabela 3 – Histórico da demanda de cada item, organizado por meses.....	45
Tabela 4 – Resultados do teste de aderência para a distribuição Poisson...	49
Tabela 5 – Parâmetros utilizados pelo modelo para o cálculo dos valores ótimos da quantidade de pedido e do ponto de ressuprimento....	51
Tabela 6 – Parâmetros intermediários calculados pelo modelo.....	52
Tabela 7 – Parâmetros básicos da demanda de cada item.....	56
Tabela 8 – Parâmetros básicos do <i>lead time</i> de cada item.....	57
Tabela 9 – Parâmetros básicos da demanda durante o <i>lead time</i> de cada item.....	57
Tabela 10 – Valores ótimos para o ponto de ressuprimento e quantidade de pedido, além do custo total mínimo encontrado pelo modelo através da simulação.....	58
Tabela 11 – Parâmetros calculados com base nos resultados obtidos para o ponto de ressuprimento e para a quantidade de pedido.....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS

C	Preço do item
$C_H$	Custo de armazenagem
CM	Cobertura média
$C_O$	Custo de pedido
$C_S$	Custo de ruptura
$C_T$	Custo total de estoque
CV	Coefficiente de variação
D	Demanda anual
$D_{LT}$	Demanda durante o <i>lead time</i>
EM	Estoque médio
EOQ	Lote econômico de compra
ES	Estoque de segurança
GE	Giros de Estoque
K	Custo de aquisição
LT	<i>Lead time</i>
N(s)	Número médio de rupturas por ciclo
p	Custo unitário de ruptura
Q	Quantidade de pedido
r	Taxa de oportunidade
s	Ponto de ressuprimento
VM	Valor médio em estoque

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	11
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	12
1.2. OBJETIVO GERAL .....	12
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.4. JUSTIFICATIVA .....	13
1.5. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO .....	14
<b>CAPÍTULO II</b> .....	15
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1. INDÚSTRIA PETROQUÍMICA .....	15
2.2. ADMINISTRAÇÃO DE MATERIAIS E GESTÃO DE ESTOQUES .....	15
2.3. VARIABILIDADE DA DEMANDA .....	18
2.4. PADRÕES DE DEMANDA .....	19
<b>2.4.1. Distribuição normal</b> .....	22
<b>2.4.2. Distribuição de poisson</b> .....	23
<b>2.4.3. Distribuição gama</b> .....	24
2.5. PARÂMETROS DE ESTOQUE .....	25
<b>2.5.1. Lead time</b> .....	26
<b>2.5.2. Giros de estoque</b> .....	28
<b>2.5.3. Cobertura média</b> .....	28
<b>2.5.4. Estoque de segurança</b> .....	29
<b>2.5.5. Ponto de ressuprimento</b> .....	30
<b>2.5.6. Quantidade de pedido e lote econômico de compra</b> .....	32
<b>2.5.7. Nível de serviço</b> .....	33
<b>2.5.8. Estoque máximo</b> .....	34
<b>2.5.9. Estoque médio e valor médio em estoque</b> .....	34
2.6. CUSTO DE ESTOQUE .....	35
<b>2.6.1. Custo de pedido</b> .....	36
<b>2.6.2. Custo de armazenagem</b> .....	36
<b>2.6.3. Custo de ruptura</b> .....	37

<b>2.6.4. Custo total a partir do ponto de ressuprimento e da quantidade de pedido</b> .....	38
<b>CAPÍTULO III</b> .....	40
<b>METODOLOGIA</b> .....	40
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	43
<b>APLICAÇÃO</b> .....	43
<b>CAPÍTULO V</b> .....	57
<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	57
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	62
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	62
6.1. DESDOBRAMENTOS DA PESQUISA.....	63
6.2. FUTUROS TRABALHOS.....	64
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	65
<b>ANEXOS</b> .....	68
<b>ANEXO 1</b> .....	68
<b>ANEXO 2</b> .....	71
<b>ANEXO 3</b> .....	73

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

A indústria petroquímica, como é a tendência no mercado atual globalizado, vem se atualizando e sofrendo mudanças cada vez mais rapidamente, muito devido à forte concorrência no setor e ao desenvolvimento de novas tecnologias.

Nesse contexto, os profissionais de logística das empresas vêm buscando cada vez mais novas ferramentas e novas formas de obter vantagens sobre seus concorrentes. Entre as atividades de logística, a gestão de estoques, não só de empresas do ramo de petróleo e gás, mas de forma geral, tem apresentado rápido desenvolvimento, com inserção de novas técnicas para aperfeiçoar o processo de administração de materiais. O setor é visto como uma área potencial em que as companhias podem alcançar vantagens competitivas sobre seus concorrentes.

Fortemente ligado à gestão de estoques está a análise da demanda. Sem possuir um conhecimento de sua demanda, é praticamente impossível uma empresa gerir seus estoques de forma eficaz.

Muitos estudos já foram realizados em empresas do setor e demonstram que, partindo do conhecimento sobre a demanda dos itens e utilizando-se uma metodologia eficiente para dimensionamento de estoques, as companhias podem obter benefícios operacionais e financeiros. Porém, essa geração de valor por parte da gestão de estoques é um desafio para qualquer organização.

Quando se trata de grandes empresas, a gestão de estoques é ainda mais complexa. Esse é o caso da empresa estudada nesse trabalho que, devido à sua dimensão, possui índices altíssimos de estoque tanto em volume quanto em valor do mesmo, portanto, uma administração realizada de forma equivocada pode acarretar grandes prejuízos.

Apesar da magnitude da empresa, algumas decisões ainda são tomadas por parte dos usuários, não dos gestores, e às vezes sem um embasamento

adequado, ou como consequência apenas da experiência dos profissionais. Esse cenário torna necessário um estudo aprofundado do comportamento do estoque dos materiais mais importantes para que se tenha um embasamento teórico ao se tomar qualquer decisão, e para que se possa iniciar um processo de otimização e saneamento do estoque da empresa.

### 1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O foco da pesquisa é estabelecer um método de dimensionamento de estoque que possa ser aplicado futuramente a outros itens, com base no estudo da demanda e do cálculo dos parâmetros de estoque dos itens considerados críticos pela empresa.

É possível dividir o problema central de acordo com as diferentes etapas do projeto. Na primeira parte da pesquisa as seguintes questões devem ser esclarecidas: qual é o padrão seguido pela demanda dos produtos mais críticos? Existe uma distribuição estatística teórica que possa descrever tal padrão? Tendo os resultados dessa primeira etapa, a questão principal, a ser respondida através do cálculo dos parâmetros de estoque é: os valores dos parâmetros estão dentro de uma faixa aceitável ou existe alguma forma de otimizar a gestão do estoque de tais itens? E ainda, o modelo utilizado na pesquisa foi o melhor possível ou existe alguma forma de melhorá-lo? Uma vez respondidas as questões apresentadas, a última fase trata da confecção de uma ferramenta que ajude a implementar a metodologia para outros materiais.

### 1.2. OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho é realizar um estudo do comportamento da demanda de materiais críticos para a empresa, com base no histórico, identificando a distribuição estatística que melhor se aplica ao comportamento dessa demanda. Com essas informações calcular os parâmetros de estoque. Fornecendo, dessa forma, um estudo completo para a companhia acerca de tais materiais. Além de proporcionar uma metodologia para ser utilizada posteriormente em diferentes itens.

### 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos da pesquisa são listados a seguir:

- Definir os produtos críticos e o levantamento do histórico da demanda dos mesmos.
- Com esses dados em mãos, traçar um perfil e identificar um padrão.
- Calcular os parâmetros de estoque, a partir das informações da etapa anterior e dos dados referentes ao estoque de cada material.
- Analisar criticamente tais parâmetros e o modelo utilizado, atentando para ajustes ou possíveis melhorias.
- Definir uma metodologia que proporcione certo grau de automatização ao cálculo dos parâmetros de estoque, dessa forma é possível prevenir erros e otimizar o tempo gasto na determinação de tais parâmetros.

### 1.4. JUSTIFICATIVA

Todas as empresas, independente do tipo de produto com que trabalham ou do mercado no qual se encontram, dependem de ter um bom sistema de gerenciamento de estoques. Existem diversas razões pelas quais a gestão de estoque vem se tornando cada vez mais importante. Entre as quais se destacam:

- A forte concorrência e a globalização na atualidade tornam o não atendimento à demanda um problema crítico e que pode custar às empresas perdas imensuráveis.
- O estoque utilizado para atender clientes internos na empresa é tão importante quanto o estoque de produtos destinados ao consumidor final, portanto, a administração desses materiais tem um papel fundamental na continuidade das operações.

- Por fim, o fator que vem ganhando cada vez mais destaque é a economia financeira que uma boa gestão de estoques pode trazer para a companhia. Utilizando as ferramentas corretas, gestores podem alcançar economias consideráveis, o que pode colocá-los à frente de seus concorrentes no mercado.

Uma vez comprovada a importância de um sistema eficaz para o gerenciamento de materiais, o presente trabalho se propõe a realizar um estudo do comportamento da demanda e um dimensionamento do estoque, buscando fornecer para a empresa em questão uma base para otimização e saneamento de seu estoque, além de uma metodologia a ser seguida posteriormente.

### 1.5. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A estrutura da presente pesquisa está organizada da seguinte forma:

No Capítulo 1 é apresentada a introdução ao tema e ao projeto. Nesse capítulo são descritos os objetivos, a justificativa e a estruturação do trabalho.

O Capítulo 2 cobre toda a revisão de literatura, com uma fundamentação teórica sobre o universo no qual se insere a pesquisa.

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada durante o desenvolvimento da pesquisa e sua classificação.

O Capítulo 4 apresenta como a teoria foi aplicada ao caso da empresa estudada.

O Capítulo 5 é destinado à análise e discussão dos resultados obtidos.

No Capítulo 6 são feitas as considerações finais e uma análise acerca dos resultados apresentados no Capítulo 5, além dos desdobramentos da pesquisa e sugestões para futuros trabalhos.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

#### **2.1. INDÚSTRIA PETROQUÍMICA**

A importância do setor de exploração e produção de petróleo, e seus derivados, vem crescendo muito nos últimos tempos, e concomitantemente crescem os investimentos e as cifras movimentadas por tal indústria.

Diversos dados e estudos comprovam esse crescimento. A lista divulgada pela Revista Forbes, em 2013, mostra que oito das vinte e cinco maiores empresas do mundo estão inseridas na produção de petróleo e gás. Olhando para o Brasil, a maior empresa nacional na atualidade é do ramo do petróleo (DECARLO, 2013).

Comparando com outros segmentos observa-se que a indústria petroquímica possui uma das mais complexas estruturas de custos. Entre esses custos, os principais são os logísticos, que representam 43% do total (CALDAS; MEDEIROS, 2006).

Tendo em vista que os custos relacionados com estoques, seja de movimentação ou armazenagem dos mesmos, são uma parcela significativa dos custos logísticos, um estudo aprofundado acerca da gestão desses itens pode trazer grandes benefícios para uma empresa que atue no setor de exploração e produção de petróleo.

#### **2.2. ADMINISTRAÇÃO DE MATERIAIS E GESTÃO DE ESTOQUES**

Entre as décadas de setenta e oitenta, o pensamento das empresas brasileiras produtoras de bens se modificou. Não era mais possível produzir enormes quantidades de produtos que o departamento de vendas não iria conseguir vender, levando à criação de elevados níveis de estoque. Foi nessa época que a logística começou a ganhar importância, e com ela a

administração de materiais. Tal departamento se tornou tão importante quanto o próprio setor de vendas das empresas.

Segundo Chiavenato (2005, p.38) a administração de materiais consiste em “[...] ter os materiais necessários na quantidade certa, no local certo e no tempo certo à disposição dos órgãos que compõe o processo produtivo da empresa”.

A administração de materiais irá acompanhar o trajeto dos insumos dentro da cadeia produtiva até que os mesmos se tornem produtos acabados, garantindo a existência contínua de estoque onde for necessário.

Em um cenário ideal, sem incertezas, as empresas poderiam ter uma programação que atendesse à demanda, ou poderiam ter a certeza da fluidez do seu sistema produtivo, sem a necessidade de se precaver contra imprevistos, o que evitaria custos altíssimos, principalmente com armazenamento de recursos materiais.

A Figura 1, a seguir, ilustra como seria o comportamento do estoque de determinado produto se não houvesse variabilidade no sistema. Esse tipo de gráfico é chamado perfil de estoque, e apesar de não representar fielmente a realidade, é útil para ilustrar a dinâmica do estoque e certos parâmetros importantes, como estoque médio e tempo de ressuprimento.

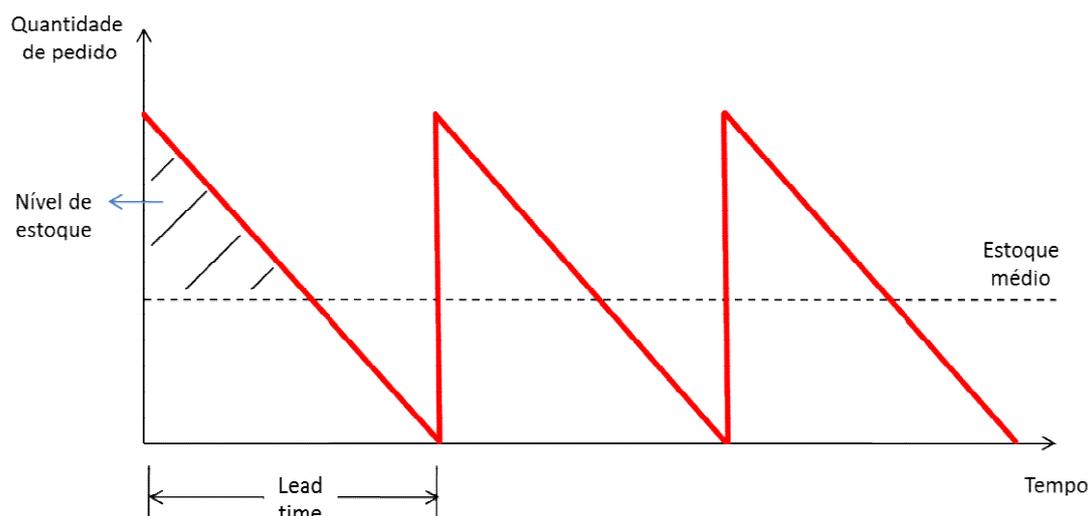


Figura 1 – Gráfico de perfil de estoque, onde é possível ver o comportamento do estoque ao longo do tempo.

Fonte: Adaptado de Slack; Johnston; Chambers (2009).

O nível de estoque diminui constantemente com o passar do tempo, até que é feito um novo pedido e o mesmo aumenta novamente. O *lead time* é o tempo entre a realização do pedido e o recebimento dos materiais, e nesse caso foi considerado que um pedido é feito assim que o anterior é recebido. O estoque médio é a média do nível de estoque no período considerado. Devido à simplificação do modelo, a média é a quantidade de material em cada pedido dividido por dois.

Porém, essa não é a realidade. A administração de materiais vai muito além do gráfico apresentado. Estoques são necessários e têm inúmeras funções dentro da empresa, como exemplo pode-se citar:

- Garantir o abastecimento de materiais e evitar discontinuidades.
- Absorver variações de demanda e fornecimento.
- Proporcionar economias de escala.

Estoques estão presentes em diversas etapas da cadeia de suprimentos, podendo ser classificados em diversos “tipos de estoque”: estoque de matéria-prima; de materiais em processamento; de produtos acabados; estoque MRO (manutenção, reparos e operações), são alguns exemplos.

Independente do tipo de estoque, uma vez esses materiais tendo se acumulado entre elos da cadeia produtiva, o papel da gestão de estoques é garantir que o controle desse inventário seja feito da forma mais eficaz possível, assegurando a disponibilidade de materiais através de planejamento, monitoramento e até mesmo posicionamento do estoque.

Segundo Wanke (2011 apud WANKE, 2012, p.677) a gestão de estoques:

[...] abrange, portanto, um conjunto de decisões com o intuito de coordenar, nas dimensões tempo e espaço, a demanda existente com a oferta de produtos e materiais, de modo que sejam atingidos os objetivos de custo e de nível de serviços especificados, observando as características do produto, da operação e da demanda.

O conceito de demanda é sempre explorado quando tratamos de gestão de estoque. As próximas seções são dedicadas a um aprofundamento na questão de como a demanda e sua variabilidade influencia a administração de qualquer tipo de inventário.

### 2.3. VARIABILIDADE DA DEMANDA

Conhecer sua demanda é fundamental para qualquer empresa que deseja manter-se no mercado. A importância é a mesma para os diferentes setores dentro da mesma empresa, dado que os setores de uma empresa compõem um sistema de fornecedores e cliente internos.

Segundo Wanke (2012, p.677), “o comportamento da demanda é um dos principais fatores que contribui para o aumento da complexidade dos modelos de gestão de estoque”. Na grande maioria dos casos é inevitável que a demanda apresente certo grau de variabilidade, seja na quantidade de itens requeridos ou no tempo entre demandas consecutivas.

Segundo Silva (2009) quando se tem variabilidade na quantidade de itens demandados, ou seja, no tamanho da demanda, essa demanda se caracteriza como errática. Se existe variabilidade no tempo médio entre

demandas, ou seja, existe ocorrência de valores nulos no histórico, o padrão de demanda é caracterizado como intermitente.

Uma demanda que apresente em seu histórico ambos os comportamentos, que seja tanto errática quanto intermitente, é caracterizada como demanda *lumpy*, muito comum em itens de reposição (EAVES, 2002). A Figura 2 abaixo ilustra o comportamento de um item com tal característica.

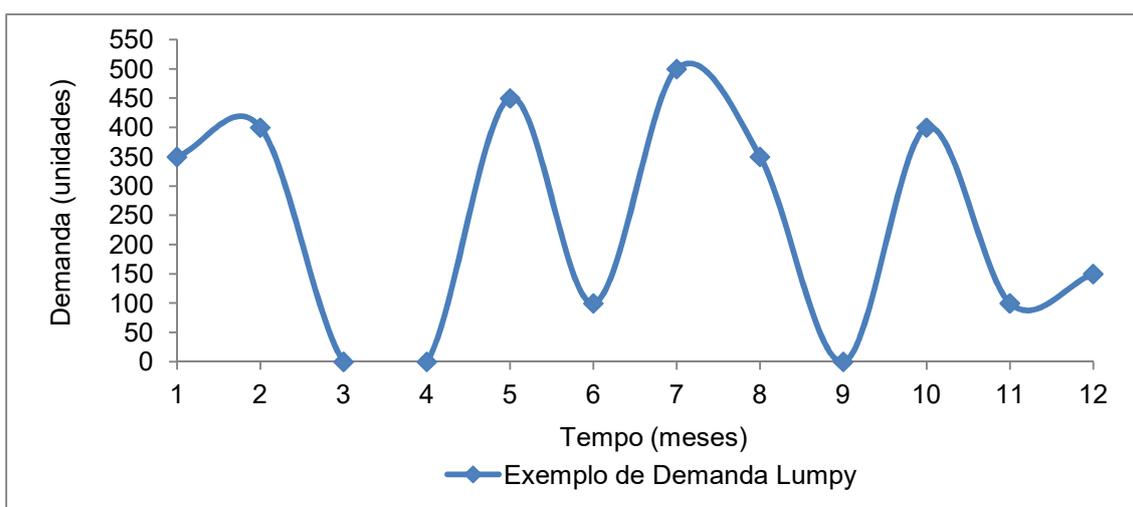


Figura 2 – Histórico da demanda de um material, com tipo de demanda *lumpy*, ao longo do tempo, evidenciando seu comportamento tanto errático quanto intermitente.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

## 2.4. PADRÕES DE DEMANDA

O comportamento da demanda desempenha um papel crucial na gestão de materiais e é o fator principal que irá determinar as características e a complexidade do sistema de gestão de estoques, uma vez que seu objetivo é exatamente garantir que as solicitações sejam sempre atendidas, dado o nível de serviço estipulado pela empresa. É possível notar um grande número de trabalhos voltados para essa questão. Alguns autores que citam a importância do comportamento da demanda são Silver, Peterson, Pyke (1998); Syntetos, Boylan, Croston (2005); Boylan, Syntetos e Karakostas (2008).

Mais recentemente, a demanda durante o *lead time* vem se tornando alvo de estudos específicos. Normalmente os dados de demanda estão organizados por períodos, porém esse tipo de agrupamento não reflete a realidade quando se trata do estudo da demanda durante o *lead time*. Uma abordagem alternativa, que fornece melhores resultados é a de ocorrências individuais de demanda. Modelo este capaz de enquadrar a variabilidade da taxa de ocorrência e do tamanho das demandas (SILVA, 2009).

Utilizando as curvas de demanda é possível estabelecer qual tipo de distribuição rege seu comportamento ou, pelo menos, chega mais próximo disso. Podem ser identificados diferentes tipos de distribuição ao se analisar padrões de demanda. Na presente pesquisa as distribuições testadas foram a Normal, a de Poisson e a Gama. Essa escolha se deve ao fato de tais distribuições serem as que mais frequentemente se encaixam ao se estudar o padrão de uma demanda, além disso, foram ouvidos diferentes funcionários do setor de gestão de estoques da empresa, que devido à experiência, sugeriram que essas distribuições seriam as melhores escolhas.

Diversos estudos mostram que o comportamento da demanda e os tipos de distribuição seguidos por ela são muito importantes na determinação dos parâmetros de estoque (RAMAEKERS; JANSSENS, 2008).

Segundo Silver, Pyke e Peterson (1998) existem algumas fronteiras entre itens de alto e baixo giro. Essa divisão guiaria o gestor de estoques na decisão de que tipo de distribuição utilizar na modelagem da demanda durante o *lead time* e no cálculo dos parâmetros de estoque. Diversos outros autores realizaram trabalhos nessa direção, tentando desenvolver a melhor metodologia para dividir os itens de acordo com os padrões de suas demandas, por exemplo, Wanke (2012).

Os limites dessas fronteiras, sugeridas por Silver, Pyke e Peterson (1998), seriam baseados no coeficiente de variação e na média da demanda durante o *lead time*. A distribuição Poisson seria aconselhada para demandas médias durante o *lead time* inferiores a 10 unidades, desde que seja respeitada a condição de que a variância esteja entre 90 e 110% da média. Caso a média seja superior ou igual a 10 unidades, deve-se considerar a distribuição Normal,

quando o coeficiente de variação for menor ou igual a 0,5. Sendo este maior que 0,5 deve-se considerar a distribuição Gama (SILVA, 2009).

Wanke (2012) também desenvolve uma metodologia para tal classificação, levando em consideração a demanda média anual, e não a demanda média durante *lead time*.

A partir do estudo destes modelos citados, e baseando-se principalmente no quadro proposto por Wanke (2012), chegou-se a um modelo de classificação simplificado que se adequa melhor às características dos produtos utilizados no presente trabalho. O quadro conceitual ao qual se chegou é apresentado na Figura 3.

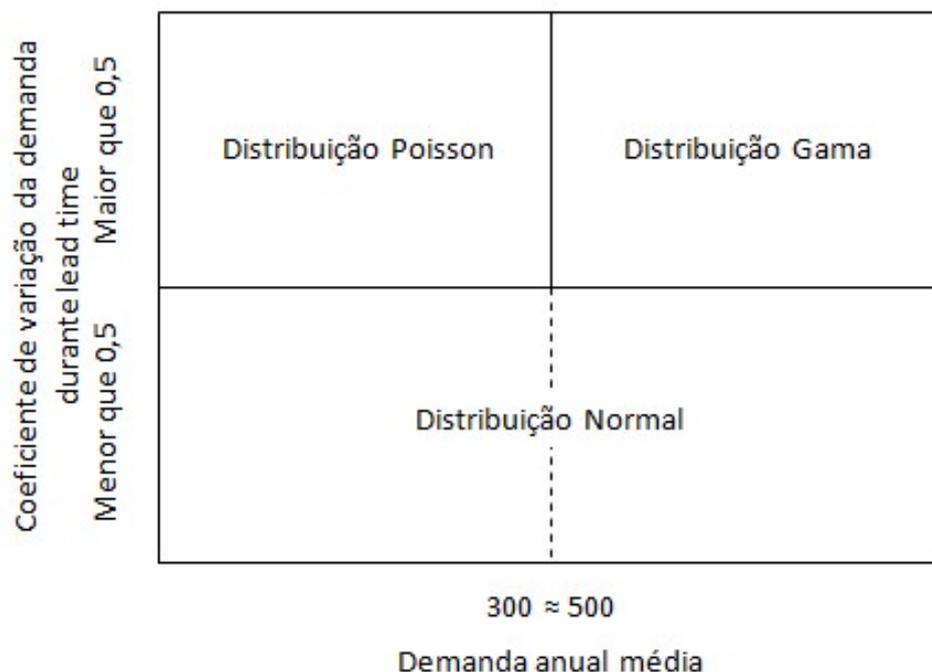


Figura 3 – Quadro conceitual para classificação da demanda quanto à sua distribuição estatística, com base na demanda média e no coeficiente de variação.

Fonte: Adaptado de Wanke (2012).

Para itens com um coeficiente de variação menor que 0,5 a distribuição Normal se mostra uma boa alternativa, principalmente para demandas médias elevadas. Apesar de não ser apresentada no quadro, a distribuição Gama

também é uma alternativa para coeficientes de distribuição menores que 0,5 e demandas médias inferiores a 300 unidades.

Já para itens com coeficiente de variação superior a 0,5 e demandas baixas, a distribuição de Poisson mostra uma boa aderência, sendo respeitada a condição de que a variância se encontre entre 90 e 110% da média.

Para itens com elevada demanda média e coeficiente de variação acima de 0,5 é aconselhada a distribuição Gama. Esse é o caso dos itens estudados no presente projeto, como será visto mais adiante.

#### **2.4.1. Distribuição Normal**

A distribuição Normal é de grande importância dentro da área estatística. Estima-se que mais de 80% dos fenômenos da natureza possuem comportamento com características que se encaixam nesse tipo de distribuição (MONTEIRO FILHO, 2008).

Em muitos casos, a demanda de determinado produto também pode seguir um comportamento que a aproxime da distribuição Normal, o que, como já citado, irá desempenhar um papel importante na determinação de parâmetros de estoque.

É muito comum que se considere a demanda de determinado item aderente à distribuição Normal, porém um aspecto implícito a essa escolha é que o material em questão apresente um padrão de demanda de alto consumo, além de que o coeficiente de variação não seja elevado. Peculiaridade essa que algumas vezes não é respeitada.

A Figura 4 ilustra o comportamento da distribuição Normal. Como é possível notar a maioria dos pontos se concentra ao redor da média, evidenciando um baixo coeficiente de variação.

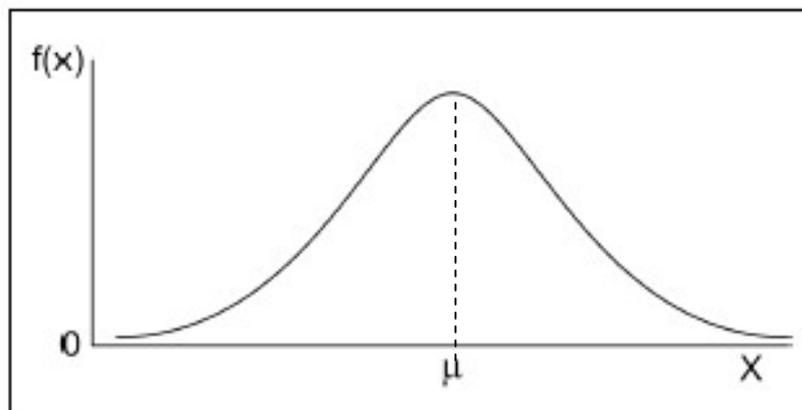


Figura 4 – Gráfico de uma função com distribuição Normal.

Fonte: Portal Action (2013).

A distribuição Normal é muito utilizada quando estamos tratando de itens de alto giro, ou consumo de massa, pelo fato de ser bastante compatível com a demanda durante o *lead time* desse tipo de produto. Muitos trabalhos criticam a utilização da premissa de que a demanda durante o *lead time* é normalmente distribuída, embora os erros advindos dessa aproximação tendam a ser reduzidos quando avaliamos os custos totais (WANKE, 2012).

#### 2.4.2. Distribuição de Poisson

A distribuição de Poisson é muito utilizada para calcular a probabilidade de que um evento ocorra um número especificado de vezes em um determinado intervalo de tempo, quando a taxa de ocorrência é conhecida (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

Diferentemente da distribuição Normal, a distribuição Poisson se enquadra melhor quando estamos tratando de demanda para itens de baixo consumo. Isso se deve às características da distribuição Poisson, como por exemplo, a premissa de independência entre eventos, o que permite que demandas desiguais em períodos diferentes não se afetem (SYLVER; PETERSON; PYKE, 1998).

De acordo com a taxa de ocorrência, ou taxa de falhas, a distribuição Poisson tem diferentes curvas, algumas mostradas no gráfico da Figura 5.

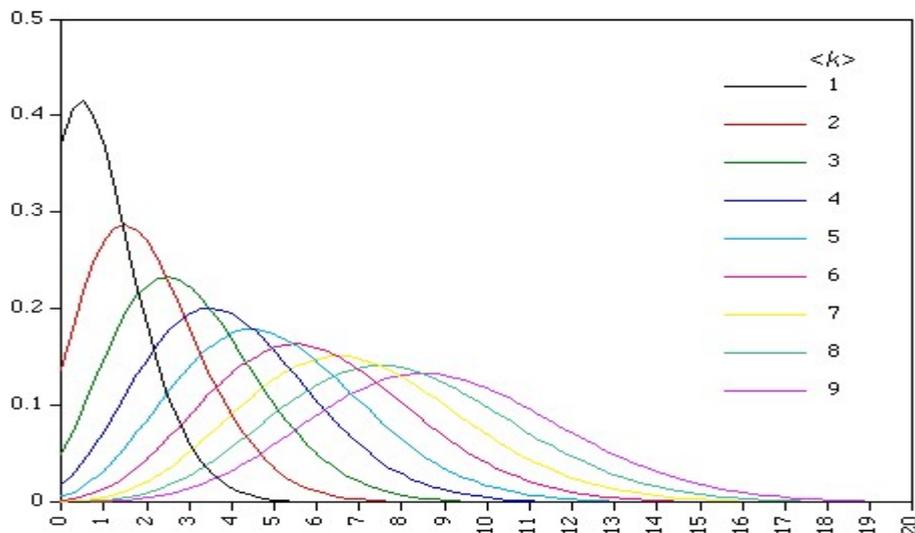


Figura 5 – Gráfico com diferentes exemplos de funções com distribuição Poisson. Cada função possui uma taxa de ocorrência ( $k$ ) diferente.

Fonte: Franco (2009).

Porém, para utilização da distribuição Poisson como forma de se descrever o comportamento de uma demanda, é preciso verificar sua aplicabilidade. Segundo Yeh (1997 apud WANKE, 2012) a distribuição Poisson pode ser utilizada se a variância da demanda estiver compreendida em um intervalo de 10% (para mais ou para menos) ao redor de sua média, uma vez que, teoricamente, a variância e a média são iguais quando se trata de tal distribuição. A condição que deve ser satisfeita será:

$$0,9 * \mu(D) < \sigma^2(D) < 1,1 * \mu(D) \quad \text{Equação 1}$$

Na Equação 1,  $D$  é a demanda anual do item, e  $\mu$  e  $\sigma^2$  representam média e variância, respectivamente.

### 2.4.3. Distribuição Gama

A distribuição Gama é uma das distribuições com aplicações mais diversas, e muitas distribuições são casos particulares da mesma. Ela vem sendo há muito tempo utilizada para previsão de tempos de vida, e mais

recentemente se tornou uma ferramenta importante ao se estudar o comportamento da demanda e do *lead time* (WANKE, 2012).

A distribuição Gama pode ser modelada com base em seus dois parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , de forma e de escala, respectivamente. Ambos podem ser calculados utilizando-se a média (ou valor esperado) e a variância, conforme as Equações 2 e 3.

$$\mu(x) = \alpha \cdot \beta \quad \text{Equação 2}$$

$$\sigma^2(x) = \alpha \cdot \beta^2 \quad \text{Equação 3}$$

Como citado anteriormente, o uso da distribuição Gama para representar a distribuição da demanda durante o *lead time* vem ganhando força, principalmente se tratando de itens com demanda intermitente, com vários períodos de demanda nula (YEH, 1997 apud WANKE, 2012).

Quando tratamos da demanda durante *lead time* de um item podemos calcular os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  através de seus parâmetros, média e desvio padrão, utilizando as fórmulas mostradas anteriormente. Depois de arranjadas, as fórmulas são as seguintes:

$$\alpha = \left( \frac{\sigma(D_{LT})}{\mu(D_{LT})} \right)^2 \quad \text{Equação 4}$$

$$\beta = \frac{\sigma(D_{LT})^2}{\mu(D_{LT})} \quad \text{Equação 5}$$

A forma de se calcular o desvio padrão ( $\sigma$ ) e a média ( $\mu$ ) da demanda durante o *lead time* será apresentada na próxima seção.

## 2.5. PARÂMETROS DE ESTOQUE

Com a forte concorrência entre as empresas nos dias de hoje, tornou-se impossível para qualquer gestor, nas mais variadas indústrias, se ater à intuição e exclusivamente a técnicas qualitativas de administração, por exemplo, de materiais, que é o foco deste trabalho.

A gestão de materiais sempre se utilizou da experiência de gestores e funcionários no processo de tomada de decisões, porém com essa mudança de realidade, os parâmetros de estoque, também chamados de indicadores, se tornaram uma ferramenta muito útil para avaliar o desempenho do sistema de gerenciamento de estoques.

Existem diversos parâmetros utilizados, cada empresa define os que trarão as melhores informações e que irão possibilitar um melhor desempenho de sua gestão (NASCIMENTO; COSTA; SOUZA, 2012). Os parâmetros escolhidos para esse trabalho foram selecionados por meio de consultas a referenciais teóricos e de conversas com os gerentes de estoque da empresa em questão, sempre buscando trazer o máximo possível de informações relevantes para uma melhor análise dos resultados.

### **2.5.1. Lead time**

*Lead time* é definido como o intervalo de tempo necessário entre o início e o fim de uma série de atividades, podendo variar de acordo com o contexto em que o termo for utilizado (SWINK, 2011).

Para a produção, *lead time* é o intervalo de tempo necessário para que o material passe por todas as etapas da manufatura. Quando se trata de engenharia do produto, o *lead time* vai desde a criação do conceito do mesmo até seu lançamento. Já para o consumidor, *lead time* é o intervalo de tempo decorrido entre o pedido e o recebimento do produto.

Na área de gestão de estoques, o *lead time*, também chamado de tempo de ressuprimento, é bem similar à definição por parte de um consumidor (SWINK, 2011). Trata-se do tempo entre a colocação de um pedido de ressuprimento, até que o material se torne novamente disponível para utilização no estoque da empresa.

O *lead time* foi colocado como parâmetro nesse trabalho devido a sua importância e grande frequência de utilização, mas ele exercerá um papel indireto, influenciando e sendo utilizado no cálculo de outros parâmetros de estoque.

A variável mais importante influenciada pelo *lead time* será a demanda durante o *lead time*. Como o nome já diz, trata-se da demanda que ocorre durante o *lead time* do item, ou seja, a demanda entre a realização do pedido e a data de entrega do mesmo (VERMOREL, 2012).

Para o cálculo dos parâmetros de estoque é preciso estimar a média e o desvio padrão da demanda durante o *lead time*. As fórmulas para o cálculo são as representadas nas Equações 6 e 7, onde mais uma vez  $\mu$  e  $\sigma$  representam média e desvio padrão respectivamente (TYWORTH; GANESHAN, 2000).

$$\mu(D_{LT}) = \mu(D) \times \mu(LT) \quad \text{Equação 6}$$

$$\sigma(D_{LT}) = \sqrt{\mu(LT) \times \sigma(D)^2 + \mu(D)^2 \times \sigma(LT)^2} \quad \text{Equação 7}$$

Segundo Wanke (2011), existem duas formas de calcular o desvio padrão da demanda durante o *lead time*. A forma apresentada acima e a seguinte:

$$\sigma(D_{LT}) = \sqrt{(\mu(LT) \times \sigma(D))^2 + (\mu(D) \times \sigma(LT))^2 + (\sigma(D) \times \sigma(LT))^2} \quad \text{Equação 8}$$

A primeira fórmula, na Equação 7, citada por Tyworth e Ganeshan (2000), não considera o termo  $\sigma(D) \times \sigma(LT)$ , ou seja, a multiplicação dos desvios padrão da demanda e do *lead time*, por considerar que tais desvios são muito pequenos. Sendo assim, o termo tenderá a zero.

Porém, esse está longe de ser o caso tratado neste trabalho, onde os desvios, provindos das grandes variações tanto na demanda quanto no *lead time*, são consideráveis. Portanto, para os cálculos realizados nesta pesquisa, foi utilizada a segunda fórmula, descrita na Equação 8.

### 2.5.2. Giros de estoque

Um dos indicadores mais utilizados para medir a eficiência de um setor de gestão de materiais é o de giros de estoque, também conhecido como *inventory turnover* (SWINK, 2011).

O cálculo do giro de estoque, que pode levar em consideração unidades monetárias ou físicas, é feito dividindo-se a demanda média do item pela quantidade média em estoque, segundo a seguinte equação:

$$GE = \frac{\mu(D)}{EM} \quad \text{Equação 9}$$

Em geral, pode-se dizer que quanto maior a quantidade de giros de estoque, melhor é o desempenho. Entre as vantagens de se ter uma alta rotatividade do estoque, a diminuição do custo de obsolescência é uma das principais.

Custo de obsolescência é definido como o custo advindo da perda de valor por parte dos produtos que ficam muito tempo em estoque, tornando-se obsoletos, seja pela deterioração dos mesmos, por mudança no comportamento do consumidor, ou mesmo devido aos constantes avanços tecnológicos (SANTOS, 2010).

### 2.5.3. Cobertura média

A cobertura média do estoque representa a relação entre o estoque atual e demanda média. Esse índice mostra por quanto tempo o estoque que a empresa possui no momento é capaz de suprir a demanda. É obtido pela divisão do estoque médio pela demanda média do item em questão, conforme a Equação 10.

$$CM = \frac{EM}{\mu(D)} \quad \text{Equação 10}$$

É um indicador bastante teórico, pois ao usarmos a demanda média no cálculo, não estamos levando em consideração as possíveis variações da mesma. Porém, para certos itens com uma demanda regular, pode trazer resultados com boa consistência.

#### 2.5.4. Estoque de segurança

Estoque de segurança, do inglês *safety stock*, é um dos conceitos mais importantes quando tratamos da administração de estoques. De acordo com Bowersox et al (2013) estoque de segurança é o estoque que servirá como prevenção contra variações, tanto de demanda quanto de tempo de reposição.

Segundo Peinado e Graeml (2007) o objetivo do estoque de segurança é proporcionar um nível de serviço pré-estabelecido pela empresa ou exigido pelos clientes, além de proteger a empresa da variabilidade por parte do suprimento ou da demanda.

Na teoria existem duas formas de se calcular o estoque de segurança para determinado item. Qual das formas utilizar irá depender do comportamento da demanda do item.

Segundo Santos e Rodrigues (2006), para itens que possuem uma demanda com características da distribuição Normal, a equação utilizada será:

$$ES = \sigma(D_{LT})xZ \quad \text{Equação 11}$$

Na Equação 11, Z é o número de desvios tabelados que corresponde ao nível de serviço determinado e  $\sigma$  representa o desvio padrão.

A equação apresentada é a mais utilizada, devido ao fato que muitas vezes quando não se conhece a distribuição da demanda do item, considera-se que ela obedece a uma distribuição Normal. Porém, isso pode levar a alguns erros, que no pior dos casos são capazes de causar ruptura no estoque ou gastos desnecessários com estoques em excesso.

Krupp (1997) desenvolveu uma fórmula para o cálculo do estoque de segurança de itens que não apresentam uma distribuição Normal de demanda. A equação é a seguinte:

$$ES = k \times MAD \times \sqrt{\mu(LT)} \quad \text{Equação 12}$$

Na Equação 12,  $k$  é tabelado e chamado coeficiente de proporcionalidade do estoque de segurança,  $MAD$  é o desvio médio absoluto da demanda do item e  $\mu$  representa a média.

### 2.5.5. Ponto de ressuprimento

O ponto de ressuprimento, ou ponto de pedido, de um material é o nível de estoque que quando atingido irá determinar a realização uma nova compra, afim de que não ocorra falta do produto no estoque (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2009).

De acordo com Bowersox et al (2013), deve-se levar em consideração o estoque de segurança com que se está trabalhando. O ponto de ressuprimento deve ser o nível de estoque que permita a chegada dos materiais comprados sem que a empresa chegue a trabalhar abaixo do estoque de segurança.

É possível utilizar novamente a lógica do gráfico de perfil de estoque para ilustrar o ponto de ressuprimento. A Figura 6 a seguir ilustra a relação entre ponto de ressuprimento, estoque de segurança e o nível de estoque.

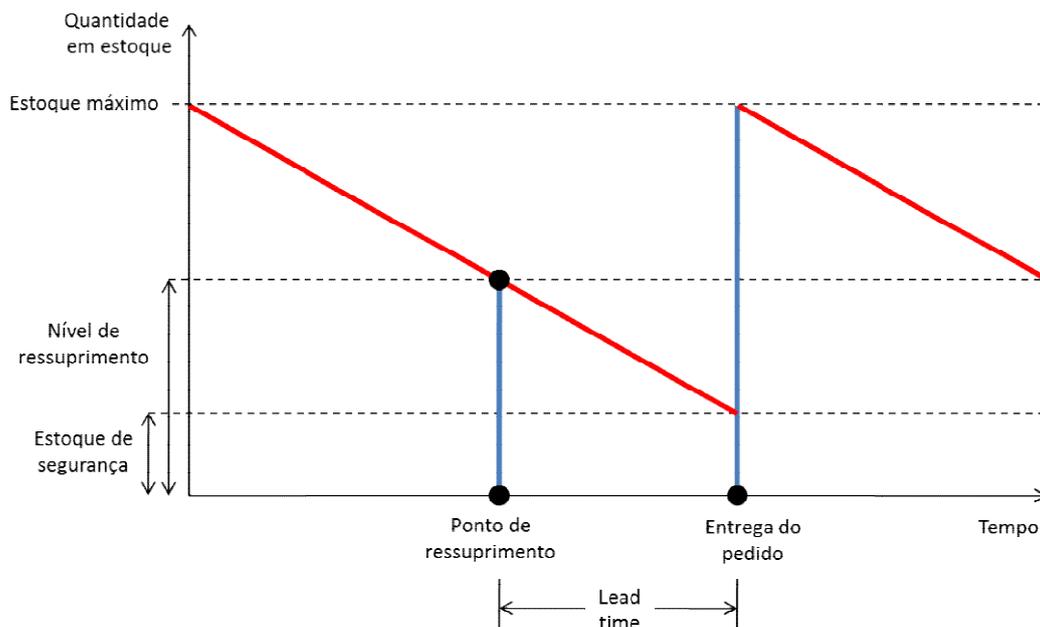


Figura 6 – Gráfico de perfil de estoque levando em consideração o estoque de segurança e evidenciando o ponto de ressuprimento do item.

Fonte: Adaptado de Slack, Johnston e Chambers (2009).

Como é possível observar no gráfico, o ponto de ressuprimento é calculado levando em consideração o *lead time* entre a realização do pedido e a entrega do mesmo, de modo a não deixar que o nível de estoque chegue a ficar abaixo do nível de estoque de segurança. A partir do ponto de ressuprimento, é possível calcular um nível de ressuprimento que quando atingido dará o *start* para a realização de um novo pedido, porém, isso só é possível devido às considerações de demanda e *lead time* previsíveis.

Para o cálculo do ponto de ressuprimento temos a seguinte equação:

$$s = ES + [\mu(D) \times \mu(LT)] \quad \text{Equação 13}$$

Na Equação 13, a média do *lead time* deverá ter como unidade determinado período de tempo e a demanda média será relativa a esse mesmo período de tempo.

### 2.5.6. Quantidade de pedido e lote econômico de compra

Como o próprio nome já diz, a quantidade de pedido de um produto (também chamada de tamanho do lote ou tamanho de pedido) representa a quantidade desse produto que é enviado em forma de um único lote quando é feita uma compra. Cada produto possui um tamanho de lote, dependendo da empresa fornecedora e de suas características. Muitas vezes é utilizada a quantidade do lote econômico de compra como sendo a ideal para a quantidade de pedido.

O lote econômico de compra (LEC), nome vindo do inglês *economic order quantity* (EOQ), é um dos parâmetros de estoque muito utilizado na decisão de quanto pedir (SWINK, 2011).

O cálculo do lote econômico de compras tem como objetivo estimar a quantidade ótima de material a ser comprada. Quantidade essa que irá minimizar os custos de estoque, como ilustra o gráfico apresentado na Figura 7.

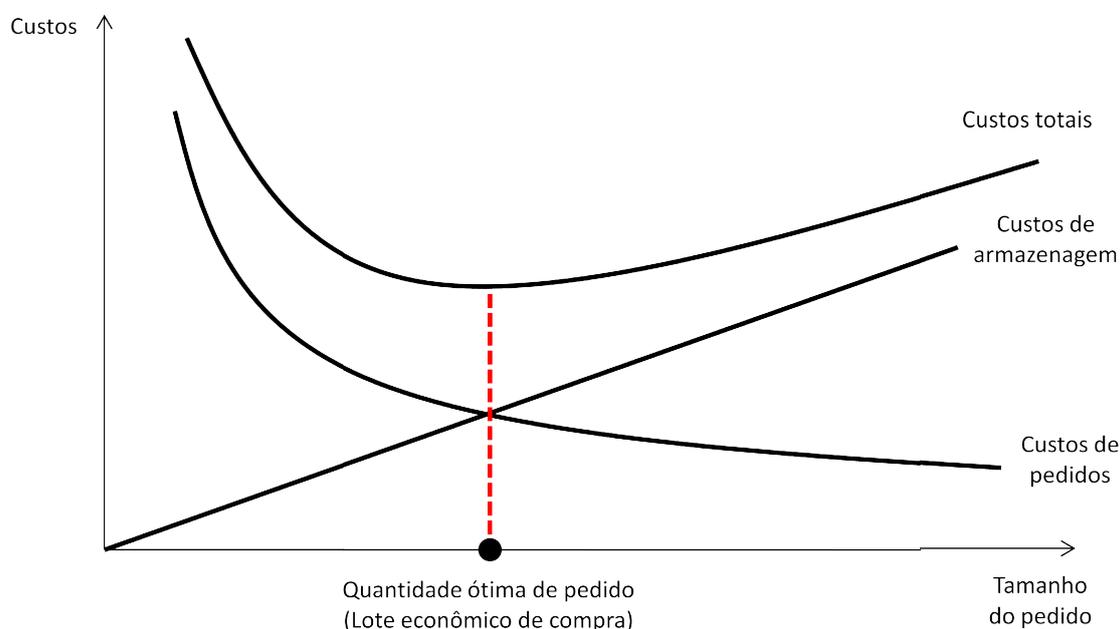


Figura 7 – Gráfico que mostra como variam os custos de estoque com o tamanho do pedido.

Fonte: Adaptado de Slack, Johnston e Chambers (2009).

Valores próximos da quantidade ótima não implicarão em diferenças significativas de custos, o que ajuda a absorver erros na estimação dos diferentes custos de estoque.

A equação para o cálculo do lote econômico de compras é representada na Equação 14, a seguir.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2.D.K}{h}} \quad \text{Equação 14}$$

Na Equação 14 considera-se:

D = demanda do período; K = custo de se fazer um pedido e h = custo unitário de armazenagem.

O modelo do EOQ vem sofrendo algumas críticas no que diz respeito à simplicidade dos pressupostos utilizados e ao fato de que os custos reais de estoque não são como os assumidos pelo modelo (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2009).

Porém, segundo os mesmos autores, os pressupostos assumidos pelo modelo podem se aproximar o suficiente da realidade para que seus resultados sejam válidos, e como mencionado anteriormente, o cálculo é capaz de fornecer um bom resultado mesmo com certas variações no levantamento dos custos de estoque.

### **2.5.7. Nível de serviço**

Nível de serviço pode ser definido como a qualidade com que o fluxo de bens e serviços é gerenciado. Um nível de serviço elevado garante que a empresa não irá ter problema de falta de material durante o ciclo de reabastecimento. Um nível de serviço igual a 95%, por exemplo, significa que a empresa tem um risco de 5% de acontecer algum tipo de falta de material. (BALLOU, 1993).

Ainda segundo o mesmo autor, o nível de serviço, ou nível de serviço logístico, é composto por elementos de pré-transação, de transação e de pós-transação.

Elementos de pré-transação irão fornecer um ambiente propício a um bom nível de serviço. Elementos de transação são aqueles que influenciam diretamente os resultados da entrega do produto ao cliente. Finalmente, os elementos de pós-transação são os serviços que darão apoio aos produtos que já estão sob poder do cliente.

Quanto mais elevado o nível de serviço almejado pela empresa, maiores serão os custos, portanto, é importante existir um equilíbrio entre os benefícios de se ter um nível de serviço elevado e os investimentos necessários para isso.

#### **2.5.8. Estoque máximo**

Estoque máximo é a quantidade máxima de determinado material que a empresa deve estocar (VIANA, 2002 apud PASCOAL, 2008). É influenciado por diferentes fatores, como capacidade física disponível, custo de se manter o material em estoque, taxa de consumo do material, entre outros.

#### **2.5.9. Estoque médio e valor médio em estoque**

O estoque médio de determinado item é a quantidade média daquele item que é guardada em estoque. Para efeitos teóricos, a quantidade média em estoque é calculada utilizando a quantidade de pedido. Além disso, se houver estoque de segurança esse deverá ser levado em consideração. É simples perceber a relação entre quantidade de pedido, estoque de segurança e estoque médio ao se analisar o gráfico de perfil de estoque apresentado anteriormente na Figura 1 da página 17 (PEINADO; GRAEML, 2007).

A equação para estabelecer o estoque médio é:

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

Equação 15

A partir da quantidade média em estoque de determinado material é possível estabelecer também o valor médio de tal estoque. O valor médio em estoque é obtido multiplicando-se o estoque médio pelo valor do item em questão, segundo a Equação 16 (JACOBS; CHASSE, 2008).

$$VM = EM \times C \quad \text{Equação 16}$$

## 2.6. CUSTO DE ESTOQUE

A redução dos custos é o objetivo principal de qualquer sistema de gestão de estoques. E para alcançar tal objetivo é preciso entender de onde vêm os diferentes custos que compõe o custo total de estoque.

Nahmias (2004 apud SILVA, 2009) define o custo total de estoque como:

$$\text{Custo total de estoque} = \text{Custo de pedido} + \text{Custo de armazenagem} + \text{Custo de ruptura}$$

Equação 17

Na Equação 17 considera-se:

Custo de pedido são todos os gastos fixos, além do custo do material em si, como por exemplo, custo de preparação do pedido, custo de entrega do pedido, custo de informação, entre outros. A empresa incorre em tais gastos toda vez que um pedido é feito (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2009).

Custo de armazenagem são os custos advindos da manutenção do material em estoque. Alguns exemplos seriam aluguel do espaço físico, mão-de-obra de funcionários que manuseiam o material e equipamentos de movimentação (LIMA, 2000).

Custo de ruptura é a chamada ruptura de estoque (também é muito utilizado o termo em inglês, *stockoutcost*), ocorre basicamente quando a empresa não possui estoque suficiente para atender a demanda. Se não há como atender a demanda, a empresa pode perder o consumidor (se for um

cliente externo) ou ter problemas de ineficiência, tempo ocioso, prazos não cumpridos, entre outros (caso seja um cliente interno) (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2009).

As maneiras de se calcular os diferentes custos que compõe o custo total de estoque serão detalhadas a seguir.

### 2.6.1. Custo de pedido

O custo de pedido é definido como o custo de se realizar um pedido, ou custo de aquisição, multiplicado pelo número de pedidos realizados no ano. Segundo Swink (2011), o cálculo para o  $C_O$  é:

$$C_O = K \cdot \frac{D}{Q} \quad \text{Equação 18}$$

$D/Q$  definirá o número de pedidos realizados.

### 2.6.2. Custo de armazenagem

O custo de armazenagem ( $C_H$ ) é dado pela seguinte equação (SWINK, 2011):

$$C_H = h \cdot \left( \frac{Q}{2} + ES \right) \quad \text{Equação 19}$$

Que representa o custo unitário de armazenagem ( $h$ ) multiplicado pela quantidade de itens em estoque (quantidade pedida somada ao estoque de segurança).

O custo unitário de armazenagem ( $h$ ) é calculado multiplicando-se a taxa de oportunidade ( $r$ ) pelo preço do item ( $C$ ). A taxa de oportunidade é definida como um percentual de retorno, caso o valor em estoque fosse investido no mercado financeiro, e sua fórmula é representada na Equação 20 (SILVA, 2009).

$$h = r \cdot C \quad \text{Equação 20}$$

O estoque de segurança (ES) será calculado conforme o modelo sugerido por Krupp (1997), apresentado anteriormente.

Substituindo na fórmula do custo de armazenagem, na Equação 19, temos a Equação 21, a seguir.

$$C_H = rC \cdot \left[ \frac{Q}{2} + \left( k \times MAD \times \sqrt{\mu(LT)} \right) \right] \quad \text{Equação 21}$$

### 2.6.3. Custo de ruptura

O custo de ruptura receberá uma atenção especial no seu cálculo, uma vez que é dependente de uma estimativa do número médio de itens com ruptura ( $N(s)$ ), e tal estimativa está relacionada à distribuição estatística utilizada.

Segundo Silva (2009), o custo de ruptura ( $C_S$ ) é calculado multiplicando-se o custo unitário de ruptura ( $p$ ) pela estimativa do número de pedidos com ruptura. É possível estimar tal número multiplicando-se o número médio de pedidos pelo número esperado de itens com ruptura ( $N(s)$ ), conforme a Equação 22.

$$C_S = p \cdot \frac{D}{Q} \cdot N(s) \quad \text{Equação 22}$$

O estimador  $N(s)$ , como mencionado anteriormente, depende da distribuição que melhor se aplica à demanda durante o *lead time* do item, e é calculado a partir do ponto de ressuprimento ( $s$ ).

Para uma distribuição Poisson, o valor de  $N(s)$  será dado pela seguinte equação (SILVA, 2009):

$$N(s) = D_{LT} \cdot P(s) - s \cdot P(s + 1) \quad \text{Equação 23}$$

Na Equação 23  $P(s)$  e  $P(s+1)$  são as funções de distribuição Poisson para  $s$  e  $s+1$ , respectivamente.

Já para a distribuição Gama, os autores Tyworth, Guo e Ganeshan (1996) citam que o desenvolvimento de uma fórmula simples para o cálculo do estimador  $N(s)$  é um problema técnico importante quando se trata desse tipo de distribuição. No mesmo artigo, os autores desenvolvem e validam a seguinte expressão para o cálculo do  $N(s)$ :

$$N(s) = \alpha \cdot \beta \cdot [1 - G_1(s)] - s \cdot [1 - G_0(s)] \quad \text{Equação 24}$$

Na Equação 24,  $\alpha$  e  $\beta$  são os parâmetros de forma e de escala, respectivamente, da distribuição Gama, e  $G_1$  e  $G_0$  são funções de distribuição cumulativa de Gama, sendo calculadas pelas Equações 25 e 26 a seguir.

$$G_0 = G(s, \alpha, \beta) = \frac{(\alpha \cdot s)^{\beta-1} \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot s}}{(\beta-1)!} \quad \text{Equação 25}$$

$$G_1 = G(s, \alpha + 1, \beta) = \frac{[(\alpha+1) \cdot s]^{\beta-1} \cdot (\alpha+1) \cdot e^{-(\alpha+1) \cdot s}}{(\beta-1)!} \quad \text{Equação 26}$$

#### **2.6.4. Custo total a partir do ponto de ressuprimento e da quantidade de pedido**

Caso a demanda durante *lead time* mostre um comportamento de distribuição Normal, é possível calcular os parâmetros de estoque utilizando fórmulas que se baseiam no nível de serviço requerido, e relacionando tal nível de serviço com valores de  $Z$  (números de desvios padrão) tabelados (PEINADO; GRAEML, 2007).

Para itens com uma demanda durante *lead time* que não possui um comportamento Normal, seja ela Poisson ou Gama, é necessário modelar o problema e resolvê-lo para minimizar o custo total de estoque.

Tyworth, Guo e Ganeshan (1996) propõem um modelo que utiliza o custo total de estoque, como função do ponto de ressuprimento ( $s$ ) e da quantidade de pedido ( $Q$ ). O modelo consiste basicamente em determinar os valores de  $s$  e  $Q$  que minimizam o custo total de estoque  $C_T$ . As definições são as seguintes:

#### Função objetivo

$$\text{Minimizar } C_T(s, Q) = K \cdot \frac{D}{Q} + rC \cdot \left( \frac{Q}{2} + s - D_{LT} \right) + p \cdot \frac{D}{Q} \cdot N(s)$$

#### Variáveis

$s$  = ponto de ressuprimento do item

$Q$  = quantidade de pedido do item

#### Restrições

$$s \geq D_{LT}$$

$$Q > 0$$

Esse modelo se mostrou eficiente quando testado por outros autores, como por exemplo, Nahmias (2004 apud SILVA, 2009), Silva (2009), e os próprios Tyworth e Ganeshan (2000). Os resultados são, na maioria das vezes, bastante satisfatórios.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA

De acordo com Ander-Egg (apud MARCONI; LAKATOS, 2003, p.155), pesquisa é um “procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento”.

A pesquisa desenvolvida neste projeto, quanto aos objetivos é definida como exploratória. Segundo Gonsalves (2011, p.67), uma pesquisa exploratória é aquela que:

[...] se caracteriza pelo desenvolvimento e esclarecimento de ideias, com objetivo de oferecer uma visão panorâmica, uma primeira aproximação a determinado fenômeno que é pouco explorado. (...) oferece dados elementares que dão suporte para a realização de estudos mais aprofundados sobre o tema.

Essa classificação se deve ao fato de que no presente trabalho realizou-se um estudo do histórico da demanda de materiais críticos para a empresa e a partir daí foram feitos os cálculos dos parâmetros de estoque, oferecendo uma visão ampla do comportamento dos materiais mantidos pela empresa. Tendo em mãos os dados referentes ao comportamento da demanda e aos parâmetros de estoque, a empresa poderá realizar um estudo mais profundo sobre seu sistema de gestão de estoques e, assim, melhorá-lo.

Quanto aos procedimentos utilizados para coleta de dados, o presente trabalho pode ser classificado como um estudo de caso, uma vez que descreve a base teórica do cálculo de parâmetros de estoque, e utiliza os dados advindos da empresa estudada para aplicar a teoria, analisando então os resultados obtidos e apresentando as conclusões para a gerência de estoque da companhia.

Em relação à abordagem, a pesquisa tem características predominantemente quantitativas. Nesse tipo de pesquisa é necessária a utilização de gráficos, tabelas e quadros para a expressão de ideias. As variáveis são analisadas com base em recursos matemáticos e estatísticos.

A pesquisa em questão se utilizou de técnicas estatísticas e de fórmulas matemáticas em suas diferentes etapas, além de diversas tabelas de dados e gráficos para exposição de conteúdos.

Além de quantitativa, a pesquisa também se caracteriza como qualitativa, uma vez que o objetivo desta é conhecer as percepções dos sujeitos pesquisados acerca da situação-problema, objeto da investigação. Isso será feito através do contato com os gerentes de estoque da empresa, e a análise das suas opiniões sobre o estudo realizado e seus resultados.

Para a realização do estudo foram escolhidos produtos considerados críticos para a empresa. Havia uma carência de um estudo aprofundado sobre o comportamento dos materiais em questão, que apresentam um giro relativamente alto, e que a falta poderia acarretar, em último caso, a parada das operações de exploração e produção de petróleo.

A escolha se deu por meio de reuniões com os gestores de estoque. Os mesmos apontaram como críticos dois produtos, chamados nessa pesquisa de “Produto A” e “Produto B”. Ambos utilizados em plataformas de exploração, com características semelhantes quanto à distribuição de demanda, pelo fato de serem utilizados em conjunto durante sua aplicação.

Todos os dados utilizados neste trabalho foram retirados do sistema SAP R/3, e seu módulo BW, que é utilizado pela empresa onde foi realizada a pesquisa. Tal sistema de ERP é largamente utilizado em empresas de grande porte devido à sua confiabilidade e segurança com relação aos dados, sempre atualizados em tempo real, além de sua capacidade de integração das diferentes áreas que compõe a empresa.

Após a coleta dos dados, estes foram tratados utilizando-se o Microsoft Office Excel. O mesmo software foi utilizado para todos os cálculos que envolveram a pesquisa, assim como para a geração dos gráficos e tabelas

publicadas neste trabalho. A simulação aplicada na minimização do custo total de estoque, através da determinação do ponto de ressuprimento e da quantidade de pedido, foi realizada montando-se uma planilha no Microsoft Office Excel com as informações necessárias e utilizando-se o aplicativo Solver, com um método de solução não linear.

Ao final do trabalho foi desenvolvida uma planilha para otimizar o cálculo dos parâmetros em futuras aplicações. Tal planilha também foi criada utilizando-se o Microsoft Office Excel.

## CAPÍTULO IV

### APLICAÇÃO

Após uma revisão cuidadosa da literatura, diversas conversas com os gestores de estoque da empresa onde foi realizada a pesquisa e de posse dos dados referentes à demanda e ao *lead time* dos itens estudados, foi possível a aplicação da teoria e o desenvolvimento do estudo.

Pode-se dividir a aplicação da teoria apresentada em seis etapas. Na primeira etapa foram definidos aspectos gerais do projeto e todos os dados necessários foram coletados do sistema da empresa. Na segunda etapa foi realizado o tratamento dos dados, e iniciou-se a análise estatística dos mesmos. A terceira etapa foi basicamente a escolha da distribuição que melhor descrevia a demanda durante o *lead time* encontrada nos itens estudados. Na quarta etapa foi utilizado o modelo de minimização do custo total de estoque para o cálculo dos parâmetros de estoque. Na quinta etapa foram calculados outros parâmetros julgados relevantes para a conclusão do projeto. E finalmente, na sexta e última etapa foram utilizadas as informações e o conhecimento adquirido nas etapas anteriores para a criação de uma planilha no Microsoft Office Excel que implementasse a metodologia de forma automática, podendo assim ser facilmente empregada, no futuro, para qualquer produto da empresa.

A primeira etapa da aplicação se deu em dois momentos. No primeiro momento foram definidos quais materiais seriam utilizados na pesquisa. A escolha, como já mencionado anteriormente, foi feita através do critério de criticidade dos materiais. Os materiais escolhidos foram julgados críticos para as operações nas quais têm participação, ou seja, tais operações seriam impossibilitadas pela falta dos mesmos. Além disso, através de discussões com a equipe de gestão de estoque da empresa, foi detectada a necessidade de um estudo acerca da demanda e também da demanda durante *lead time* de tais itens, visto que tal estudo não havia sido realizado anteriormente.

A criticidade dos materiais é de suma importância ao se tratar da gestão de estoques. Muitos modelos levam em consideração apenas o valor monetário dos itens ou sua quantidade em estoque. Um exemplo clássico é o modelo de classificação ABC, largamente utilizado por empresas de diferentes setores, mas que pode ocasionar sérios prejuízos quando lida com itens de diferentes criticidades. O modelo proposto por Pimentel (2013), em trabalho realizado no mesmo setor e mesma empresa onde foi realizada a presente pesquisa, não tem como foco levar tal criticidade em consideração, porém seria importante incorporá-la ao modelo para a obtenção de um resultado mais condizente com a realidade da companhia.

Num segundo momento foram retirados todos os dados necessários do sistema SAP R/3, sendo alguns destes: o histórico de consumo dos materiais, detalhado por meses e por ocorrências de demanda; o histórico do *lead time* entre a realização do pedido e o recebimento do material; histórico dos preços cobrados pelos fornecedores, entre outros. De posse dos dados foi possível verificar o período de tempo que estava coberto pelos mesmos. Partindo da premissa que seriam utilizados dados de no mínimo 24 meses e que os dados mais recentes seriam obrigatoriamente incluídos, chegou-se aos seguintes intervalos de tempo a serem analisados para cada material, mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Intervalos de tempo utilizados na pesquisa, para cada item.

	<b>Quantidade de meses</b>	<b>Período</b>
<b>Produto A</b>	24 meses	Outubro de 2011 a Setembro de 2013
<b>Produto B</b>	48 meses	Setembro de 2009 a Agosto de 2013

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A segunda etapa do processo teve início com o tratamento dos dados coletados. Foram retirados dados que se mostraram incoerentes. As tabelas retiradas do sistema muitas vezes não possuem exatamente a informação buscada, mas sim os *inputs* para obtê-la. O *lead time*, por exemplo, foi obtido pela diferença entre as datas de realização do pedido e do recebimento, como

mostrado na Tabela 2. A tabela completa, por ser muito extensa, se encontra no Anexo 1.

Tabela 2 – Dados da data de realização do pedido e de recebimento do mesmo.

<b>Produto A</b>			
<b>Data de realização do pedido</b>	<b>Data de recebimento do pedido</b>	<b>Lead time (dias)</b>	<b>Lead time(meses)</b>
11/01/2011	11/02/2011	31	1,033
14/10/2011	27/10/2011	13	0,433
14/10/2011	31/10/2011	17	0,567
...	...	...	...
05/12/2012	25/01/2013	51	1,700
05/12/2012	30/01/2013	56	1,867
09/01/2013	05/04/2013	86	2,867
<b>Produto B</b>			
<b>Data de realização do pedido</b>	<b>Data de recebimento do pedido</b>	<b>Lead time (dias)</b>	<b>Lead time(meses)</b>
18/05/2009	02/09/2009	107	3,567
18/05/2009	07/10/2009	142	4,733
15/09/2009	30/04/2010	227	7,567
...	...	...	...
19/12/2012	15/07/2013	208	6,933
30/01/2013	02/08/2013	184	6,133
04/01/2013	22/07/2013	199	6,633

Fonte: Empresa onde a pesquisa foi realizada.

Foram, então, retirados os dados que eram importantes para os cálculos: o *lead time* médio e o desvio padrão do *lead time*, de cada item. O *lead time* em dias foi utilizado para se chegar ao valor em meses, porém não foi utilizado nos cálculos.

Outra informação crucial é o histórico de consumo no período estudado, agrupado em meses, como mostrado na Tabela 3. Mais uma vez, a tabela completa se encontra no Anexo 2.

Tabela 3 – Histórico da demanda de cada item, organizado por meses.

Consumo (unidades)		
Período	Produto A	Produto B
set/09	-	3500
out/09	-	0
nov/09	-	0
...	...	...
jul/13	9353	7910
ago/13	2342	751
set/13	3950	-

Fonte: Empresa onde a pesquisa foi realizada.

É interessante comparar o histórico de demanda com as variações no estoque. É possível observar nas Figuras 8 e 9, a seguir, que as alterações na demanda e nos níveis de estoque são relacionadas, como era de se esperar. Quando a demanda do item aumenta, na maioria das vezes, o nível de estoque diminui. E vice-versa.

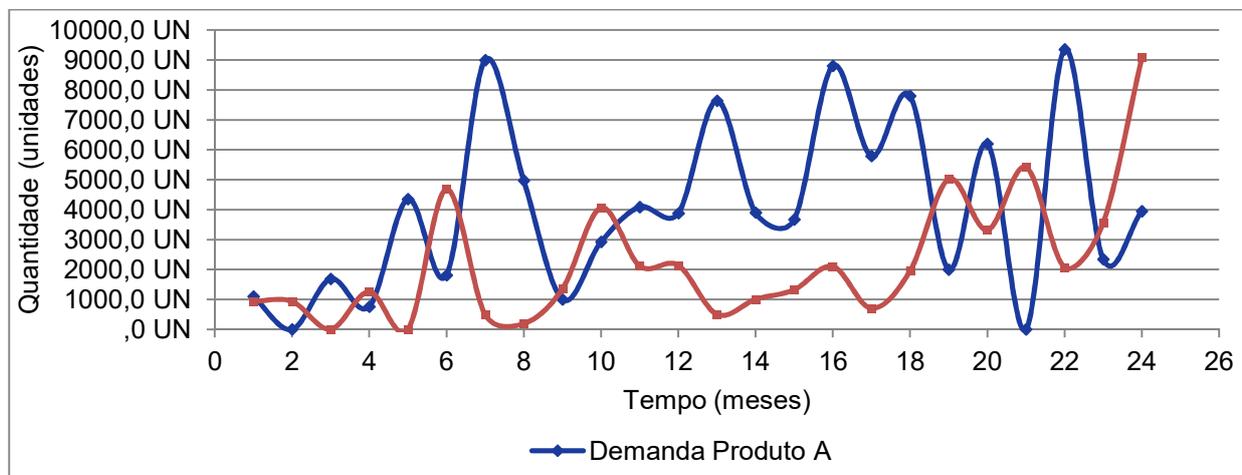


Figura 8 – Gráfico que mostra a relação entre o comportamento da demanda e do estoque do “Produto A” ao longo do tempo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

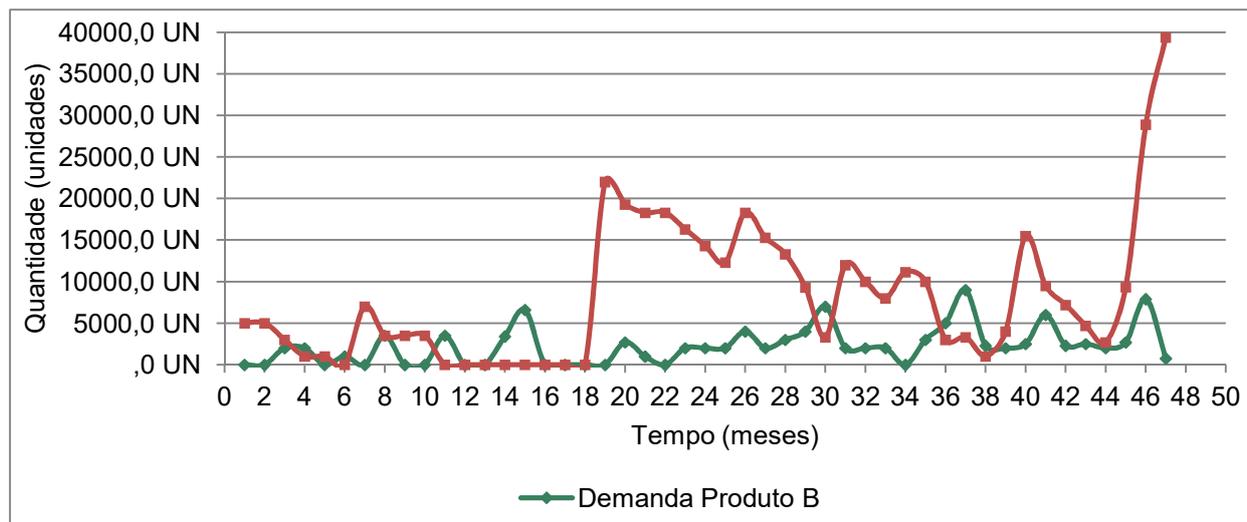


Figura 9 – Gráfico que mostra a relação entre o comportamento da demanda e do estoque do “Produto B” ao longo do tempo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Com as informações a respeito da demanda anual e do *lead time* foi possível estabelecer os parâmetros da demanda durante o *lead time*, e com isso, a partir da próxima etapa, já se tinha em mãos todos os dados das três variáveis: demanda anual, *lead time* e demanda durante o *lead time*.

A terceira etapa do processo consistiu em determinar qual distribuição estatística que melhor se relacionava ao comportamento da demanda de cada item. Foram testadas as distribuições Normal, de Poisson e Gama.

A primeira distribuição testada foi a Normal. Porém, já com os dados em mãos não foi difícil descartar essa primeira opção. O coeficiente de variação encontrado para a demanda durante o *lead time* foi de 0,996 para o “Produto A” e 1,054 para o “Produto B”. O cálculo se deu pela divisão do desvio padrão pela média, de acordo com a seguinte fórmula:

$$CV = \frac{\sigma(D_{LT})}{\mu(D_{LT})} \quad \text{Equação 27}$$

Portanto, apesar dos materiais apresentarem um alto giro, a distribuição Normal dificilmente seria aplicável.

Além do coeficiente de variação, outro método utilizado foi a análise gráfica. Como pode ser notado nas Figuras 10 e 11 a seguir, que ilustram a demanda dos itens no decorrer do tempo, as variações e os períodos com demanda nula já descartariam o uso da distribuição Normal.

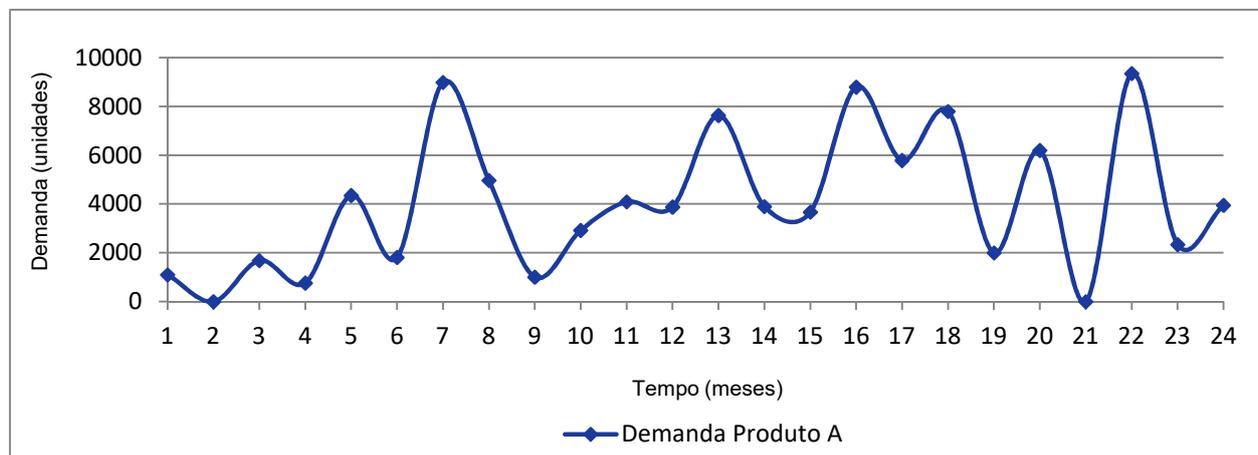


Figura 10 – Histórico da demanda do “Produto A” ao longo do tempo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

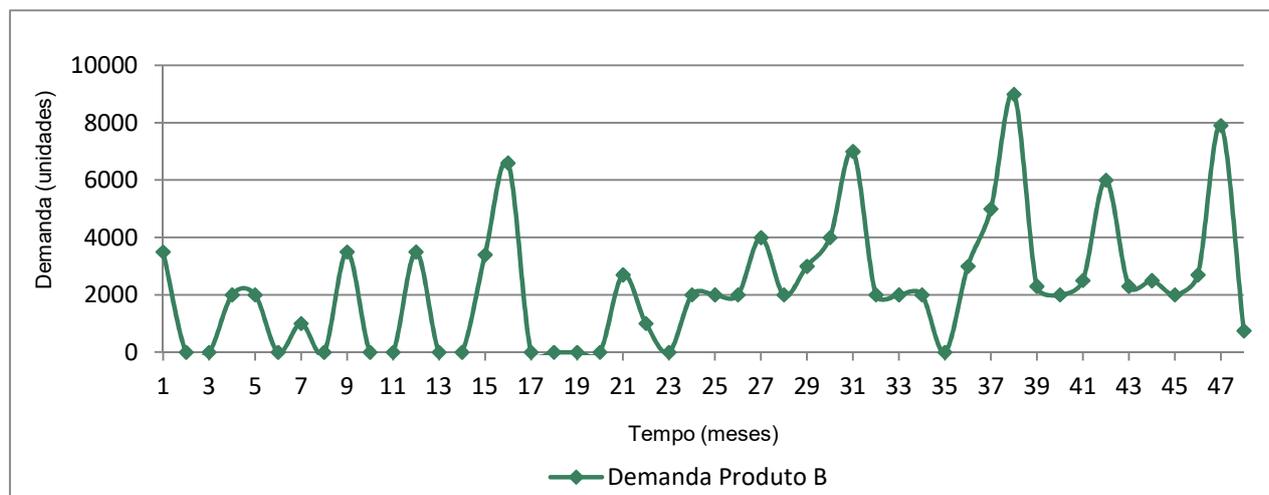


Figura 11 – Histórico da demanda do “Produto B” ao longo do tempo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Existem diferentes tipos de testes de normalidade que poderiam ser utilizados para descartar a distribuição Normal (alguns exemplos são os testes *Kolmogorov-Smirnov*, *Anderson-Darling* e *Shapiro-Wilk*, sendo possível até mesmo utilizar alguns destes através do Microsoft Office Excel), mas nesse

caso não foi necessário devido à clara não aderência dos dados a esse tipo de distribuição.

A segunda distribuição a ser testada foi a de Poisson. Os resultados poderiam ser razoáveis devido ao elevado coeficiente de variação, mesmo esta distribuição sendo mais utilizada quando se trata de itens com baixo giro.

De posse da média e da variância da demanda durante *lead time*, foi utilizado o teste proposto por Yeh (1997 apud WANKE, 2012). Conforme já foi apresentado, o teste sugere o uso da distribuição de Poisson se a seguinte condição for satisfeita:

$$0,9 * \mu(D) < \sigma^2(D) < 1,1 * \mu(D) \quad \text{Equação 28}$$

Vimos que a condição não foi satisfeita, dados os resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do teste de aderência para a distribuição Poisson.

	$0,9 * \mu(D)$	$\sigma^2(D)$	$1,1 * \mu(D)$
<b>Produto A</b>	3.637,538	8.324.721,085	4.445,879
<b>Produto B</b>	2.046,769	4.923.598,326	2.501,606

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tendo em mãos os resultados dos testes apresentados, a distribuição Gama mostrou-se uma boa alternativa, devido a uma série de fatores mencionados em diversas fontes.

Burgin (1972 apud NAMIT; CHEN, 1998), depois de estudar uma série de itens, concluiu que a distribuição Gama é uma boa aproximação para a demanda durante o *lead time* na grande maioria dos casos, além de comprovar os erros causados por tentar uma aproximação à distribuição Normal.

A alta flexibilidade inerente à distribuição Gama, assim como o fato dessa distribuição não admitir valores negativos, torna-a uma escolha muito

efetiva quando se trata de demanda durante o *lead time* (TYWORTH; GANESHAN, 2000).

Segundo Yeh, Chang e Chang (1997), a distribuição Gama é indicada quando existem períodos de demandas nulas, além de ser aderente a dados reais na maioria dos casos. Wanke (2012) propõe a criação de um quadro conceitual para a classificação dos itens quanto à distribuição que melhor descreve o comportamento de suas demandas. Quadro esse utilizado como base para o quadro simplificado apresentado anteriormente na Figura 3 (p.21), e que também mostra a distribuição Gama como a opção indicada para os dados em questão.

Baseando-se nos argumentos citados, decidiu-se investir na distribuição Gama como sendo a distribuição que melhor se adequaria aos dados da pesquisa.

A quarta etapa do processo de aplicação foi a utilização do modelo de simulação proposto Tyworth, Guo e Ganeshan (1996), aplicado e discutido por Namit e Chen (1998) e Silva (2009).

Tal simulação consiste em utilizar os parâmetros anteriormente calculados das três variáveis aqui tratadas (demanda anual, *lead time* e demanda durante o *lead time*), para determinar os valores ótimos da quantidade, ou tamanho, do pedido e do ponto de ressuprimento. Isso é feito buscando-se minimizar o custo total de estoque.

Retomando o modelo já apresentado anteriormente, o problema tomará a seguinte forma:

Função objetivo

$$\text{Minimizar } C_T(s, Q) = K \cdot \frac{D}{Q} + rC \cdot \left( \frac{Q}{2} + s - D_{LT} \right) + p \cdot \frac{D}{Q} \cdot N(s)$$

Variáveis

s = ponto de ressuprimento do item

Q = quantidade de pedido do item

Restrições

$$s \geq D_{LT}$$

$$Q > 0$$

Além dos dados exigidos pelo modelo que já foram apresentados, alguns parâmetros utilizados nos cálculos merecem atenção. São eles: o custo médio do item, o custo de pedido, a taxa de oportunidade e o custo de ruptura.

O custo médio do item é simplesmente o preço pago por cada unidade do material quando se faz um pedido. Foi feita uma média dos preços pagos por unidade nos últimos pedidos realizados pela empresa.

O custo de pedido, ou de aquisição, como já foi discutido anteriormente, é o gasto que vai além do preço pago pelas unidades de material. Foi obtido um valor médio diminuindo-se o valor pago pelos itens do custo total pago por pedido. O valor encontrado foi confirmado posteriormente pelos gestores de estoque da empresa.

A taxa de oportunidade, já definida anteriormente, foi estimada em 13%. Tal valor foi obtido através de pesquisa com os profissionais da empresa, e se mostrou coerente com valores sugeridos pela literatura e utilizados em trabalhos semelhantes.

O custo de ruptura, ou *backorder*, não é um parâmetro simples de ser calculado, visto que a falta de um material pode acarretar em diversos custos diferentes, alguns deles difíceis de serem quantificados. Para os materiais estudados nesta pesquisa foi utilizado o custo de uma sonda de perfuração ficar impedida de operar por 24 horas. Essa escolha se deve ao fato de ambos os itens serem críticos para a operação, e suas faltas impedirem o

funcionamento da sonda de perfuração. Tal custo foi estimado depois de conversas com os profissionais da empresa.

A Tabela 5, a seguir, resume os dados utilizados para a simulação:

Tabela 5 – Parâmetros utilizados pelo modelo para o cálculo dos valores ótimos da quantidade de pedido e do ponto de ressuprimento.

Sigla	Descrição	Valores	
		Produto A	Produto B
D	Demanda média anual (unidades)	4.041,708	2.274,188
C	Custo médio do item (R\$)	131,09	70,38
K	Custo de pedido (R\$)	620,00	620,00
r	Taxa de oportunidade (%)	13, 000	13, 000
p	Custo de ruptura (R\$)	1.100.000,00	1.100.000,00
$\alpha$	Parâmetro Alpha	0,993	1,111
$\beta$	Parâmetro Beta	7.121,973	17.944,011
DLT	Demanda durante lead time (unidades)	7.175,636	16.156,839

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Além destes, o modelo exige valores iniciais para as variáveis que queremos estimar, ponto de ressuprimento e quantidade de pedido. O valor inicial para o ponto de ressuprimento foi de zero. Para a quantidade de pedido utilizou-se o valor do EOQ como ponto de partida.

Partindo destes dados iniciais foram calculados alguns parâmetros intermediários para o cálculo dos valores ótimos. Estes são mostrados na Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 – Parâmetros intermediários calculados pelo modelo.

Sigla	Descrição	Valores	
		Produto A	Produto B
N(s)	Número esperado de <i>backorders</i>	0,442	233,428
G1	Função de distribuição cumulativa gama ( $\alpha+1,\beta$ )	0,999	0,935
G0	Função de distribuição cumulativa gama ( $\alpha,\beta$ )	1,000	0,987
EOQ	Lote econômico de compra (unidades)	543	556

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Finalmente, foi criada uma planilha no Microsoft Excel onde foram incluídos todos estes parâmetros. Utilizou-se, então, a ferramenta Solver para encontrar os valores ótimos das variáveis, minimizando-se o custo total de

estoque. Tal ferramenta é utilizada em diversas aplicações para tomadas de decisão, se mostrando uma boa alternativa para resolver o modelo proposto (MOORE; WEATHERFORD, 2005). O modelo, com sua função objetivo, restrições e variáveis, foi inserido no Solver conforme apresentado anteriormente e foi utilizado o método GRG Não Linear para a solução. Os valores obtidos poderão ser encontrados na próxima seção.

Na quinta etapa da aplicação da teoria foram escolhidos outros parâmetros importantes para complementar o estudo. Já de posse dos valores para quantidade de pedido e ponto de ressuprimento, foram calculados outros parâmetros que juntos fornecem um perfil completo acerca das características do produto e do comportamento do estoque do mesmo.

Foram calculados a quantidade de giros de estoque, a cobertura média, o estoque de segurança, o estoque médio e o valor médio em estoque. Os resultados são apresentados na próxima seção.

A última etapa do projeto consistiu-se na criação de uma planilha no Microsoft Office Excel que pudesse realizar o cálculo dos parâmetros apresentados de forma simples e direta. Sendo assim, cria-se a possibilidade de utilização dessa metodologia no futuro, para outros itens da empresa. Além de diminuir o tempo gasto no cálculo de tais parâmetros e diminuir as chances de erro ao estimá-los.

O primeiro passo para a utilização da planilha é a inserção dos dados pelo usuário. Devem ser inseridos o histórico de demanda, por dia, e o histórico do *lead time* do material em questão. Os dados podem ser inseridos exatamente como são fornecidos pelo sistema ERP, a planilha irá organizá-los de forma que possam ser usados nos cálculos.

A partir destes dados serão calculados os parâmetros iniciais (média, desvio padrão, valor máximo, desvio médio absoluto) da demanda e do *lead time*. Com esses valores são calculados os mesmos parâmetros da demanda durante o *lead time*. A Figura 12 mostra essa primeira parte da tela do programa.

### CÁLCULO DE PARÂMETROS DE ESTOQUE

Cole nas colunas abaixo os dados da demanda do item e as datas fornecidas pelo sistema para o período desejado

Data de Lançamento	Quantidade	Período	Quantidade	Data de Criação da Requisição	Dt Docto MIGO (Recebimento)	Lead time (meses)																											
11/10/2011	1.100 UN	10.2011	1100	11/01/2011	11/02/2011	1,03	<p>Ajuste as seleções das fórmulas à quantidade de dados</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2" style="background-color: #ffff00;">Demanda anual (ajustar seleção)</td></tr> <tr><td>Desvio Padrão =</td><td style="text-align: right;">2885,26</td></tr> <tr><td>Média =</td><td style="text-align: right;">4041,71</td></tr> <tr><td>Máximo =</td><td style="text-align: right;">9353,00</td></tr> <tr><td>Desvio médio absoluto =</td><td style="text-align: right;">2297,24</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2" style="background-color: #ffff00;">Lead Time (ajustar seleção)</td></tr> <tr><td>Desvio Padrão =</td><td style="text-align: right;">1,00</td></tr> <tr><td>Média =</td><td style="text-align: right;">1,78</td></tr> <tr><td>Máximo =</td><td style="text-align: right;">4,77</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2" style="background-color: #ffff00;">Demanda durante lead time</td></tr> <tr><td>Desvio Padrão =</td><td style="text-align: right;">7148,75</td></tr> <tr><td>Média =</td><td style="text-align: right;">7175,64</td></tr> <tr><td>Coefficiente de variação =</td><td style="text-align: right;">1,00</td></tr> </table>	Demanda anual (ajustar seleção)		Desvio Padrão =	2885,26	Média =	4041,71	Máximo =	9353,00	Desvio médio absoluto =	2297,24	Lead Time (ajustar seleção)		Desvio Padrão =	1,00	Média =	1,78	Máximo =	4,77	Demanda durante lead time		Desvio Padrão =	7148,75	Média =	7175,64	Coefficiente de variação =	1,00
Demanda anual (ajustar seleção)																																	
Desvio Padrão =	2885,26																																
Média =	4041,71																																
Máximo =	9353,00																																
Desvio médio absoluto =	2297,24																																
Lead Time (ajustar seleção)																																	
Desvio Padrão =	1,00																																
Média =	1,78																																
Máximo =	4,77																																
Demanda durante lead time																																	
Desvio Padrão =	7148,75																																
Média =	7175,64																																
Coefficiente de variação =	1,00																																
29/12/2011	1.684 UN	11.2011	0	14/10/2011	27/10/2011	0,43																											
17/01/2012	11 UN	12.2011	1684	14/10/2011	31/10/2011	0,57																											
23/01/2012	750 UN	1.2012	761	14/10/2011	18/11/2011	1,17																											
02/02/2012	650 UN	2.2012	4350	14/10/2011	23/11/2011	1,33																											
06/02/2012	1.000 UN	3.2012	1810	14/10/2011	29/11/2011	1,53																											
07/02/2012	100 UN	4.2012	8992	24/11/2011	30/12/2011	1,20																											
13/02/2012	100 UN	5.2012	4972	11/11/2010	04/02/2011	2,83																											
18/02/2012	750 UN	6.2012	1000	22/03/2011	18/04/2011	0,90																											
23/02/2012	1.000 UN	7.2012	2922	22/03/2011	11/05/2011	1,67																											
24/02/2012	750 UN	8.2012	4090	22/03/2011	26/05/2011	2,17																											
16/03/2012	1.000 UN	9.2012	3878	22/03/2011	31/03/2011	0,30																											
29/03/2012	810 UN	10.2012	7637	22/03/2011	11/04/2011	0,67																											
02/04/2012	690 UN	11.2012	3900	12/05/2011	10/06/2011	0,97																											
03/04/2012	1.620 UN	12.2012	3670	31/05/2011	29/06/2011	0,97																											
16/04/2012	1.000 UN	1.2013	8800	31/05/2011	07/07/2011	1,23																											
25/04/2012	1.000 UN	2.2013	5790	31/05/2011	14/07/2011	1,47																											
26/04/2012	4.182 UN	3.2013	7800	31/05/2011	05/08/2011	2,20																											

Figura 12 – Tela 1 do programa desenvolvido para cálculo de parâmetros de estoque.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Do lado esquerdo da tela o usuário deve inserir os dados de demanda e *lead time*. Do lado direito o programa fornece os resultados.

Além dos históricos é necessário que o usuário forneça dados complementares sobre o produto, que são necessários no cálculo dos parâmetros. São eles: o preço médio do item, o custo de pedido, a taxa de oportunidade, o custo de ruptura e o nível de serviço.

O programa irá realizar testes para fornecer a distribuição que melhor se aplica aos dados fornecidos. As distribuições possíveis são as mesmas mostradas no decorrer deste trabalho: Normal, Poisson e Gama. Baseados na distribuição escolhida são fornecidos as distribuições cumulativas (em caso de distribuição Normal ou Poisson) e os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  (em caso de distribuição Gama). A Figura 13 mostra a continuação da tela do programa.

27/04/2012	500 UN	4.2013	2000	31/05/2011	12/08/2011	2,43	Forneça os seguintes dados referentes ao item em questão				
11/05/2012	1.000 UN	5.2013	6200	04/08/2011	02/09/2011	0,97		Preço médio do item =	131,09	(R\$)	
21/05/2012	1.811 UN	6.2013	0	04/08/2011	09/09/2011	1,20	Custo de pedido =	620,00	(R\$)		
29/05/2012	1.000 UN	7.2013	9353	04/08/2011	20/09/2011	1,57	Taxa de oportunidade (decimal) =	0,13			
30/05/2012	1.161 UN	8.2013	2342	04/08/2011	27/09/2011	1,80	Custo de falta (ruptura) =	1.100.000,00	(R\$)		
13/06/2012	1.000 UN	9.2013	3950	04/08/2011	30/09/2011	1,90	Nível de serviço (decimal) =	0,95			
06/07/2012	1.161 UN	10.2013	0	04/08/2011	07/10/2011	2,13					
17/07/2012	600 UN	11.2013	0	24/11/2011	06/01/2012	1,43					
18/07/2012	561 UN	12.2013	0	24/11/2011	17/01/2012	1,80	<b>Distribuição =</b>	<b>Gama</b>			
30/07/2012	600 UN	1.2014	0	29/12/2011	31/01/2012	1,10					
09/08/2012	560 UN	2.2014	0	29/12/2011	03/02/2012	1,20	<b>Em caso de distribuição Gama</b>				
13/08/2012	1.150 UN	3.2014	0	29/12/2011	12/03/2012	2,47	Parâmetro $\alpha$ =	0,99			
17/08/2012	560 UN	4.2014	0	29/12/2011	26/03/2012	2,93	Parâmetro $\beta$ =	7121,97			
22/08/2012	1.200 UN	5.2014	0	23/02/2012	22/03/2012	0,93					
29/08/2012	620 UN	6.2014	0	23/02/2012	26/03/2012	1,07	<b>Em caso de distribuição Poisson</b>				
06/09/2012	1.370 UN	7.2014	0	23/02/2012	30/03/2012	1,20	Poisson acumulada =				
11/09/2012	560 UN	8.2014	0	30/03/2012	16/04/2012	0,57					
12/09/2012	200 UN	9.2014	0	30/03/2012	24/04/2012	0,83	<b>Em caso de distribuição Normal</b>				
17/09/2012	500 UN	10.2014	0	30/03/2012	27/04/2012	0,93	Normal acumulada =				
18/09/2012	748 UN	11.2014	0	09/04/2012	11/05/2012	1,07					

Figura 13 – Tela 2 do programa desenvolvido para cálculo de parâmetros de estoque.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Do lado esquerdo da tela estão os dados fornecidos pelo usuário. Do lado direito o usuário deve fornecer alguns dados adicionais e o programa mostra os resultados.

Finalmente, são calculados os parâmetros de estoque do item em questão. Os parâmetros calculados e o procedimento de cálculo são os mesmos já apresentados no presente trabalho.

Como uma informação complementar, o programa fornece uma estimativa dos custos de pedido e de armazenagem relacionados ao material. O custo de ruptura não foi incluído no cálculo devido ao fato de ser um custo complexo para um cálculo automático, como é a proposta do programa desenvolvido. Mesmo sendo uma estimativa, o cálculo para esse tipo de custo poderia implicar em erros consideráveis. A Figura 14 mostra a parte final da tela do programa.

18/09/2012	748 UN	11.2014	0	09/04/2012	11/05/2012	1,07	<b>Parâmetros de estoque</b>				
21/09/2012	500 UN	12.2014	0	09/04/2012	21/05/2012	1,40		Quantidade de pedido (EOQ) =	26711	(unidades)	
04/10/2012	2.000 UN	1.2015	0	09/04/2012	28/05/2012	1,63	Giros de estoque =	0,206			
05/10/2012	189 UN	2.2015	0	09/04/2012	30/05/2012	1,70	Cobertura média =	4,86	(meses)		
12/10/2012	1.000 UN	3.2015	0	18/05/2012	12/06/2012	0,83	Estoque de segurança =	6306	(unidades)		
19/10/2012	1.448 UN	4.2015	0	18/05/2012	28/06/2012	1,37	Ponto de ressuprimento =	68839	(unidades)		
20/10/2012	1.000 UN	5.2015	0	18/05/2012	13/07/2012	1,87	Estoque médio =	19661	(unidades)		
26/10/2012	1.000 UN	6.2015	0	18/05/2012	20/07/2012	2,10	Valor médio em estoque =	2.577.297,01	(R\$)		
31/10/2012	1.000 UN	7.2015	0	06/07/2012	03/08/2012	0,93					
01/11/2012	1.000 UN	8.2015	0	06/07/2012	20/08/2012	1,50	<b>Custos de Estoque (anuais)</b>				
12/11/2012	200 UN	9.2015	0	21/08/2012	18/09/2012	0,93	Custo de Pedido estimado =	93,81	(R\$)		
22/11/2012	1.800 UN	10.2015	0	21/08/2012	25/09/2012	1,17	Custo de armazenagem estimado =	335.048,61	(R\$)		
28/11/2012	200 UN	11.2015	0	07/11/2011	29/03/2012	4,77					
29/11/2012	200 UN	12.2015	0	20/08/2012	21/12/2012	2,20					
30/11/2012	500 UN	1.2016	0								

Figura 14 – Tela 3 do programa desenvolvido para cálculo de parâmetros de estoque.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Do lado esquerdo da tela estão os dados fornecidos pelo usuário. Do lado direito o programa fornece os resultados dos cálculos dos parâmetros de estoque, além de estimativas de custos anuais.

Para facilitar a visualização, a tela inteira da planilha se encontra no Anexo 3.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos foi possível formular uma série de conclusões no que se refere às características da demanda e do *lead time* dos itens estudados e à empregabilidade do modelo para o cálculo de parâmetros utilizado na pesquisa.

Analisando a demanda anual dos “Produtos A e B”, é possível verificar uma demanda elevada de ambos os itens, característica já esperada, uma vez que são itens classificados como sendo de alto giro. Mas também foi detectada uma alta variabilidade na demanda de ambos os produtos, evidenciada pelos coeficientes de variação, o que acarreta certa preocupação com a manutenção de níveis no mínimo razoáveis de estoque. As características básicas da demanda de ambos os itens são mostradas na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 – Parâmetros básicos da demanda de cada item.

	<b>Produto A</b>	<b>Produto B</b>
<b>Média</b>	4.041,708	2.274,188
<b>Desvio padrão</b>	2.885,259	2.218,918
<b>Variância</b>	8.324.721,085	4.923.598,326
<b>Valor Máximo</b>	9.353,000	9.000,000
<b>Coefficiente de variação</b>	0,714	0,976

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Quanto ao *lead time* dos itens é possível verificar uma diferença considerável. O “Produto B” possui um *lead time* médio mais do que três vezes maior que o “Produto A”. A causa para tal diferença reside no fato dos fornecedores do “Produto A” já possuírem um contrato fixo com a empresa, por isso os pedidos são atendidos mais rapidamente, porém com uma variação maior. A empresa não possui um fornecedor fixo para o “Produto B”, o que acarreta um tempo maior de espera pelo recebimento do pedido, porém com uma variação menor. Os valores dos parâmetros para o *lead time* de cada item são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetros básicos do *lead time* de cada item.

	<b>Produto A</b>	<b>Produto B</b>
<b>Média</b>	1,775	7,104
<b>Desvio padrão</b>	1,004	2,025
<b>Variância</b>	1,008	4,102
<b>Valor Máximo</b>	4,767	11,500
<b>Coefficiente de variação</b>	0,566	0,285

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A demanda durante o *lead time*, variável obtida da “fusão” entre duas variáveis (demanda anual e *lead time*), apresenta média e coeficiente de variação elevados, principalmente se tratando do “Produto B”, como pode ser visto na Tabela 9. Tais características são cruciais para a utilização da distribuição Gama.

Tabela 9 – Parâmetros básicos da demanda durante o *lead time* de cada item.

	<b>Produto A</b>	<b>Produto B</b>
<b>Média</b>	7.175,636	16.156,839
<b>Desvio padrão</b>	7.148,754	17.026,993
<b>Variância</b>	51.104.684,659	289.918.497,225
<b>Coefficiente de variação</b>	0,996	1,054

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O modelo utilizado para calcular a quantidade ótima de pedido e o ponto de ressuprimento ótimo se mostrou eficiente, pois é de fácil aplicação e requer *inputs* não muito complexos. Porém, os itens em questão apresentam uma variabilidade muito alta tanto com relação à demanda quanto com relação ao *lead time*, principalmente o “Produto B”. Portanto, são necessárias algumas considerações acerca dos resultados fornecidos.

Depois da simulação, os resultados obtidos para as variáveis são apresentados na Tabela 10, a seguir, assim como o valor ótimo da função objetivo, o custo total anual de estoque.

Tabela 10 – Valores ótimos para o ponto de ressuprimento e quantidade de pedido, além do custo total mínimo encontrado pelo modelo através da simulação.

Sigla	Descrição	Valores	
		Produto A	Produto B
s	Ponto de ressuprimento (unidades)	68.839	82.600
Q	Quantidade de pedido (unidades)	26.712	353.631
CT(s,Q)	Custo total anual de estoque (R\$)	R\$1.351.997,26	R\$3.876.980,76

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para o “Produto A”, os valores se mostraram condizentes com a realidade. O valor elevado da quantidade de pedido se deve às altas variabilidades, do *lead time* e, principalmente, da demanda, o que acarretou uma variabilidade alta também na demanda durante o *lead time*.

Já para o “Produto B”, que apresentou uma variação maior da demanda durante o *lead time*, muito devido ao *lead time* maior deste material, o modelo forneceu valores demasiadamente elevados para o ponto de ressuprimento e quantidade de pedido.

As causas de tais valores elevados para os parâmetros calculados são duas:

- Uma variabilidade muito alta tanto da demanda quanto do *lead time* de ambos os itens, o que faz com que o modelo tente amenizar tais variações com uma quantidade maior de itens por pedido, e conseqüentemente uma quantidade maior em estoque.
- Um custo médio por item infinitamente menor do que o custo de ruptura. Quando essa enorme diferença é apresentada ao modelo, ele irá tentar evitar ao máximo que haja uma ruptura de estoque, devido ao preço altíssimo que seria pago por isso, mesmo que isso signifique aumentar os níveis de estoque, uma vez que o custo unitário desses itens é mínimo quando comparado ao custo de uma ruptura.

É possível comprovar a segunda causa citada acima quando se separa o custo total de estoque nas suas três componentes: custo de pedido, custo de ruptura e custo de armazenagem.

Utilizando os valores fornecidos pelo modelo, temos que para o “Produto B”, que apresentou altos valores nos seus parâmetros, principalmente para a quantidade de pedido, o custo de armazenagem representa 44% do custo total de estoque. Isso mostra que tanto para “fugir” dos altos custos de ruptura, quanto para amenizar as variações de demanda e *lead time*, o modelo aumentou a quantidade de pedido, fazendo com que os níveis de estoque também aumentassem.

Ainda sobre o “Produto B”, o elevado *lead time*, que levou à alta quantidade de pedido, tem como causa principal o fato deste material não ter um fornecedor único, como já mencionado anteriormente, sendo necessário contratar um fornecedor sempre que surge a necessidade do item.

Os valores dos demais parâmetros de estoque, calculados ao final do trabalho, se mostraram realistas e condizentes com os dados que foram usados para calculá-los. Assim como relatado nos parágrafos anteriores, houve certa discrepância quando se trata do “Produto B”, pelas razões já explicitadas. Os resultados são mostrados na Tabela 11, a seguir.

Tabela 11 – Parâmetros calculados com base nos resultados obtidos para o ponto de ressuprimento e para a quantidade de pedido.

<b>Sigla</b>	<b>Descrição</b>	<b>Produto A</b>	<b>Produto B</b>
GE	Giros de estoque	0,206	0,012
CM	Cobertura média (meses)	4,865	81,665
ES	Estoque de segurança (unidades)	6.306	8.906
EM	Estoque médio (unidades)	19.662	185.721
VM	Valor médio em estoque (R\$)	R\$ 2.577.297,01	R\$ 13.071.147,74

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Giros de estoque baixos derivam das altas quantidades de pedido sugeridas pelo modelo, assim como a alta cobertura média (inverso da quantidade de giros de estoque). Ambos os estoques de segurança se mostraram aplicáveis, nesse caso já eram esperados valores elevados para

esse parâmetro devido ao alto custo de ruptura. Por fim, os parâmetros de estoque médio e valor médio em estoque se mostraram mais condizentes com a realidade quando se trata do “Produto A”. Pelas razões já apresentadas, os resultados para o “Produto B”, foram demasiadamente elevados.

Os resultados obtidos pela planilha desenvolvida para cálculo de parâmetros foram bastante satisfatórios. Depois de pronta, foram testados diversos itens, com padrões de demanda e de *lead time* diversos, e a maioria dos parâmetros calculados foi aceitável.

A planilha desenvolvida já está, inclusive, sendo utilizada pela equipe de gestão de estoques da empresa para cálculo de parâmetros de estoque. Na próxima seção encontra-se o depoimento de um dos gestores de estoque da unidade acerca dos resultados obtidos utilizando-se a planilha desenvolvida neste projeto.

## CAPÍTULO VI

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível perceber que a pesquisa foi importante para a companhia nos seguintes aspectos: fornecendo dados importantes acerca das características dos produtos alvo, considerados críticos; estabelecendo os parâmetros de estoque para os mesmos; apresentando uma metodologia que pode ser empregada para outros materiais; e por fim, fornecendo uma ferramenta que facilita o cálculo de parâmetros e que pode ser utilizada para otimizar o estoque da empresa.

Com base no estudo realizado e nos resultados obtidos, pode-se chegar a algumas conclusões referentes às características dos itens críticos estudados e ao modelo utilizado no cálculo dos parâmetros. Nota-se que ambos os materiais, A e B, possuem um comportamento da demanda durante o *lead time* que torna difícil a gestão de estoques dos mesmos. As altas taxas de variabilidade exigem uma análise criteriosa dos parâmetros de estoque calculados com base na teoria.

Para o “Produto A” os resultados obtidos, mostrados na seção anterior, se mostraram satisfatórios. Para o “Produto B” o modelo também funcionou como desejado, porém os resultados deverão ser reavaliados devido aos fatores já mencionados. É necessário testar outros modelos para cálculo dos parâmetros do “Produto B”, a fim de se comparar com os resultados obtidos. O tempo reduzido para a realização da presente pesquisa limitou tais experiências.

O modelo utilizado se mostrou eficiente quando aplicado a outros produtos da empresa que também foram testados, o que não exclui a possibilidade de ajustes para futuras aplicações. Ajustes estes citados na seção Futuros Trabalhos.

A criação de uma planilha que realizasse os cálculos dos parâmetros de forma automática, levando em consideração inclusive a distribuição da

demanda durante o *lead time*, foi outra contribuição desta pesquisa, como pode ser verificado na seção Desdobramentos da Pesquisa. Mais uma vez, o tempo limitado impediu que fossem incluídos outros recursos na planilha.

Não só os resultados finais, mas o estudo como um todo se mostrou uma contribuição importante para a companhia. O dimensionamento de estoques é de suma importância para que se tenha uma visão mais aprofundada e um melhor entendimento acerca das características de itens importantes.

### 6.1. DESDOBRAMENTOS DA PESQUISA

Como já foi citado anteriormente, toda a pesquisa teve o acompanhamento e o apoio dos profissionais da gestão de estoque da empresa. Os métodos utilizados e os resultados obtidos em cada fase do projeto foram constantemente apresentados ao corpo de trabalho do setor.

Depois de desenvolvido o programa para aplicação do método em diferentes itens, foram realizados testes acompanhados pelos referidos gestores de estoque. Após validação dos resultados de tais testes, um dos profissionais deu o seguinte parecer acerca da confecção do programa para cálculo automático dos parâmetros de estoque:

“Se tratando do desenvolvimento da planilha para cálculo dos parâmetros de estoque, é importante destacar que se trata de uma forma de otimização de estoques, uma vez que será possível o cálculo aproximado do estoque ideal, de forma a evitar aquisições desnecessárias, e auxiliando na análise do inventário já existente. Além disso, a automatização dos cálculos proporciona um ganho de tempo e uma diminuição de possíveis erros ao se lidar com muitos itens e com os diversos indicadores envolvidos.”

Sobre a real contribuição da pesquisa, como um todo, para a empresa, o profissional ouvido forneceu o seguinte depoimento:

“O trabalho tem apresentado grande perspectiva de ganho para a unidade por vários motivos. Principalmente, por ser uma forma de se construir

uma base para uma análise crítica dos parâmetros propostos pelos solicitantes dos materiais, podendo-se, inclusive, inverter o atual fluxo de formação de estoques. Desta forma, a proposição dos parâmetros seria feita pela unidade de gestão de estoques, baseada no comportamento histórico dos materiais. Atualmente, a proposição dos parâmetros é feita pelos solicitantes por serem os detentores das previsões de utilização dos materiais.”

## 6.2. FUTUROS TRABALHOS

Após uma análise dos resultados, nota-se que podem ser feitas melhorias em dois pontos principais: no modelo utilizado para cálculo do ponto de ressuprimento e da quantidade de pedido, e no programa desenvolvido para cálculo automático dos parâmetros.

Uma característica que pode ser melhorada no modelo é a utilização de um estoque máximo para o item. Esse estoque máximo atuaria como um limitador, evitando que o modelo elevasse demais os valores dos parâmetros, tentando, por exemplo, compensar a alta variabilidade, como ocorreu com o “Produto B”. Essa modificação não foi feita no presente trabalho devido ao tempo limitado não permitir um estudo de qual seria a melhor forma de inserir tal parâmetro no modelo utilizado, mas podem ser feitos testes para implementar essa modificação no futuro.

O programa desenvolvido para o cálculo dos parâmetros também é passível de melhorias. Incluindo mais entradas por parte do usuário podem ser feitos aperfeiçoamentos para que sejam fornecidos mais detalhes acerca da demanda do material e dos parâmetros de estoque, como, por exemplo, o custo de ruptura, que não foi incluído como *output* da planilha. Além disso, a parte funcional, e mesmo a visual, pode ser desenvolvida. O emprego do *Visual Basic Applications* (VBA) pode tornar a planilha ainda mais automatizada e sua utilização mais fácil para o usuário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial**. São Paulo: Atlas, 1993.
- BOWERSOX, Dolnald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby; BOWERSOX, John C. **Supply Chain Logistics Management**. 4.ed. New York: McGraw-Hill. 2013.
- BOYLAN, J. E.; SYNTETOS, A. A.; KARAKOSTAS, G. C. Classification for forecasting and stock control: a case study. **Journal of the Operational Research Society**, v. 59, p. 473-481, 2008.
- CALDAS, Marco Antônio Farah; MEDEIROS, Francisco de Assis. Gestão de estoques de materiais e equipamentos para manutenção, reparo e operações – mro – na indústria intensiva em capital: um estudo de caso. **XXXVIII Simpósio Brasileiro De Pesquisa Operacional**, Goiânia, p. 975-983. 15 set. 2006.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Administração de materiais: uma abordagem introdutória**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- \_\_\_\_\_. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- DECARLO, Scott. **The World's Biggest Companies**. 2013. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/scottdecarlo/2013/04/17/the-worlds-biggest-companies-2/>>. Acesso em: 17 abr. 2013.
- EAVES, Andrew Howard Charles. **Forecasting for the ordering and stockholding of consumable spare parts**. 2002. 355 f. Thesis (Phd) - Departamento de Department Of Management Science, Lancaster University, Lancaster, 2002.
- FRANCO, Augusto de. **Redes complexas: da internet às redes sociais**. 2009. Disponível em: <<http://escoladeredes.net/profiles/blogs/redes-complexas-da-internet-as>>. Acesso em: 16 out. 2013.
- GONSALVES, Elisa Pereira. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. 5.ed. Campinas: Alínea, 2011.
- JACOBS, F. Robert; CHASE, Richard B. **Operations and Supply Chain Management: The Core**. New York: McGraw-Hill, 2008.
- KRUPP, J. A. G. Safety stock management. **Production and Inventory Management Journal**, v. 38, n. 3, p. 11-18, 1997.

LIMA, Maurício. **Os custos de armazenagem na logística moderna**. 2000. Disponível em: <[http://www.ilos.com.br/web/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1009&Itemid=74](http://www.ilos.com.br/web/index.php?option=com_content&task=view&id=1009&Itemid=74)>. Acesso em: 07 set. 2013.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MONTEIRO FILHO, Gersino. **Variáveis aleatórias contínuas: Distribuição Normal**. 2008. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/regisandrade/cap4-parte-7-distribuio-normal-presentation>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C.. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2003.

MOORE, Jeffrey H.; WEATHERFORD Larry R.. **Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

NAMIT, Kal; CHEN, Jim. Solutions to the inventory model for gamma lead-time demand. **International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management**, North Carolina, p. 138-151. 01 dez. 1998.

NASCIMENTO, Everton Luiz do; COSTA, Marcelo Bellin da; SOUZA, Sidnei Cruz de. **Parâmetros de Estoque Buscando um Melhor Desempenho**. 2012. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/marketing/parametros-de-estoque-buscando-um-melhor-desempenho/67153/>>. Acesso em: 20 ago. 2013.

PASCOAL, Janaína Araújo. **Gestão estratégica de recursos materiais: Controle de estoque e armazenagem**. 2008. 60 f. Monografia (Graduação) - Centro Universitário de João Pessoa, João Pessoa, 2008.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção: Operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007.

PIMENTEL, Igor de Souza. **Aplicação do modelo de Miller & Orr na gestão de estoques: um estudo de caso em uma empresa de exploração e produção de petróleo**. 2013. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2013.

PORTAL ACTION. **Distribuição Normal**. 2013. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/content/62-distribuição-normal>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

RAMAEKERS, Katrien; JANSSENS, Gerrit K.. On the choice of a demand distribution for inventory management models. **European Journal Of Industrial Engineering**, Diepenbeek, Bélgica, p. 479-491. 23 maio 2008.

SANTOS, Antônio Marcos Dos; RODRIGUES, Iana Araújo. Controle de estoque de materiais com diferentes padrões de demanda: Estudo de caso em uma indústria química. **Gestão & Produção**, Belo Horizonte, p. 223-231. 12 abr. 2006.

SANTOS, Diego Oliveira. **Custos de Estoque**. 2010. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/custos-de-estoque/54014/>>. Acesso em: 18 ago. 2013.

SILVA, Gerson Luís Caetano da. **Modelo de Estoque para peças de reposição sujeitas à demanda intermitente e lead time estocástico**. 2009. 75 f. Monografia (Mestrado) - UFMG, Belo Horizonte, 2009.

SILVER, E. A.; PETERSON, R.; PYKE, D. F. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 754 p.

SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; CHAMBERS, Stuart. **Administração da Produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SWINK, Morgan et al. **Introduction to Supply Chain Management**. Boston: McGraw Hill, 2011.

SYNETOS, A. A.; BOYLAN, J. E.; CROSTON, J. D. On the categorization of demand patterns. **Journal of Operational Research Society**, v. 56, p. 495-503, 2005.

TYWORTH, John E.; GANESHAN, Ram. A note on solutions to the inventory model for gamma lead-time demand. **International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management**, Pennsylvania, p. 534-539. 01 fev. 2000.

\_\_\_\_\_; GUO, Yuanming; GANESHAN, Ram. Inventory Control under Gamma Demand and Radom *Lead Time*. **Journal of Business Logistics**, Pennsylvania, p. 291-304. 01 jan. 1996.

VERMOREL, Joannes. **Lead demand definition**. 2012. Disponível em: <<http://www.lokad.com/lead-demand-definition>>. Acesso em: 06 nov. 2013.

WANKE, Peter. **Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimento: Decisões e Modelos Quantitativos**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

\_\_\_\_\_. Quadro Conceitual para gestão de estoques: Enfoque nos itens. **Gestão & Produção**, São Carlos, p. 677-687. 16 nov. 2012.

YEH, Q.-J.; CHANG, T. P.; CHANG, H. C. An inventory control model with gamma distribution. **Microelectronics and Reliability**, Taiwan, v. 37, n. 8, p. 1197-1201, 1997.

## ANEXOS

### ANEXO 1

Dados da data de realização do pedido e de recebimento do mesmo.

A diferença entre as datas fornece o *lead time*, que é utilizado em meses nos cálculos.

<b>Produto A</b>				
<b>Data de realização do pedido</b>	<b>Data de recebimento do pedido</b>	<b>Lead time (dias)</b>	<b>Lead time(meses)</b>	
11/01/2011	11/02/2011	31	1.033	
14/10/2011	27/10/2011	13	0.433	
14/10/2011	31/10/2011	17	0.567	
14/10/2011	18/11/2011	35	1.167	
14/10/2011	23/11/2011	40	1.333	
14/10/2011	29/11/2011	46	1.533	
24/11/2011	30/12/2011	36	1.200	
11/11/2010	04/02/2011	85	2.833	
22/03/2011	18/04/2011	27	0.900	
22/03/2011	11/05/2011	50	1.667	
22/03/2011	26/05/2011	65	2.167	
22/03/2011	31/03/2011	9	0.300	
22/03/2011	11/04/2011	20	0.667	
12/05/2011	10/06/2011	29	0.967	
31/05/2011	29/06/2011	29	0.967	
31/05/2011	07/07/2011	37	1.233	
31/05/2011	14/07/2011	44	1.467	
31/05/2011	05/08/2011	66	2.200	
31/05/2011	12/08/2011	73	2.433	
04/08/2011	02/09/2011	29	0.967	
04/08/2011	09/09/2011	36	1.200	
04/08/2011	20/09/2011	47	1.567	
04/08/2011	27/09/2011	54	1.800	
04/08/2011	30/09/2011	57	1.900	
04/08/2011	07/10/2011	64	2.133	
24/11/2011	06/01/2012	43	1.433	
24/11/2011	17/01/2012	54	1.800	
29/12/2011	31/01/2012	33	1.100	
29/12/2011	03/02/2012	36	1.200	
29/12/2011	12/03/2012	74	2.467	
29/12/2011	26/03/2012	88	2.933	
23/02/2012	22/03/2012	28	0.933	
23/02/2012	26/03/2012	32	1.067	
23/02/2012	30/03/2012	36	1.200	
30/03/2012	16/04/2012	17	0.567	
30/03/2012	24/04/2012	25	0.833	
30/03/2012	27/04/2012	28	0.933	
09/04/2012	11/05/2012	32	1.067	
09/04/2012	21/05/2012	42	1.400	
09/04/2012	28/05/2012	49	1.633	
09/04/2012	30/05/2012	51	1.700	

18/05/2012	12/06/2012	25	0.833
18/05/2012	28/06/2012	41	1.367
18/05/2012	13/07/2012	56	1.867
18/05/2012	20/07/2012	63	2.100
18/05/2012	27/07/2012	70	2.333
06/07/2012	03/08/2012	28	0.933
06/07/2012	20/08/2012	45	1.500
21/08/2012	18/09/2012	28	0.933
21/08/2012	25/09/2012	35	1.167
07/11/2011	29/03/2012	143	4.767
29/08/2012	21/12/2012	114	3.800
05/04/2013	05/07/2013	91	3.033
17/01/2013	22/03/2013	64	2.133
17/01/2013	02/04/2013	75	2.500
17/01/2013	25/04/2013	98	3.267
17/01/2013	30/04/2013	103	3.433
17/01/2013	03/05/2013	106	3.533
17/01/2013	14/05/2013	117	3.900
17/01/2013	15/05/2013	118	3.933
23/01/2013	31/01/2013	8	0.267
23/01/2013	05/02/2013	13	0.433
23/01/2013	07/02/2013	15	0.500
23/01/2013	18/02/2013	26	0.867
23/01/2013	19/02/2013	27	0.900
04/04/2013	21/05/2013	47	1.567
04/04/2013	24/05/2013	50	1.667
04/04/2013	28/05/2013	54	1.800
04/04/2013	05/06/2013	62	2.067
04/04/2013	18/06/2013	75	2.500
04/04/2013	20/06/2013	77	2.567
27/05/2013	20/06/2013	24	0.800
27/05/2013	27/06/2013	31	1.033
27/05/2013	04/07/2013	38	1.267
27/05/2013	19/07/2013	53	1.767
27/05/2013	26/07/2013	60	2.000
27/05/2013	19/08/2013	84	2.800
27/05/2013	23/09/2013	119	3.967
28/06/2013	12/09/2013	76	2.533
28/06/2013	17/09/2013	81	2.700
14/11/2012	28/03/2013	134	4.467
05/12/2012	25/01/2013	51	1.700
05/12/2012	30/01/2013	56	1.867
09/01/2013	05/04/2013	86	2.867

<b>Produto B</b>			
<b>Data de realização do pedido</b>	<b>Data de recebimento do pedido</b>	<b>Lead time (dias)</b>	<b>Lead time(meses)</b>
18/05/2009	02/09/2009	107	3.567
18/05/2009	07/10/2009	142	4.733
15/09/2009	30/04/2010	227	7.567
12/03/2010	24/12/2010	287	9.567
10/11/2010	29/04/2011	170	5.667
11/04/2011	18/11/2011	221	7.367
21/10/2011	16/04/2012	178	5.933
02/01/2012	09/10/2012	281	9.367
27/02/2012	16/08/2012	171	5.700
31/01/2013	12/09/2013	224	7.467
10/05/2012	18/01/2013	253	8.433
03/10/2012	13/09/2013	345	11.500
19/12/2012	15/07/2013	208	6.933
30/01/2013	02/08/2013	184	6.133
04/01/2013	22/07/2013	199	6.633

Fonte: Empresa onde a pesquisa foi realizada.

## ANEXO 2

Histórico da demanda de cada item, organizado por meses.

Período	Consumo (unidades)	
	Produto A	Produto B
set/09	-	3500
out/09	-	0
nov/09	-	0
dez/09	-	2000
jan/10	-	2000
fev/10	-	0
mar/10	-	1000
abr/10	-	0
mai/10	-	3500
jun/10	-	0
jul/10	-	0
ago/10	-	3500
set/10	-	0
out/10	-	0
nov/10	-	3400
dez/10	-	6600
jan/11	-	0
fev/11	-	0
mar/11	-	0
abr/11	-	0
mai/11	-	2700
jun/11	-	1000
jul/11	-	0
ago/11	-	2000
set/11	-	2000
out/11	1100	2000
nov/11	0	4000
dez/11	1684	2000
jan/12	761	3000
fev/12	4350	4000
mar/12	1810	7000
abr/12	8992	2000
mai/12	4972	2000
jun/12	1000	2000
jul/12	2922	0
ago/12	4090	3000
set/12	3878	5000
out/12	7637	9000
nov/12	3900	2300
dez/12	3670	2000

jan/13	8800	2501
fev/13	5790	6000
mar/13	7800	2300
abr/13	2000	2500
mai/13	6200	2000
jun/13	0	2699
jul/13	9353	7910
ago/13	2342	751
set/13	3950	-

Fonte: Empresa onde a pesquisa foi realizada.

## ANEXO 3

## CÁLCULO DE PARÂMETROS DE ESTOQUE

Cole nas colunas abaixo os dados da demanda do item e as datas fornecidas pelo sistema para o período desejado

Data de Lançamento	Quantidade	Período	Quantidade	Data de Criação da Recuperação	Dt Docto MIGO (Recebimento)	Lead time (meses)
11/10/2011	1.100 UN	10.2011	1100	11/01/2011	11/02/2011	1,03
29/12/2011	1.684 UN	11.2011	0	14/10/2011	27/10/2011	0,43
17/01/2012	11 UN	12.2011	1684	14/10/2011	31/10/2011	0,57
23/01/2012	750 UN	1.2012	761	14/10/2011	18/11/2011	1,17
02/02/2012	650 UN	2.2012	4350	14/10/2011	23/11/2011	1,33
08/02/2012	1.000 UN	3.2012	1810	14/10/2011	29/11/2011	1,53
07/02/2012	100 UN	4.2012	8992	24/11/2011	30/12/2011	1,20
13/02/2012	100 UN	5.2012	4972	11/11/2010	04/02/2011	2,83
18/02/2012	750 UN	6.2012	1000	22/03/2011	18/04/2011	0,90
23/02/2012	1.000 UN	7.2012	2922	22/03/2011	11/05/2011	1,67
24/02/2012	750 UN	8.2012	4090	22/03/2011	26/05/2011	2,17
16/03/2012	1.000 UN	9.2012	3878	22/03/2011	31/03/2011	0,30
29/03/2012	310 UN	10.2012	7637	22/03/2011	11/04/2011	0,67
02/04/2012	890 UN	11.2012	3900	12/05/2011	10/06/2011	0,97
03/04/2012	1.620 UN	12.2012	3670	31/05/2011	26/06/2011	0,97
16/04/2012	1.000 UN	1.2013	8800	31/05/2011	07/07/2011	1,23
25/04/2012	1.000 UN	2.2013	5790	31/05/2011	14/07/2011	1,47
26/04/2012	4.182 UN	3.2013	7800	31/05/2011	05/08/2011	2,20
27/04/2012	500 UN	4.2013	2000	31/05/2011	12/08/2011	2,43
11/05/2012	1.000 UN	5.2013	6200	04/08/2011	02/09/2011	0,97
21/05/2012	1.811 UN	6.2013	0	04/08/2011	09/09/2011	1,20
29/05/2012	1.000 UN	7.2013	9353	04/08/2011	20/09/2011	1,57
30/05/2012	1.161 UN	8.2013	2342	04/08/2011	27/09/2011	1,80
13/06/2012	1.000 UN	9.2013	3950	04/08/2011	30/09/2011	1,90
06/07/2012	1.161 UN	10.2013	0	04/08/2011	07/10/2011	2,13
17/07/2012	800 UN	11.2013	0	24/11/2011	06/01/2012	1,43
18/07/2012	561 UN	12.2013	0	24/11/2011	17/01/2012	1,80
30/07/2012	600 UN	1.2014	0	29/12/2011	31/01/2012	1,10
09/08/2012	560 UN	2.2014	0	29/12/2011	03/02/2012	1,20
13/08/2012	1.150 UN	3.2014	0	29/12/2011	12/03/2012	2,47
17/08/2012	560 UN	4.2014	0	29/12/2011	26/03/2012	2,93
22/08/2012	1.200 UN	5.2014	0	23/02/2012	22/03/2012	0,98
29/08/2012	620 UN	6.2014	0	23/02/2012	26/03/2012	1,07
06/09/2012	1.370 UN	7.2014	0	23/02/2012	30/03/2012	1,20
11/09/2012	560 UN	8.2014	0	30/03/2012	16/04/2012	0,57
12/09/2012	200 UN	9.2014	0	30/03/2012	24/04/2012	0,83
17/09/2012	500 UN	10.2014	0	30/03/2012	27/04/2012	0,93
18/09/2012	748 UN	11.2014	0	06/04/2012	11/05/2012	1,07
21/09/2012	500 UN	12.2014	0	06/04/2012	21/05/2012	1,40
04/10/2012	2.000 UN	1.2015	0	09/04/2012	28/05/2012	1,63
05/10/2012	189 UN	2.2015	0	09/04/2012	30/05/2012	1,70
12/10/2012	1.000 UN	3.2015	0	18/05/2012	12/06/2012	0,83
19/10/2012	1.448 UN	4.2015	0	18/05/2012	28/06/2012	1,37
20/10/2012	1.000 UN	5.2015	0	18/05/2012	13/07/2012	1,87
26/10/2012	1.000 UN	6.2015	0	18/05/2012	20/07/2012	2,10
31/10/2012	1.000 UN	7.2015	0	18/05/2012	27/07/2012	2,33
01/11/2012	1.000 UN	8.2015	0	06/07/2012	03/08/2012	0,93
12/11/2012	200 UN	9.2015	0	06/07/2012	20/08/2012	1,50
22/11/2012	1.800 UN	10.2015	0	21/08/2012	18/09/2012	0,93
28/11/2012	200 UN	11.2015	0	21/08/2012	25/09/2012	1,17
29/11/2012	200 UN	12.2015	0	07/11/2011	29/03/2012	4,77
20/11/2012	500 UN	1.2016	0	20/09/2012	21/10/2012	2,00

Ajuste as seleções das fórmulas à quantidade de dados		
<b>Demanda anual (ajustar seleção)</b>		
Desvio Padrão =	2885,26	
Média =	4041,71	
Máximo =	9353,00	
Desvio médio absoluto =	2297,24	
<b>Lead Time (ajustar seleção)</b>		
Desvio Padrão =	1,00	
Média =	1,78	
Máximo =	4,77	
<b>Demanda durante lead time</b>		
Desvio Padrão =	7148,75	
Média =	7175,64	
Coefficiente de variação =	1,00	
Forneça os seguintes dados referentes ao item em questão		
Preço médio do item =	131,09	(R\$)
Custo de pedido =	620,00	(R\$)
Taxa de oportunidade (decimal) =	0,13	
Custo de falta (ruptura) =	1.100.000,00	(R\$)
Nível de serviço (decimal) =	0,95	
<b>Distribuição -</b>	<b>Gama</b>	
<b>Em caso de distribuição Gama</b>		
Parâmetro $\alpha$ =	0,99	
Parâmetro $\beta$ =	7121,97	
<b>Em caso de distribuição Poisson</b>		
Poisson acumulada =		
<b>Em caso de distribuição Normal</b>		
Normal acumulada =		
<b>Parâmetros de estoque:</b>		
Quantidade de pedido (EOQ) =	26711	(unidades)
Giros de estoque =	0,206	
Cobertura média =	4,86	(meses)
Estoque de segurança =	6306	(unidades)
Ponto de reassuprimento =	68839	(unidades)
Estoque médio =	19661	(unidades)
Valor médio em estoque =	2.577.297,01	(R\$)
<b>Custos de Estoque (anuais)</b>		
Custo de Pedido estimado =	93,81	(R\$)
Custo de armazenagem estimado =	335.048,61	(R\$)

Tela do programa desenvolvido para cálculo de parâmetros de estoque.

Fonte: Elaboração do próprio autor.