

**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**

**DIMENSIONAMENTO DO NÍVEL DE ESTOQUE DE PERFIS METÁLICOS BASEADO
EM SIMULAÇÃO NA FÁBRICA DE TORRES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DA
ASEA BROWN BOVERI (ABB) – UNIDADE DE BETIM-MG**

Augusto Caetano de Mattos

Christian de Siqueira Ribeiro

Luciano Starling Braga

Belo Horizonte, março de 2008

Augusto Caetano de Mattos

Christian de Siqueira Ribeiro

Luciano Starling Braga

**DIMENSIONAMENTO DO NÍVEL DE ESTOQUE DE PERFIS METÁLICOS BASEADO
EM SIMULAÇÃO NA FÁBRICA DE TORRES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DA
ASEA BROWN BOVERI LTDA (ABB) – UNIDADE DE BETIM-MG**

**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: Prof. Roberto da Costa Quinino, Dr.

Belo Horizonte, março de 2008

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 pelo orientador e pelo Coordenador do Programa de Pós-graduação em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte.

Prof. Roberto da Costa Quinino, Dr.

Orientador

Prof. David José A. V. de Magalhães, Dr.

Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Roberto da Costa Quinino

Orientador

Prof. Dr. David José A. V. de Magalhães

Coordenador

Prof.ª Me Renata Lúcia de Magalhães Oliveira

Orientadora

RESUMO

Diante da necessidade de um trabalho específico de planejamento e controle de estoque na fabricação de torres metálicas, esta contribuição visa determinar o nível mais adequado de estoque de matéria-prima da empresa Asea Brown Boveri Ltda (ABB), situada em Betim, Minas Gerais. Enfatiza, especificamente, o processo de gerenciamento de estoque cujo propósito é atender, com segurança, a uma determinada demanda com o menor custo possível. O método utilizado para este estudo foi a análise do histórico de compras e consumo de cantoneiras entre março de 2004 e março de 2007 e posterior determinação do nível de estoque mais adequado á realidade da empresa, que minimiza os custos operacionais e financeiros da fábrica. Finalmente, o resultado da pesquisa demonstra que é possível reduzir drasticamente os custos de estocagem da empresa por meio de um dimensionamento do nível de estoque de compras.

Palavras-chave: Processo Estatístico, Planejamento, Controle, Estoque.

SUMÁRIO

RESUMO	03
SUMÁRIO	04
1. INTRODUÇÃO	05
1.1. Justificativa	07
1.2. <i>Corpus</i> do Trabalho	08
1.3. Objetivo	11
1.4. Metodologia	11
1.4.1. Descrição das Etapas do Trabalho	12
2. DESENVOLVIMENTO	12
2.1. Previsão da Demanda Futura	13
2.2. Estoque de Segurança e Ponto de Ressuprimento	14
2.3. Lote Econômico de Compra (LEC)	16
2.3.1. Verificação e Cálculo do LEC	18
2.3.2. Crítica ao Modelo	19
2.4. Demonstração do Problema	20
2.4.1. O Produto Torre de Linha de Transmissão	20
2.4.2. A Fabricação das Torres	21
2.4.3. As Matérias-Primas Utilizadas na Fabricação	22
2.4.4. Os Fornecedores das Matérias-Primas	23
2.4.5. A Principal Matéria-Prima	23
2.5. Dimensionamento do Estoque	24
2.5.1. Custo Total do estoque – prática usual da Empresa	29
3. CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

Segundo Lenard & Roy (1995), o estudo do planejamento e controle de estoque iniciou-se em 1913 com Harris ao introduzir a fórmula do lote econômico de compra. Para que haja organização, a otimização do fluxo de materiais é de vital importância, pois os estoques representam grande parte dos custos logísticos. Além disso, deve-se considerar o ritmo da produção, que não deve ser interrompido e o custo de manutenção dos estoques, que representa capital parado que poderia ser utilizado para outros fins.

O presente trabalho visa analisar o planejamento e controle de estoque da matéria-prima, o perfilado metálico, na estratégia competitiva da unidade em Betim da empresa Asea Brown Boveri Ltda (ABB), propondo a adoção de um nível de estoque de compras melhor dimensionado em todo o seu processo, incluindo, dessa forma, o planejamento de suprimento, estocagem e emprego de matéria-prima na organização.

De acordo com Ballou (2001), a esta técnica de armazenamento, controle, transporte e distribuição dá-se o nome de Logística que significa, em termos matemáticos, cálculo e raciocínio nas tomadas de decisão. Logística, portanto, segundo o dicionário Aurélio significa:

Logística - do francês *Logistique*. Parte da arte da guerra que trata do planejamento e da realização de projeto e desenvolvimento, obtenção, armazenamento, transporte, distribuição, reparação, manutenção e evacuação de material (para fins operativos e administrativos); recrutamento, incorporação, instrução e adestramento, designação, transporte, bem-estar, evacuação, hospitalização e desligamento de pessoal; aquisição ou construção, reparação, manutenção e operação de instalações e acessórios destinados a ajudar o desempenho de qualquer função militar; contrato ou prestação de serviços. (In: FERREIRA, Aurélio Buarque de Hollanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**, 2ª edição, Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1986, p. 1045).

O desenvolvimento da logística no Brasil é muito recente e sua implantação disseminou-se no cenário nacional segundo a seguinte trajetória:

- a logística e sua abrangência eram desconhecidas;
- a informática ainda representava um mistério, de domínio restrito;
- iniciativas no setor automobilístico, principalmente nos setores de movimentação e armazenagem de peças e componentes, em função da complexidade de um automóvel, que envolvia mais de 20.000 diferentes SKUs;
- definição, pelo setor de energia elétrica, de normas para embalagem, armazenagem e transporte de materiais;
- foi criada, em 1977, a ABAM - Associação Brasileira de Administração de Materiais e a ABMM - Associação Brasileira de Movimentação de Materiais, que não se relacionavam e nada tinham de sinérgico;
- foi criado, em 1979, o IMAM - Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais;

ANOS 80

- em 1980 surgiu o primeiro grupo de Estudos de Logística. Criaram-se, assim, as primeiras definições e diretrizes para distinguir Transportes de Distribuição e de Logística;
- em 1982 foi trazido do Japão o primeiro sistema moderno de logística integrada, o JIT - *Just in Time* e o KANBAN, desenvolvidos pela Toyota;
- em 1984 foi criado o primeiro Grupo de *Benchmarking* em Logística;
- em 1984 a ABRAS - Associação Brasileira de Supermercados criou um departamento de logística para discutir e analisar as relações entre fornecedores e supermercados;
- foi criado o Pálete Padrão Brasileiro, conhecido como PBR e o projeto do Veículo Urbano de Carga;
- em 1988 foi criada a ASLOG - Associação Brasileira de Logística;
- instalação do primeiro Operador Logístico no Brasil (Brasildock's);

ANOS 90

- em 1994 houve a estabilização da economia com o implemento do plano Real e com o foco na administração dos custos;
- evolução da microinformática e da Tecnologia de Informação, a partir do desenvolvimento de software para o gerenciamento de armazéns como o WMS - *Warehouse Management System*, códigos de barras e sistemas para Roteirização de Entregas;
- entraram seis novos operadores logísticos internacionais no mercado brasileiro (Ryder, Danzas, Penske, TNT, McLane, Exel) e desenvolveram-se mais de 50 empresas nacionais;
- privatização de rodovias, portos, telecomunicações, ferrovias e terminais de contêineres;
- investimentos em monitoramento de cargas;
- ascensão do *e-commerce*.

ANOS 2000

- lançamento das primeiras participações público privadas no Brasil com objetivo de incrementar o investimento em infra-estrutura de transportes .
- lançamento do Programa de Aceleração do Crescimento para incrementar os setores de infra-estrutura rodoviária, portuária e aeroportuária.

Tendo-se como base a evolução de processos, técnicas, incremento e desenvolvimento da logística no país, viu-se a necessidade de adaptar a empresa dentro deste novo contexto, procurando com este estudo adaptar soluções atuais para o problema prático de planejamento e controle de estoques. Serão aplicadas mais à frente, técnicas de análise dos históricos de compras e consumo e, posteriormente, dimensionados novos níveis de estoque de compras para a empresa estudada, que é líder mundial no segmento em que atua.

1.1. JUSTIFICATIVA

Mesmo diante do processo de melhoria operacional pelo qual têm passado as empresas de classe mundial, com reduções significativas nos custos de estoque, estes ainda

continuam a ser considerados críticos em muitas destas organizações. Destacam-se como item alvo para redução de custos, principalmente pelo valor imobilizado na conta do ativo, que afeta diretamente os resultados da empresa.

Os indicadores financeiros ganham importância cada vez maior no gerenciamento das empresas. A restrição de capital para novos investimentos faz com que as empresas tenham que maximizar o retorno do capital empregado. É necessário, portanto, gerar o máximo possível de resultado com o mínimo de capital. Assim, a idéia de desmobilizar ativos gradativamente ganha força dentro das empresas.

A Asea Brown Boveri Ltda (ABB), objeto desta pesquisa é uma empresa líder mundial em tecnologias de automação, sistemas de óleo e gás e de transmissão de energia elétrica, com estabelecimentos em mais de 100 países. A empresa conta hoje com cerca de 110 mil empregados atuando nas mais diversas áreas da engenharia. Dentre estas áreas, a de sistemas de transmissão de energia elétrica é a que mais se destaca no faturamento bruto da empresa. No Brasil, a ABB está presente em 3 estados e possui fábricas de transformadores de alta, extra-alta e ultra-extra-alta tensões na cidade de Guarulhos, São Paulo, uma fábrica de transformadores de média tensão em Blumenau, Santa Catarina e a fábrica de torres de estruturas metálicas para linhas de transmissão, localizada em Betim, Minas Gerais (figura 1).



Figura 1: Fábrica de Torres de Linhas de Transmissão de Betim-MG (Fonte: site www.abb.com.br)

1.2. *CORPUS* DO TRABALHO

Com o objetivo de melhor situar o objeto do trabalho, será apresentado um breve histórico da unidade da ABB localizada na cidade de Betim, Minas Gerais. No início dos anos 50, a então Sociedade Brasileira de Eletrificação (SBE) inaugurou em Contagem, região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, uma fábrica planejada para produzir 30 mil toneladas de estruturas metálicas por ano. Este ato iniciou a jornada vitoriosa da empresa, que, com notável capacidade técnica de seus funcionários, conseguiu projetar, testar e fabricar torres metálicas para os principais sistemas de energia elétrica implantados no Brasil, tais como Furnas, Paulo Afonso, Três Marias, entre outras.

Já engajada neste ramo econômico, a empresa passou a atuar, dos anos 70 em diante, de maneira decisiva no fornecimento de pacotes *Turn-Key* para importantes projetos de linhas de transmissão no Brasil, como os de Itaipu/Tijuco Preto, os Circuitos números 1 e 2 do sistema Norte-Sul de Tucurí, a Interconexão Energética Brasil-Argentina e diversos fornecimentos para o Chile, Bolívia, Estados Unidos, Iraque etc. Em 1988, o grupo suíço denominado Asea Brown Boveri Ltda assumiu o controle acionário da empresa e transferiu a antiga fábrica localizada em Contagem para Betim, surgiu assim a maior e mais moderna fábrica de torres metálicas do mundo.

Em 1998 a unidade de Betim recebeu novos investimentos e foi reinaugurada para transformar-se em uma fábrica de torres e de componentes metálicos para linhas de transmissão ainda mais moderna. A fábrica está situada em ponto geograficamente estratégico, uma vez que Minas Gerais permite fácil acesso aos grandes centros de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica do país, tais como os sistemas Itaipu Binacional, Furnas, Eletrosul e Eletronorte. A nova fábrica coincidiu com a elevada necessidade do país de aumentar sua capacidade de transmitir e distribuir a energia disponível em suas centrais geradoras. Estas foram as principais razões que motivaram a empresa a incrementar a produção de torres e implantar sua cadeia produtiva em escala industrial. Vale ressaltar que a unidade de Betim, juntamente com a unidade de Guarulhos, oferecem um portfólio quase completo para a implantação de sistemas de transmissão de energia.

Atualmente, essa unidade conta com 300 funcionários que trabalham revezando-se em dois turnos diários distintos, com descanso nos fins de semana. A capacidade de produção da fábrica é de 50 mil toneladas anuais de torres de linha de transmissão.

É neste contexto que o estudo de caso se justifica, ou seja, o modelo atual de planejamento e controle de estoque para comportar a demanda do mercado é adequado para a unidade da ABB de Betim? O nível de estoque de compras adotado atualmente pelos gestores é a que produz os melhores resultados financeiros para a empresa?

O objeto da logística, como se sabe, está diretamente associado à necessidade de otimizar o emprego do capital e, conseqüentemente, à maximização dos resultados financeiros em função da forte concorrência e globalização existente na economia brasileira. Dentro da questão financeira, o planejamento e controle de estoque destacam-se como pontos cruciais dentro de uma organização, uma vez que um nível de estoque mal conduzido significaria capital embargado e riscos na execução do planejamento da produção.

A ABB de Betim trabalha com elevada quantidade de matéria-prima em estoque (perfilados metálicos/cantoneiras) devido, principalmente, aos seguintes fatores:

- reduzido número de fornecedores de cantoneiras no país que são constituídos, atualmente, por três grandes grupos siderúrgicos: Gerdau, Barra Mansa e ArcelorMittal;
- prazo mínimo de 30 dias para o fabricante produzir e entregar os itens constantes dos pedidos, o que impede a compra emergencial diretamente nas usinas siderúrgicas;
- falta da utilização de cálculo e raciocínio para apoiar os gestores na tomada de decisão;
- *lead-time* reduzido entre o recebimento do pedido e o prazo para compra da matéria-prima necessária para suprir tal pedido.

Pelos fatores indicados logo acima, impõem-se duas situações à empresa:

- hipótese de desabastecimento
- necessidade de se elevar o nível de estoque como medida de precaução.

Como estas duas últimas hipóteses citadas acima são indesejáveis para qualquer sistema de gerenciamento de estoques, conclui-se, pelos estudos demonstrados mais à frente, neste trabalho, que a melhor solução portanto, é estudar um dimensionamento do estoque de maneira

a propiciar um acúmulo adequado da matéria prima, que possa assegurar a competitividade da empresa, baixando ao mesmo tempo o custo da armazenagem.

1.3. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar, em ambiente de demanda dependente, a determinação adequada do nível de estoque de perfis para produção de torres metálicas de linhas de transmissão de energia elétrica da unidade de Betim da ABB Ltda.

A hipótese, portanto, é que o comportamento histórico das previsões de vendas de produtos acabados pode determinar, com boa precisão, o planejamento de compras de insumos de uma fábrica no futuro. Por esta razão, foi estudado o histórico de compras da empresa durante o período de 36 meses visando identificar, estimar e reduzir as perdas existentes com o elevado índice de matéria-prima em estoque no sistema produtivo da empresa. Acredita-se que, por mais simples que seja, o uso de uma ferramenta baseada nestes princípios produzirá melhorias substanciais nos resultados financeiros da empresa.

1.4. METODOLOGIA

Para averiguar o processo de determinação do nível de estoque da matéria-prima, perfilados metálicos (cantoneiras), utilizados na fabricação de torres metálicas para linhas de transmissão de energia elétrica da Asea Brown Boveri Ltda, unidade de Betim, serão analisados o histórico de compras e consumo, bem como os custos operacionais e financeiros envolvidos nas operações da fábrica. Em seguida, determinados o estoque ótimo e o lote econômico de compras (LEC) com a finalidade de reduzir o nível médio de estoque e, conseqüentemente, os custos do capital imobilizado da empresa.

Serão utilizados dados históricos do consumo de cantoneiras no período de março de 2004 a março de 2007, adquiridos por meio de relatórios gerados no sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) *Bann Four*. ERP é o termo genérico que os especialistas atribuem ao conjunto de atividades executadas por um *software* multi-modular. Esse conjunto de atividades tem como objetivo auxiliar o fabricante ou o gestor de uma empresa nas importantes fases do seu negócio, incluindo o desenvolvimento de produtos, compra de itens, manutenção de estoques, interação com os fornecedores, serviços a clientes e acompanhamento de ordens de produção.

Nesse trabalho serão demonstrados gráficos dos custos totais de estoque da empresa em função dos variados níveis de matéria-prima. O objetivo da utilização de tais recursos é indicar com detalhes o impacto do estoque nos custos da empresa e, conseqüentemente, dar suporte na determinação do nível de estoque ótimo para o processo produtivo em questão.

1.4.1. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO TRABALHO

O método prático do trabalho foi planejado a partir da seguinte seqüência de atividades específicas:

- visita técnica à fábrica para que os pesquisadores verificassem *in loco* os processos de compra, estocagem e emprego da matéria-prima como elemento componente do produto final da empresa;
- geração de tabelas e gráficos com o histórico de compras e de demanda da matéria-prima, perfilado metálico, referentes aos anos de 2004, 2005, 2006 e 2007;
- geração de gráficos das demandas, estoques e custos passados;
- dimensionamento do nível de estoque obtido por simulação;
- apresentação dos benefícios econômico-financeiros deste trabalho, apontando a melhor política de compras para que possa ser implementada na prática pela empresa em questão.

2. DESENVOLVIMENTO

Slack et. al. (1997) constatam que na operação dirigida por *demanda dependente* pode-se fazer previsões antecipadas, uma vez que se terá certa previsibilidade dos futuros pedidos dos consumidores. Além disso, a operação permite estimar com razoabilidade o que os demais consumidores irão pedir. Já na operação dirigida por *demanda independente*, pode-se fazer somente previsões baseadas em dados históricos e usá-las como indicador para operações futuras. A prática de operações independentes, segundo o autor, não é segura porque não transmite certeza.

A demanda de fabricação de torres metálicas insere-se na operação de demanda *dependente*, uma vez que a demanda da empresa provém, principalmente, de licitações realizadas por órgãos públicos. São esses procedimentos de licitação que garantem a previsibilidade relativa aos pedidos futuros.

Há que ressaltar que no controle dos estoques para demanda *dependente* é necessária a contínua reposição do material. Neste contexto, a determinação do estoque ótimo baseia-se na estimativa da demanda futura, no ponto de ressuprimento e no lote econômico de compra, assuntos abordados adiante.

2.1. PREVISÃO DA DEMANDA FUTURA

Com a finalidade de melhor contextualizar o desenvolvimento da pesquisa, serão apresentadas considerações a respeito de demanda e previsões no controle de estoque. Sabe-se que, em tempos de abertura de mercado, realizar previsões de demanda é fundamental para auxiliar na determinação dos recursos necessários à empresa. Por outro lado, o mercado e a concorrência mudam continuamente e isso faz com que as empresas procurem adaptar-se rapidamente ao novo cenário, criando previsões de demandas em períodos mais curtos para atender à nova realidade.

Davis et al. (2001) reconhecem que muitas empresas sabem a importância da previsão de demanda em todos os níveis de sua organização. Por exemplo, nas áreas funcionais de finanças e de contabilidade é a previsão de demanda que fornece a base para o planejamento orçamentário e o controle de custos. Isso quer dizer que a base para a realização do planejamento estratégico no longo prazo passa pela previsão de demanda. Pode-se citar também o setor de marketing, que confia na previsão de vendas para tomar decisões importantes como planejar novos produtos, segmentar os consumidores e até premiar vendedores, entre outras. Já as funções de administração da produção utilizam as previsões para tomar decisões periódicas que envolvem seleção de processos, planejamento de capacidade, melhorias de *lay out* e para decisões contínuas sobre planejamento da produção, da programação e do estoque.

Segundo Chopra e Meindl (2003), a empresa deve conectar sua previsão com todas as atividades de planejamento dentro da cadeia de suprimento, para que utilizem essa previsão ou que venham a influenciar a demanda. Incluem-se aqui o planejamento da capacidade, produção,

promoção e compras, entre outros. Como muitas funções são afetadas pelos resultados do processo de planejamento, é importante que todas sejam integradas com o processo de previsão. O conhecimento da empresa sobre o comportamento passado de seus clientes ajuda a prever seu futuro comportamento e auxilia quaisquer ações que a empresa necessite realizar. Neste sentido, estes autores admitem que as empresas devem equilibrar fatores objetivos e subjetivos ao prever a demanda.

No caso em estudo, especialistas da empresa consideram que a demanda de cantoneiras observada entre março de 2004 e março de 2007 deve permanecer similar nos próximos anos uma vez que o mercado sinaliza novos investimentos no setor de linhas de transmissão. Portanto, não será necessário utilizar modelos matemáticos para se estimar a demanda ante a expectativa bastante previsível de expansão do mercado de linhas de transmissão. Parte-se da hipótese que o comportamento histórico das previsões de vendas de produtos acabados pode determinar, com boa precisão, o planejamento de compras de insumos de uma fábrica.

2.2. ESTOQUE DE SEGURANÇA E PONTO DE RESSUPRIMENTO

Em linguagem simplificada, pode-se dizer que estoque de segurança significa armazenar produtos durante um determinado período com o propósito de atender a uma demanda que exceda a quantidade prevista. Este estoque existe, principalmente, por dois motivos básicos:

- incertezas da demanda e do *lead-time* de fornecimento. Idealmente, se a demanda fosse precisa e a reposição instantânea não haveria a necessidade desse tipo de estoque.
- tamanho do estoque de segurança depende, ainda, do nível de serviço a ser adotado.

Buzacott e Shanthikumar (1994) oferecem uma alternativa para reduzir as incertezas. Segundo eles, é o tempo de segurança que é aplicável quando se tem uma previsão bem acurada, variando apenas o *lead-time*. Entretanto, flutuações da demanda durante esse período diminuem sua atratividade por considerar a demanda constante. O tempo de segurança, que é o desvio padrão do *lead-time* ($ES = slt$), incrementa o *lead-time* de entrega médio, da mesma forma que o estoque de segurança incrementa a demanda média durante o *lead-time*.

Quando a demanda de um material segue uma distribuição normal, o cálculo do estoque de segurança pode ser feito pelo desvio padrão da soma das variâncias do *lead-time* e da demanda:

$$ES = \left\{ \sqrt{(\sigma_d)^2 LT + (\sigma_{LT})^2 d^2} \right\} * Z ,$$

onde:

- LT é o tempo de reabastecimento;
- $(\sigma_d)^2$ é variância da demanda durante o *lead-time*;
- $(\sigma_{LT})^2$ é a variância do tempo de reabastecimento ;
- Z é o número de desvios tabelado que garante o nível de serviço requerido;
- d^2 é a demanda ao quadrado

Krupp (1997) propõe uma nova forma de cálculo ao considerar “ Z ” como o ponto de equilíbrio entre o valor investido em estoque de segurança e o lucro recuperado por vendas que seriam perdidas.

De acordo com Inderfurth e Minner (1998) esta fórmula é aplicada quando os comportamentos da demanda e do *lead-time* obedecem a uma distribuição normal. Na prática, essa normalidade da distribuição não é garantida, o que leva a rupturas no estoque, na visão de Eppen e Martin (1988). Para estes pesquisadores, somente em alguns casos pode-se encontrar um material com uma distribuição normal de demanda. Mesmo com essas dificuldades, o procedimento padrão é assumir a distribuição como sendo normal com média e variância conhecidas para determinar o estoque de segurança e o ponto de ressuprimento. Estes procedimentos facilitam, mas, como a prática demonstrou, incorrem em erros, o que leva a rupturas no estoque ou ao excesso do mesmo.

Para Krupp (1997) é comum as distribuições serem desconhecidas. Neste caso, o método de estimativa é usado para calcular a demanda em cada período em que o sistema pode computar os erros médios absolutos da previsão (*MAD*) em relação à demanda real e usá-los para definir os estoques de segurança. Este método é calculado da seguinte maneira:

$$ES = k * (MAD) * \sqrt{Lt} .$$

Sendo que,

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - u_i|}{n},$$

onde:

u_i é a previsão para o período i ;

x_i é a demanda real no período i ;

n é o total de períodos considerados;

k é o coeficiente de proporcionalidade do estoque de segurança, sendo encontrado na tabela específica apresentada por Krupp (1997).

Lt é o tempo de reabastecimento;

Em muitas empresas os estoques de segurança estão diretamente relacionados ao desvio padrão da previsão e há vários estudos que combinam diferentes modelos de previsão com obtenção de melhores resultados. Entretanto, a proteção contra as incertezas não é alcançada só com o uso de estoques de segurança, mas também pelo esforço gerencial, pela flexibilidade e pela capacidade de resposta dos processos a uma situação inesperada.

Neste estudo de caso, a proteção da empresa contra incertezas na demanda e uma possível falta de matéria-prima é a opção de adquirir cantoneiras diretamente nas revendedoras por um preço 60% maior do que o preço de compra diretamente na usina produtora, para não evitar atraso do pedido. Essa possibilidade, apesar de onerosa, foi considerada nos cálculos do nível estoque dimensionado e será demonstrada no decorrer deste trabalho.

2.3. LOTE ECONÔMICO DE COMPRA (LEC)

Segundo Corrêa (1974), lote econômico de compra é uma forma de planejamento que gira em torno de um ponto ideal, isto é, o tamanho da compra mais econômica possível para a empresa. De acordo com este autor, o ponto ideal é o que possui menor custo total quando ocorre uma equivalência entre o custo do pedido e o custo de posse. Resumidamente, lote econômico de compra é a determinação de valores de aquisições de produtos com mais vantagens para a

empresa que compra, considerando-se aqui quantidade, prazo de entrega, custo aquisitivo, despesas de transporte (considerando CIF), armazenagem, manutenção de estoque, entre outros.

Para Chopra e Meindl (2003), o lote econômico pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$LEC(Q) = \sqrt{\left[\frac{(2 \times R \times S)}{hC} \right]},$$

onde:

R é a demanda anual;

S é o custo do pedido;

C é o custo unitário;

h é o custo de manutenção de estoque.

Essa fórmula visa determinar o tamanho do lote Q que minimiza o custo total por ano.

De acordo com Gitman (2004), a fórmula do LEC surge do confronto entre as fórmulas do custo do pedido e do custo de manutenção de estoque, chamada por ele de custo de carregamento. As fórmulas de cada custo são apresentadas a seguir, bem como o encontro das fórmulas que originam a fórmula utilizada do LEC:

$$\text{Custo de Pedir} = P \times \left(\frac{D}{Q} \right),$$

onde:

P é o custo de pedir por pedido;

D é o consumo em unidades do pedido;

Q é a quantidade do pedido.

$$\text{Custo de Manter} = M \times \left(\frac{Q}{2} \right),$$

onde:

M é o custo de manter do estoque;

Q é a quantidade do pedido e, com isso, $\frac{Q}{2}$ é o estoque médio do material.

Logo:

$$\text{Custo Total} = \text{Custo do Pedido} + \text{Custo de Manter} = \left[P \times \left(\frac{D}{Q} \right) \right] + \left[M \times \left(\frac{Q}{2} \right) \right].$$

Sabendo-se que o LEC é o ponto onde os custos de pedir e de manter apresentam o menor custo total, tem-se que:

$$\left[P \times \left(\frac{D}{Q} \right) \right] = \left[M \times \left(\frac{Q}{2} \right) \right] \text{ onde,}$$

$$\frac{(P \times D)}{Q} = \left(\frac{M}{2} \right) \text{ onde,}$$

$$2 \times (P \times D) = Q \times (M \times Q) \text{ onde,}$$

$$\left[\frac{(2 \times P \times D)}{M} \right] = Q \times Q \text{ onde,}$$

$$Q = LEC = \sqrt{\frac{(2 \times D \times P)}{M}}.$$

2.3.1. VERIFICAÇÃO E CÁLCULO DO LEC

O LEC possui uma grande dificuldade de apuração que se situa justamente na obtenção dos dados a serem aplicados em sua fórmula prática, já vista anteriormente. Certos dados, precisam ser apurados dentro da empresa tais como o preço unitário do material PU e o consumo D . O custo de pedir P e o custo de manter M sugerem uma coleta de dados eminentemente difícil, uma vez que nem sempre o gestor dos estoques os possui à sua disposição.

Para se aferir o custo de pedir P :

$$\text{Custo de Pedir} = P \times \left(\frac{D}{Q} \right), \text{ onde:}$$

P é o custo de pedir por pedido;

D é o consumo em unidades do pedido;

Q é a quantidade do pedido.

Por isso, o gestor do estoque deverá obter as despesas relativas aos setores de compras e da gestão dos estoques, tais como salários e diversas despesas com a manutenção, dividindo-as pelo quantitativo de pedidos emitidos em um determinado período de tempo. A fórmula para se aferir o custo de manter em estoque M :

$$\text{Custo de Manter} = M \times \left(\frac{Q}{2} \right),$$

onde:

M é o custo de manter do estoque;

Q é a quantidade do pedido e, com isso, $\frac{Q}{2}$ é o estoque médio do material.

O gestor do estoque deverá obter as despesas relativas à manutenção dos estoques nos depósitos tais como energia elétrica, mão-de-obra, custos de carga, descarga e movimentação de materiais e produtos. Isto significa dizer que tudo aquilo que se gasta internamente com a armazenagem deverá ser considerado e somado.

Para Gitman (2004), os custos de manutenção em estoque também podem ser chamados de custo de carregamento. Isso inclui custos com armazenagem, seguro, deterioração, obsolescência, bem como os custos de financiamento do capital aplicado em estoque ou custos de oportunidade de capital.

Segundo essa exposição, sempre que um gestor de custos de compras de uma determinada empresa for determinar o LEC, deverá, primeiramente, verificar qual seria o valor do custo total de um determinado lote, caso fossem pedidas quantidades diferentes (superiores e inferiores) à obtida pelo cálculo do LEC. Esta verificação torna-se importante pelos motivos expostos a seguir, onde será feita também uma crítica ao LEC.

2.3.2. CRÍTICA AO MODELO

Primeiramente é necessário ressaltar que o modelo LEC baseia-se na demanda firme de vendas ou num comportamento de demanda conhecida. Neste patamar, para se apontar uma resposta por meio de fórmulas é preciso saber qual o LEC de um determinado produto segundo determinadas premissas. Se, por exemplo, uma empresa vende seus produtos em um ambiente de demanda muito variável, o método LEC passa a ser de difícil aplicação e poderá ter resultados práticos imprevisíveis, o que pode desaconselhar seu emprego. Este não é o caso da empresa que serviu de referência para este trabalho, mesmo atuando em um ambiente de demanda *dependente*.

Deve-se ter cautela no momento de optar pela aplicação do LEC, sendo necessário realizar estudos de viabilidade da sua aplicação em uma determinada realidade. Após a análise no contexto da empresa em estudo, concluiu-se que o LEC será determinado mês a mês pela diferença entre o nível de estoque calculado neste trabalho e o saldo do estoque no mês anterior. Apesar da não aplicação das fórmulas tradicionais do LEC, os valores obtidos neste estudo estão de acordo com a definição clássica, ou seja, os valores onde a compra é o mais econômica possível para a empresa.

2.4. DEMONSTRAÇÃO DO PROBLEMA

2.4.1. O PRODUTO TORRE DE LINHA DE TRANSMISSÃO

A torre metálica (figura 2) é o principal produto da unidade de Betim da Asea Brown Boveri (ABB). Nessas torres apóiam-se as linhas de transmissão de energia elétrica. Sua função é manter os cabos elétricos suspensos de maneira a propiciar distâncias elétricas constantes em torno de seus eixos longitudinal e transversal. Além disso, preservam os cabos elétricos a uma altura que não perturbe o espaço aéreo na projeção dos cabos condutores de energia, resguardando, no entorno de seu traçado, a segurança contra descargas elétricas em pessoas, animais, veículos e propriedades. Em geral, essas estruturas são construções metálicas e treliçadas, constituídas pela união de diferentes peças (longarinas, montantes, cobre-juntas, etc.) que são fixadas e montadas por meio de parafusos, porcas e arruelas. É esta construção metálica que garante a resistência mecânica a todo e qualquer esforço atuante na estrutura.



Figura 2: Torre Metálica (Fonte: Centro de Documentação da ABB)

2.4.2. A FABRICAÇÃO DAS TORRES

A fabricação das torres de energia constitui-se basicamente das seguintes atividades: corte, furação, dobras e angulagem de perfilados metálicos (cantoneiras) que, conforme medidas de projeto, são preformadas em máquinas do tipo Controle Numérico Computadorizado (CNC). Após esta etapa, as cantoneiras são encaminhadas para a decapagem química em cubas contendo uma solução de água e ácido clorídrico, previamente ao processo de galvanização a quente.

Já decapadas, as cantoneiras são dirigidas para imersão em cubas contendo zinco fundido onde permanecem por aproximadamente três minutos. Após esse tempo são resfriadas e passivadas em banho de solução de água e bicromato de sódio. Por último, passam pela secagem e são remetidas para a embalagem e expedição.

As chapas e demais componentes metálicos das torres isto é, os fixadores, chapas e acessórios passam por igual processo,. A função da camada de galvanização que recobre os

componentes metálicos das torres é a proteção superficial das peças contra corrosão causada pelo intemperismo e, no caso das regiões próximas ao mar, pela maior salinidade do ambiente.

2.4.3. AS MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO

Em geral, utilizam-se as seguintes matérias-primas na fabricação das torres:

- cantoneiras de aço especial ASTM A 32 e A 572 - objetos deste trabalho (figura 3);
- zinco, necessário para o processo de galvanização a quente;
- chapas de aço especial ASTM A 32 ou similar.

Os especialistas consideram os fixadores (parafusos, porcas, arruelas, porcas pall-nuts etc.) e acessórios, produtos acabados e não matérias-primas como no caso dos produtos da fabricação de torres.



Figura 3: Cantoneiras Metálicas (Fonte: Centro de Documentação da ABB)

De acordo com os dados disponibilizados pela ABB, de cada torre produzida 83% do peso é constituído pelas cantoneiras, 5% pelos fixadores, 4% pelo zinco, enquanto os 8% restantes são representados por chapas diversas. Considerando neste patamar o custo dos materiais, os percentuais se alteram e passam a ter os seguintes valores: 65% do custo da torre é constituído pelas cantoneiras, 13% pelos fixadores, 14% pelo zinco e os 8% que sobram são representados por chapas diversas. Neste trabalho estes percentuais foram decisivos para a

escolha do produto de aplicabilidade. Isto é, a cantoneira metálica que responde por 83% em média do peso total da torre corresponde, também, a 65% do custo total deste produto.

2.4.4. OS FORNECEDORES DAS MATÉRIAS-PRIMAS

O grupo responsável por este estudo de caso visitou a ABB, fábrica de Betim, e pôde verificar *in loco* alguns estágios necessários para prover a fábrica da matéria-prima que constitui o principal elemento em sua cadeia de suprimentos. Foram realizados os seguintes procedimentos: identificação dos fornecedores qualificados e cadastrados para fornecimento, colocação do pedido, observação do *lead-time* de fornecimento de cada fabricante, da chegada do produto na fábrica, recebimento físico, fiscal e inspeção de recebimento. Por fim, foi verificada a estocagem e a disposição física otimizada da matéria-prima no sistema fabril, de maneira a gerar os menores custos logísticos dos processos produtivos praticados pela empresa. As cantoneiras utilizadas pela fábrica são provenientes de três siderúrgicas nacionais, a saber: Arcelormittal, Barra Mansa e Gerdau.

2.4.5. A PRINCIPAL MATÉRIA-PRIMA

As cantoneiras são elementos estruturais fabricados em aço carbono em forma de L que apresentam alta resistência à tração, sendo constituídas de duas abas de espessuras iguais e uniformes (cantoneiras de abas iguais). Essas cantoneiras são adquiridas pela ABB no comprimento de 12 metros e são fornecidas em amarrados de até 5 toneladas. As abas determinam as bitolas em que esta matéria-prima pode ser fornecida. No Brasil, utilizam-se duas bitolas: as da série métrica e as da série em polegadas. A tabela 1 apresenta esses itens de maneira a propiciar melhor entendimento da forma, geometria e demais características técnicas destes elementos.

Código	Dimensões	Peso Kg / m	Área cm ²	Código	Dimensões	Peso Kg / m	Área cm ²
16	38x38x3,2	1,83	2,32	28	40x40x3,0	1,84	2,35
17	38x38x4,8	2,68	3,40	30	40x40x5,0	2,97	3,79
35	44x44x3,2	2,14	2,72	42	42x45x3,0	2,09	2,66
36	44x44x4,8	3,15	4,01	44	45x45x5,0	3,38	4,30
61	51x51x3,2	2,45	3,12	49	50x50x3,0	2,33	2,96
61	51x51x3,2	2,45	3,12	50	50x50x4,0	3,06	3,89
62	51x51x4,8	3,63	4,61	51	50x50x5,0	3,77	4,80
63	51x51x6,4	4,75	6,05	52	50x50x6,0	4,47	5,69
66	55x55x4,0	3,35	4,26	76	60x60x4,0	3,70	4,71
67	55x55x5,0	4,18	5,32	77	60x60x5,0	4,57	5,82
68	55x55x6,0	4,95	6,31	78	60x60x6,0	5,42	6,91
89	64x64x4,8	4,57	5,82	99	65x65x5,0	4,95	6,31
90	64x64x6,4	6,10	7,68	100	65x65x6,0	5,91	7,53
131	76x76x4,8	5,52	7,03	115	75x75x5,0	5,78	7,36
90	64x64x6,4	6,10	7,68	116	75x75x6,0	6,78	8,75
132	76x76x6,4	4,29	9,29	117	75x75x7,0	7,94	10,10
133	76x76x7,9	9,08	11,48	118	75x75x8,0	9,03	11,50
149	80x80x6,0	7,34	9,35	177	90x90x6,0	8,30	10,60
169	89x89x6,4	8,60	10,90	178	90x90x7,0	9,58	12,20
151	80x80x8,0	9,63	12,30	179	90x90x8,0	10,90	13,90
153	80x80x10,0	11,90	15,10	202	100x100x10,0	15,00	19,20
198	100x100x6,0	9,18	11,70	199	100x100x7,0	10,70	13,70
218	102x102x6,4	9,82	12,52	199	100x100x7,0	10,70	13,70
219	102x102x7,9	12,20	15,48	200	100x100x8,0	12,20	15,50
220	102x102x9,5	14,58	18,45	202	100x100x10,0	15,00	19,20
221	102x102x11,1	16,82	21,35	204	100x100x12,0	17,80	22,70
222	102x102x12,7	19,02	24,19	204	100x100x12,0	17,80	22,70
s/c	127x127x6,4	12,20	15,70	265	127x127x9,5	18,30	23,29
266	127x127x7,9	15,30	19,50	266	127x127x9,5	18,30	23,29
265	127x127x9,5	18,30	23,29	265	127x127x9,5	18,30	23,29
267	127x127x12,7	24,11	30,65	265	127x127x9,5	18,30	23,29
297	150x150x10,0	23,00	29,30	318	152x152x9,5	22,17	28,13
318	152x152x9,5	22,17	28,13	297	150x150x10,0	23,00	29,30
320	152x152x12,7	29,17	37,10	299	150x150x13,0	29,52	37,60
322	152x152x15,9	36,01	45,87	302	150x150x16,0	35,90	45,70
232	152x152x19,1	42,71	54,45	204	150x150x20,0	44,20	56,30
361	203x203x15,9	48,60	62,00	341	200x200x16,0	48,50	61,80
362	203x203x19,1	57,90	73,80	343	200x200x20,0	59,90	76,30
363	203x203x22,2	67,00	85,40	345	200x200x24,0	71,10	90,60
364	203x203x25,4	75,90	96,80	345	200x200x24,0	71,10	90,60

Tabela 1: Características Técnicas de Diferentes Cantoneiras Metálicas Utilizadas no Brasil (Fonte: Departamento de Engenharia da ABB)

2.5. DIMENSIONAMENTO DO ESTOQUE

As cantoneiras constituem a principal matéria-prima da cadeia de suprimentos na unidade de Betim da ABB. Neste contexto, devido ao reduzido número de fornecedores no país,

ao *lead-time* relativamente longo entre a entrega do pedido e o recebimento das cantoneiras na fábrica e à falta da utilização de cálculo e raciocínio para apoiar os gestores na tomada de decisão, a empresa fica obrigada a manter um estoque bastante elevado de cantoneiras e chapas metálicas. O objetivo é verificar se o estoque não poderia ser alterado de forma a reduzir os custos diretos e indiretos da estocagem.

A estratégia utilizada inicialmente foi a de analisar o gráfico da quantidade de demanda e estoque disponível das cantoneiras no período entre março de 2004 e março de 2007. O gráfico 1 ilustra o comportamento da demanda e estoque das cantoneiras ao longo do período de estudo.

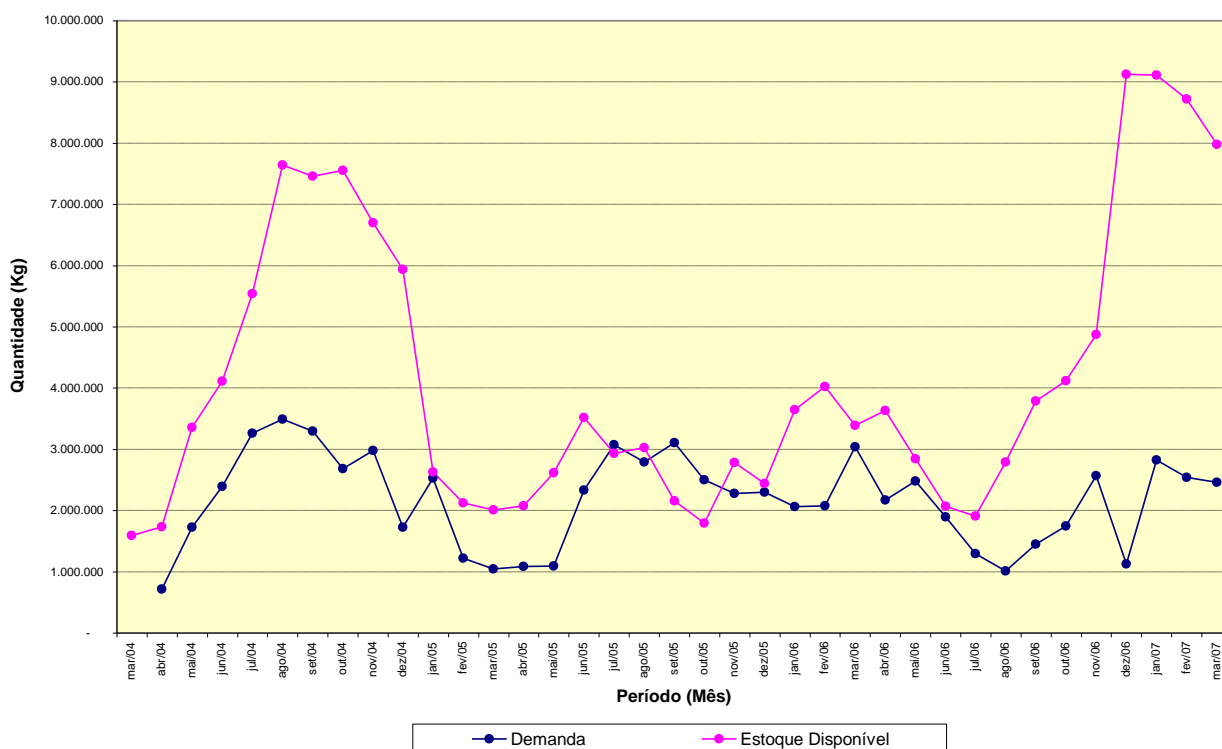


Gráfico 1: Gráfico de Demanda e Estoque Disponível de Cantoneiras ao Longo dos Anos de 2004, 2005, 2006 e 2007 (Fonte: Sistema ERP *Bann Four* da ABB)

A análise do Gráfico 1 corrobora com o indicativo de que a quantidade de estoque de cantoneiras é maior que a necessária. Concluiu-se que uma análise de otimização econômica do estoque é necessária.

O custo total do estoque da empresa (para cantoneiras e outros produtos) é composto pelo custo de armazenagem mais o custo financeiro relativo ao capital imobilizado do estoque. O primeiro está relacionado com os salários, encargos, benefícios, alimentação, transporte dos funcionários, despesas de manutenção depósito, vigilância, energia elétrica, água, etc. Os valores médios mensais das despesas da fábrica e depósito que servirão de base para o cálculo do custo operacional do estoque são apresentados na tabela 2.

Despesa	Valor Mensal (R\$)
Energia	160.000,00
Água	30.000,00
Vigilância	43.000,00
Limpeza	43.000,00
Restaurante	901,20
Mão-de-obra com encargos	11.160,00
Total	288.061,20

Tabela 2: Despesa Média Mensal de Manutenção da Fábrica e Depósito (Fonte: Departamento de Planejamento da ABB)

Dividindo-se o valor de R\$ 288.061,20 pela área total construída da planta que é de 38.000 m², tem-se o custo mensal relativo de R\$ 7,58 / m². Como o depósito onde é armazenado o estoque de cantoneiras possui 2.600 m², chega-se ao valor aproximado de R\$ 19.709,45 gastos mensalmente na operação dos estoques de cantoneiras. Este valor é aproximadamente constante e independe do volume de cantoneiras estocadas.

O segundo item que compõe o custo total de estoque é o custo financeiro ou custo de oportunidade. O conceito de custo de oportunidade refere-se a uma possível perda de rendimentos pela opção por uma determinada alternativa em detrimento de outra. Seu cálculo pode ser feito em função da diferença de resultado entre duas alternativas: a que de fato se concretizou e a que teria se concretizado caso a opção fosse diferente. Assim, o custo financeiro do estoque faz referência a um possível rendimento que o capital imobilizado teria, caso fosse aplicado em algum outro projeto da empresa ou também se este mesmo capital empatado na compra de estoques pudesse ser aplicado no mercado financeiro.

A intenção é determinar qual o nível de estoque deve ser mantido a cada início de mês de maneira a gerar o menor custo total de estoque médio mensal. Tal nível será denominado estoque dimensionado que será representado por NE° . Para assegurar assertividade na

determinação do nível de estoque mantido no início de cada mês, a empresa deverá assegurar o balanço do estoque e da demanda, que deverão igualmente, serem realizados mensalmente. Tal premissa é praticada atualmente pela empresa em estudo. Se o valor de NE for muito pequeno, pode-se incorrer no custo de comprar cantoneiras nas revendedoras a um preço aproximadamente 60% maior. Se NE for muito grande, incorre-se na perda de oportunidade financeira.

Considerando os fatores de custos descritos anteriormente pode-se considerar que custo total de estoque médio mensal (CTE) é igual à soma do custo operacional (CO) mais o custo financeiro (CF). A equação (1) descreve matematicamente a relação de dependência entre o CTE e os custos CO e CF.

$$CTE = 19.709,45 + \sum_{i=1}^n NE_i \times 1.910 \times 0,015 \times I_{(NE_i \geq 0)} - \sum_{i=1}^n NE_i \times 0,60 \times 1.910 \times I_{(NE_i < 0)} \quad 4.1$$

Em que,

$NE_i \rightarrow NE^\circ$ – Demanda do mês i . O índice i indica os meses compreendidos entre março de 2004 a março de 2007;

$NE^\circ \rightarrow$ Nível de estoque dimensionado;

$I_{(x)}$ \rightarrow Função indicadora. Assume o valor 1 caso a restrição x seja satisfeita. Caso contrário assume o valor zero.

19.709,45 \rightarrow custo operacional mensal em R\$;

$E_i \rightarrow$ nível de estoque em toneladas no mês;

$D_i \rightarrow$ demanda em toneladas no mês;

1.910 \rightarrow preço atual da tonelada de cantoneira em R\$;

0,015 \rightarrow taxa média mensal de juros em %;

0,6 \rightarrow adicional no preço de compra na revendedora em %.

A empresa atualmente não possui um procedimento bem definido de compra de matéria-prima. No entanto, especialistas da empresa em estudo consideram que a demanda de cantoneira observada entre março de 2004 e março de 2007 deve permanecer similar nos próximos anos. Assim, calcula-se qual nível de estoque (NE°) constante a empresa deveria adotar para minimizar o CTE condicionado ao fato de que o patamar de estoque deverá ser constante. No processo de busca, variou-se a quantidade de cantoneiras disponível todo mês nos estoques entre as faixas de 2.000 a 6.000 toneladas. O gráfico 3 mostra os resultados desse cálculo.

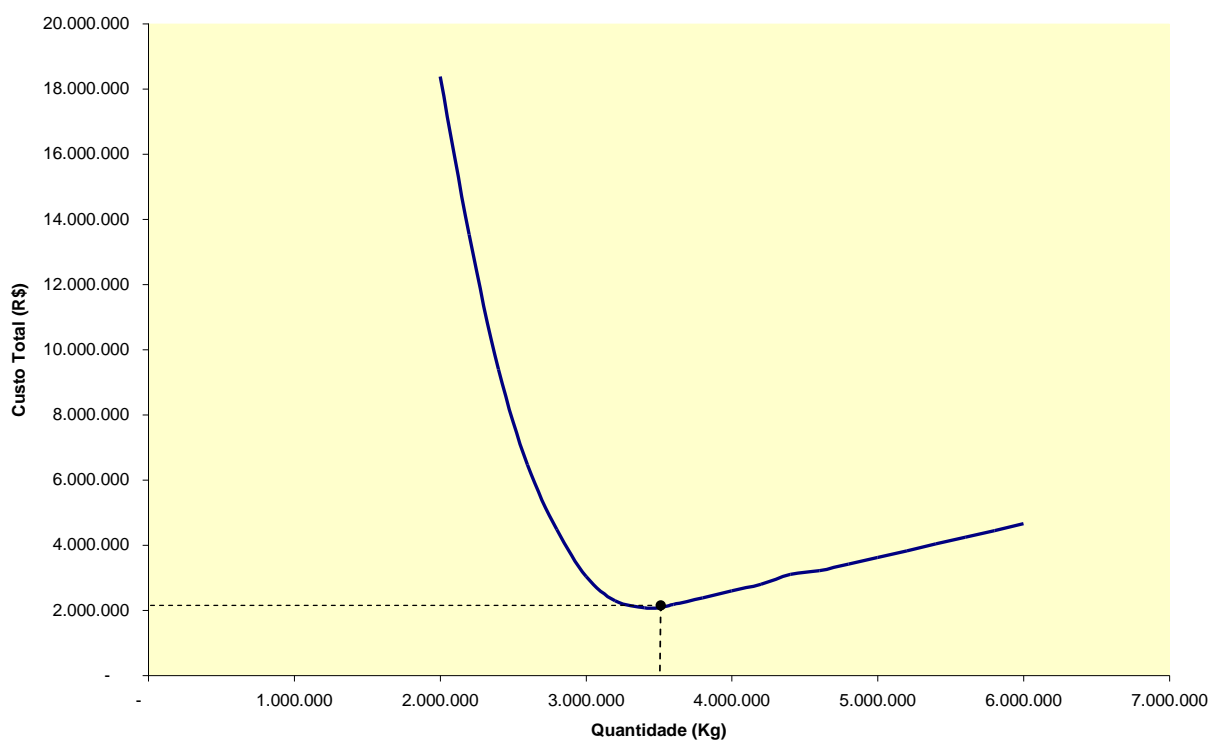


Gráfico 3: Curva de Custos de Estoque para o Nível de Estoques Constante (Fonte: Sistema ERP *Bann Four* da ABB)

O ponto de custo total mínimo corresponde a um estoque disponível mensal de 3.491 toneladas, gerando um custo de estocagem de R\$ 2.066.145,45 no período de análise que é de 36 meses. Conseqüentemente, o custo total mensal médio para esse nível de estoque é de R\$ 57.392,93. De acordo com essa prática, os gestores da empresa devem realizar compras mensais de matéria-prima diretamente nas usinas siderúrgicas visando manter todo início de mês o nível de estoque em 3.491 toneladas. Logo, o LEC será determinado mês a mês pela diferença entre o nível de estoque ótimo calculado neste trabalho e o saldo do estoque do mês anterior.

2.5.1. CUSTO TOTAL DO ESTOQUE – PRÁTICA USUAL DA EMPRESA

Para se calcular o custo total de estoque para o nível de estoque atual, devem-se considerar todos os custos descritos no tópico 4. A tabela 3 apresenta os cálculos para os meses compreendidos entre março de 2004 e março de 2007.

Período	Demanda (Kg)	Estoque (Kg)	Saldo de Estoque (Kg)	Valor Mensal (R\$)
Mar/04		1.592.086		
Abr/04	716.827	1.728.903	1.012.075	48.705,41
Mai/04	1.725.468	3.353.004	1.627.536	66.338,35
Jun/04	2.390.809	4.109.604	1.718.795	68.952,92
Jul/04	3.262.873	5.538.972	2.276.099	84.919,69
Ago/04	3.491.040	7.641.271	4.150.230	138.613,55
Set/04	3.293.828	7.461.550	4.167.722	139.114,69
Out/04	2.678.729	7.557.264	4.878.536	159.479,50
Nov/04	2.975.506	6.696.182	3.720.676	126.306,81
Dez/04	1.724.776	5.935.385	4.210.609	140.343,40
Jan/05	2.526.336	2.627.952	101.616	22.620,76
Fev/05	1.222.717	2.120.424	897.707	45.428,75
Mar/05	1.042.302	2.006.214	963.913	47.325,54
Abr/05	1.087.464	2.072.406	984.941	47.928,02
mai/05	1.091.508	2.611.710	1.520.202	63.263,24
Jun/05	2.329.746	3.518.501	1.188.754	53.767,26
Jul/05	3.069.773	2.932.382	-137.391	177.159,09
Ago/05	2.787.204	3.025.099	237.895	26.525,14
Set/05	3.103.275	2.157.449	-945.825	1.103.625,44
Out/05	2.497.169	1.791.428	-705.741	828.488,68
Nov/05	2.277.158	2.783.352	506.194	34.211,91
Dez/05	2.296.381	2.439.763	143.382	23.817,34
Jan/06	2.059.884	3.648.291	1.588.406	65.217,29
Fev/06	2.077.461	4.024.777	1.947.316	75.500,06
Mar/06	3.040.777	3.386.738	345.961	29.621,23
Abr/06	2.167.129	3.628.862	1.461.732	61.588,08
Mai/06	2.482.981	2.840.390	357.409	29.949,23
Jun/06	1.891.589	2.068.688	177.099	24.783,34
Jul/06	1.296.866	1.904.174	607.309	37.108,84
Ago/06	1.010.584	2.787.052	1.776.468	70.605,26
Set/06	1.448.294	3.784.119	2.335.824	86.630,82
Out/06	1.743.546	4.116.017	2.372.471	87.680,74
Nov/06	2.565.755	4.873.974	2.308.219	85.839,92
Dez/06	1.127.079	9.123.194	7.996.115	248.798,15
Jan/07	2.826.435	9.112.994	6.286.559	199.819,36
Fev/07	2.539.207	8.719.637	6.180.430	196.778,77
Mar/07	2.458.212	7.978.387	5.520.175	177.862,46
Total				4.924.719,06

Tabela 3: Custo Total de Estoque para o Nível de Estoques Atual (Fonte: Sistema ERP *Bann Four* da ABB)

Para o atual nível de estoques o custo total foi de R\$ 4.924.719,06 no período de 36 meses. Conseqüentemente, o custo total mensal adotado para o período foi de R\$ 136.797,75. A política de manutenção do nível de estoque constante gerou o custo total de estoque de R\$ 2.066.145,45 para o mesmo período. Conseqüentemente, o custo total mensal para a empresa se fosse adotado esse nível de estoque, seria de R\$ 57.392,93. Subtraindo-se os custos dos dois níveis comparados, chegou-se à economia de R\$ 79.404,82 por mês.

Foi avaliado outro nível de estoque. Aplicou-se um percentual de redução ou aumento nos níveis de estoques praticados atualmente pela empresa. O período utilizado para análise foi o mesmo, 36 meses. O gráfico 4 apresenta os resultados obtidos variando-se o percentual na faixa de -10% a 70%. O ponto de custo total mínimo apresentado pela simulação corresponde ao aumento de 39% no estoque praticado atualmente, gerando o custo de R\$ 4.653.856,93 no mesmo período. Conseqüentemente, o custo total mensal desse nível de estoque é de R\$ 129.273,80 que é superior ao encontrado no nível de estoque constante (R\$ 57.392,93).

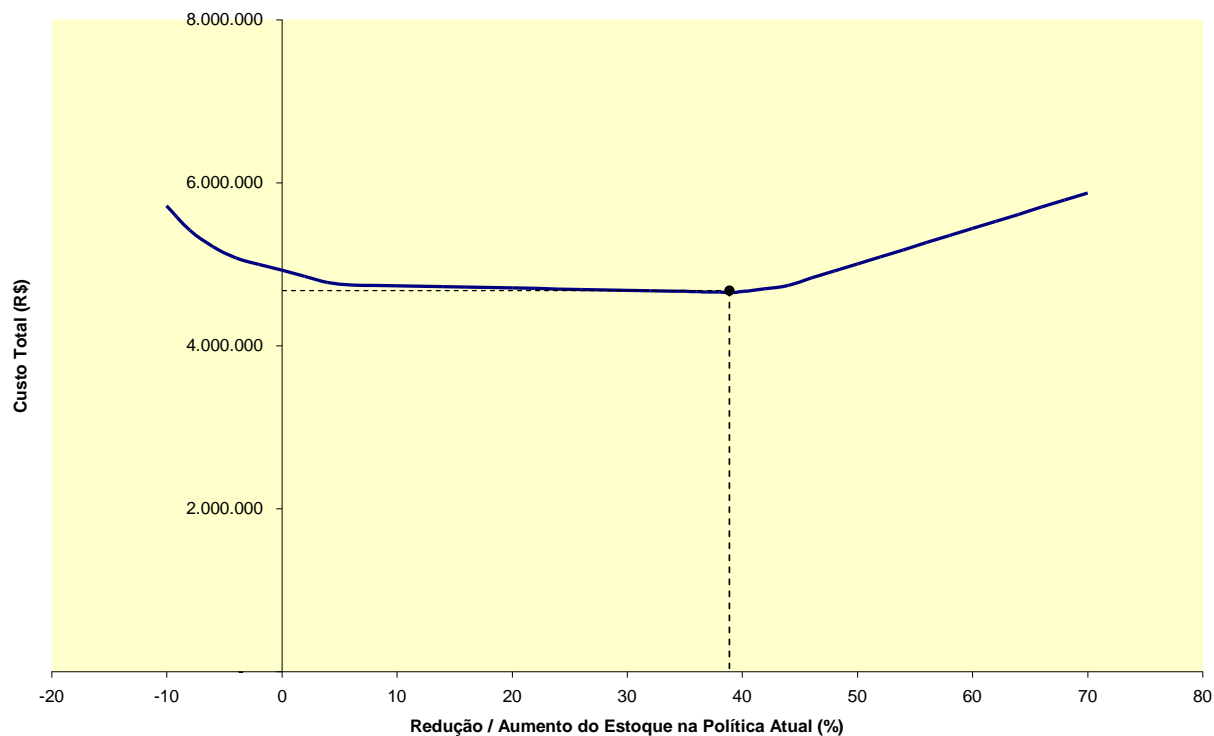


Gráfico 4: Curva de Custos de Estoque para Nível de Estoque Compras Variável (Fonte: Sistema ERP *Bann Four* da ABB)

Apesar de parecer contraditório, a pequena redução de custos obtida aumentando-se o estoque atual em 39% pode ser facilmente explicada pelo fato de que a realização de uma compra emergencial nas revendedoras, conforme ocorreu, por exemplo, no mês de setembro e outubro de 2005, tem um impacto muito mais significativo no CTE que um aumento de matéria-prima adquirida nas usinas siderúrgicas, o que ocorreu na maioria dos meses em análise.

O principal resultado obtido desse estudo é a economia de R\$ 79.404,82 por mês com a adoção de um nível de compras constante, baseada em análise de dados históricos da própria empresa. Vale a pena ressaltar que a previsão de demanda futura da ABB pode ser considerada semelhante à demanda passada, o que dá segurança para adotar esse nível dimensionado de compras. A tabela 5 sintetiza os resultados financeiros obtidos por este estudo.

Nível de Estoque constante	Custo Total Mensal de Estoque (R\$)
Atual	136.797,75
Constante	57.392,93
Atual com aumento de 39%	129.273,80
Economia (Atual – Constante):	79.404,82

Tabela 5: Síntese dos Resultados Financeiros Obtidos pelo Estudo (Fonte: Sistema ERP *Bann Four* da ABB)

3. CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que o modelo de planejamento e controle de estoque praticado pela unidade de Betim da ABB não contribuía de maneira efetiva com a estratégia competitiva da empresa, visto que agregava custos adicionais desnecessários. Como uma das principais questões logísticas da atualidade está diretamente relacionada com a otimização do emprego do capital, os resultados apresentados por esse estudo demonstraram por fatos e dados que existem oportunidades para otimização do nível de estoque de perfis metálicos da ABB.

Foram simulados, dois níveis de estoques de compras de matéria-prima, visando identificar qual delas proporcionaria o menor custo total de estoque. A partir das análises foi possível concluir que a adoção de um nível de estoque de manutenção do estoque mensal disponível de 3.491 toneladas gerará a economia de R\$ 79.404,82 por mês para a unidade de Betim, sem riscos significativos na execução do planejamento da produção. Em termos anuais, essa economia é de R\$ 952.857,84, quase um milhão de reais de ganho sem grandes investimentos de capital na fábrica.

Como as previsões de demanda futura da fábrica em questão são semelhantes ao seu comportamento histórico, foi possível determinar o nível de estoque adequado à realidade da empresa, que produzirá melhorias substanciais nos resultados do processo de tomada de decisão da unidade e, conseqüentemente, nos resultados financeiros da organização. A visão financeira da influência do estoque nos resultados de uma organização é de suma importância para se entender o estoque na perspectiva dos acionistas e da alta administração. Fica demonstrado que ferramentas simples de análise podem ser bastante eficazes e produzir resultados surpreendentes.

Este trabalho não tem a pretensão de utilizar técnicas de otimização dos níveis de estoque da empresa para a qual foram desenvolvidos os estudos. As técnicas disponíveis na extensa literatura referentes a este aspecto singular da logística, demandariam dados não disponíveis na empresa para este tipo de estudo. Pretendeu-se com os estudos, aplicar técnicas simples, de pouco custo de aplicação e facilidade em sua difusão dentro da empresa, utilizando recursos bastante acessíveis em qualquer organização tais como planilhas Excel e utilização de

banco de dados de séries históricas de consumos de matérias-primas, dados que em geral, são disponíveis em qualquer empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos. planejamento, organização e logística empresarial. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

BUZZACOTT, J. A.; SHANTHIKUMAR, J. G. *Safety stock versus safety time in MRP controlled production systems. Management Science*, v. 40, n. 3, p. 1678-1689, 1994.

CHRISTOPHER, M. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços. São Paulo: Pioneira, 1997.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

CORRÊA, Joary. Gerência econômica de estoques e compras. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1974.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. Fundamentos da administração da produção. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

EPPEN, G. D.; MARTIN, R. K. *Determining safety stock in the presence of stochastic lead time and demand. Management Science*, v. 34, n. 11, p. 1380-1390, 1988.

GITMAN, Lawrence J. Princípios da administração financeira. São Paulo: Editora Pearson Addison Wesley, 2004.

INDERFURTH, K.; MINNER, S. *Safety stocks in multi-stage inventory systems under different service measures. European Journal of Operational Research*, v. 106, p. 57-73, 1998.

KRUPP, J. A. G. *Safety stock management. Production and Inventory Management Journal*, v. 38, n. 3, p. 11-18, 1997.

LENARD, J. D.; ROY, B. *Multi-item inventory control: A multicriteria view. European Journal of Operation Research*, v.87, p. 685-692, 1995.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1997.