

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GEOTECNIA
NUCLETRANS – NÚCLEO DE TRANSPORTES**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
LOGÍSTICA ESTRATÉGICA E SISTEMAS DE TRANSPORTE**

**MODELAGEM DE ESTOQUE DE ITENS MRO, COM FOCO NA OTIMIZAÇÃO DE
ESTOQUE MÉDIO TEÓRICO DEVIDO A CENTRALIZAÇÃO**

Monografia

Daniel Soares Novaes

Belo Horizonte, 2010

Daniel Soares Novaes

MODELAGEM DE ESTOQUE DE ITENS MRO, COM FOCO NA OTIMIZAÇÃO DE ESTOQUE MÉDIO TEÓRICO DEVIDO A CENTRALIZAÇÃO

Trabalho apresentado ao Curso de Especialização em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte.

Orientador: Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Guimarães de Gouvêa

Belo Horizonte, 2010

MODELAGEM DE ESTOQUE DE ITENS MRO, COM FOCO NA OTIMIZAÇÃO DE ESTOQUE MÉDIO TEÓRICO DEVIDO A CENTRALIZAÇÃO

Daniel Soares Novaes

Este trabalho foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora.

I. BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Dr. Ronaldo Guimarães de Gouvêa
Orientador

Prof. Dr. David José Ahouagi Vaz de Magalhães
Avaliador

AGRADECIMENTOS

À empresa de grande porte estudada, pela oportunidade concedida e apoio ao projeto. Aos funcionários e em especial à equipe de gestão de estoques, pelo entusiasmo e colaboração ao longo deste trabalho.

Ao Professor David e ao Professor Ronaldo.

Aos professores e docentes do curso de pós-graduação em Logística Estratégica e Sistemas de Transportes da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais).

Aos colegas da turma CELEST de 2007, do curso de pós-graduação em Logística Estratégica e Sistemas de Transportes da UFMG, um grupo do qual tenho uma lembrança inesquecível.

RESUMO

Neste trabalho, são analisados alguns aspectos básicos da gestão de estoque para materiais aplicados em manutenção de equipamentos, conhecidos como MRO (Manutenção, Reparo e Operação), com um direcionamento ao conceito de centralização de estoques, ou seja, para os itens que são estocados em diversos armazéns, foi desenhado um cenário que apoia na decisão de centralizar estes materiais idênticos. A literatura permitiu abordar alguns conceitos específicos para a gestão de estoques de itens MRO, bem como o estudo de algoritmos específicos para o dimensionamento da quantidade ótima a ser empenhada no estoque, que servem de embasamento teórico para os temas que serão abordados, sendo também avaliados critérios financeiros, como os custos logísticos e redução de capital empregado em estoque.

Palavra Chave: Gestão de Estoques. Centralização de Estoques. MRO.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA E PROBLEMA	12
1.2 ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA.....	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	13
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	14
1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	14
1.5 METODOLOGIA	14
2 ESTOQUE NA LITERATURA TÉCNICA.....	16
2.1 ITENS MRO (MANUTENÇÃO, REPARO E OPERAÇÃO).....	16
2.1.1 <i>Estoque ativo</i>	18
2.1.2 <i>Estoque raramente usado</i>	19
2.2 GESTÃO E PLANEJAMENTO DE ESTOQUES	20
2.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE E MODELOS DE OTIMIZAÇÃO DE ESTOQUE MRO.....	23
2.4 MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE PREVISÃO DE DEMANDA E FALTAS DE MRO	25
2.4.1 <i>Modelo Poisson</i>	26
2.4.2 <i>Modelos compostos</i>	27
2.5 NÍVEL DE SERVIÇO.....	32
2.6 PONTO DE REPOSIÇÃO	34
2.7 CRITICIDADE	36
2.8 LEAD TIME.....	38
2.9 TAMANHO DO PEDIDO.....	38
2.10 POLÍTICAS DE CONTROLE DE ESTOQUE	39
2.11 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO ABC.....	40
2.12 CUSTOS DOS ESTOQUES	41
3 APLICAÇÃO PRÁTICA DAS INFORMAÇÕES DE ESTOQUE	44
3.1 APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ESCOPO DE ANÁLISE.....	44
3.2 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	45
3.3 MODELAGEM DA CONSOLIDAÇÃO DE ESTOQUES	47
3.3.1 <i>Cálculo do estoque médio individual dos 14 armazéns</i>	47
3.3.2 <i>Cálculo do estoque médio consolidando a demanda dos 14 armazéns</i>	48
3.3.3 <i>Análise financeira da centralização do estoque</i>	49
4 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS.....	53

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Principais características do estoque MRO	17
FIGURA 2: Propriedades de uma distribuição normal.....	26
FIGURA 3: Conceitos de ponto de reposição.....	36
FIGURA 4: Criticidade X impacto operacional.....	37
FIGURA 5: Dispersão física dos armazéns	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Valor de estoque por armazém	45
TABELA 2 - Classificação ABC do valor de estoque.....	46
TABELA 3 - Similaridade dos itens	47
TABELA 4 - Valor do estoque médio teórico.....	48
TABELA 5 - Consumo específico em cada armazém	49
TABELA 6 - Valor do estoque médio teórico (amostra).....	50

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Organização da monografia.....	13
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Probabilidade de haver demanda	28
GRÁFICO 2: Valor de estoque por nível de serviço	34
GRÁFICO 3: Curva de pareto para itens de estoque	41

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema e problema

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma referência teórica e prática sobre a centralização de estoques. A partir da análise de dados relativos ao inventário de uma empresa de grande porte e com o apoio de uma bibliografia relacionada à gestão de estoques de itens MRO (Manutenção, reparo e operação), materiais estes que são utilizados nos processos produtivos, que em sua maioria são itens de baixa movimentação no estoque.

Sendo também importante observar que para estes materiais, os modelos e métodos comumente aplicados no dimensionamento de estoque, como as distribuições utilizando a curva Normal, não são aderentes a realidade MRO que na grande maioria não permitem a otimização do valor de estoque e manutenção dos altos níveis de atendimento exigidos pelo mercado, sendo necessário a utilização de modelos avançados e aderentes a realidade de itens MRO.

Selecionou-se um modelo adequado de otimização de níveis de estoque que permitiu, consolidar o consumo de cada unidade operacional e formar um estoque único para todas as unidades operacionais. Foi assumido que seriam possíveis as reduções de inventário de itens, utilizando a consolidação da gestão e dos consumos mensais individuais.

Sendo também apresentado uma análise financeira a ser obtida no valor imobilizado no estoque, bem como, a avaliação da viabilidade econômica e dos custos logístico ao se adotar o modelo proposto.

Diante do cenário econômico e mercadológico que as empresas vêm se defrontando nos últimos anos, associado à constante necessidade de inovação e reduções de custos com estoques, entretanto, sem perder o nível de atendimento. A consolidação de estoque por meio de centralização se torna um caminho viável e aplicável para empresas que possuem gestão de materiais MRO e que apresentam dispersão física entre os seus armazéns.

1.2 Organização da monografia

O Quadro 1 apresenta a organização do trabalho, destacando a informação de cada capítulo, o respectivo título e o conteúdo. A sequência ocorre da seguinte forma: introdução, estoque na literatura técnica, aplicação prática das informações de estoque e conclusões.

TÍTULO	CONTEÚDO
Introdução	Tema e problema da pesquisa; objetivos da pesquisa; justificativa e relevância; metodologia e organização do trabalho.
Estoque na Literatura Técnica	Itens MRO; Estoque ativo; Estoque raramente usado; Gestão e planejamento de estoques; Metodologia de análise e modelos de otimização de estoque MRO; Métodos estatísticos de previsão de demanda e Stockout de MRO; Modelo Poisson; Modelo Composto; Nível de serviço; Ponto de reposição; Criticidade; Lead time; Tamanho do pedido; Políticas de controle de estoque; Sistema ABC; Custos dos estoque.
Aplicação prática das informações de estoque	Apresentação e caracterização do escopo de análise; Levantamento e análise dos dados; Modelagem da consolidação de estoques
Conclusões	Conclusões

Quadro 1: Organização da Monografia
Fonte: Elaborado pelo autor

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Estudar e comparar as vantagens de centralizar os estoques de peças de manutenção, reparo e operação, em empresas de grande porte. A viabilidade econômica será baseada no capital empregado em estoque em uma gestão descentralizada, comparado com um cenário de gestão centralizada.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos, delimitadores deste trabalho, são:

- a) identificar e descrever os perfis de consumo dos itens;
- b) modelar os estoques, considerando a demanda descentralizada;
- c) modelar os estoques, considerando a demanda centralizada;
- d) comparar os ganhos com a gestão centralizada.

1.4 Justificativa e relevância

Empresas de grande porte comumente empregam um alto valor em estoque de peças aplicadas na manutenção, reparo e operação, este denominado como MRO. A área de gestão de estoques desempenha, na cadeia produtiva, o papel de atender as áreas de manutenção e otimizar os valores de inventário, balanceando o custo da falta *versus* o custo de manter o inventário. Entende-se por atendimento, a formação de estoques de forma otimizada, o monitoramento das compras em aberto no mercado fornecedor e a reposição dos estoques, considerando o ponto de reposição e o lote econômico de compra. A falta indevida de peças MRO pode acarretar, por exemplo, paradas de produção e, conseqüentemente, impactos econômicos significativos. Da mesma maneira, sobras ou compras de peças desnecessárias ao estoque também geram perdas econômicas.

1.5 Metodologia

Para este trabalho, foi realizado um estudo prático utilizando pesquisa exploratório-descritiva. O levantamento de dados foi realizado através de informações operacionais de empresa de grande porte, e ocorreu no período de abril de 2004 a outubro de 2008. Este período foi utilizado como base de informação para a modelagem de níveis de estoque e formação do histórico de consumo.

Foram observados e adotados alguns critérios para a realização desta monografia. Em primeiro lugar, foram analisados os dados, com a modelagem do cenário descentralizado; após, observou-se a gestão dos estoques de forma centralizada, inclusive a modelagem do cenário deste, para os itens que apresentam os mesmos códigos de estoque. Foi realizada também uma classificação de valor empregado no inventário. Por fim, foi feito um comparativo entre estes dois cenários e dimensionado o ganho teórico com esta centralização (esta comparação foi feita com base no estoque médio teórico).

2 ESTOQUE NA LITERATURA TÉCNICA

Nos próximos itens será feita a revisão bibliográfica dos temas relacionados ao estudo apresentado nesta monografia.

2.1 Itens MRO (manutenção, reparo e operação)

Este grupo de itens é composto por materiais não-produtivos, como materiais de escritório e peças de reposição de equipamentos, constituindo parte relevante do estoque de indústrias de capital intensivo, como: siderúrgicas, mineradoras, usinas elétricas e petroquímicas, dentre outras. Na análise prática deste trabalho, colocar-se-á em contato com o estoque MRO de empresas de grande porte.

Apesar de existirem itens MRO de alto consumo e giro (como, por exemplo, materiais de escritório, materiais de limpeza e itens de manutenção corrente), a maior parte do valor do estoque MRO das empresas é composto por peças de reposição com características de baixo/baixíssimo consumo, demanda intermitente e não previsível, alto custo unitário, alto tempo de reposição e alta criticidade para a operação (custo de falta). Conceitos de estoque como o *Just-In-Time*¹ podem funcionar, mas eles normalmente requerem facilidades como fornecedores instalados muito próximos ou internamente na empresa, o que não é possível em grande parte dos casos.

Com base nas características apresentadas, o comportamento-padrão dos estoques MRO se diferencia de forma relevante do comportamento-padrão dos estoques de produtos acabados e matérias-primas/insumos (normalmente de maior giro), cujas diferenças são demonstradas a seguir (FIG. 1).

¹ Entrega no prazo acordado e no exato momento de aplicação na operação.

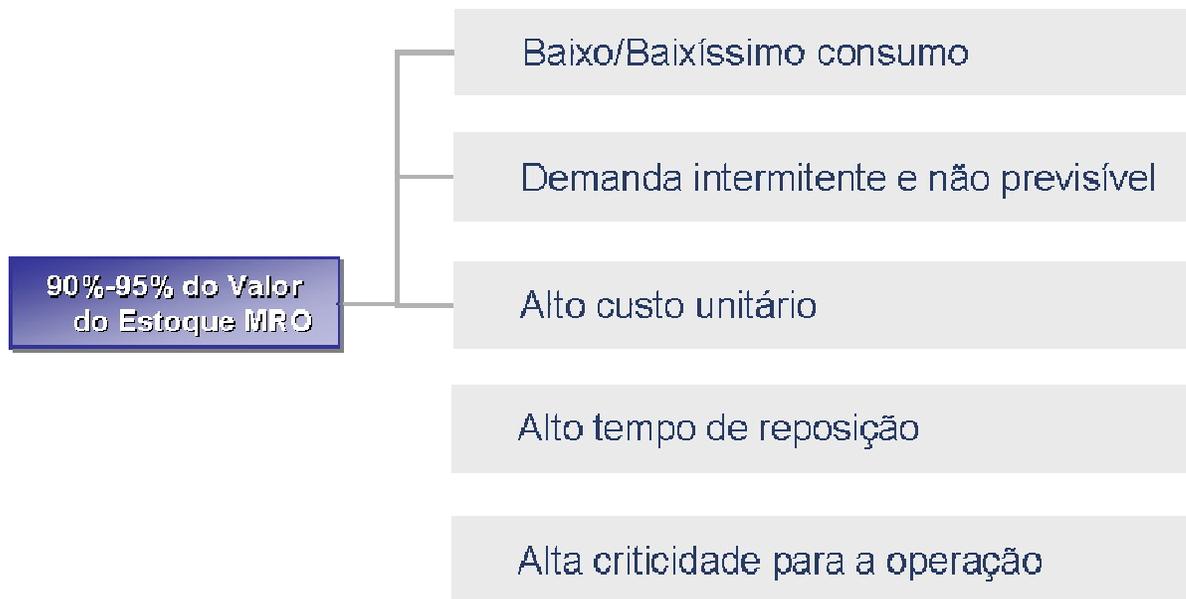


Figura 1: Principais características do estoque MRO
Fonte: Elaborado pelo autor

Os principais conceitos de logística e de cadeia de suprimentos focam em métodos de otimização de estoques, para o caso de comportamento padrão de itens de estoques, ou seja, itens com consumo de estoque frequente e necessidades futuras previsíveis.

Apesar de estes itens serem normalmente utilizados com pouca frequência, uma produção segura e ininterrupta depende da disponibilidade destas peças quando requeridas. Atualmente a competição mundial por negócios cada vez mais lucrativos tem encorajado as empresas a compreenderem melhor o estoque de MRO, e como são geridos. Ter um estoque de peças de reposição bem gerenciado significa ter o que se precisa de maneira adequada à realidade operacional, minimizando perdas em vários aspectos.

É importante para o planejamento de operações que envolvem estoques, estar inteirado quanto à identificação da demanda. Obviamente, há formas diferentes de planejamento para cada ramo de atividade onde exista uma cadeia de abastecimento. As empresas abordam esse assunto em situações onde a previsão de vendas é usada como mecanismo para política de estoques, na qual o enfoque maior do planejamento incorre sobre controle de estoque e planejamento total das partes relacionadas, como distribuição e produção.

Um aspecto importante é a divisão entre políticas de revisão contínua e periódica. Políticas de revisão contínua são aquelas em que decisões de

ressuprimento podem ser tomadas a qualquer instante de tempo, o que é possibilitado pelo monitoramento contínuo de mudanças nos níveis de estoque. Ao passo que nas políticas de revisão periódica decisões de ressuprimento só podem ser realizadas em intervalos de tempo pré-definidos. Segundo Garcia (2006), as políticas de revisão contínua resultam em menores níveis de estoque (em razão de menores estoques de segurança) com o mesmo nível de serviço, quando comparadas às políticas de revisão periódica. Entretanto, políticas de revisão periódica permitem a programação de operações como compras, transporte e recebimentos, o que pode trazer oportunidade de economia de escala e racionalização do uso de recursos. Além disso, revisar os estoques periodicamente pode reduzir os custos de monitoramento e controle.

Uma vez que prever quando falhas em peças irão acontecer tem sido uma tarefa inalcançável, técnicas para tais previsões tendem a levar em conta a frequência esperada de falhas. Falhas em peças acontecem frequentemente, mesmo que não seja em um padrão uniforme de tempo. Sendo assim, são mais fáceis de ser previstas usando modelos matemáticos e algoritmos tradicionais. No entanto, para peças que falham com pouca frequência (mais de um ano entre falhas, por exemplo), trabalham-se técnicas mais sofisticadas como *Bernoulli-Normal* (JASSEN, F. HEUTS R) por serem mais aderentes.

Pode-se restringir o estoque em dois tipos: ativo e raramente usado. Outro tipo de estoque, os *commodities*, também pode ser identificado como ativo ou raramente usado, mas não será abordado neste trabalho.

2.1.1 Estoque ativo

Itens ativos são usados frequentemente (isto é, em média mais de uma vez por mês), permitindo que demandas futuras sejam previstas com boa acurácia. Características: 1) são normalmente peças menores; 2) tem geralmente alta demanda todo mês (mais de 100 peças por mês); 3) tem demanda futura previsível; 4) na maioria das vezes possuem demanda sazonal.

Para estes itens o objetivo principal deve ser aumentar o nível de atendimento, reduzir o preço da peça (negociação de preço unitário, considerando

alta demanda – economia de escala) e minimizar custos de transação de compra. É fácil justificar a necessidade do aumento contínuo do nível de serviço para estes itens, considerando, por exemplo, que caso falte em estoque luvas de proteção, baterias ou parafusos simples, os clientes ficarão insatisfeitos. São materiais que não vão impedir a produção de continuar, mas podem requerer alguns ajustes temporários para dar continuidade (alguma “adaptação”) ou podem afetar a segurança da operação e dos operadores. Estatisticamente, os itens ativos contabilizam o maior potencial de satisfação do cliente.

Os custos de transação incluem as atividades de coleta, entrega, transporte, comunicação com fornecedores, recebimentos etc. Naturalmente, a maioria das transações é para os itens ativos. O custo de tais transações pode ser reduzido com a implementação de programas específicos para a cadeia de suprimentos, integração entre fornecedor e empresa, entre outros. A redução do investimento em estoque de itens ativos tem uma prioridade relativamente baixa, uma vez que estes correspondem a uma pequena porcentagem do total de itens e uma porcentagem ainda menor do total de valor do estoque. Quanto mais ativo o item, mais forte a tendência de possuir boa previsão de demanda, baixos *lead times*², baixo custo unitário, baixo risco de obsolescência e alto giro no estoque.

O estoque total requerido para possibilitar altos níveis de atendimento para itens ativos é uma pequena fração do valor total dos equipamentos da organização, utilizados no processo produtivo. Devido a isso, são bem fortes as expectativas razoáveis para nunca haver falta de material.

Segundo Moncrief (2005), na maioria das operações produtivas, itens ativos representam cerca de 10 a 15% do total de estoque de um armazém.

2.1.2 Estoque raramente usado

Os itens raramente usados, ou de baixo giro, são requisitados com frequência tão baixa (uma vez por mês ou menos), que impossibilitam a previsão de demandas futuras com acurácia.

² Tempo de ressuprimento do item.

A grande maioria dos itens em um armazém típico de operação e manutenção é composta de itens de baixo giro. Existem três definições para estes itens raramente usados: 1) assumo que você não possui nenhuma ideia de quando uma peça de baixo giro será demandada, porque normalmente você não tem; 2) nenhum valor em investimento irá garantir que nunca haverá uma *backorder*³ de algum item sob qualquer condição; 3) nenhum montante de redução de estoque pode salvar dinheiro suficiente que compense a falta de uma peça altamente crítica.

O modelo *Just-In-Time* é irrelevante para itens de baixo giro, pois o momento da demanda futura não é conhecido.

Considerando todas as constatações acima, o objetivo principal do gerenciamento de itens de baixo giro é o de minimizar o risco total de custo: a soma dos custos de estoque parado mais a soma de *stockouts*⁴.

O foco deste trabalho se dá sobre estes itens por dois motivos: normalmente, de 80 a 90% das peças de produção são de baixo giro e representa a maior parte do valor de estoque, o que oferece a melhor oportunidade para *savings*⁵ e desenvolvimento; finalmente, usando a classificação ABC (explicada no tópico 2.11) estes itens podem reduzir significativamente os recursos financeiros e humanos necessários para o crescimento. Ou seja, o tempo deve ser gasto onde há o maior contingente de benefícios.

2.2 Gestão e planejamento de estoques

Historicamente, os níveis reguladores de estoque para os materiais aplicados em manutenção de equipamentos têm sido determinados manualmente através de uma combinação de informações de fornecedores, engenheiros e manutenção. A experiência tem provado que estas estimativas bem intencionadas vêm com um “preconceito” inerente, uma super ou baixa estimação que são ao mesmo tempo conflitantes e contra-produtivas. Informações de vendedores/fornecedores não

³ Demanda não atendida, aguardando atendimento.

⁴ Demandas de estoque que não são atendidas, devido à falta de material no armazém.

⁵ Ganhos financeiros obtidos em algum processo.

podem sempre ser consideradas, mesmo que eles tendenciem a ter uma boa noção de frequência de falhas da peça que comercializam.

De acordo com Moncrief (2005),

Nossa experiência de vinte anos é que fornecedores recomendam estoque muito acima cerca de 70% do tempo, e estoque não suficiente cerca de 10% do tempo. Claro, recomendações acima do que é necessário também acontecem visando lucratividade para o fornecedor da venda. Analisando níveis de estoque em centenas de plantas de produção em volta do mundo, nós também sabemos que entre 20 e 50 por cento do valor de um estoque típico em armazém é um excesso para a necessidade da planta. (MONCRIEF, 2005, p. 63).

Definir níveis iniciais de estoque das peças pode ser bem difícil, pois não há nenhum histórico de demanda para se basear. Assim, é necessário que se faça uma estimativa da média de tempo entre demandas e da própria quantidade por demanda, para calcular níveis mais adequados de estoque, até adquirir dados reais de demanda para validar. Antes do desenvolvimento de técnicas de definição de estoque baseadas no risco, uma variedade de métodos eram utilizados na tentativa de gerenciar itens de baixo giro.

Moncrief (2005) acredita que para definir níveis de estoque, deveriam ser feitas apenas duas perguntas ao pessoal da manutenção, as quais eles são definitivamente bem qualificados para responder: 1) se você precisa de uma dessas peças e uma não está disponível no estoque, quanto (em valor) impactaria para a operação? e 2) quando você instala uma dessas peças, quanto tempo você espera que ela dure? Uma pergunta que não se deve fazer é: quanto você acha que devemos comprar?

Gerenciamentos exemplares e algumas agências reguladoras (de consultoria), frequentemente, querem saber quanto adequado está o gerenciamento da planta. Essa pergunta é extremamente razoável, já que os itens de MRO representam um bem considerável para a maioria das plantas produtivas. Por isso, é bem nítida a necessidade de acompanhamento da demanda, para validar os níveis de estoque com relação à realidade de consumo.

Mas como definir um nível ótimo de estoque? Entender o nível ótimo de estoque pode ser simplificado, começando com um olhar sobre os absurdos extremos. Em um extremo, imagine que não haja nenhum estoque. Com nenhum item estocado, todo momento que uma peça for demandada, a área de compras

deverá solicitar ao fornecedor e aguardar uma reposição. As empresas de logística responsáveis por fretes expressos e entregas emergenciais estariam trabalhando excessivamente para atender as operações, custos de transporte seriam exorbitantes, e a produção seria quase não existente, porque mesmo as manutenções de rotina virariam causa de reposição emergencial.

Por outro lado, em outro extremo, como seria, se uma quantidade absurdamente grande de cada item em estoque fosse definida como níveis? Por exemplo, se uma válvula que é usada, possivelmente, uma vez ao ano, com um *lead time* de 4 semanas, fosse estocada em 100 unidades, e fosse repostada toda vez que uma unidade fosse utilizada. Mesmo sob as piores condições, o estoque disponível vai ser raramente inferior do que 98 unidades. O custo incorrido devido a esta política absurda para cada item seria, também, excepcionalmente alto.

Entre estes dois extremos há uma série de níveis de estoque mais próximos da demanda real, que balanceiam melhor a quantidade de *backorders* e os custos incorridos de estoque. Algumas destas alternativas implicam em custos menores do que outras. Usando um simulador de risco como suporte, é possível determinar para cada item um estoque ótimo, com o menor custo total. Somando o estoque ótimo de cada item, obtém-se o nível ótimo de estoque para todos.

O “Preconceito do Preço” é a tendência de superestocar materiais mais baratos e subestocar peças de alto valor. Segundo Stevenson (2001), o controle inadequado de estoques pode resultar tanto em estocagem insuficiente quanto em estocagem excessiva. A estocagem insuficiente resulta em fornecimentos ou vendas perdidos, clientes insatisfeitos e gargalos na produção; a estocagem excessiva absorve, desnecessariamente, fundos que poderiam ser mais produtivos em outra área. No entanto, embora a estocagem excessiva possa ser desconcertante e a situação econômica financeira pode facilmente fugir do controle, não é raro o gerente descobrir que, para determinado item, a empresa tem um estoque que pode durar dez anos.

Pelo fato de os dados de *imput*⁶ usados em algoritmos de estoque não serem sempre de grande acurácia, e por outras tendências que vêm à tona na hora de estocar sobressalentes, não é razoável esperarmos 100% de aceitação dos resultados baseados em análises computacionais matemáticas. Por essa razão é

⁶ Dados de entrada que são usados nas análises.

aceitável que qualquer nível de estoque possua uma unidade de variação do nível ótimo. Uma unidade, a mais ou a menos, é aceitável na medida em que um estoque superior não é muito caro e que um estoque inferior ao programado não é tão crítico para apoiar a produção.

Os dados necessários para se calcular níveis de estoque em um sistema computacional são frequentemente pobres ou, por outro lado, irreais por razões como: *lead times* variáveis ou não conhecidos por não se ter histórico de compra, criticidade do item não conhecida e tempo de falhas mal estimado. Nestes casos de dados irreais para cálculo dos níveis, é preciso utilizar de certa sensibilidade de análise do item e visualizar diferentes contextos, para buscar o mais seguro e não excessivamente oneroso.

A vinda dos programas de análise de riscos permite que todas as análises sejam efetuadas rapidamente, e proporciona o gerenciamento da planta com informações que apoiam as melhores decisões de estoque. Quando decisões melhores são tomadas, riscos para produção são reduzidos e o dinheiro investido em peças armazenadas é otimizado.

2.3 Metodologia de análise e modelos de otimização de estoque MRO

Para otimização dos estoques MRO, estudos recentes propõem uma metodologia baseada em três macroetapas, iniciadas pelo mapeamento dos processos de negócios relacionados à gestão de estoques da organização.

ETAPA 1 – Verificar e adequar a existência e a consistência dos requisitos e procedimentos básicos: local adequado para guarda organizada dos itens, listagem/cadastro dos itens estocados, acuracidade dos inventários, controles efetivos de entradas e saídas, identificação e especificação adequada dos materiais, unidades de medidas adequadas, históricas e controle de custos, valor total do estoque conhecido e confiável, prático de FIFO etc. Onde houver necessidade, deve-se providenciar a revisão ou elaboração e implantação de novos procedimentos. Esta etapa de otimização é basicamente um pré-requisito para as próximas.

ETAPA 2 – Relacionada a aspectos operacionais, basicamente afetos à manutenção, às compras e à administração de almoxarifados. Com foco principal no dimensionamento do estoque: das quantidades mínimas e máximas dos materiais cadastrados. Explicitando e adequando todos os parâmetros importantes às políticas técnicas e administrativas da empresa. Esses parâmetros, geralmente já são de uso rotineiro, porém de forma pouco ‘consciente’, pouco profissional. O que se recomenda é uma abordagem racional de forma estruturada, metódica, com critérios de cálculos claros, e passível de ajustes contínuos. Considera-se aqui as condições do processo de compra, as políticas da empresa e as características de cada item como: criticidade, durabilidade (ou consumo), custo, prazo de suprimento, prazo de validade etc.

Esse dimensionamento – cálculo de estoque mínimo e máximo – deve ser definido com bastante cautela, visando atender de forma adequada, a necessidade daquele item para a operação sem comprometimento desnecessário de verba ou da produção. Propor-se-á mais adiante algumas formas para estes cálculos.

ETAPA 3 – Relacionada mais a aspectos sistêmicos e políticas de atuação, envolve, além de manutenção, compras e administração de almoxarifados, praticamente todos os demais setores da empresa como: produção, PCP, qualidade, engenharia, segurança, financeiro e outros. Trata de melhorar ou implantar práticas e procedimentos de racionalização diversos: padronização de materiais e equipamentos, planejamento e programação de manutenção preventiva e preditiva, integração do PCP (Produção) com o PCM (Manutenção), contratos com fornecedores, terceirização de serviços especiais, histórico e análise de falhas, regime (frequência) de compras, avaliação de riscos *versus* lucros cessantes, níveis e padrões requeridos pela Qualidade e Segurança, capacitação dos operadores da produção, adequação de ferramentas e procedimentos, entre muitos outros.

Para finalizar, recomenda-se a classificação dos maiores potenciais de retorno, através de análises específicas (Curva ABC etc.) e também de simples observação ou pesquisa, seguidas do planejamento e implementação das diversas possíveis ações de melhoria. Um controle de resultados, com permanentes ajustes e melhoria contínua (PDCA), completa a abordagem gerencial adequada como já citado.

Esta é uma das metodologias propostas na literatura. Todas encontradas, entretanto, seguem o mesmo escopo: Mapeamento de processos e coleta de dados;

Análise sistemática e diagnóstica; Definição e desenvolvimento de processos e modelos de otimização; Implantação e operação assistida.

2.4 Métodos estatísticos de previsão de demanda e falta de MRO

É necessário definir, em um determinado momento, os métodos estatísticos de otimização de estoques MRO, customizados para o contexto da organização. Estes modelos são, normalmente, fundamentados em bases matemático-estatísticas avançadas, o que torna complexa sua especificação e implantação.

O problema central é determinar, para um estoque em reposição em um determinado nível, a probabilidade de *stockout*. Essa probabilidade vai depender da distribuição estatística da demanda (para cada item separadamente) e, também, do tempo da geração de ordem até a chegada do material (*Lead Time*).

Distribuições são, basicamente, uma exposição de todos os valores possíveis que uma variável pode adquirir e com qual frequência estes valores ocorrem. Há muitas distribuições estatísticas diferentes e disponíveis para escolher quando se trabalha com controle de estoque. A distribuição Normal é a mais comum para determinar a probabilidade de *stockout*. Outras distribuições usadas com este propósito são: Laplace e o modelo composto de Poisson. Essas distribuições se adequam melhor quando se tratam de itens com demanda intermitente.

A distribuição Normal tem uma série de propriedades úteis: 1) o formato da curva de probabilidade é simétrico; 2) a média é exatamente no meio; e 3) uma porcentagem específica de valores é definida com um (68%), dois (95%) ou três (99,7%) desvios padrões (σ) (FIG. 2).

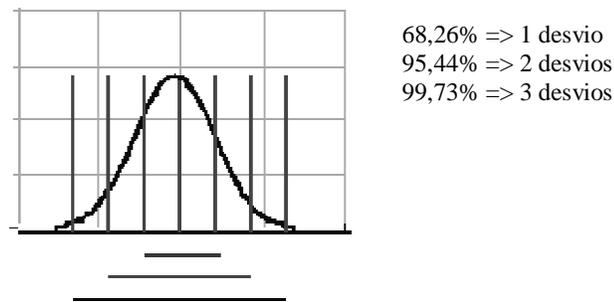


Figura 2: Propriedades de uma distribuição normal
Fonte: www.expresstraining.com.br/files/nrm5_e38.gif

2.4.1 Modelo Poisson

O Modelo Poisson é o modelo matemático-estatístico mais difundido na literatura para otimização de estoques MRO. Tem como premissa a modelagem do comportamento da demanda pelo item, por uma distribuição de probabilidades Poisson, que é muito utilizada para descrever eventos aleatórios raros como, por exemplo, a falha não prevista de certos tipos de equipamentos (daí sua aderência na representação da demanda, para alguns casos, de peças para reposição).

A probabilidade da demanda durante o *lead time* assumir um valor x , nesse caso, pode ser representada por:

$$P_{DL}(x) = p_{DL}(x) = \frac{(\lambda \cdot L)^x \cdot e^{-\lambda L}}{x!} \quad (1)$$

Onde, λ é a taxa de consumo por unidade de tempo e L é o *Lead Time* de ressuprimento.

O Modelo Poisson é simples de ser implementado, porém apresenta uma série de limitações. A distribuição de probabilidades de Poisson só é útil na descrição de eventos de consumo raro e de baixo volume, como o apresentado no exemplo. Caso o consumo do item tenha baixa frequência com picos de consumo (volumes maiores que três unidades), dificilmente a distribuição de Poisson descreverá a demanda pelo item de forma fidedigna, o que levaria a decisões errôneas no dimensionamento do estoque. Outra limitação do modelo Poisson é no

caso de existirem planos de consumo pré-programados (exemplo de planos de manutenção preventiva), tendo em vista que este considera qualquer ocorrência de demanda como aleatória e não-previsível.

2.4.2 Modelos compostos

O Modelo Composto representa uma evolução matemático-estatística para otimização de estoques MRO. Este utiliza duas distribuições de probabilidades, para modelar o comportamento da demanda por um item: uma distribuição para modelar a ocorrência de consumo e outra distribuição para modelar o montante consumido, dado que há consumo.

Várias distribuições de probabilidades podem ser utilizadas para modelar a ocorrência de consumo e o montante consumido (como, por exemplo, as distribuições Bernoulli, Normal, Exponencial e Gamma, dentre outras), tornando o Modelo Composto altamente flexível para diversos ambientes logístico-operacionais.

A flexibilidade do Modelo Composto faz com que sua aderência na descrição do comportamento de consumo de um item MRO seja sempre melhor ou igual ao Modelo Poisson, superando suas limitações. No caso da existência de programações de consumo para o item, advindas de planos de manutenção preventiva, o Modelo Composto pode tornar os parâmetros de estoque variáveis no tempo, garantindo o nível otimizado de estoque para cada momento.

Este modelo tem o benefício de proporcionar a itens de maior giro, o aumento do nível de serviço, não a redução de estoque.

Apesar de mais flexível e robusto, o Modelo Composto pode ser preterido em relação a modelos mais simples (como o Poisson) em algumas situações, tendo em vista sua maior complexidade de implementação.

O modelo composto de *Bernoulli-Normal* é utilizado para modelar processos estocásticos de consumo de peças de manutenção, reparo e operação em vários segmentos industriais, pois nesses ambientes muitas vezes são caracterizadas demandas intermitentes ao longo do tempo.

A modelagem consiste em determinar a quantidade consumida durante um período de tempo, dada uma probabilidade fixa de ocorrer um evento de consumo.

Em outras palavras, a modelagem é dividida em ocorrência de consumo e a quantidade de consumo dado à ocorrência do mesmo. Para os períodos onde ocorrem eventos, a demanda é modelada como uma variável normal, conforme mostrado a seguir (GRÁF. 1).

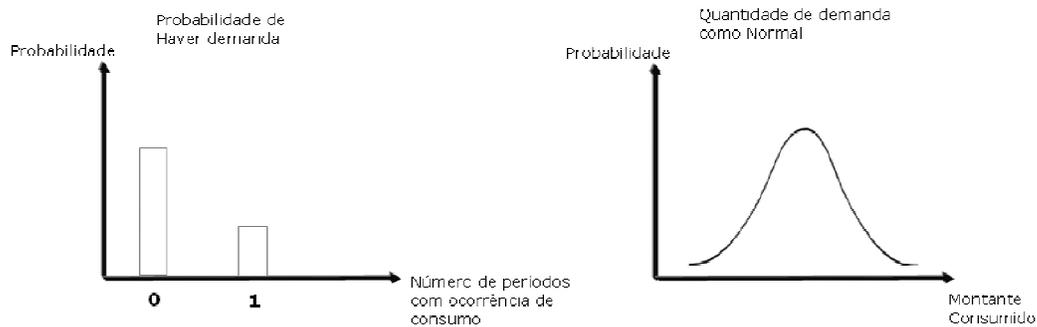


Gráfico 1: Probabilidade de haver demanda
Fonte: JASSEN, F. HEUTS R. & KOK, T

O modelo pode ser descrito como segue: sendo L o *lead time* de ressuprimento, μd a demanda média por período com demanda maior que zero, σd o desvio da demanda por período com demanda maior que zero e $p0$ a probabilidade da demanda ser igual a zero em um período, a média μd e o desvio padrão da demanda σd no lead time são descritos pelas equações:

$$\mu DL = \frac{L \cdot \mu d \cdot (1 - p0)}{(1 - p0^L)} \quad (2)$$

$$\sigma DL = \sqrt{\frac{L \cdot [(\sigma d^2 + \mu d^2) \cdot (1 - p0) - \mu d^2 \cdot (1 - p0)^2] + [\mu d \cdot (1 - p0) \cdot L]^2}{1 - p0^L} - \mu DL^2} \quad (3)$$

$p0$ - Probabilidade da demanda ser igual a zero em um período

μd - Demanda média por período com demanda maior que zero

σd - Desvio da demanda por período com demanda maior que zero

L - Lead Time

Para a política (s,Q), ou seja, de acordo como a modelagem de Bernoulli – Normal, para os períodos com consumo, a demanda pode ser descrita pela função normal e, sendo $N(x)$ a distribuição normal padrão acumulada e $G(x)$ a normal de perdas, os indicadores de serviço são:

$$P1 = p0^L + (1 - p0^L) \cdot N\left(\frac{s - \mu DL}{\sigma DL}\right) \quad (4)$$

$$P2 = 1 - \frac{(1 - p0^L) \cdot \sigma DL \cdot G\left(\frac{s - \mu DL}{\sigma DL}\right)}{Q} \quad (5)$$

Fórmulas 4 e 5: Modelagem Bernoulli - Normal
Fonte: JASSEN, F. HEUTS R. & KOK, T

P1 - Probabilidade desejada de não falta de material no lead time

P2 - Nível de Serviço desejado para o material no estoque

p0 - Probabilidade da demanda ser igual a zero em um período

μd - Demanda média por período com demanda maior que zero

σd - Desvio da demanda por período com demanda maior que zero

Q- Ciclo de ressuprimento

$N(x)$ - Distribuição normal padrão acumulada

$G(x)$ - Normal de perdas

A modelagem em questão admite valores para o lead-time de ressuprimento, porém o mesmo poderia ser modelado como uma variável aleatória fazendo-as pequenas modificações nas equações acima. Essa situação é comum em ambientes reais, onde o lead-time é função de vários processos da cadeia de suprimentos, como fornecedores, transportadora, recebimento e armazenagem.

O objetivo deste modelo é determinar os parâmetros da política (s,Q) para reposição de sobressalentes, objetivando a melhor relação entre o custo da falta de um sobressalente *versus* o custo de manter estoques dos mesmos. Para tal, utilizando o modelo descrito acima, a decisão deve ser minimizar o ponto de

reposição “s”, atendendo os critérios de nível de serviço pré-determinados, utilizando as equações de P1 ou P2 ou ambos. O problema pode ser descrito matematicamente como:

$$\text{Min } \{s\} \quad , s.t. \quad (6)$$

$$P1 \leq \sum_{L=L_{\min}}^{L_{\max}} p(L) \cdot p0^L + \left(1 - \sum_{L=L_{\min}}^{L_{\max}} p(L) \cdot p0^L\right) \cdot N\left(\frac{s - \mu DL}{\sigma DL}\right) \quad (7)$$

$$P2 \leq 1 - \frac{\left(1 - \sum_{L=L_{\min}}^{L_{\max}} p(L) \cdot p0^L\right) \cdot \sigma DL \cdot G\left(\frac{s - \mu DL}{\sigma DL}\right)}{Q} \quad (8)$$

Fórmulas 7 e 8: Modelagem Bernoulli - Normal
Fonte: JASSEN, F. HEUTS R. & KOK, T

P1 - Probabilidade desejada de não falta de material no lead time

P2 - Nível de Serviço desejado para o material no estoque

p0 - Probabilidade da demanda ser igual a zero em um período

μd - Demanda média por período com demanda maior que zero

σd - Desvio da demanda por período com demanda maior que zero

Q - Ciclo de ressuprimento

N(x) - Distribuição normal padrão acumulada

G(x) - Normal de perdas

Para o estudo em questão serão utilizadas as medidas de estoque médio (EM) e nível de serviço (P2) como medidas de avaliação da política Bernoulli-Normal.

A equação abaixo representa o estoque médio e o estoque de segurança (ES):

$$EM = \frac{Máximo - (Mínimo - Lote_Troca)}{2} + ES \quad (9)$$

$$ES = Mínimo - Lote_Troca - \mu d \cdot (1 - p0) \cdot \mu L \quad (10)$$

EM – Estoque Médio

ES – Estoque de Segurança

Máximo – Nível máximo de estoque

Mínimo - Nível máximo de estoque

Lote de Troca – Quantidade demanda no consumo

μd - Demanda média por período com demanda maior que zero

σd - Desvio da demanda por período com demanda maior que zero

$p0$ - Probabilidade da demanda ser igual a zero em um período

2.5 Nível de serviço

O objetivo principal do gerenciamento de estoque é assegurar que o produto esteja disponível no tempo e nas quantidades desejadas. Geralmente, é avaliado com base na probabilidade de ser capaz de atender um pedido, para um produto do estoque atual. Esta probabilidade, ou a taxa de atendimento do item, é chamada de nível de serviço e para apenas um item, pode ser definida como:

$$\text{Nível de serviço} = 1 - \frac{\text{Número esperado de unidades faltantes anualmente}}{\text{Demanda anual total}} \quad (11)$$

O nível de serviço é expresso como um valor entre 0 e 1. Como um nível de serviço alvo é especificado tipicamente, nossa tarefa será controlar o número esperado de unidades em falta.

Caso o nível de serviço seja de 95%, é esperado que, de 100 vezes que o cliente necessite do material no estoque e que o encontre disponível no mesmo instante 95 vezes. As outras 5 vezes o cliente não estará com sorte e precisará aguardar a reposição do item para que possa buscá-lo.

Apesar de o conceito de nível de serviço ser bem interessante para medição de estoque pelos planejadores responsáveis, ele não é completo a partir do momento que não considera variáveis como: satisfação do cliente, criticidade dos itens que faltaram etc.

Além disso, controlar o nível de serviço para itens únicos é computacionalmente conveniente. Entretanto, os clientes requisitam, frequentemente, mais de um item ao mesmo tempo. Conseqüentemente, a probabilidade de preencher o pedido do cliente completamente, pode ter maior interesse do que os níveis de serviço de item único. Por exemplo, suponha que cinco itens sejam requisitados em um pedido no qual cada item tem um nível de serviço de 0,95, isto é, há somente uma possibilidade de 5% de não ter em estoque. Preencher o pedido total sem nenhum item em falta deveria ser:

$$0,95 \times 0,95 \times 0,95 \times 0,95 \times 0,95 = 0,77 \quad (12)$$

Ou seja, a probabilidade de preencher o pedido completamente é menor do que a probabilidade de atender itens individualmente.

É bom destacar neste momento que os clientes citados se referem a qualquer funcionário da empresa (manutenção, operação, engenharia, segurança, entre outros) que recorre ao estoque para ressuprimento de algum material MRO. São chamados clientes, pois são consumidores do nosso estoque interno.

O nível de serviço anual de uma grande empresa com uma gestão de estoques aprimorada pode ser próximo de 92%. Entretanto, este número deixa de ser uma boa representação conforme a criticidade dos 8% que não foram atendidos de imediato, e conforme o tempo que levaram para ser atendidos. Por isso, muitas vezes o contato Planejamento de Estoque x Cliente colabora com a aproximação do verdadeiro atendimento do estoque.

Naturalmente, faltas de estoque representativas geram muitos ruídos na empresa e por isso devem ser sempre monitoradas de perto. Afinal, as rupturas de estoque são simplesmente inerentes ao processo de produção. Há situações em que rupturas limitadas e planejadas fazem sentido de uma perspectiva gerencial. O requisito mais importante é que os clientes geralmente são capazes e estão dispostos a aceitar um atraso razoável em atender suas ordens, se necessário. Nestes casos, o custo de haver um *stockout* não é exorbitante. Se o custo de manter o estoque alto é relativamente alto, em relação ao custo de ruptura, então, permitir curtos *stockouts* ocasionalmente é uma decisão válida.

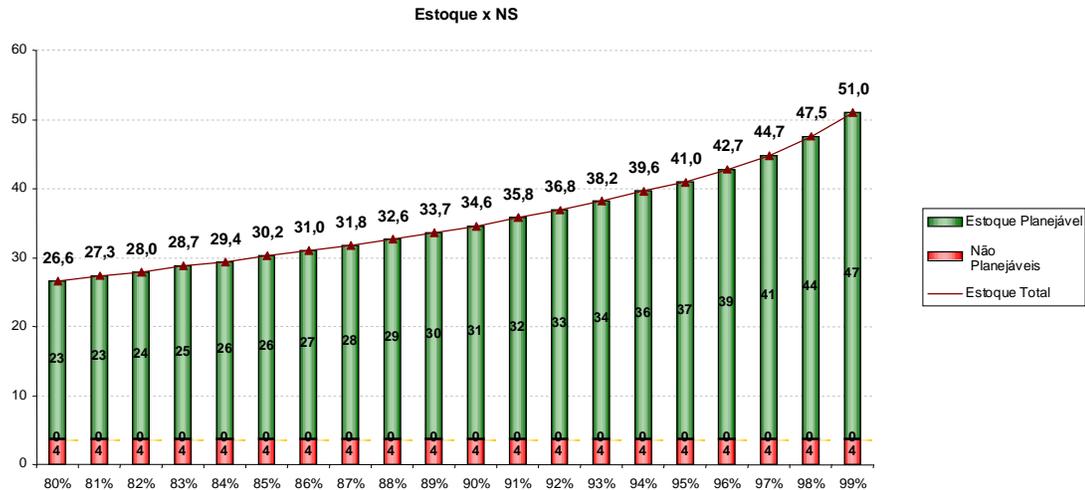


Gráfico 2: Valor de estoque por nível de serviço
Fonte: Elaborado pelo autor

2.6 Ponto de reposição

O importante a ser lembrado, com relação ao ponto de reposição (ROP - *Reorder Point*), é que ele é o ponto no processo de reposição de material no estoque, que deveria disparar uma ordem normal de reposição de peças do estoque. Definir o ponto de reposição no nível apropriado é o que protege a disponibilidade do equipamento para sustentar o processo produtivo. Alguns sistemas de gerenciamentos de materiais definem um ROP, mas recomendam que, na verdade, seja comprado o material uma unidade de medida abaixo do previsto para ROP. Neste caso, o ROP pode ser definido como o mínimo a ser mantido em estoque antes de solicitar nova reposição. Abaixo disso deve ser disparada uma requisição de compra.

O ponto de ressuprimento, definido por item e por almoxarifado pode ser estipulado em unidades ou em dias de ressuprimento. A fórmula básica de ponto de ressuprimento é dada por $PR = D \times LT$, em que:

PR = ponto de ressuprimento em unidades de produto

D = demanda diária média

LT = duração do tempo de ressuprimento do estoque (*Lead time*)

Esta fórmula acima pressupõe que a chegada de ressuprimento acontecerá quando a última unidade de estoque for expedida a um cliente. Esta constitui a abordagem mais adequada quando tanto a demanda como o período do ciclo de reposição são conhecidos (pode-se chamar de abordagem teórica). Quando há incertezas, quer quanto à demanda, quer quanto ao *lead time*, faz-se necessária a formação de estoque regulador, usualmente chamado de estoque de segurança.

Este estoque atende a demanda de clientes durante *lead times* mais longos, ou quando a demanda média diária é mais alta que o esperado. Quando o estoque regulador é necessário em vista de condições de incerteza, que são, normalmente, inerentes aos processos, a fórmula de ressuprimento é **PR = D X LT + ES**, em que:

PR = ponto de ressuprimento em unidades de produto

D = demanda diária média

LT = duração do tempo de ressuprimento do estoque (*Lead time*)

ES = Estoque de segurança em unidades

A maioria dos sistemas computacionais para a definição de níveis usa algoritmos, que dependem de parâmetros específicos para estabelecer o ponto de reposição recomendado para itens, raramente usados ou não. A figura a seguir mostra os dados-chave necessários para definir o ponto de reposição (também conhecido como Mínimo, MIN) e o Lote econômico de reposição (EOQ) para os itens raramente usados (FIG. 3).

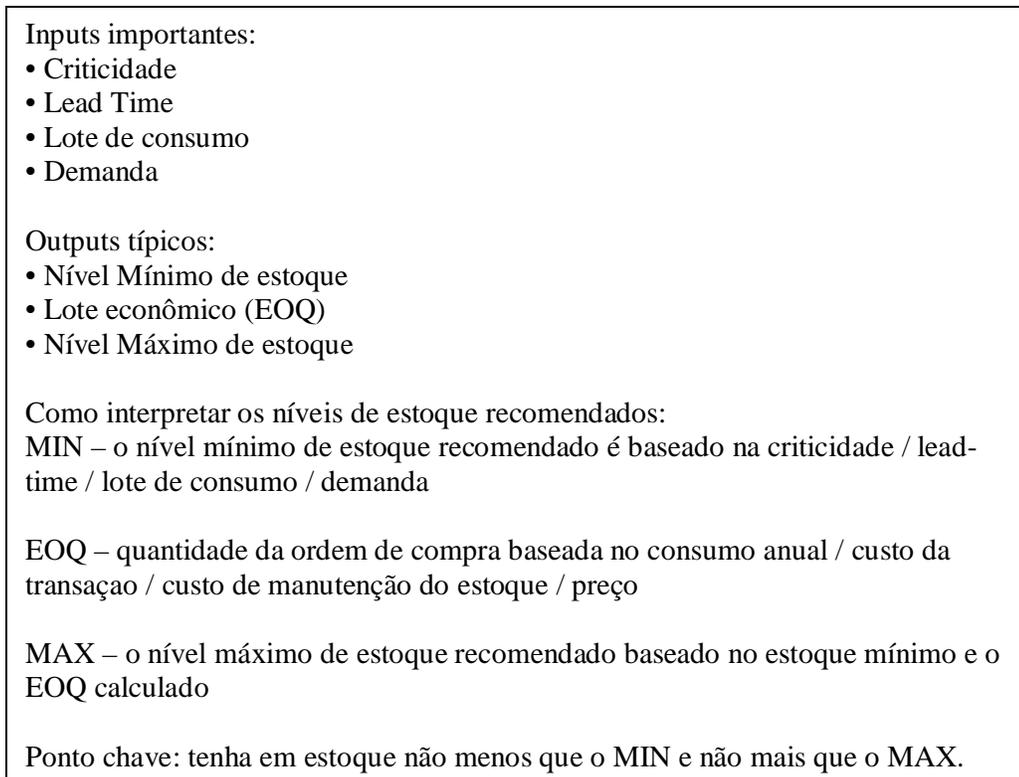


Figura 3: Conceitos de ponto de reposição

Fonte: MONCRIEF et al., p. 55

2.7 Criticidade

Qualquer discussão de criticidade deve ser iniciada com o entendimento de disponibilidade, que é definida como a combinação de precisar de um item (porque a peça falhou) e a probabilidade de haver uma peça disponível no estoque, para suprir esta demanda. Por exemplo, como já citado, uma disponibilidade de 99% significa que um dia em 100, vai haver necessidade do item e ele não estará disponível. Assim, nitidamente, disponibilidade é sinônimo de risco.

Nem todas as peças são altamente críticas ao processo produtivo. Algumas são tão importantes, que precisam estar sempre disponíveis ou haverá perda considerável na produção. Outras geram menos impacto se estiverem em falta, e atendimentos depois de semanas, podem ser tolerados.

Normalmente a Manutenção é responsável por definir a criticidade de todos os sobressalentes. Apesar de outros funcionários da planta se disponibilizarem a

determinar, é sabido que apenas a manutenção sabe efetivamente as consequências de não haver disponível a peça, quando requerida. Eles também têm mais tendência a saber quando uma peça é substituível por outra, normalmente reduzindo a criticidade de alta para média, ou mesmo para baixa. “Deve ser lembrado que fixar a criticidade é um julgamento da Manutenção. O que é alto para uma pessoal pode ser apenas médio para outra”. (MONCRIEF, 2005, p. 57). Naturalmente, devido a isso, não é pouco comum encontrar em estoque porcentagens de nível de serviço bem superior ou inferior ao que realmente requer aquele item.

Não é viável estabelecer 100% de disponibilidade para um item MRO porque, na teoria, uma quantidade infinita de estoque seria requisitada para proteger contra o surgimento de demandas não atendidas (*backorder*). É claro que quanto maior for à disponibilidade de material, maior será o estoque necessário minimizar o risco de *stockout*.

Criticidade	Descrição
Nível 5 Criticidade Máxima	Item de altíssimo custo de falta, insubstituível e sem alternativas de contingência em caso de ruptura de estoque. Sua não disponibilização imediata acarreta em altíssimos custos para a Companhia, em razão de parada de equipamentos chave para o processo produtivo. O nível de serviço desejado é superior a 99.9%, ou seja, a chance de falta de uma unidade do item deve ser inferior a 0.1% (menos de 1 falta a cada 1000 requisições), o que resulta em altíssimo impacto no custo de estoque da Companhia.
Nível 4 Criticidade Alta	Item de alto custo de falta, sem alternativas ou com alternativas onerosas de contingência em caso de ruptura de estoque. Sua não disponibilização imediata acarreta em altos custos para a Companhia, em razão de perdas no processo produtivo, ociosidade de recursos e/ou planos de contingência. O nível de serviço desejado é superior a 99%, ou seja, a chance de falta de uma unidade do item deve ser inferior a 1% (menos de 1 falta a cada 100 requisições), o que resulta em alto impacto no custo de estoque da Companhia.
Nível 3 Criticidade Alta/Média	Item de alto/médio custo de falta e/ou com alternativas de contingência em caso de ruptura de estoque. Sua não disponibilização após o tempo máximo de espera aceito acarreta em custos relevantes para a Companhia. O nível de serviço desejado é superior a 95%, ou seja, a chance de falta de uma unidade do item deve ser inferior a 5% (menos de 1 falta a cada 20 requisições), o que resulta em alto/médio impacto no custo de estoque da Companhia.
Nível 2 Criticidade Média	Item de médio custo de falta e/ou com alternativas de contingência em caso de ruptura de estoque. Sua não disponibilização após o tempo máximo de espera aceito acarreta em custos para a Companhia. O nível de serviço desejado é superior a 90%, ou seja, a chance de falta de uma unidade do item deve ser inferior a 10% (menos de 1 falta a cada 10 requisições), o que resulta em médio impacto no custo de estoque da Companhia.
Nível 1 Criticidade Baixa	Item de baixo custo de falta, facilmente substituído e/ou com alternativas de contingência não onerosas em caso de ruptura de estoque. Sua não disponibilização após o tempo máximo de espera aceito não acarreta em custos relevantes para a Companhia.

Figura 4: Criticidade x impacto operacional
 Fonte: Elaborado pelo autor

2.8 Lead time

Normalmente, a cadeia do *lead time* começa com uma requisição para reposição de um item, que chegou ao ponto de reposição no almoxarifado. Esta requisição de compra vai para a área de compras, que entrará em contato com fornecedores (caso ainda não haja um contrato), para fazer orçamentos e, então, gerar uma ordem de compra do material. O fornecedor irá produzir ou comprar o material e o mesmo será transportado. Apenas, quando esta peça chega ao armazém e é feita sua conferência e baixa no sistema, a cadeia do *lead time* é finalizada. Este intervalo entre a requisição e a entrega representa o *Lead Time* da peça.

A importância do *Lead Time* pode ser melhor explicada, quando imaginamos a demanda durante este tempo e se haverá estoque disponível para atendê-la, até chegar o pedido. Ou seja, o aumento do *lead time* requer o aumento do ponto de reposição e vice-versa. *Lead times* muito variáveis requerem maior estoque de segurança, para suprir a demanda quando o material demorar mais a estar disponível. Portanto, para definição dos níveis mínimo e máximo de estoque é preciso ter ideia do *lead time* médio e sua variabilidade. *Lead times* extremamente baixos são uma oportunidade de estoques mais baixos e reserva de capital.

Falta de históricos e/ou conhecimento sobre o *lead time* dos materiais é mais um problema para definição dos primeiros níveis

2.9 Tamanho do pedido

O tamanho de pedido se refere à quantidade de unidades (peças, metros, pares etc.) retiradas por vez que o material é demandado. Há peças que são demandadas em múltiplas quantidades, pois a troca é feita de todas as partes em funcionamento no equipamento, por exemplo. Outro exemplo são as trocas de luvas, que são feitas, normalmente, para todos da área.

Naturalmente, isto impacta na dimensão de estoque. Caso seja retirada uma peça por vez, o estoque pode ser inferior, do que quando são retiradas múltiplas

peças por vez e deve-se manter sempre, no mínimo, aquela quantidade para quando houver demanda. Caso contrário o pedido será atendido apenas parcialmente, e pode não adiantar, em casos que as peças são utilizadas em necessariamente conjunto.

2.10 Políticas de controle de estoque

Um ponto importante para o planejamento das operações que envolvem estoque diz respeito à identificação da demanda. Obviamente, há formas diferentes de planejamento para cada ramo de atividade onde exista uma cadeia de abastecimento. Ele aborda esse assunto em situações onde a previsão de vendas é usada como mecanismo para política de estoques, na qual o enfoque maior do planejamento incorre sobre controle de estoque e planejamento total das partes relacionadas, como distribuição e produção.

A política adotada na empresa em análise é semelhante à $\langle s, S \rangle$. Segundo Garcia et. al. (2006), a $\langle s, S \rangle$ é uma política de revisão contínua, também chamada de “min/max”. Assim, toda vez que a posição de estoque atinge o ponto de pedido s ou um nível inferior, um pedido é colocado para elevar a posição de estoque para S unidades. Se todas as transações de atendimento às demandas dos clientes são unitárias, esta política é idêntica à $\langle s, Q \rangle$, sendo Q sempre igual a $S - s$. Entretanto, caso ocorram transações com quantidades maiores que uma unidade do item (demandas dos clientes em lote), a posição de estoque pode cair abaixo do ponto de pedido, sendo os pedidos de ressurgimento variáveis.

Segundo Garcia (2006), os pontos de pedidos no sistema $\langle s, S \rangle$ devem levar em conta a incerteza no tamanho das transações, o que torna mais complexa a derivação de fórmulas analíticas. Em muitos casos, não existe diferença substancial nos níveis de serviço e custos, se as características das transações não são levadas em conta; assim, são usadas as mesmas equações da política $\langle s, Q \rangle$. Em outras situações, entretanto, pode ser relevante calcular os valores ótimos exatos para s e S , como é o caso de itens de baixo giro, classe A em valor.

2.11 Sistema de classificação ABC

O Sistema ABC, conforme conceito definido por Dias (1995), diz que a classificação dos itens é justificada pela sua importância em relação ao controle de estoques, isto é, para os itens com menor valor, o grau de importância na administração de estoques é mínima, e para os itens com maior valor, o grau de importância é máximo. Sendo assim, classificam-se os itens conforme abaixo:

- a) Classe A: grupo de itens mais importantes, que devem ser tratados com atenção especial pela administração;
- b) Classe B: grupo de itens com situação intermediária entre A e C;
- c) Classe C: grupo de itens de menor importância, com pouca atenção para a administração.

Com estas definições pode-se ordenar os itens de acordo com sua importância, ou seja, definir o seu grau conforme o valor do item em estoque. Depois de ordenados de acordo com a coluna de valor do item em ordem decrescente, calculam-se as porcentagens de cada um em relação ao valor total cumulativo. De posse desta nova tabela pode-se construir a curva ABC ou, como é chamada, "Curva de Pareto" (GRÁF. 3), que consiste de um sistema de eixos cartesianos em que no eixo das abscissas (x) é registrado o número de itens, no eixo das ordenadas (y) são marcadas as somas acumuladas aos valores de consumo. Inicia-se a construção pelo item de maior valor de consumo acumulado, o qual será marcado da esquerda para a direita e assim sucessivamente.

Marcados todos os pontos relativos aos itens, pode-se interligar os mesmos formando assim a curva ABC. Para a obtenção das classes, são considerados, geralmente, 20% dos itens para a classe A, 30% para a classe B e os 50% restantes para a classe C. Essas porcentagens poderão variar de acordo com a política adotada pela gerência, quanto às necessidades do mercado.

Como resultados, ter-se-á, em consequência, valores altos para a classe A com poucos itens relativos. Na classe B, os valores são intermediários para um número maior de itens e na classe C, os valores serão pequenos para uma grande quantidade de itens (GRÁF. 3).

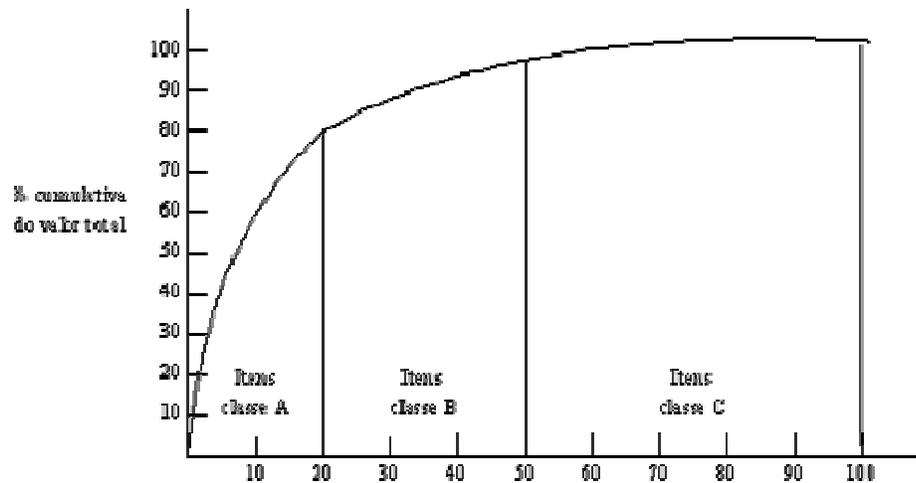


Gráfico 3: Curva de Pareto para itens de estoque
 Fonte: www.ogerente.com.br/img_artigos/logistica/log...

Para a análise da curva obtida pode-se entender que para uma curva que se aproxima do eixo das ordenadas (y), haverá uma forte concentração nos valores em relação a poucos itens da classe A. Nesta empresa, a reclassificação é realizada a cada 6 meses, podendo existir outra reclassificação conforme fatores imprevistos na economia do país, ou seja, variação com a instabilidade da moeda.

2.12 Custos dos estoques

Os custos de estoques são fatores fundamentais para a tomada de decisão por parte da gerência de materiais, para melhor análise, os mesmos foram estudados por agrupamentos de modalidade:

- a) *custos de colocação de pedido*: cada operação de entrada de pedido, para abastecimento de estoque, necessita de algumas atividades que geram estes custos. Tarefas com o preparo do pedido, associação da documentação, ajustes com a entrega, arranjos com pagamentos a fornecedores e manutenção das informações para novas tarefas;
- b) *custos de descontos de preço*: algumas indústrias oferecem descontos nas promoções para compactar em grande quantidade, porém podem, ocasionalmente, colocar custos extras para pequenos pedidos;

- c) *custos com falta de estoque*: se houver falhas na decisão de reposição do estoque, possivelmente ficará sem este, o que poderá ocasionar paralisação de um processo produtivo, ou, ainda, se for o caso de atendimento externo, pode acarretar a insatisfação do cliente, e, em casos extremos, até a sua perda;
- d) *custos de capital de giro*: em consequência das operações devido às vendas a consumidores e o reabastecimento pelos fornecedores, deve-se ter um período de tempo, em que será mantida uma determinada quantidade de itens em estoque, o que representará um custo no capital de giro;
- e) *custos de armazenagem*: estes custos estão associados com os espaços físicos, motivo pelo qual estes estoques necessitam girar, também através da obrigatoriedade, da denominação, da climatização, da segurança, entre outros;
- f) *custos de obsolescência*: devido à alta quantidade de itens em estoque, alguns itens ficarão por um longo prazo, ou até mesmo esquecidos, ocasionando assim a deterioração ou a obsolescência. Pode-se citar também, que a obsolescência pode ocorrer devido à melhoria em um item, ou seja, o setor de engenharia, após estudos, desenvolve um novo modelo e que na maioria das alterações, será possível a sua reutilização.

Todos os itens comprados em grandes quantidades geram custos altos para armazenamento e podem ser:

- a) custos de capital (juros, depreciação);
- b) custos com pessoal (salários, encargos sociais);
- c) custos com edificações (aluguel, impostos, luz, construção);
- d) custos com manutenção (deterioração, obsolescência do equipamento).

Podem-se observar duas variáveis que aumentam estes custos: a quantidade em estoque e o tempo de permanência em estoque.

Neste momento da economia, com muitas especulações, o planejamento tem que estar em sintonia com o departamento de compras, o qual através de seus contatos com os fornecedores podem indicar lotes econômicos de compra, ou seja, informando que o fornecedor não reajustou o seu preço, ou então, para uma determinada quantidade pode manter o preço sem reajuste. Cabe ao planejamento identificar itens específicos que possuam demanda constante, para realizar uma boa compra. O investimento é alto, mas de acordo com políticas da empresa, que podem ser diversas, é compensador o investimento, evitando assim lotes menores, porém constantes e com reajuste.

Caso não seja bem planejado, um lote de compra poderá permanecer por um longo prazo no estoque, gerando assim um aumento considerável no custo total dos itens estocados.

Algumas empresas costumam usar a taxa de 24% ao ano como custo de manutenção de estoques, esta taxa é o somatório de todas as variáveis descritas acima.

3 APLICAÇÃO PRÁTICA DAS INFORMAÇÕES DE ESTOQUE

3.1 Apresentação e caracterização do escopo de análise

A empresa em questão abastece o mercado global com produtos que dão origem a uma infinidade de elementos presentes no dia-a-dia de milhões de pessoas em todo o mundo. Atualmente, a empresa está presente em vários Estados brasileiros, e em 5 continentes: América, Europa, África, Ásia e Oceania.

Possui, portanto, 14 armazéns de peças MRO distribuídos em Minas Gerais, conforme se observa a seguir (FIG. 5).

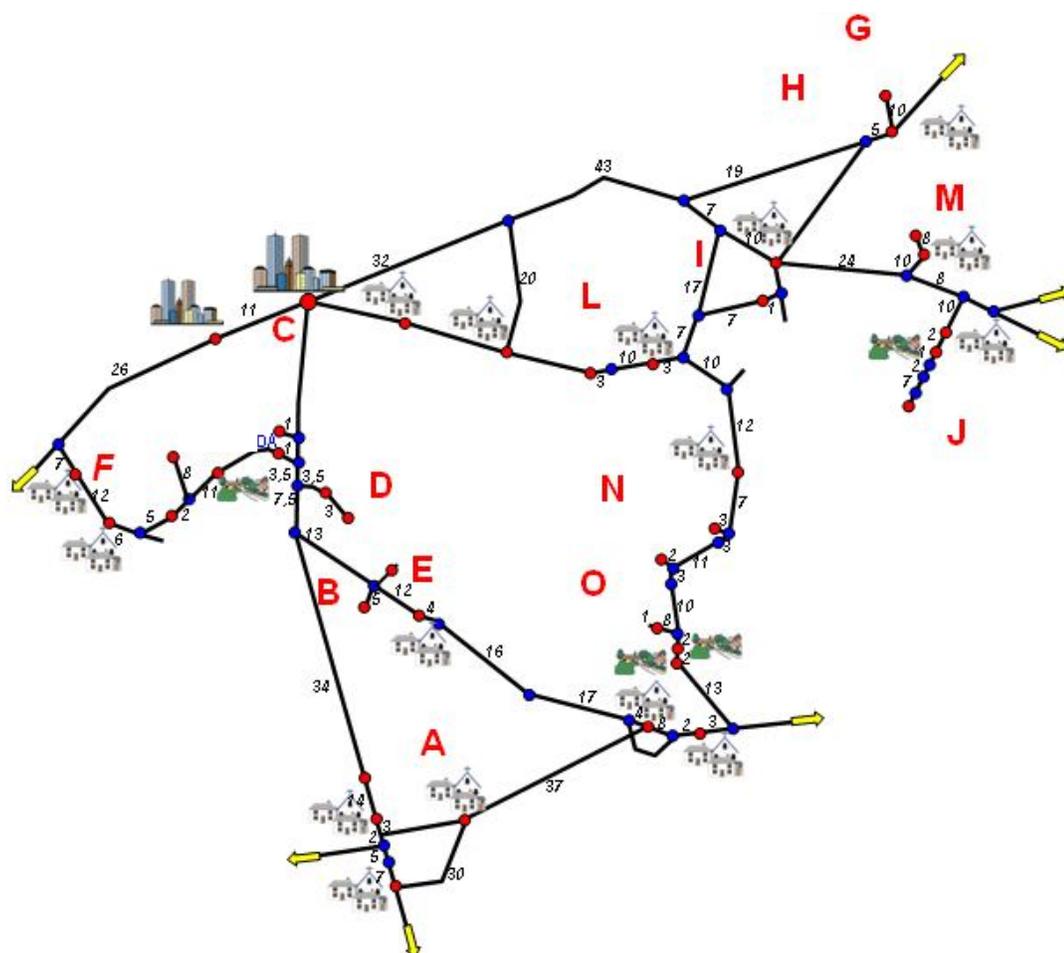


Figura 5: Dispersão física dos armazéns
Fonte: Elaborado pelo autor

Os armazéns supracitados possuem um estoque distribuído conforme tabela a seguir (TAB. 1):

Tabela 1 - Valor de estoque por armazém

Armazém	Número de Itens	Valor Atual de Estoque (Multiplicado por um coeficiente)	
A	3.594	R\$	16,0
B	3.265	R\$	12,8
C	2.199	R\$	9,4
D	1.981	R\$	7,9
E	1.414	R\$	6,2
F	1.844	R\$	7,5
G	3.889	R\$	20,6
H	3.254	R\$	14,9
I	4.555	R\$	24,5
J	1.242	R\$	2,7
L	1.733	R\$	4,1
M	354	R\$	0,4
N	2.567	R\$	8,5
O	1.834	R\$	4,2
Total geral	33.725	R\$	139,8

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 Levantamento e análise dos dados

Para o estudo de caso, foram extraídas, através do sistema integrado de gestão, informações de consumo histórico dos últimos 36 meses, no período de Outubro de 2006 a Outubro de 2009.

Conforme política de gestão de estoques da companhia, o estoque é classificado entre:

- a) item não estocável: insumos a granel, itens não MRO e itens com criticidade normal sem previsão de consumo regular;
- b) item estocável e planejável: itens MRO, sendo materiais que são gerenciados por níveis de estoque e como níveis de atendimento pré-acordados;
- c) item estocável e não planejável: itens com característica de não estocável, cujo estoque disponível é maior que zero;

- d) item estocável e recuperável: itens MRO passível de reforma, com valor de mercado até \$ 10 mil, comprado com verba de custeio;
- e) item estocável e rodízio: itens MRO passível de reforma, com valor de mercado superior a \$ 10 mil, comprado com verba de projeto, configura um ativo imobilizado.

Os itens analisados nesta monografia, para os quais se visou reduzir o estoque através da consolidação de estoques, foram restringidos àqueles classificados como estocáveis planejáveis. Sendo que, para estes itens, foi feita outra classificação, seguindo o critério de Pareto ou ABC (LAMBERT & STOCK, 1993) e limitou-se o estudo aos itens classe A, correspondendo a 15,4 % dos itens selecionados e, teoricamente, correspondem a 80% do valor de estoque médio; e itens de classe B, correspondendo a 22,6 % dos materiais selecionados e, teoricamente, correspondem a 15% do valor de estoque médio. Sendo que no total serão analisados 38% dos itens que abrangem 95% do valor em estoque médio.

Tabela 2 - Classificação abc do valor de estoque

Armazém	Itens Classe A		Itens Classe B		Itens Classe C	
	Número de Itens	Valor Estoque Médio	Número de Itens	Valor Estoque Médio	Número de Itens	Valor Estoque Médio
A	555	R\$ 12,6	757	R\$ 2,3	2.282	R\$ 0,8
B	544	R\$ 12,1	821	R\$ 2,4	1.900	R\$ 0,8
C	366	R\$ 8,5	549	R\$ 1,6	1.284	R\$ 0,5
D	323	R\$ 8,2	420	R\$ 1,3	1.238	R\$ 0,5
E	248	R\$ 4,9	357	R\$ 1,1	809	R\$ 0,3
F	293	R\$ 6,0	399	R\$ 1,2	1.152	R\$ 0,4
G	607	R\$ 16,5	983	R\$ 2,9	2.299	R\$ 0,9
H	590	R\$ 15,3	834	R\$ 2,6	1.830	R\$ 0,7
I	889	R\$ 21,9	998	R\$ 3,0	2.668	R\$ 1,0
J	116	R\$ 1,8	240	R\$ 0,7	886	R\$ 0,3
L	153	R\$ 2,9	356	R\$ 1,0	1.224	R\$ 0,4
M	15	R\$ 0,3	51	R\$ 0,2	288	R\$ 0,1
N	325	R\$ 6,7	515	R\$ 1,5	1.727	R\$ 0,6
O	164	R\$ 2,9	333	R\$ 1,0	1.337	R\$ 0,4
Total geral	5.188	R\$ 120,6	7.613	R\$ 22,6	20.924	R\$ 7,5

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir do histórico de consumo dos últimos 36 meses dos itens classes A e B, foi feita uma análise dos dados de base estatística, aplicando o modelo Bernolli-Normal para definição do valor de estoque médio teórico.

3.3 Modelagem da consolidação de estoques

A modelagem da consolidação baseou-se no modelo de gestão centralizada, considerando a modelagem do estoque médio da forma descentralizada e depois da forma centralizada.

Estas modelagens supramencionadas podem ser divididas, em:

- a) cálculo do estoque médio teórico dos 14 armazéns, através do histórico de consumo, dos últimos 36 meses, de cada armazém.
- b) cálculo do estoque médio dos 14 armazéns centralizados, através da soma do histórico de consumo, dos últimos 36 meses, dos itens que são comuns.

3.3.1 Cálculo do estoque médio individual dos 14 armazéns

A seguir, uma tabela com o percentual de sinergia entre os itens que são comuns entre os armazéns (itens de classe A e B), que serão os itens que, teoricamente, teriam sido ganhos na consolidação de estoques. Verifica-se também que haveria ganhado em consolidação de 20,84% do número de itens. Este valor é considerado pequeno, devido ao baixo grau de similaridade entre os equipamentos que fazem parte do processo produtivo.

Tabela 3 - Similaridade dos itens

Sinergia	% de Sinergia	Somatório
Iguais em 13 Armazéns	0,02%	0,02%
Iguais em 12 Armazéns	0,03%	0,05%
Iguais em 11 Armazéns	0,05%	0,11%
Iguais em 10 Armazéns	0,10%	0,20%
Iguais em 8 Armazéns	0,13%	0,33%
Iguais em 9 Armazéns	0,16%	0,49%
Iguais em 6 Armazéns	0,19%	0,68%
Iguais em 7 Armazéns	0,19%	0,87%
Iguais em 5 Armazéns	0,67%	1,54%
Iguais em 4 Armazéns	1,79%	3,33%
Iguais em 3 Armazéns	4,20%	7,54%
Iguais em 2 Armazéns	13,30%	20,84%
Sem Sinergia	79,16%	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor

Para os itens com sinergia operacional (20,84% do estoque) foi dimensionado o estoque médio teórico através do modelo Bernolli-Normal para cada organização de inventário, abaixo uma tabela resumo dos valores por armazém:

Tabela 4 - Valor do estoque médio teórico

Armazém	Valor do Estoque médio teórico (Multiplicado por um coeficiente)
A	R\$ 1,6
B	R\$ 2,5
C	R\$ 2,4
D	R\$ 2,2
E	R\$ 1,8
F	R\$ 1,4
G	R\$ 2,5
H	R\$ 1,6
I	R\$ 2,0
J	R\$ 0,4
L	R\$ 0,8
M	R\$ 0,1
N	R\$ 2,2
O	R\$ 0,8
Total geral	R\$ 22,4

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.2 Cálculo do estoque médio consolidando a demanda dos 14 armazéns

Através do modelo Bernolli-Normal, foi calculado o valor de estoque médio das organizações de inventário consolidadas. Para tal processo, adotou-se a soma dos consumos individuais em cada armazém, ou seja, toda a demanda dos armazéns foi considerada em um único armazém virtual, um centro de distribuição.

O valor do estoque médio teórico após a consolidação das demandas foi de R\$ 19,9 (multiplicado por um coeficiente), *versus* um valor do cenário descentralizado de R\$ 22,4 (multiplicado por um coeficiente), o que confere um ganho teórico de R\$ 2,4 (10,7% do valor de estoque médio do modelo descentralizado).

3.3.3 Análise financeira da centralização do estoque

Considerando que ao centralizarmos o estoque será necessário a realização de transferências de estoque do armazém centralizador para o armazém de consumo, neste tópico será calculado o valor extra a ser gasto com os custos logísticos para a realização desta atividade.

Para este cálculo foi selecionado, por amostragem, um material com alto valor unitário, alta movimentação de estoque e uso em diversos armazéns.

Material escolhido: pneu de construção radial, tipo sem câmara, medida 1200 raio 24.

Tabela 5 - Consumo específico em cada armazém

Armazém	Descrição	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12
A	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	34	125	67	25	60	127	28	68	10	49	40	27
B	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;		45			77		66		77	8	88	99
C	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	26	10	66	75		28	24	25	31	17	8	20
D	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;		66		66	67	33		18	26	34	44	55
E	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	4		256	9		73	163	173	126	73	116	109
F	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	77	33	44			55		66	7	4	2	22
G	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	66			30	30	6	24	8		30	43	
H	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;		5	66	94	52	16	12	32	50	40	52	48
I	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	12	123		234		45	65	48	105	64	44	37
J	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;				10	77			12	55		22	72
Somatório de consumos	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	219	407	499	543	363	383	382	450	487	319	459	489

Fonte: Elaborado pelo autor

Através do modelo Bernolli-Normal apresentado no tópico 2.4.2, foi calculado o valor de estoque médio das organizações de inventário consolidadas. Para tal processo, adotou-se a soma dos consumos individuais em cada armazém, ou seja, toda a demanda dos armazéns foi considerada em um único armazém virtual ou um centro de distribuição.

Tabela 6 - Valor do estoque médio teórico (amostra)

Cálculo do valor de estoque médio teórico anual (cenário descentralizado)

Armazém	Descrição	Mínimo	Máximo	Nível de Serviço	Estoque Médio	Valor Médio em Estoque	Número de Ressuprimentos	Modelo adotado
A	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	145	154	90%	66,50	R\$ 205.557	66,0	Bernouilli-Normal
B	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	131	139	90%	71,77	R\$ 221.855	55,8	Bernouilli-Normal
C	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	78	84	90%	39,25	R\$ 121.325	47,1	Bernouilli-Normal
D	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	96	103	90%	43,23	R\$ 133.619	55,8	Bernouilli-Normal
E	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	271	283	90%	138,75	R\$ 428.887	84,8	Bernouilli-Normal
F	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	87	93	90%	50,75	R\$ 156.872	44,3	Bernouilli-Normal
G	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	66	71	90%	38,38	R\$ 118.620	39,5	Bernouilli-Normal
H	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	107	115	90%	46,82	R\$ 144.719	56,6	Bernouilli-Normal
I	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	204	214	90%	111,38	R\$ 344.269	70,6	Bernouilli-Normal
J	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	96	102	90%	57,17	R\$ 176.707	47,2	Bernouilli-Normal
Somatório do valor do estoque médio teórico						R\$ 2.052.430		

Cálculo do valor de estoque médio teórico anual (cenário centralizado)

Armazém	Descrição	Mínimo	Máximo	Nível de Serviço	Estoque Médio	Valor Médio em Estoque	Número de Ressuprimentos	Modelo adotado
Somatório de consumos	PNEU; CONSTRUCAO: RADIAL;	804	830	90%	191,50	R\$ 591.942	185,2	Bernouilli-Normal
Somatório do valor do estoque médio teórico						R\$ 591.942		

Fonte: Elaborado pelo autor

O valor do estoque médio teórico, após a consolidação das demandas, foi de R\$ 0,59 Milhões *versus* um valor do cenário descentralizado de R\$ 2.05 Milhões, o que confere um ganho teórico em capital empregado no estoque de R\$ 1,46 Milhões (71,2% do valor de estoque médio do modelo descentralizado).

Considerando o custo de manutenção de estoque como uma taxa de 24%, e ao multiplicarmos esta taxa pelo ganho teórico entre o cenário centralizado *versus* cenário descentralizado, foi encontrado um valor de R\$ 350.517, ou seja, até este valor é vantajoso desembolsar com os custos logísticos de transferência de estoque, considerando também que fretes extras serão extremamente reduzidos com o modelo de gestão, ou seja, realizar a compra do estoque cíclico diretamente no armazém de consumo.

Como referência, o valor de frete médio em um caminhão com a carga consolidada de aproximadamente 50 pneus, em uma distância média de 150 quilômetros, tem um valor médio de R\$ 600, ou seja, neste cenário, podem ser feitas até 584 transferências para se anular a economia apresentada na centralização do estoque deste material.

4 CONCLUSÕES

Os valores iniciais da pesquisa proposta nesta monografia identificaram itens em 14 armazéns de peças MRO, dispostos em Minas Gerais, que são classificados como estocáveis e planejáveis, com um valor total de estoque de R\$ 139 (multiplicado por um coeficiente). A análise de dados restringiu-se a itens, idênticos em pelo menos 2 armazéns de peças MRO, que representavam 20,84% em valor de estoque. Também se restringiu a análise dos itens de classe A e B, conforme classificação ABC, com o intuito de avaliar a redução do estoque médio teórico, resultante da decisão de centralizar a gestão entre os armazéns.

Para a modelagem dos níveis de estoque, foi utilizado o modelo composto de Bernoulli-Normal, pois este modelo apresenta maior aderência a itens de baixo giro.

Os resultados mostram um potencial de redução do estoque médio teórico de R\$ 2,4 (multiplicado por um coeficiente) que representam 10,7% do valor de estoque em análise. Este ganho pode permitir à companhia redução de custos com a manutenção de estoque, que é em média 24% do valor em estoque ao ano. Permitirá, também, um menor capital empregado no apoio ao processo produtivo e redução no processamento de pedidos. Em contrapartida, haverá um gasto adicional com o processo logístico de entrega dos materiais e um maior tempo para atendimento, visto que, o material poderá não estar na organização produtiva de aplicação, gasto este que se mostra bastante atrativo, sendo que em um único item (conforme cálculo no tópico 3.3.3) que eram necessários 584 processos de transferências para se anular o ganho com a centralização de estoques.

Este modelo se torna viável, pois não é necessária a centralização física do estoque, visto que este conceito pode ser aplicado como uma “Gestão Centralizada”, onde haverá apenas um estoque de segurança, que atenderá até 14 unidades operacionais no cenário centralizado, sendo que no cenário descentralizado haverá 14 estoques de segurança.

A ideia inicial é formar o estoque de segurança de todas as unidades com sinergia de estoque, no armazém de maior consumo. Formar também estoque cíclico, ou de consumo, nas demais organizações com consumo. Em eventualidades, o estoque de segurança pode ser transferido para as unidades com

necessidade imediata de material. Como ilustração no tópico 3.3.3 foi possível perceber uma economia de 71,2% no capital empregado em estoque.

Ao realizarmos uma análise de viabilidade econômica do modelo de gestão proposto, considerando também o custo de transferência, foi possível perceber que para um material de alto giro e com um alto valor de estoque, seriam necessários 584 processos de transferência de estoque, para cancelar a redução de capital proposta no tópico 3.3.3, ou seja, a economia é representativa e com esta economia, é possível ser ter uma alta margem para gastos extras com frete de transferência de estoque.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação.** 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração.** Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024: numeração progressiva das seções de um documento escrito: apresentação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BOWERSOX, Donald J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento.** São Paulo: Atlas, 2001.

CHING, Hong Yuh. **Gestão de estoque na cadeia de logística integrada: Supply Chain.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: uma abordagem logística.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos.** São Paulo: Atlas, 2003.

GARCIA, E. R.; VALENTE, L. M. T.; MACHADO, L. R.; FILHO, R. & MARTINS, V. M. **Gestão de estoques: otimizando a logística e a cadeia de suprimentos.** Rio de Janeiro: E-Papers, 2006.

JASSEN, F. HEUTS R. & KOK, T. On the (R,s,Q) Inventory Model when demand is modeled as a Compound Bernoulli Process. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, Holanda, v. 104, n. 3.

MONCRIEF, C. EUGENE. **Production spare parts optimizing the MRO inventory asset.** Hardcover, 2005.

WANKE, P. **Gestão de estoques na cadeia de suprimentos:** decisões e modelos quantitativos. São Paulo: Atlas, 2003.