

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Guaratinguetá

Guaratinguetá
2011

RICARDO RIMBANO MENEGHEL

VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA
REDUÇÃO DA DIVERGÊNCIA DE ESTOQUE EM UMA INDÚSTRIA
DE CONDUTORES DE FLUÍDOS

Trabalho de Graduação apresentado
ao Conselho de Curso de
Graduação em Engenharia de
Produção Mecânica da Faculdade
de Engenharia do Campus de
Guaratinguetá, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do
diploma de Graduação em
Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva

Guaratinguetá
2011

M541v	<p>Meneghel, Ricardo Rimbano Verificação da eficiência da metodologia Seis Sigma na redução da divergência de estoque em uma indústria de condutores de fluídos / Ricardo Rimbano Meneghel – Guaratinguetá : [s.n], 2011. 57 f : il. Bibliografia: f. 54-57</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva Coorientador: Prof. MSc. Ricardo Batista Penteadó</p> <p>1. Controle de estoque 2. Seis sigma (Padrão de controle de qualidade) I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 658.78</p>
-------	---

VÉRIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA
REDUÇÃO DA DIVERGÊNCIA DE ESTOQUE EM UMA INDÚSTRIA DE
CONDUTORES DE FLUÍDOS

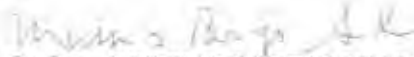
RICARDO RIMBANO MENEGHEL


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

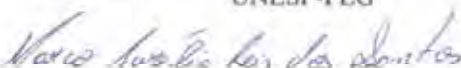
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

Prof. Dr. Mauro Hugo Mathias
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MESSIAS BORGES SILVA
Orientador/UNESP-FEG


Prof. MSc. RICARDO BATISTA PENTEADO
UNESP-FEG


Prof. MSc. MARCO AURÉLIO REIS DOS SANTOS
UNESP/FEG

Novembro de 2011

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Messias Borges Silva, pela dedicação, paciência, compreensão e incentivo como orientador, que não mediu esforços para ajudar-nos a superar nossas dificuldades e nunca se recusou a auxiliar-nos e a orientar-nos da melhor forma possível.

A todos os professores do Departamento de Mecânica e Produção que sempre estiveram dispostos a ajudar da maneira que lhes fosse possível.

Ao Leandro Bueno, Black Belt que me orientou em diversas etapas do trabalho e aos meus empregadores.

Aos técnicos, professores, e todos os funcionários que trabalham nesta faculdade pelo bom atendimento e prestatividade.

Aos meus pais Evaldo Meneghel e Mirian Sueli Rimbano Meneghel, que sempre me apoiaram em todos os momentos que se passaram durante a conclusão deste curso de graduação, incentivando-me nas horas difíceis e usufruindo de minhas glórias.

A toda a minha família, principalmente aos meus avôs Adonato Meneghel e Maria Aparecida Campos Meneghel, ao falecido nono Mario Luigi Rimbano que junto com a nona Maria Unicelli Rimbano com certeza acompanharam minha longa e difícil jornada até a graduação de algum lugar especial.

A todos meus colegas de graduação, aos que passaram pela república Jurupinga, e a todos aqueles que passaram momentos inesquecíveis, de muito aprendizado, companheirismo e também de muita diversão.

À dona Maria Helena, funcionária que trabalhou em nossa república, sendo uma pessoa de extrema confiança, sendo praticamente uma segunda mãe para todos nós.

À Associação Atlética Acadêmica “Tânia Cristina Arantes de Azevedo” onde tive o privilégio de colaborar por 4 anos para que o esporte fizesse parte do dia a dia dos alunos e também de levar o nome da faculdade com muito respeito, organização e competitividade a todos os eventos em que estivemos presentes.

E a todos que de maneira direta ou indireta, nos ajudaram a atravessar mais essa etapa importante de nossa vida.

MENEGHEL, R.R. Verificação da eficiência da metodologia Seis Sigma na redução da divergência de estoque em uma indústria de condutores de fluídos. Trabalho de Graduação de Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de reduzir a divergência encontrada entre os dados de estoque de um item no sistema e a quantidade encontrada fisicamente no estoque da empresa apresentada no estudo de caso. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo fazer um estudo sobre os sistemas de informação que podem auxiliar na coleta, controle e manipulação dos dados referentes ao estoque da empresa. É muito importante que seja feito tal gerenciamento de estoque, pois assim, pode-se controlar o nível deste subproduto a fim de atender pedidos de venda e de produção. No estudo que veremos a seguir, foi utilizada a metodologia Seis Sigma para que fossem identificados os pontos que apresentavam falhas no processo e assim trabalhar em sua melhoria, onde os resultados encontrados mostram maior controle do processo e proporcionam um banco de dados confiável a ponto de não ocorrerem mais problemas de falta de componente no estoque.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de Estoque, Seis Sigma, Sistema de informação.

MENEGHEL, R.R. Checking the efficiency of Six Sigma methodology to reduce the divergence of stock in a fluid conveyance industry. Undergraduate Work of Mecanic Engineering - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

This work was developed in order to reduce the discrepancy found between the stock data of an item in the system and the amount found physically in stock in the company presented on this study case. Therefore, this paper makes a study on system of information that can assist in the collection, control and manipulation of data regarding the company's stock. It is very important to do the inventory management, so we can control the level of this sub-product to meet sales orders and production. In the study discussed below, we used the Six Sigma methodology to identify points that had flaws in the process and thus improve their work where the results show grater process control and provide a reliable database to the point where no further problems of lack of components in stock.

KEYWORDS: Inventory management, Six Sigma, Information system.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP	13
FIGURA 2 – Exemplo de Matriz Causa e Efeito	23
FIGURA 3 – Representação de um Diagrama de causa e efeito em formato Espinha de Peixe ou Diagrama de Ishikawa que relaciona ambas de uma forma fácil de visualizar.....	24
FIGURA 4 – Exemplo de Gráfico de Pareto	24
FIGURA 5 – Conjunto montado com protetor plástico espiralado	27
FIGURA 6 – Foto do estoque de protetores plásticos espiralados	28
FIGURA 7 – Indicação do início da fase definir.....	29
FIGURA 8 – Mapa de pensamento realizado para início do trabalho em questão, onde foram colhidas opiniões de todos os membros da equipe	30
FIGURA 9 – Primeiras duas etapas do processo com suas entradas e saídas relacionadas	31
FIGURA 10 – Terceira, quarta e quinta entradas do processo também com suas entradas e saídas relacionadas	32
FIGURA 11 – Últimas duas etapas do processo com entradas e saídas relacionadas	32
FIGURA 12 – Início da fase medir	33
FIGURA 13 – Gráfico de Pareto com a variação percentual dividida por código de produto e mostrando do produto com maior divergência até os produtos que não possuem divergência	34
FIGURA 14 – Início da fase analisar	35
FIGURA 15 – Matriz causa e efeito relacionando ambos com todas entradas e saídas.....	36
FIGURA 16 – FEMEA do produto com as 7 primeiras entradas de maiores pontuações da matriz causa e efeito	37
FIGURA 17 – Início da fase melhorar	38

FIGURA 18 – Um metro de protetor plástico revestindo uma barra com seu diâmetro nominal	41
FIGURA 19 – Rolo de protetor plástico sendo pesado	42
FIGURA 20 – Descarte de protetores descontrolado	43
FIGURA 21 – Tambores para descarte adequado para protetores plásticos	43
FIGURA 22 – Instrução de trabalho para descarte de protetores	44
FIGURA 23 – Calha escalonada para corte do protetor plástico	45
FIGURA 24 – Guilhotina de corte protoetores plásticos espiralados	46
FIGURA 25 – Aplicação do protetor plástico espiralado com a mangueira rotacionando e uma ferramenta que enrola o protetor plástico na mangueira.....	46
FIGURA 26 – Corte da ponta a ser descartada	47
FIGURA 27 – Exemplo de calha para montagem dos protetores	47
FIGURA 28 – Início da etapa controle	48
FIGURA 29 – FMEA revisado	50
FIGURA 30 – Gráfico de divergência por metros comparando os anos de 2008 e 2009	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Divergência de estoque para protetores plásticos espiralados divididos por seus códigos	33
TABELA 2 – Pontuação utilizada na matriz causa e efeito	35
TABELA 3 – Tabela de aplicação dos protetores plásticos	40
TABELA 4 – Relatório de <i>scrap</i> de protetores plásticos	44
TABELA 5 – Divergências antes e depois do estudo	51

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

- OT - Ordem de Trabalho
- AR - Análise de Recebimento
- CQ - Controle de Qualidade
- NF - Nota Fiscal
- PCP - Planejamento e Controle da Produção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo Geral	10
1.2 Objetivos Específicos	10
1.3 Justificativa	11
1.4 Estrutura da dissertação	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 Sistemas de informação	12
2.2 Gestão de estoques	13
2.3 Metodologia Seis Sigma	16
2.3.1 Definição	16
2.3.2 Histórico e perspectivas	18
2.3.3 Implementação e metodologia	20
2.3.4 Ferramentas	22
2.3.5 Estrutura organizacional	25
3 ESTUDO DE CASO	26
3.1 Descrição do problema	27
3.2 Proposta do projeto	27
3.3 Ganho estimado	28
3.4 Membros da equipe	28
3.5 Método aplicado	28
3.5.1 Mapa de pensamento	29
3.5.2 Mapa de processo	31
3.5.3 Análise da divergência em estoque	33
3.5.4 Matriz causa e efeito	35
3.5.5 FMEA	36
3.5.6 Revisão da estrutura	38
3.5.7 Análise quantitativa (recebimento)	41
3.5.8 Análise quantitativa (scrap de montagem)	42
3.5.9 Montagem do protetor na mangueira	45
3.5.10 Novo método de montagem e corte do protetor na mangueira	47
3.5.11 Controle	48
3.5.12 Revisão do FMEA	49
4 RESULTADOS	51
5 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

A crescente busca do mercado por fornecedores que entregam 100% dos pedidos na data esperada e a instabilidade do mercado estão fazendo com que as empresas busquem métodos modernos de gerenciamento. Um método eficiente é trabalhar com o estoque reduzido, pois evidenciam-se falhas no sistema e também garante maior capital disponível para os investidores.

Nesse contexto, o gerenciamento do estoque se torna um instrumento extremamente significativo, uma vez que envolve aspectos financeiros, onde entram vários custos como de oportunidade e estocagem, e aspectos organizacionais, uma vez que a previsão de demanda e o controle dos estoques envolvem o comprometimento e a integração de toda cadeia produtiva.

O projeto apresentado só foi possível pois a empresa em questão trabalha com níveis de estoque baixíssimos, onde pode-se perceber que algo no processo estava errado, fazendo com que fosse reunido um time para discutir e solucionar a falta de acurácia para um item do estoque.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é mostrar como a solução de problemas através da metodologia Seis Sigma, além de organizar e padronizar, traz excelentes resultados para o aumento dos lucros da empresa através da redução de custos e melhoria do processo. Pode-se observar que essa metodologia pode ser aplicada em diferentes processos e departamentos com facilidade, guiando para soluções práticas e ajudando a encontrar as causas raízes dos problemas.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho focam em reduzir a divergência entre o estoque físico e os números apresentados no sistema da empresa, eliminar o descarte de

conjuntos de mangueira e conexão bons através de melhorias no processo de aplicação de protetores plásticos espiralados, reduzir gastos com fretes extras para clientes, reduzir o descarte de material plástico e reduzir o consumo de protetor plástico espiralado aplicado em conjuntos de mangueira mais conexões.

1.3 Justificativa

O presente estudo foi realizado pois o protetor plástico espiralado, que é a parte com menor custo dentro de um conjunto montado de mangueiras, conexões e proteção, acabava influenciando muito na entrega no prazo para nossos clientes, prejudicando os indicadores de OTD (*On delivery time*) o qual é parte fundamental da manutenção das certificações das normas ISO TS 16649 e ISO 9001 nas quais a empresa trabalha. Também procura-se reduzir o descarte de produtos plásticos, metais e borracha ao meio ambiente e melhorar o processo de aplicação dos protetores plásticos espiralados.

1.4 Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação será feita pelo procedimento DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve and Control*) onde na fase definir poderemos observar o mapa de pensamentos e o mapa de processo, na fase medir teremos as análises da causa da divergência de estoque, na fase analisar encontraremos a matriz causa e efeito e o FMEA do produto, na fase melhorar encontraremos a revisão da estrutura, análises quantitativas e propostas de melhoria de processo, na fase controle serão apresentados o FMEA revisado e os controles atuais de processo e por fim os resultados encontrados após a implementação e conclusões.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Sistemas de informação

Serão detalhados os sistemas ERPs, MRPII (Manufacturing Resources Planning) e MRP (Material Requirements Planning), que segundo Favaretto (1996), pertencem a mesma categoria de sistemas computacionais de administração da produção e segundo Hehn (1999), correspondem a sistemas de informação utilizados para planejar e controlar as atividades dentro de uma empresa.

O primeiro sistema a surgir foi o MRP, em meados dos anos 80. Conforme Slack (1999), o MRP calcula quantos materiais de determinado tipo são necessários e em que momento. Para fazer isso, ele utiliza os pedidos em carteira, assim como uma previsão para os pedidos que a empresa supõe que irá receber. O MRP verifica, então, todos os componentes que serão necessários para completar esses pedidos, garantindo que sejam providenciados a tempo.

Alguns anos depois surgiu o MRPII, Planejamento dos recursos da manufatura, que é uma evolução do MRP. Segundo Corrêa & Gianesi (2001), o MRPII estendeu o conceito de cálculo de necessidades aos demais recursos de manufatura, não se restringindo apenas aos recursos materiais. Assim, o objetivo do MRPII é calcular e analisar de forma integrada todos os parâmetros que determinam a produção de um determinado material e verificar os recursos técnicos e humanos disponíveis para o pronto atendimento da produção.

Atualmente, Corrêa & Gianesi (2001) citam que a maioria dos melhores aplicativos de software, que trazem na sua essência a lógica de MRPII, já tem um escopo que transcende em muito aquele do MRPII original. Por tratarem também da gestão integrada de todos os outros recursos, não apenas daqueles de manufatura, são chamados de sistemas ERPs.

Hehn (1999) apresenta o ERP como uma coleção integrada de sistemas que partilham os mesmos dados e atendem a todas as necessidades de um negócio: contabilidade legal e gerencial, finanças, controladoria, controle de produção,

compras, vendas, distribuição e outros. Todos esses sistemas, que são integrados e partilham os mesmos dados, trazem embutidos processos de trabalho padronizados, procurando representar as melhores práticas mundiais de cada função. No entanto, sua adoção exige disciplina e atualização constante de dados.

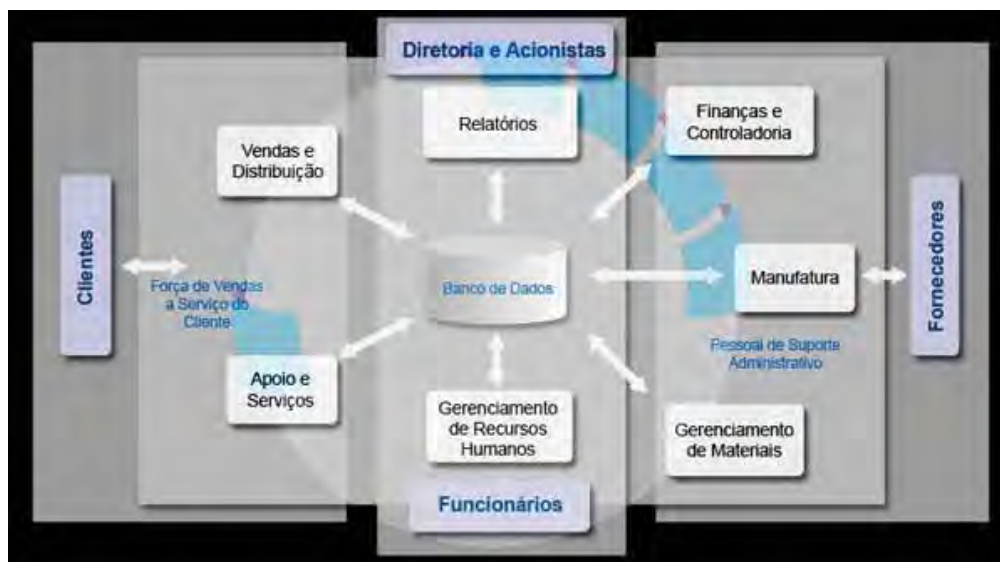


Figura 1 – Estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP (Fonte http://www.icoms.com.br/icoms_globe.php)

A utilização do sistema ERP, como podemos perceber na figura 1, torna rápido o acesso às informações e melhoram os resultados em termo de custo e agilidade nas necessidades de compra. Entretanto, se a empresa não consegue manter disponíveis as informações sobre os itens e quantidades de estoques encontrados em seus depósitos, ela perde essa agilidade.

Para Laudon e Laudon (2004), existem diferentes tipos de sistemas, isso porque há diferentes interesses, especialidades e níveis dentro de uma organização, para ele nenhum sistema sozinho poderá oferecer e fornecer todas as informações das quais uma empresa precisa. Um dos sistemas de informação utilizado pelas empresas é o de controle de estoque. Neste sistema constam todas as informações do produto, código de identificação, descrição, número de quantidades existentes e saídas dos produtos, assim como também o nível de estoque mínimo, para que seja alertado da necessidade de fazer reposição, para que seja evitada a falta do produto em estoque. Esse sistema

ainda produz relatórios com todas as informações de entradas, saídas e devoluções de cada produto.

2.2 Gestão de estoques

Para Stock, Greis & Kasarda (1988), a logística foi considerada no passado, como uma atividade funcional definida estreitamente como tarefas, tal como transporte, armazenamento, inventário e administração de materiais. Alterações nas atividades logísticas, tecnologia, e técnicas de gerenciamento têm permitido que a logística se torne um mecanismo primário para integração e coordenação de atividades da cadeia de abastecimento.

Em 1986, o Council of Logistics management (CLM) definiu logística da seguinte forma: “é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e eficaz de matérias-primas, estoques de produtos semi-acabados, bem como os fluxos de informações a eles relativos, desde a origem até o consumo, com o propósito de atender os requisitos dos clientes” (MACHLINE & AMARAL JR, 1988).

Conseguir proporcionar o produto certo, no tempo exato para o consumidor, sem que a empresa necessite da manutenção do mesmo nos estoques é praticamente impossível para o ramo de comércio varejista. Manter um certo nível mínimo de estoques torna-se necessário para as empresas (BALLOU, 2001).

Para Dias (1990), o estoque é necessário para que o processo de produção e vendas da empresa opere com um número mínimo de preocupações e desníveis. Os estoques podem ser de matéria-prima, produtos em fabricação e produtos acabados. O setor de controle de estoques acompanha e controla o nível de estoque e o investimento financeiro envolvido. Assim, é necessário um processo de gerenciamento eficiente dos mesmos. Essa eficiência é atingida por um sistema logístico que proporcione informações ágeis para o gerente.

Fonseca (2002) descreve que a administração de materiais deve gerenciar a matéria-prima e os componentes, compreendendo desta forma as seguintes atividades:

- Encaminhamento do pedido de compra ao fornecedor.

- Transporte da mercadoria do local de origem até ao recebimento.
- Armazenagem do material recebido.

No entanto, nenhuma dessas atividades relatadas poderia operar eficientemente sem as necessárias informações de custo e desempenho. Manter uma base de dados com informações importantes, como por exemplo, níveis de estoques, apóiam as tomadas de decisões da administração.

Os registros de estoques são importantes, pois geram relatórios periódicos de valor de estoques para os diferentes itens armazenados, o que pode auxiliar a gerência a monitorar o desempenho do controle de estoques e consequentemente a entrega para os consumidores (SLACK, 2002 p. 405).

Segundo Ballou (2001), um sistema de controle logístico eficaz requer a informação exata, relevante e oportuna sobre o desempenho de atividades ou da função. As principais fontes dessas informações são auditorias e os diversos relatórios das atividades logísticas.

Auditoria logística é definida, ainda em Ballou (2001), como um exame periódico da situação das atividades logísticas. O levantamento periódico da situação dos estoques é necessário devido os erros potenciais em sistemas de relatórios e a falta de relatórios sobre algumas atividades. Assim, a auditoria é realizada para estabelecer novos pontos de referência com os quais os relatórios são gerados e corrigir erros que podem desfavorecer determinadas atividades logísticas. A Auditoria logística é realizada com a finalidade de se poder realizar uma programação de vendas e produção com maior precisão.

Alguns eventos podem causar a disparidade entre os registros de estoque e os estoques reais, tais como roubo, devoluções de clientes, produtos danificados, erros em relatórios, erros de lançamentos entre outros. Assim, após a auditoria, são realizados os ajustes necessários de estoque de forma que o sistema de controle fornecerá rastreamento mais acurado dos níveis de estoque.

Ballou (2001), também mostra a importância da frequência com que um item é contado no estoque e, que pode ser contado de acordo com sua importância. Propõe ainda, a contagem cíclica dos itens, a fim de evitar menores interrupções durante o ano

e poder definir mais facilmente as tolerâncias de erros permitidos entre o saldo físico e do sistema.

Em Martins (2003), acurácia de estoques é definida como um indicador calculado a partir de inventários realizados nos estoques dos diferentes itens, onde para cada item são comparados o saldo do sistema (informatizado ou não) e o saldo físico (contado). Assim, a equação apresentada para calcular o nível de acuracidade é a equação 1:

$$\text{Nível de Acuracidade} = \frac{\text{Número de itens corretos (sistema x real)}}{\text{Número total de itens contados}} \quad (\text{Equação 1})$$

Pfaff (1999) propõe um índice de acurácia de 99% como forma de manter um bom nível que garanta um desenvolvimento adequado das atividades de planejamento de materiais. Assim, para atingir e manter tal meta, o autor propõe ainda a realização de quatro elementos:

- Determinar a forma de medir a acurácia considerando cada item que está no estoque.
- Implementar um inventário rotativo.
- Criar uma equipe de trabalho com metas a serem alcançadas e procedimentos claros de como deve ser o procedimento do trabalho.
- Identificar e eliminar os motivos que provocam erros na acurácia de estoques.

Com a finalidade de atender as necessidades listadas acima, será utilizado para este trabalho a metodologia 6 sigma.

2.3 Metodologia Seis Sigma

2.3.1 Definição

O sigma é uma letra grega utilizada na estatística matemática para retratar o desvio padrão em uma distribuição, quantificando a variabilidade ou a não uniformidade existente em um processo (ECKES, 2001).

O Seis Sigma é uma metodologia que possibilita às empresas o aperfeiçoamento de seu desempenho através do mapeamento e monitoramento de suas atividades habituais. Desta forma, o processo minimiza desperdícios e consumo de recursos desnecessários, suprimindo erros de qualidade em sua raiz. Fazendo um paralelo com a definição estatística, nível de qualidade 6 sigma expressa que a variação do processo está inserida seis vezes nos requisitos do cliente (ECKES, 2001).

Werkema (2002) define 6 sigma como uma “estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores”.

A idéia por trás desta metodologia é bem simples: reduzir variação, defeitos, erros e falhas a um valor próximo de zero. É importante enfatizar que o Seis Sigma, ao contrário de muitos programas anteriores, não propõe a melhoria de operações de forma isolada, mas sim enfocam a melhoria de todas as operações de um processo (RONTARO, 2002).

O Seis Sigma é uma forma de interpretar as operações das empresas como sistemas e assim melhorar ou estabelecer novos processos e produtos destes sistemas, através da redução da variabilidade e, conseqüentemente, dos defeitos. Iniciado pelas informações das necessidades do cliente, fundamenta-se em dados e com o apoio de ferramentas estatísticas identifica as causas responsáveis pelos problemas. Essas causas são identificadas e, validadas estatisticamente, para então, ações serem adotadas para minimizá-las ou eliminá-las. Para manter os ganhos alcançados, é feito o monitoramento do desvio-padrão das principais características nomeadas (ECKES, 2001).

Segundo Ariento (2005), essa metodologia tem sido mais bem aproveitada pelos processos transacionais (escritórios ou de negócios) do que nos operacionais, uma vez que algumas iniciativas do passado são focadas em métodos operacionais, utilizados na fábrica.

Em processos administrativos, Seis Sigma pode significar não somente a óbvia redução do tempo de ciclo durante a produção, mas o que é ainda mais importante, a

otimização do tempo de resposta a pesquisas, a maximização da velocidade e acuracidade com que inventário e materiais são abastecidos etc. (WILSON, 1997).

2.3.2 Histórico e perspectivas

Desenvolvido pelo Engenheiro Bill Smith, da Divisão de Comunicações da Motorola, em 1986, para resolver o crescente aumento de reclamações relativas às falhas no produto dentro do período da garantia, o método padronizou a forma de contagem dos defeitos e também definiu um alvo, onde estaríamos próximos à perfeição, o qual foi denominado de Seis Sigma (CAMPOS, 2002).

De acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2001), as principais conquistas da Motorola entre 1987 e 1997 foram:

- Crescimento de cinco vezes nas vendas, com lucratividade aumentando 20% ao ano;
- Economia acumulada decorrente dos esforços Seis Sigma, fixada em US\$ 14 bilhões;
- Incremento dos ganhos nos preços das ações, na taxa de 21,3% ao ano.

A popularização do Seis Sigma deve-se à General Electric de Jack Welch, até então autoproclamado cético em relação aos programas de qualidade, vistos por ele como uma boa desculpa para se gastar mais dinheiro. Welch descreve Seis Sigma como "a mais importante iniciativa que a GE já empreendeu". Em 1995, sob sua orientação, cada operação da GE, desde cartão de crédito, turbinas para aviões, até a rede de TV NBC trabalharam para obter o desempenho Seis Sigma. Os investimentos em treinamento e projetos chegaram a 450 milhões de dólares em 1998 e os lucros aumentaram para 1,2 bilhão de dólares. (CAMPOS, 1999).

Klefsjö (2001) relata que, a partir dos resultados apresentados pela Motorola e GE, outras empresas começaram a utilizar com sucesso a metodologia para gerenciar seus negócios como é o caso da AlliedSignal, ABB, Lockheed Martin, Polaroid, Sony, Honda, American Express, Ford, Lear Corporation e Solectron. E segunda Werkema (2002), o grupo Brás Motor foi o pioneiro, em 1997, a utilizar a metodologia no Brasil.

Atualmente inúmeras empresas vêm aderindo a estratégia Seis Sigma. Existem vários benefícios que estão atraindo essas empresas. Entre eles, Pande, Neuman e Cavanagh (2001), destacam que a metodologia:

- Gera sucesso sustentado: O Seis Sigma cria aptidão e cultura para um revigoramento constante;

- Determina uma meta de desempenho para todos: Em qualquer empresa, é muito difícil fazer com que todos trabalhem na mesma direção e focalizem uma meta comum. O que todos têm em comum, porém, é o fornecimento de produtos, serviços ou informações a clientes (dentro e fora da empresa). O Seis Sigma usa esta base comum de negócios (processo e cliente), para criar uma meta consistente: o desempenho Seis Sigma ou um nível de desempenho que seja tão próximo do perfeito quanto às pessoas possam imaginar.

- Intensifica o valor para os clientes: O foco no cliente existente no coração do Seis Sigma significa aprender o que significa valor para os clientes (e futuros prováveis clientes) e planejar como oferecer isto a eles lucrativamente.

- Acelera a taxa de melhoria: Por meio da utilização de ferramentas e idéias de muitas disciplinas, o Seis Sigma ajuda uma empresa a não somente melhorar seu desempenho, mas também a aprimorar a melhoria.

- Promove aprendizagem e “polinização cruzada”: O Seis Sigma é um método que pode aumentar e acelerar o desenvolvimento e o compartilhamento de novas idéias por toda a organização. Mesmo em empresas diversificadas, o valor do Seis Sigma como uma ferramenta de aprendizagem é visto como crítico.

- Executa mudanças estratégicas: Introduzir novos produtos, lançar novos empreendimentos, entrar em novos mercados, adquirir novas organizações, são hoje eventos diários de muitas empresas. A melhor compreensão dos processos e procedimentos da empresa, proporcionada pelo Seis Sigma, darão a ela uma maior capacidade de levar adiante tanto os ajustes menores quanto às mudanças maiores.

2.3.3 Implementação e metodologia

Existem alguns aspectos que são fundamentais para o sucesso da implementação do programa, como, por exemplo, ser implantado de cima para baixo, ter uma implantação altamente disciplinada e prescritiva, ser orientada pela informação e mostrar claramente as várias ferramentas estatísticas de decisão que são utilizadas. O 6 Sigma segue um caminho lógico, utilizando um método científico conhecido como DMAIC, conforme será apresentado a seguir:

Na etapa Define (definir) são eleitos os projetos Seis Sigma que apresentam potencial para melhoria de desempenho, com o objetivo inicial de atender as necessidades dos clientes. A identificação dos projetos 6 sigma auxilia a empresa reconhecer seus processos e como eles afetam sua lucratividade. A elaboração desta fase deve incluir o treinamento e orientação dos colaboradores para o uso das técnicas e ferramentas que poderão ser utilizadas pelo grupo que irá dirigir o projeto.

Segundo Lynch e Cloutier (2003), os propósitos da etapa Definir são:

- Ter um claro entendimento para discussão do problema;
- Identificar as variáveis de entrada e saída do processo;
- Verificar responsabilidades, etapas do processo e estabelecer objetivos;
- Organizar o grupo de trabalho;
- Obter um entendimento do mérito do projeto;
- Definir bem o enunciado do problema, entender o que será melhorado e como será medido;
- Listar os processos e produtos;
- Levantar dados históricos do processo;
- Mapear o processo e delimitar o escopo do projeto de melhoria;
- Confeccionar a carta do projeto;
- Fazer um cronograma para o projeto.

Na etapa Measure (medir), as variáveis referentes ao desempenho do processo são identificadas e quantificadas as variabilidades dessas ações. Para Lynch e Cloutier (2003), é necessário cumprir os seguintes propósitos e objetivos:

- Documentar o processo existente, por exemplo, através do mapeamento do processo;
- Estabelecer as técnicas para coleta de dados, o que coletar, onde e como coletar;
- Coletar os dados necessários para a análise;
- Verificar se o sistema de medição é adequado;
- Estabelecer a situação atual das características de qualidade e das variáveis do processo;
- Fazer estudo de capacidade e determinar o nível sigma do processo;
- Apresentar os dados graficamente.

Na etapa *Analyse* (analisar) são analisadas as variáveis impactantes do problema estudado e estabelecido metas individuais para cada variável prioritária.

De acordo com Lynch e Cloutier (2003) os propósitos e objetivos que devem ser alcançados nesta etapa são:

- Estreitar o foco do projeto para reunir informações da situação atual;
- Descobrir as fontes potenciais de variação, através do entendimento da relação existente entre as variáveis X e Y;
- Reduzir o número de variáveis de processo que serão aprimoradas na etapa de melhoria;
- Identificar e controlar o risco das variáveis de entrada;
- Realizar análises estatísticas e testes de significância nas variáveis X e Y, utilizando estatística descritiva, ANOVA e análise de regressão.

Na etapa *Improve* (melhorar), são relacionadas idéias de soluções potenciais para eliminação das causas fundamentais de cada problema priorizado na etapa de análise.

Para Werkema (2002), as principais atividades desenvolvidas nessa etapa são:

- Gerar idéias de soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais dos problemas;
- Priorizar as soluções;
- Avaliar os riscos destas soluções e se possível realizar testes das soluções em pequena escala;
- Identificar e implementar melhorias ou ajustes nas soluções implantadas;

- Elaborar e executar um plano de ação para a implementação das soluções em larga escala.

Na etapa Control (controle) são estabelecidos os mecanismos para acompanhar o desempenho dos novos processos implementados.

Lynch e Cloutier (2003) descrevem as principais atividades dessa etapa como:

- Confirmação da melhoria implantada;
- Confirmação de que o problema foi resolvido;
- Validação dos benefícios auferidos pela melhoria;
- Alterações necessárias nos procedimentos e instruções de trabalho;
- Implementação de ferramentas de controle onde necessário, tais como dispositivos à prova de erro, CEP, etc;
- Auditoria do processo, monitoramento do desempenho e das métricas.

2.3.4 Ferramentas

São muitas as ferramentas que auxiliam na elaboração e execução de um projeto 6 sigma, abaixo serão listadas algumas delas:

Folha de Verificação: esta ferramenta é usada na coleta de dados necessária para a identificação da meta de melhoria e do problema por ela gerado.

Brainstorming: segundo Godoy (2001), trata-se de uma ferramenta utilizada para gerar novas idéias a partir de um grupo determinado de pessoas. Nessa etapa são listados os X's do processo pela equipe, isto é, os itens que podem influenciar no projeto 6 sigma.

Matriz Causa e efeito (Figura 2) : trata-se de um diagrama gerado a partir do Brainstorming, onde as idéias são pontuadas de acordo com o impacto que ela causará no projeto desenvolvido e o esforço necessário para realizá-la. Deve-se “atacar” inicialmente as idéias que causam o maior impacto com o menor esforço.

Matriz Causa e Efeito																	
		Taxa de importância ao cliente															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Entradas do processo																	
Etapas do Processo																	
1																	0
2																	0
3																	0
4																	0
5																	0
6																	0
7																	0
8																	0
9																	0
10																	0
11																	0
12																	0
13																	0
14																	0
15																	0
Total		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Baixa Expectativa																
	Esperado																
	Superou as expectativas																

Figura 2 – Exemplo de Matriz Causa e Efeito

Espinha de Peixe (Figura 3): também conhecido como Diagrama de Ishikawa, ou diagrama de causa e efeito, é utilizado para apresentar a relação existente entre o problema e as causas que podem estar provocando o problema.

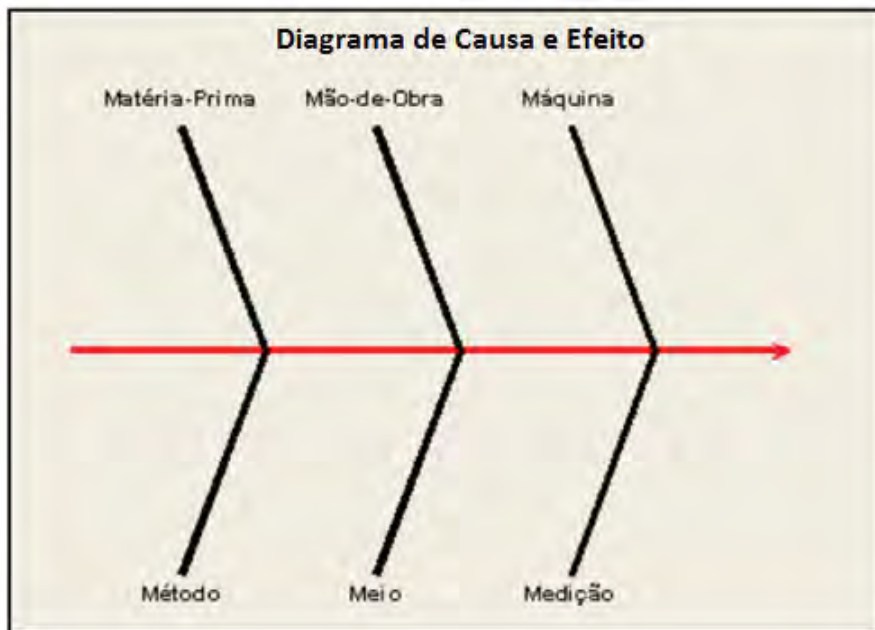


Figura 3 – Representação de um Diagrama de causa e efeito em formato Espinha de Peixe ou Diagrama de Ishikawa que relaciona ambas de uma forma fácil de visualizar

Gráfico de Pareto (Figura 4): de acordo com Karatsu e Ikeda (1985), “é um diagrama que apresenta os itens e a classe na ordem dos números de ocorrências, apresentando a soma total acumulada”. Priorizando, assim, os temas e o estabelecimento de metas numéricas viáveis de serem alcançadas.

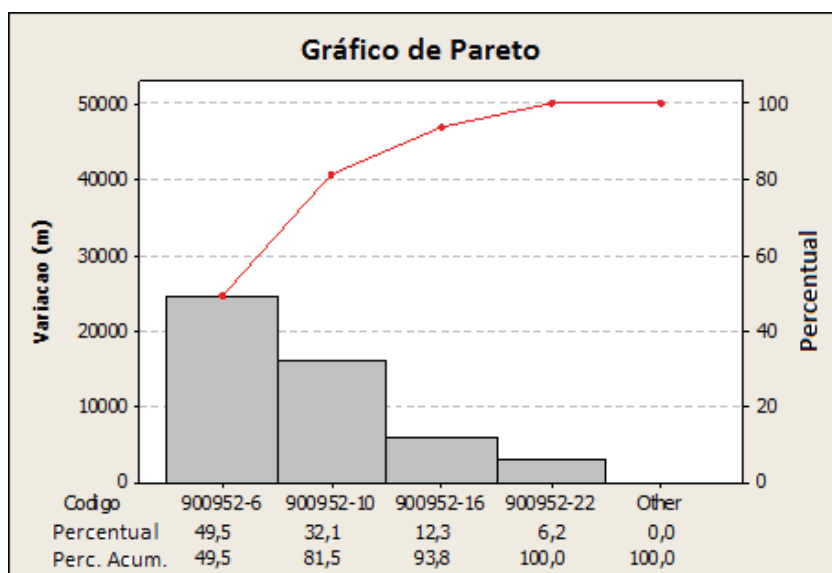


Figura 4 – Gráfico de pareto

2.3.5 Estrutura organizacional

Para ser implementado com eficiência, a metodologia 6 sigma deve envolver todas as pessoas da organização e para isto é necessário que se invista no treinamento do pessoal. Assim, cada indivíduo deve ter um papel importante na busca da excelência do desempenho da empresa. A seguir, de acordo com ECKES (2001), será citada a estrutura organizacional do programa.

Os Champions são os gestores, líderes de unidades do negócio que definem a direção que a estratégia Seis Sigma irá tomar e tem como responsabilidade fazer com que equipes multifuncionais se empenhem no desenvolvimento de projetos específicos de melhoria e de redução de custos. Eles devem ser capazes de pavimentar o caminho para as mudanças necessárias e para a integração de resultados. São os Champions que definem as pessoas (ou a pessoa, dependendo do porte da organização) que irão disseminar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a empresa, e irão coordenar uma determinada quantidade de projetos.

Os Black Belts atuam como agentes de mudança alcançando maior visibilidade na estrutura do programa. São considerados uma verdadeira elite de profissionais, já que conduzem na empresa projetos de grande ganhos anuais.

Em grandes empresas, há também a figura do Master Black Belt, que, também em tempo integral, assessora os Champions na identificação de projetos de melhoria, além de coordenar todo o trabalho dos demais Black Belts.

Os Green Belts são profissionais que dedicam parte de seu tempo a projetos que dizem respeito diretamente ao seu dia-a-dia de trabalho e participam das equipes lideradas pelos Black Belts na condução dos projetos Seis Sigma.

Já os White Belts são os colaboradores de nível operacional, treinados nos fundamentos de Seis Sigma para que estejam capacitados a dar suporte ao Black e Green Belts na implementação dos projetos.

Enfim, Werkema (2002) cita alguns pontos para garantir a consolidação da cultura Seis Sigma em uma organização:

- Promoção contínua da expansão do Seis Sigma: envolvimento de todas as áreas da empresa, fornecedores e clientes;

- Aprofundamento e adequação do uso da metodologia à realidade vigente e à visão que se busca alcançar;
- Ampla e freqüente divulgação dos resultados obtidos com o Seis Sigma;
- Promoção de treinamentos específicos para os especialistas do programa, para a aquisição de novos conhecimentos no âmbito do Seis Sigma.

3 ESTUDO DE CASO

Para Yin (2001), o estudo de caso possui os seguintes objetivos:

- Estabelecer vínculos causais em intervenções da vida real, ou seja, explicar como e quais implementações realizadas têm ligação com os efeitos.
- Descrever uma implementação e o contexto em que ocorre.
- Ilustrar certos tópicos dentro de uma avaliação.
- Explorar situações nas quais a intervenção avaliada não apresenta um conjunto simples de resultados.
- Realizar uma meta-avaliação, isto é, o estudo de um estudo de avaliação.

A Eaton Hydraulics tem uma gama de clientes bem diversificada, sendo que alguns dos seus clientes utilizam em seus produtos os protetores plásticos, que são montados nas instalações da Eaton Guarulhos, essa é uma das últimas operações executadas antes do envio aos clientes.

Os protetores plásticos espiralados (figura 6) servem para proteger as mangueiras contra atrito, cortes ou batidas evitando danificar as mangueiras ou danificar o equipamento do cliente no qual foi acoplado, gerando segurança ao usuário e maior proteção ao equipamento.



Figura 5 – Conjunto montado com protetor plástico espiralado

3.1 Descrição do problema

Grande divergência no estoque ocasionando a falta dos protetores plásticos na montagem, induzindo ao uso incorreto dos protetores para a montagem dos conjuntos, alterando a estrutura e gerando mais divergência em estoque.

3.2 Proposta do projeto

Reduzir em no mínimo em 50% a divergência entre o estoque físico (Figura 7) e o estoque disponível no sistema para os protetores plásticos espiralados, eliminar o descarte de conjuntos montados bons, reduzir fretes especiais, reduzir pontas geradas pelo processo e reduzir o consumo de protetor plástico por conjunto montado (Figura 6).



Figura 6 – Foto do estoque dos protetores plásticos espiralados

3.3 Ganho estimado:

O presente estudo tem como objetivo reduzir a divergência de estoque do protetor plástico espiralado que chega a U\$25.000,00 por ano, eliminar o descarte de produtos no meio ambiente, diminuir o custo de produção de itens que possuem o protetor plástico espiralado e controlar melhor o processo.

3.4 Membros da equipe

A formação da equipe é de membros multifuncionais, de preferência de departamentos envolvidos com o produto ou o processo. Neste trabalho tínhamos membros do departamento de qualidade, estoque, engenharia de produto, engenharia de processo, líder de produção e operador.

3.5 Método aplicado

O Método aplicado para o desenvolvimento do projeto foi o SIX SIGMA, seguindo as fases DMAIC.

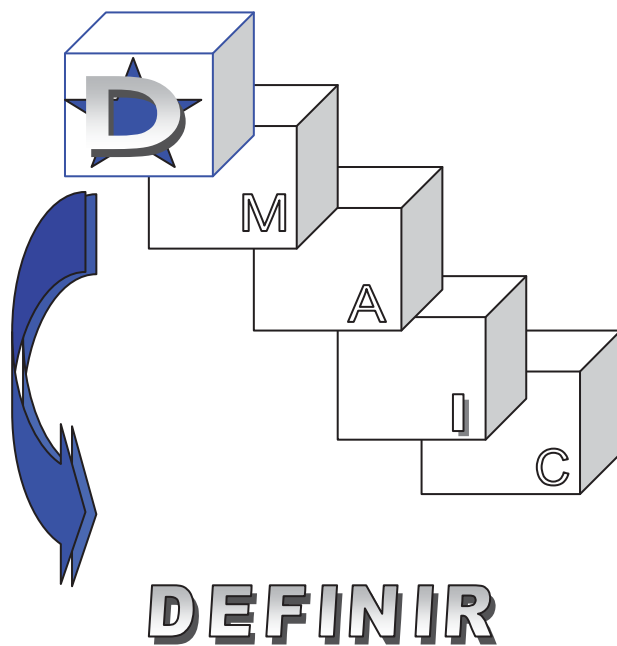


Figura 7 – Indicação do início da fase definir

3.5.1 Mapa de pensamento

Na metodologia Seis Sigma, a fase definir é uma das etapas mais importantes do estudo, pois é nessa fase que são levantadas todas as variáveis possíveis da divergência de estoque através do mapa de pensamento realizado por todos que compõem o time, onde todos podem opinar, trocar informações e colocar suas idéias para que o andamento do projeto tenha início com uma base de dados consistente gerando assim a solução prática, criativa e economicamente viável.

O que causa a divergência de estoque?



Figura 8 – Mapa de pensamento realizado para início do trabalho em questão, onde foram colhidas opiniões de todos os membros da equipe.

3.5.2 Mapa do processo

No Mapa de Processo foi feita a organização e o direcionamento das possíveis causas levantadas no mapa de pensamento, as causas aqui apresentadas foram estudadas e consideradas pela equipe como as principais causadoras de divergência em nosso estoque.

Foram especificadas e relacionadas as respectivas entradas classificadas em “*Standard*”, “*Controlled*” e “*Noise*”. Entradas “*standard*” são aquelas padrões, que não podem ser mudadas, como por exemplo as entradas do PCP. As entradas “*controlled*” são aquelas que necessitam algum tipo de controle, como por exemplo, dar entrada na nota fiscal, se a entrada não for feita de forma correta, logo na entrada do material será encontrada divergência entre o sistema e o físico. Já as entradas consideradas “*noise*” são aquelas que no processo atual não possuem controle adequado, ou seja, possuem grande potencial de melhoria. Nas figuras 10, 11 e 12 abaixo, pode-se observar os tipos de entrada entre parenteses ao lado de cada entrada ou saída do processo.

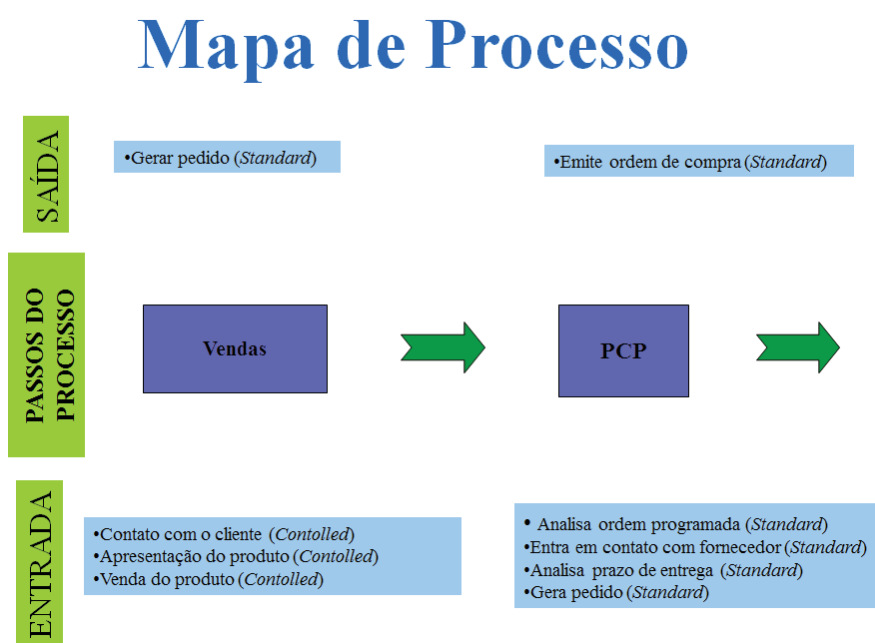


Figura 9 – Primeiras duas etapas do processo com suas entradas e saídas relacionadas

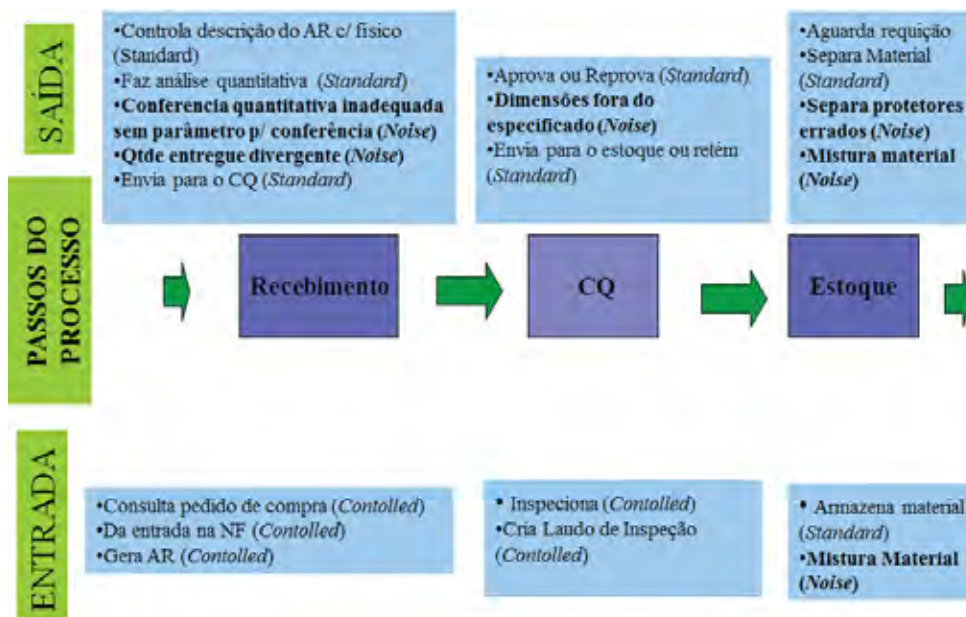


Figura 10 – Terceira, quarta e quinta entradas do processo também com suas entradas e saídas relacionadas

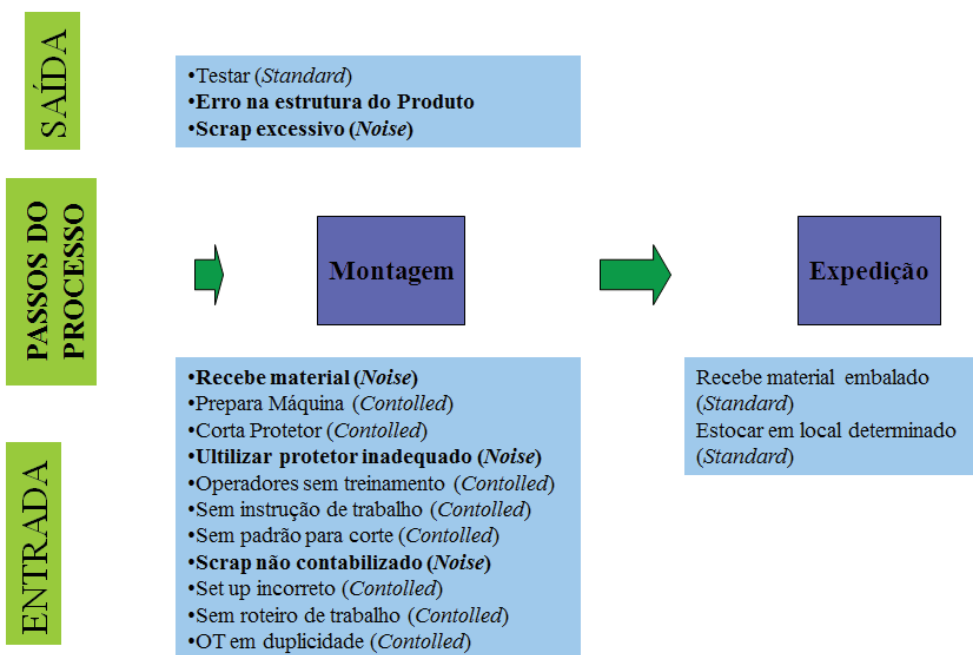


Figura 11 – Últimas duas etapas do processo com entradas e saídas relacionadas

No mapa de processo mostrado acima (Figuras 10, 11 e 12) podemos verificar que foram identificadas nove entradas do tipo “noise”, onde mesmo que essas entradas não tenham ações diretas sob o problema apresentado, serão necessárias ações para que não tenhamos mais entradas desse tipo em nosso processo.

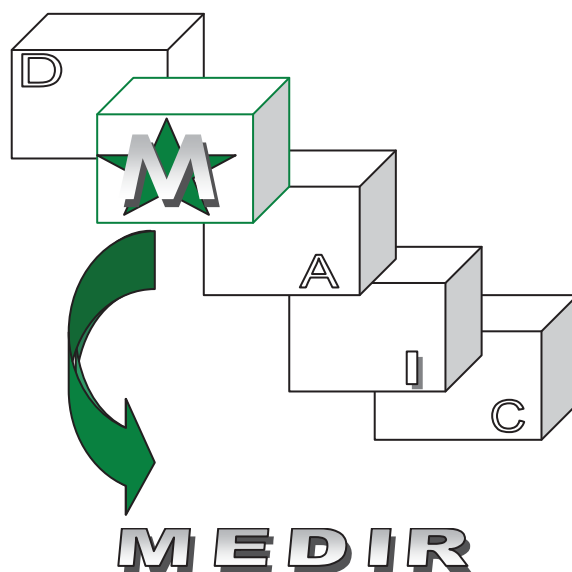


Figura 12 – Indicação do início da fase medir

3.5.3 Análise da divergência em estoque

Para que sejam identificados os itens que apresentavam maior divergência, foi elaborado um gráfico de Pareto com base nas quantidades compradas, e nas divergências encontradas de Janeiro á Agosto 2008. (Tabela 1 e Figura 6, 7 e 8).

Código	Total Comprado	Divergência	% de Divergência
900952-10	63.520	-16.068,10	25,30%
900952-12	18.420	0	0,00%
900952-16	42.960	-6.163,21	14,35%
900952-22	17.070	-3.099,74	18,16%
900952-6	88.560	-24.786,34	27,99%
900952-8	8400	0	0,00%

Tabela 1 – Divergência de estoque para protetores plásticos espiralados divididos por seus códigos

A Tabela 1 nos mostra a divergência de estoque para cada código do protetor plástico espiralado comprado no período descrito acima. Cada código do protetor representa um diâmetro diferente (onde: o protetor 900952-6 tem 6mm de diâmetro interno, o 900952-8 tem 8mm de diâmetro interno, o 900952-10 tem 10mm de

diâmetro interno, o 900952-12 tem 12mm de diâmetro interno, o 900952-16 tem 16mm de diâmetro interno e o protetor 900952-22 tem 22mm de diâmetro interno) que será aplicado em mangueiras com diâmetros externos diferentes. A Tabela 1 nos permite construir um gráfico de pareto para que possamos identificar a divergência por código de produto, o que já começa a direcionar o estudo e identificar possíveis causas para futuras análises.

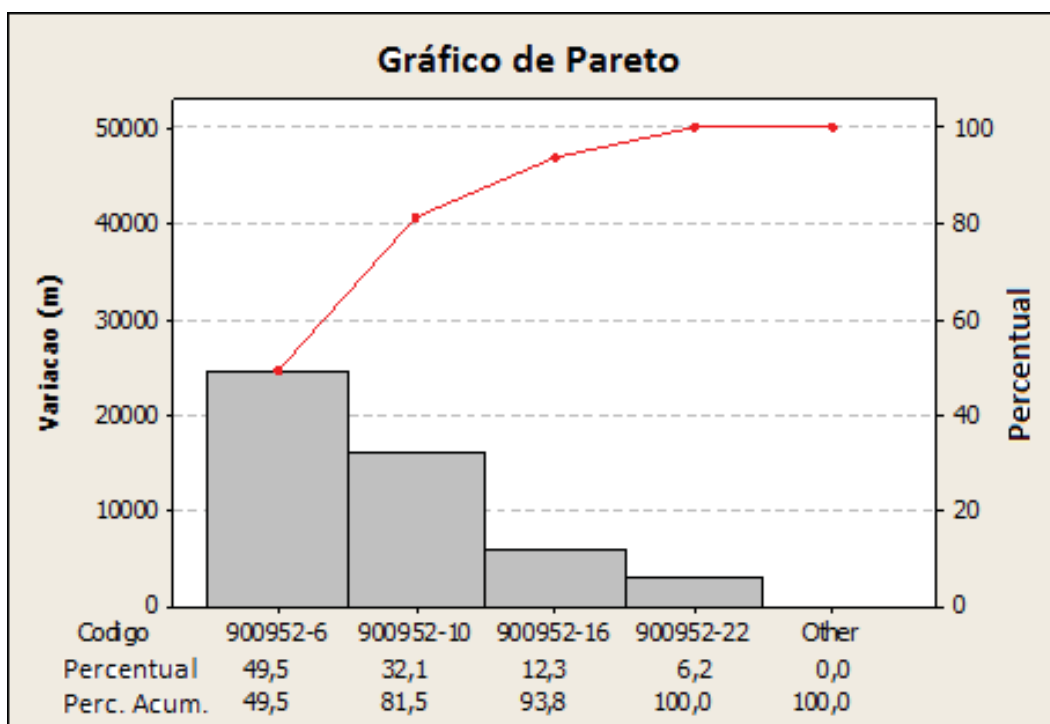


Figura 13 – Gráfico de pareto com a variação percentual dividida por código de produto e mostrando do produto com maior divergência até os que não possuem divergência

O gráfico de pareto (Figura 13) facilita a visualização de um possível problema de aplicação de alguns tamanhos de protetor. Essas informações obtidas na fase medir serão importantes para as etapas seguintes do estudo.

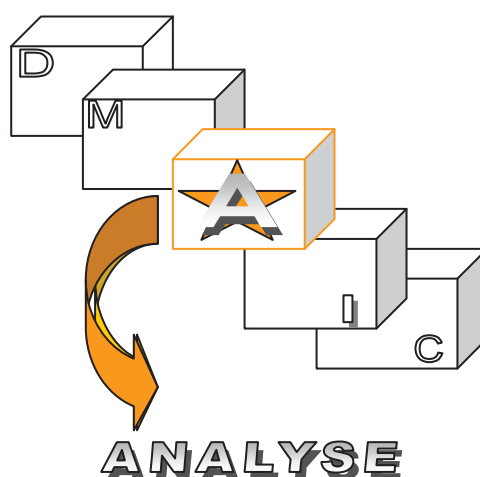


Figura 14 – Início da fase analisar

3.5.4 Matriz causa e efeito

Após completar o Mapa de Processo foram identificados os itens que apresentavam divergência no gráfico de Pareto, o próximo passo foi desenvolver a Matriz de Causa e Efeito para avaliarmos a correlação de cada entrada de nosso processo com as respectivas saídas.

Todas as entradas do nosso mapa de processo foram consideradas e correlacionadas com cada saída. Esta correlação também foi pontuada utilizando o critério: 0, 1, 3, 9 onde:

Pontuação	Grau de importância
0	Não tem influência
1	Baixa
3	Média
9	Alta

Tabela 2 – Pontuação utilizada na matriz causa e efeito

Matriz Causa e Efeito												
		Taxa de importância ao cliente										
		0	0	9	5	7	7	0	8	0	10	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
		Efeitos										
		Análise quantitativa	Confeir	Quantidade divergente	Dimensões fora do especificado	conferência	Inadequada	Armazenagem misturada	Separar protetores	Erro na estrutura do produto	Receber material misturado	prazo de entrega
Etapas do Processo		Entradas do processo										
1	Montagem			9	0	9	9		9		0	36
2	Montagem			0	9	0	9		9		1	28
3	Montagem			0	3	9	9		3		1	25
4	Montagem			9	0	0	0		9		0	18
5	Recebimento			9	0	9	0	0	0		0	18
6	PCP	0	0	9	9	0	0	0	0		0	18
7	PCP	3	3	1	0	1	3	1	9		1	22
8	Demanda	0	0	0	0	0	0	0	3		9	12
9	Demanda	0	0	0	0	0	0	0	3		9	12
10	Estoque			9	0	3	1		0		0	13
11	Montagem			0	0	0	0		9		3	12
12	Expedição			0	0	0	0		0		9	9
13	Expedição			0	0	0	0		0		9	9
14	Recebimento	3	3	9	0	1	0	0	0		0	16
15	Montagem			0	0	0	0		9		1	10
16	Montagem			0	0	0	0		9		0	9
17	Montagem			0	0	0	0		9		0	9
18	CQ	0		1	9	0	0	0	0		0	10
19	CQ			0	9	0	0	0	0		0	9
20	Montagem			0	0	0	0		3		1	4
21	PCP	0	0	0	0	0	0	0	0		3	3
22	Recebimento	0	0	1	0	3	0	0	0		0	4
23	Recebimento	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
24	Estoque			0	0	0	0		0		0	0
25	Montagem			0	0	0	0		0		0	0
Total		6	6	55	21	32	31	1	63	0	43	

Figura 15 – Matriz Causa e Efeito relacionando ambas em todas entradas e saídas

Pode-se perceber a partir da figura 15 que o processo de montagem possui as entradas com maiores pontuações, seguida pelo recebimento. A decisão a partir daqui foi de atacar as maiores pontuações.

3.5.5 FMEA (Análise de modo e efeito da falha)

A partir das 7 entradas de maiores pontuações da matriz causa e efeito (Figura 15), foi feito o FMEA que foi uma ferramenta essencial para a visão mais específica dos problemas levantados inicialmente de forma genérica na matriz de Causa e Efeito.

Análise dos Modos e Efeitos de Falha Potencial (FMEA de Processo)												
Item: <i>Protetor Plásticos</i>		Responsabilidade do processo: Ricardo R. Meneghel		Num. do FMEA : 1		Preparado por: Ricardo R. Meneghel FMEA (início): 31-10-2008 Última revisão: A Revisão: A						
Descrição: <i>Evansido / Cibebes / Ricardo / Meneghel / Libera Sena</i>		Observação: CR = Critical; As ações são recomendadas quando o N.P.R é > = 72		D		N		Respons. e Prazo				
Função do Processo / Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial da Falha	S e v e r	C i v e s	Causa e Mecanismo Potencial da Falha	O c o r r	Controles Atuais do Processo (Prevenção)	Controles Atuais do Processo (Detecção)	D e t e c t	N o n o r	Ações Recomendadas	Respons. e Prazo
Montagem	Material misturado	Atraso a montagem	2		Mai armazenamento do produto	2	Visual	Visual	5	20	Nenhuma	Libera Sena 30/10/2008
	Material inadequado	Ocasional erro na montagem	3		Produtos semelhantes no mesmo local	3	Visual	Visual	5	45	Criar locais separados para cada item	
		Aumenta o consumo	7	CR	Utilização do protetor incorreto	6	Book Virtual		2	84	Analisar todas as estruturas de conjuntos que utilizam protetores Plásticos	Ricardo Meneghel 30/10/2008
	Altera a estrutura	7	CR	Erro na estrutura e no processo	8	2			112			
	Fora do comprimento	Erro no Set up	3		Sistema de medição inadequado	3	Escala Métrica	Visual	2	18	Nenhuma	
	Material errado	Ocasional atraso por devolução	3		Separação incorreta no fornecedor	1	Visual	Visual	3	9	Nenhuma	
	Quantidade divergente	Diferença no estoque. Falta de material Parada de linha	8	CR	Falta de um método quantitativo	8	Nenhum	Nenhum	8	512	512	Criar barras padrão para análise quantitativa com pesagem em balança
9									54	54	Nenhuma	
PCP	Entrega não atende necessidade	Atraso na montagem	3		Quantidade em estoque insuficiente	2	MRP	MRP	9	54	Nenhuma	
	Não cumprimento do prazo de entrega	Falta de material	3		Quantidade em estoque insuficiente	2			9	54	Nenhuma	

Figura 16 – FMEA do produto com as 7 primeiras entradas de maiores pontuações da matrix causa e efeito

A fase realizada com análise do efeito e modo de falha (FMEA – figura 16) nos orientou no direcionamento das atuações nos três itens de maiores representatividades, ou seja: revisão da estrutura do produto, na análise quantitativa da quantidade entregue pelo fornecedor e apontamento de Scrap.

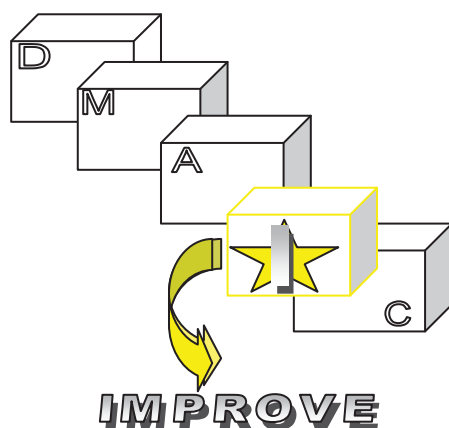


Figura 17 – Início da fase melhorar

3.5.6 Revisão da estrutura

Seguindo o FMEA (Figura 16), foi dado início a uma revisão da estrutura dos conjuntos montados que utilizam protetores plásticos, onde com base no gráfico de Pareto (Figura 13) temos como tirar a informação de que três itens eram responsáveis por 93% da divergência no estoque, sendo que um deles, o protetor 900952-6 era responsável por 49% da divergência.

Com o estudo verificou-se que os cálculos realizados anteriormente do comprimento para aplicação dos protetores plásticos espiralados não estavam corretos, por isso foram realizados novos cálculos.

A primeira informação utilizada para que fossem corrigidos os cálculos de comprimento dos protetores foi de que a utilização dos mesmos era “apertada”, ou seja, consumia-se um comprimento de protetor maior para cada metro de mangueira, devido o diâmetro externo da mangueira ser maior do que o diâmetro interno do

protetor. Sendo assim, os passos seguintes levaram sempre em consideração a utilização de um protetor de aplicação mais “frouxo”.

A aplicação apertada do protetor espiralado acabava por esticar o conjunto montado de mangueira e conexões, por tratar-se de uma mangueira de borracha que quando comprimida acabava por esticar o conjunto, levando muitas vezes ao descarte de alguns conjuntos até que fosse alinhado o comprimento do conjunto montado (mangueira + conexões) com o protetor espiralado a ser aplicado. Essa consideração excluiu a aplicação do protetor 900952-6.

Anteriormente, o comprimento de protetor plástico era colocado no sistema com o mesmo valor do comprimento da mangueira. Com o intuito de aprimorar o nível de informação inserida no sistema, o que ajudaria em muito a redução da divergência de estoque, a seguinte equação foi proposta para o novo cálculo do protetor espiralado:

$$L_{\text{Protetor}} = \frac{D_{\text{Mang. ext. Máx.}} \times \text{Comp}_{\text{mangueira}} \times 1,03}{D_{\text{nominal protetor}}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

L_{Protetor} = Comprimento a ser utilizado de protetor plástico espiralado

$D_{\text{Mang. ext. Máx.}}$ = Diâmetro externo máximo da mangueira

$\text{Comp}_{\text{mangueira}}$ = Comprimento da mangueira utilizado no conjunto montado

$D_{\text{nominal protetor}}$ = Diâmetro nominal do protetor aplicado

Para padronizar a aplicação dos protetores, a seguinte métrica foi utilizada:

- Protetor 900952-08: $13,2\text{mm} < D_{\text{mang. ext.}} < 14,6\text{mm}$
- Protetor 900952-10: $14,7\text{mm} < D_{\text{mang. ext.}} < 17,8\text{mm}$
- Protetor 900952-12: $17,9\text{mm} < D_{\text{mang. ext.}} < 24,0\text{mm}$
- Protetor 900952-16: $24,1\text{mm} < D_{\text{mang. ext.}} < 33,0\text{mm}$
- Protetor 900952-22: $33,1\text{mm} < D_{\text{mang. ext.}} < 39,5\text{mm}$
- Protetor 900952-30: $39,6\text{mm} < D_{\text{mang. ext.}} < 47,5\text{mm}$

Esses novos cálculos mostraram que o protetor 900952-6 estava sendo utilizado indevidamente e por isso não se encontra na padronização acima.

A tabela 3 é um exemplo da nova especificação do protetor plástico espiralado a partir do diâmetro externo da mangueira:

Cód. Mola Antigo	Part Number	Mangueira	Comp. De Corte da Mang.	Diam. Max Mang	Cod. Mola Novo
900952-06	446702A1	HC3000-4	0,126	13,2	900952-08
900952-06	86310541	HC3000-4	0,166	13,2	900952-08
900952-06	412147A1	HC3000-4	0,184	13,2	900952-08
900952-06	81966000	HC3000-4	0,186	13,2	900952-08
900952-06	86313525	HC3000-4	0,236	13,2	900952-08
900952-06	393594A1P	HC3000-4	0,25	13,2	900952-08
900952-06	82743100	HC3000-4	0,286	13,2	900952-08
900952-06	0082743000P	HC3000-4	0,3	13,2	900952-08
900952-06	82743100P	HC3000-4	0,35	13,2	900952-08
900952-06	0086315450P	HC3000-4	0,38	13,2	900952-08
900952-06	86315450P	HC3000-4	0,38	13,2	900952-08
900952-06	87421695P	HC3000-4	0,39	13,2	900952-08
900952-06	86302754P	HC3000-4	0,4	13,2	900952-08
900952-06	87249197	HC3000-4	0,406	13,2	900952-08
900952-06	87225584	HC3000-4	0,426	13,2	900952-08
900952-06	0087216984P	HC3000-4	0,44	13,2	900952-08
900952-06	87216984P	HC3000-4	0,44	13,2	900952-08
900952-06	81677600	HC3000-4	0,443	13,2	900952-08
900952-06	87225586P	HC3000-4	0,47	13,2	900952-08
900952-06	87225584P	HC3000-4	0,49	13,2	900952-08
900952-06	87227835	HC3000-4	0,506	13,2	900952-08
900952-06	0082704900P	HC3000-4	0,53	13,2	900952-08
900952-06	82704900P	HC3000-4	0,53	13,2	900952-08
900952-06	87256634P	HC3000-4	0,53	13,2	900952-08
900952-06	79101444	HC3000-4	0,566	13,2	900952-08
900952-06	87238307P	HC3000-4	0,57	13,2	900952-08
900952-06	451180A1	HC3000-4	0,571	13,2	900952-08
900952-06	446701A1	HC3000-4	0,584	13,2	900952-08

Tabela 3 – Tabela de aplicação dos protetores plásticos

A partir da tabela 3, foi calculado o novo comprimento de protetor necessário bem como o alterado o código do protetor para que ele fosse utilizado de uma melhor forma.

3.5.7 Análise quantitativa (Recebimento)

Antes de começar o projeto, não tinha como mensurar a quantidade entregue pelo fornecedor e para que fosse realizada uma análise quantitativa sobre o material entregue pelo fornecedor, o departamento de recebimento para seguir a orientação fornecida pela Engenharia, descrita em nosso desenho.

Foram confeccionadas barras com um metro, para cada código de produto, cada qual na medida nominal do diâmetro interno de cada protetor.

Os protetores plásticos são montados nas barras com os elos justapostos (Figura 18), cortados, pesados e utilizando do recurso da nossa balança no setor de recebimento são transformados os pesos em metros (Figura 19).

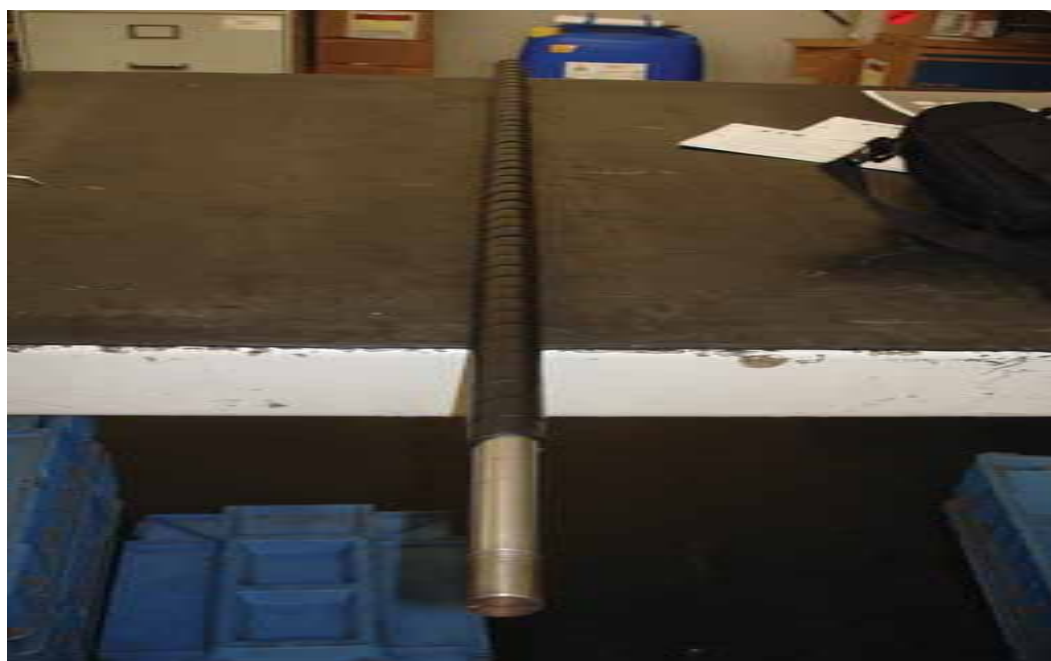


Figura 18 – Um metro de protetor plástico revestindo uma barra com seu diâmetro nominal

O peso de um metro de mola de cada part number, será a referência para que sejam feitas medidas as quantidades entregues pelo fornecedor (Figura 19).

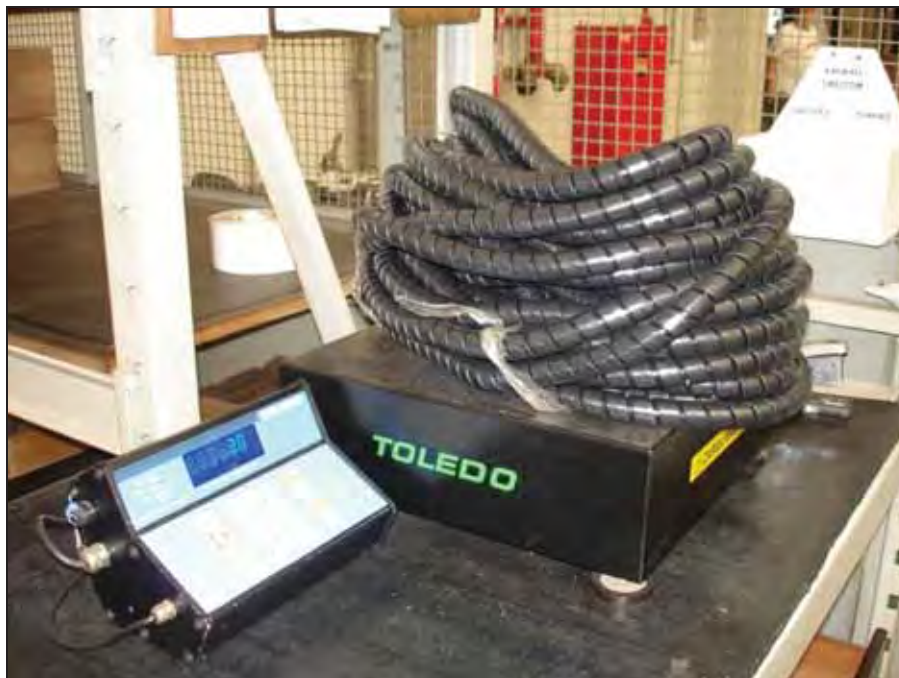


Figura 19 – Rolo de protetor plástico sendo pesado

Dessa forma, tem-se um maior controle da quantidade recebida de nossos fornecedores e também facilita a operação uma vez que o operador não precisará esticar o protetor pelo chão para medi-lo, sendo que ao esticar o protetor pelo chão, como os elos não estavam corretamente justapostos não se tem como realizar a medida com precisão.

3.5.8 Análise quantitativa (Scrap de montagem)

Assim como no departamento de recebimento, a célula de montagem de conjuntos montados com protetor plástico espiralado não tinha um método para medir e apontar os protetores que eram descartados, sendo que todo o descarte de protetores era misturado e descartado sem uma análise quantitativa adequada (Figura 20).



Figura 20 – Descarte de protetores descontrolado

Para que fosse realizada uma separação correta e uma análise quantitativa adequada, foram adaptados seis coletores plásticos um para cada part number, para receberem o “*scrap*” gerado dentro de cada turno (Figura 21).



Figura 21 – Tambores para descarte adequado dos protetores plasticos

Também foi elaborada uma planilha que é preenchida pelos operadores, onde são lançados os dados de “*scrap*” gerados por turno de trabalho (Tabela 4), bem como foi criada uma instrução de trabalho para melhor orientar os operadores como proceder no descarte dos protetores plásticos (Figura 22).

O procedimento acima ajudou no controle de descarte, bem como na reutilização das pontas descartadas em conjuntos menores, podendo juntar até duas pontas unidas por fita preta, eliminando assim o descarte descontrolado e o desperdício.

3.5.9 Montagem do protetor na mangueira

Hoje o sistema de medição e corte dos protetores plásticos se mostra ineficiente para atender principalmente à demanda dos itens de maiores volumes.

Para realizar o corte e a colocação do protetor plástico, operador tem que juntar todos os elos da mola dentro de uma calha até atingir o comprimento especificado pela estrutura do conjunto (Figura 23), depois cortar o protetor na guilhotina que está acoplado a calha (Figura 24).



Figura 23 – Calha escalonada para corte do protetor plástico



Figura 24 – Guilhotina de corte de protetores plásticos espiralados

Apenas depois de cortar o protetor em um tamanho maior do que a ser utilizado, a montagem dos protetores plásticos nos conjuntos de mangueira mais conexões era realizada, sendo que a ponta que sobrar de cada protetor será descartada (Figuras 25 e 26).



Figura 25 – Aplicação do protetor com a mangueira rotacionando e uma ferramenta que enrola o protetor plástico na mangueira



Figura 26 – Corte da ponta a ser descartada

3.5.10 Novo método de montagem e corte do protetor na mangueira

Estamos propondo um novo método para colocação de molas para evitarmos corte excessivos, otimizarmos o tempo na colocação dos protetores e gerar menos “scrap”.

O método consiste em instalar tubos de PVC suspensos por pedestais circulando toda célula, em pontos estratégicos onde os protetores serão inseridos pelo operador no início da operação (Figura 27).

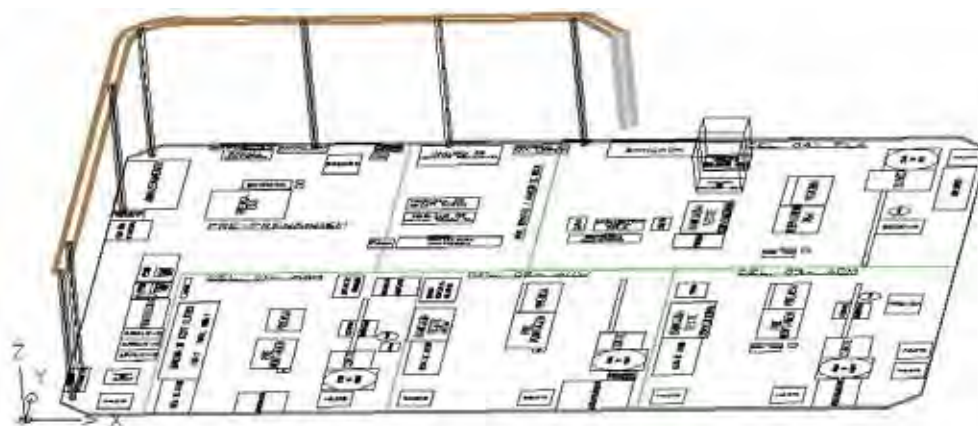


Figura 27 – Exemplo de calha para montagem dos protetores

A colocação e corte da mola será realizado diretamente no conjunto eliminando a operação de medir e cortar que é realizada antes de montar o protetor no conjunto, reduzindo o tempo de montagem e também a quantidade de “scrap”.

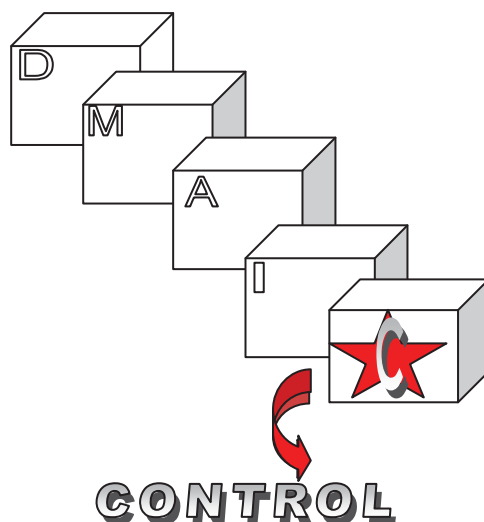


Figura 28 – Início da etapa de controle

3.5.11 Controle

Definimos alguns itens a serem controlados para o sucesso do projeto:

- Toda entrega feita pelo fornecedor deve ser mensurada 100 % conforme método de utilização das barras padrão e subsequente pesagem para definição da quantidade recebida. Como o tubo que é matéria prima tem espessura irregular, foi decidido que toda nova entrega será acompanhada de um novo peso padrão.

- Os operadores devem ser orientados sobre a nova instrução de trabalho para o preenchimento da ficha de *scrap* (Tabela 4), onde será necessário um treinamento de todos os envolvidos no processo para que não hajam desperdícios e o descarte de *scrap* deve ser feito nos recipientes apropriados conforme o código do protetor plástico.

- A ficha de *scrap* (Tabela 4) deve ser preenchida no início da operação e o *scrap* apontado no final de cada turno utilizando o peso padrão específico para cada código

de produto que será fornecido pelo departamento de recebimento sempre que houver um novo recebimento.

- Toda e qualquer mudança na quantidade utilizada dos protetores deve ser informada ao líder de produção, anotado na ordem de trabalho para que possa ser dada baixa do estoque corretamente e informar o departamento de engenharia para que se possa modificar a estrutura e nas próximas produções seja dada baixa correta no sistema do produto utilizado.

3.5.12 Revisão do FMEA

A Figura 29 nos traz o FMEA do produto revisado, onde as melhorias propostas nos mostra reduções na ocorrência de algumas falhas, bem como melhorias na detecção de cada ocorrência, mostrando maior controle no recebimento, aplicação consumo e descarte do protetor plástico espiralado.

As ações recomendadas foram todas implementadas justificando as reduções de valores no FMEA. Nesse ponto é importante lembrar que no FMEA revisado não podemos encontrar alterações nos valores de severidade, pois estes devem manter-se ao menos que seja alterado significativamente o processo ou mesmo a característica do produto.

Análise dos Modos e Efeitos de Falha Potencial (FMEA de Processo)										Num. do FMEA : 1		Pág: 1/jan					
Item: <u>Protetor Plásticos Espiralado</u> Process Responsibility: Evanildo J. Soares					Preparado por: Evanildo J. Soares					FMEA (início): 31-10-2008		Ultima revisão: A					
Descrição: <u>Evanildo / Vasco / Eli / Ricardo Meneghel / Libera Sena / Anderson</u>					Revisão: B												
Observação:																	
Função do Processo / Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial da Falha	S e v e r	C i a s s	Causa e Mecanismo Potencial da Falha	O c o r r	Controles Atuais do Processo (Prevenção)	Controles Atuais do Processo (Detecção)	D e t e c	N . P . R	Ações Recomendadas	Respons. e Prazo	Resultados da Ação				
													Ações Tomadas	S e v e r	O c o r r	D e t e c	N . P . R
Montagem	Material misturado	Atrasa a montagem	6	-	Mal armazenamento do produto	3	Visual	Visual	6	108	Criar locais separados para cada item	Mariana e Vasconcelos 15/06/09	Criou-se Gaiolas separadas para armazenagem	6	3	4	72
		Ocasional erro na montagem	6	S	Produtos semelhantes no mesmo local	3	Visual	Visual	6	108	Criar KANBAN	Libera Sena 17/09/09	KANBAN com locais separados	6	2	4	48
	Material inadequado ou errado	Aumenta o consumo	6	CR	Utilização do protetor incorreto	8	Visual	Conforme estrutura do produto	7	336	Analisar todas as estruturas de conjuntos que utilizam protetores Plásticos	Ricardo Meneghel 30/10/2008	Executou-se uma revisão em todo o sistema de itens que utilizavam protetores plástico	6	3	6	108
		Altera a estrutura	6	CR	Erro na estrutura e no processo	8	Visual	Consulta a estrutura do produto	7	336				6	2	4	48
	Fora do comprimento	Erro no Set up Scrap em excesso	7	S	Sistema de corte e medição inadequado.	5	Guilhotina para corte e escala métrica para medição	Visual	6	210	Criar novo sistema para colocação e corte das molas	Evanildo e Anderson		7	3	3	63
	Excesso de Scrap	Modo de corte e medição inadequados	7	CR	Sistema de corte e medição e corte inadequado.	6	Guilhotina para corte e escala métrica para medição	Visual	6	252			7	3	5	105	
Recebimento	Material errado	Ocasional atraso por devolução ou falta do produto	6	I	Separação incorreta no fornecedor	3	Nenhum	Visual	8	144	Criar quadro comparativo	Evanildo Soares		6	2	6	72
	Quantidade divergente	Diferença no estoque. Falta de material. Parada de linha.	7	CR	Falta de um método quantitativo	6	Nenhum	Nenhum	5	210	Criar barras padrão com peso específico para análise quantitativa com pesagem em balança	Evanildo e Anderson 15/09/2009	Confeccionou-se Barras padrão para análise quantitativa.	7	4	4	112
PCP	Entrega não atende necessidade	Atraso na montagem	2		Quantidade em estoque insuficiente	2	MRP	MRP	4	16	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	2	2	4	16
	Não comprimento do prazo de entrega	Falta de material	2		Quantidade em estoque insuficiente	2	MRP	MRP	7	28	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	2	2	4	16
			CR - CARACTERISTICA CRITICA			S - CARACTERISTICA SIGNIFICATIVA			I - CARACTERISTICA IMPORTANTE								

Figura 29 – FMEA revisado

4. RESULTADOS

A Tabela 5 mostra a divergência do ano 2008 de mais de 57.000 metros de protetores plásticos, gerando um desperdício de mais de R\$ 87.000 na soma de todos os part numbers.

Com as ações executadas em 2009 o YTD acumulado apresentou 4000 metros de divergência até o inventário de 2009 e após o inventário o índice vem se mantendo em zero metros (não houve divergência).

Bitola	Item	Divergência 2008	valor unitário	valor total	Item	Divergencia Agosto 2009	Valor Total antes do Inventário	Gainho
6	900952-6	24.786,34	0,98	24.290,62	*****			24.290,62
8	900952-8	476,716	1,35	643,57	H900952- 8	1.047,00	1.413,45	-769,88
10	900952-10	16.068,10	1,31	21.049,21	H900952-10	85,38	111,85	20.937,36
12	900952-12	6484,301	1,98	12.838,92	H900952-12	2.094,65	4.147,41	8.691,51
16	900952-16	6.163,21	2,53	15.592,92	H900952-16	408,30	1.032,99	14.559,93
22	900952-22	3.099,74	3,51	10.880,10	H900952-22	0,00	0,00	10.880,10
30	900952-30	478,78	4,28	2.049,18	H900952-30	407,30	1.743,24	305,93
		57.557,19	R\$	87.344,50		4.042,63	8.448,94	78.895,57

Tabela 5 – Divergência antes e depois do estudo

Dessa forma, a figura 30 que traz uma comparação entre a divergência de estoque por metro de protetor plástico espiralado entre os anos de 2008 e 2009, onde nota-se uma diminuição significativa da divergência. Os níveis de divergência foram levados a quase zero, demonstrando que agora temos um processo controlado e eficiente. Também é notada a diminuição da capacidade de variação do estoque, mais uma evidência do controle atual de estoque e do processo de montagem mais linear, com dados de registro mais próximos do consumo real.

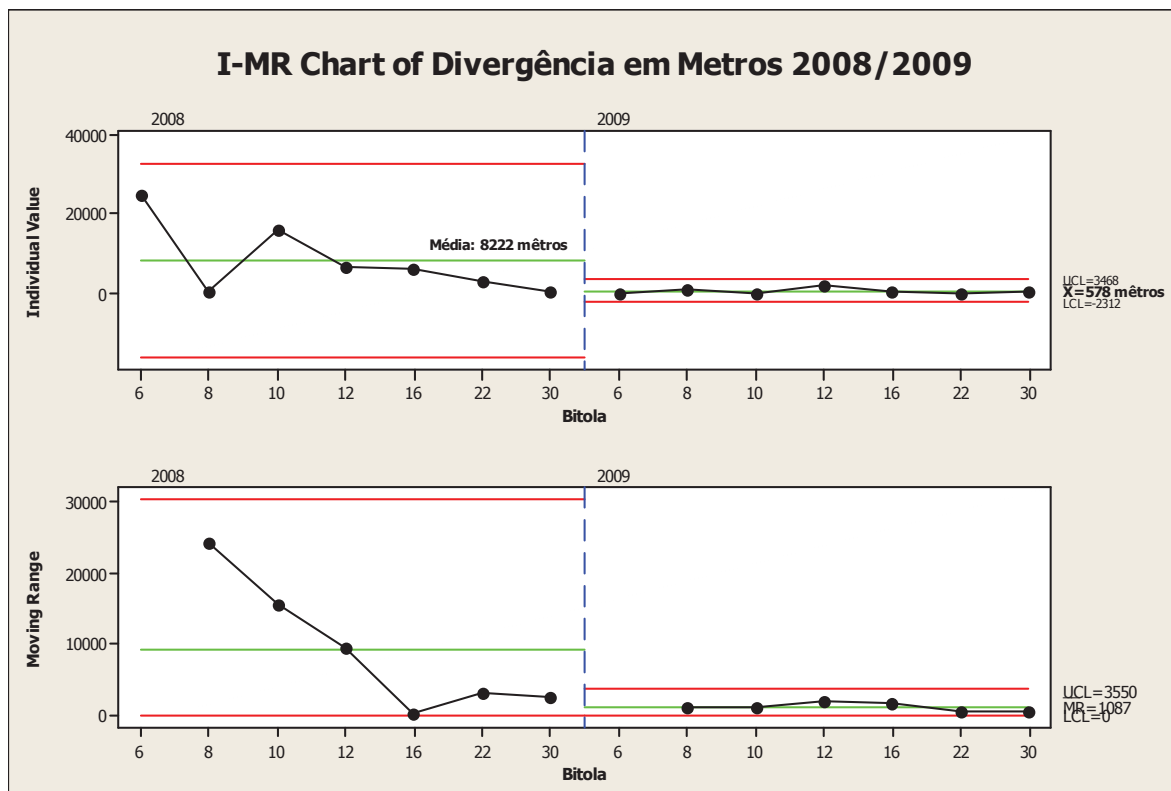


Figura 30 – Gráfico de divergência por metros comparando o ano de 2008 com o ano de 2009

5 CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou uma significativa melhora no controle de todo o processo de protetores plásticos espiralados, onde a seguir podemos ver comentários a respeito dos objetivos propostos.

A redução da divergência entre estoque o físico e os números do sistema são observadas na Figura 30. A variação entre o real e o sistema foi reduzida e é melhor controlada.

O descarte de conjuntos montados de mangueira, conexões e protetor plástico espiralado foi reduzido a zero. Como antes não havia nenhum controle de motivo de *scrap* não temos um estudo comparativo, porém como a aplicação do protetor plástico espiralado está mais folgada, não notamos mais o aumento do comprimento do conjunto montado após a aplicação do protetor plástico espiralado.

Os fretes especiais também não possuem controle do motivo que gerou o frete, porém referente a falta de protetor plástico espiralado no estoque não gera mais fretes

extras pois o estoque de segurança gerado pelo sistema da empresa é maior do que a variação encontrada na Figura 30.

As pontas geradas pelo processo, que também não eram mensuradas antes do estudo, diminuíram drasticamente com a implementação da calha de aplicação dos protetores e a reutilização de pontas em conjuntos montados menores. A separação das pontas por part number ajuda muito os operadores a identificar facilmente o recipiente onde eles devem procurar pontas a serem reutilizadas.

O consumo de protetor plástico espiralado foi reduzido em grandes quantidades, uma vez que sua aplicação mais folgada consome menos protetor por metro e a variação de custo do item de maior diâmetro não é significativa.

Sendo assim, o objetivo geral que é a verificação da eficiência da metodologia Seis Sigma fica evidente, dando maior controle ao processo e proporcionando um banco de dados confiável a ponto de não ocorrerem mais problemas de falta de componente e conseqüente atraso de entrega para nossos clientes.

Deixo também sugestões para trabalhos futuros, como um estudo para aplicar o protetor plástico espiralado antes da prensagem das conexões na mangueira que reduziria bastante o tempo de montagem de um conjunto montado.

Outra proposta é calcular uma média dos valores de peso padrão encontrados nos últimos recebimentos que possa ser um valor fixo, facilitando a conferência do item por parte do departamento de recebimento.

Mais duas propostas seriam controlar o motivo de descarte de peças do processo (ex: diâmetro de prensagem abaixo do especificado, mangueira furada vazou no teste, falta de rosca na conexão macho e etc.) e também controlar o motivo dos fretes extras, direcionando os mesmos a estudos mais específicos para a redução desses fretes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2001 p. 501 – 503.

ARIENTE, M et al. **Processo de mudança organizacional: estudo de caso Seis Sigma**, 2002. Disponível em :

www.fae.edu/publicações/pdf/revista_da_fae_v8_n1/rev_fae_v8_n1.pdf

Consultado em: 30 jul 2011

CAMPOS, M. S. **Em busca do padrão Seis Sigma**. Revista Exame, N.689, ano 32 n° 11, jun. 1999.

CAMPOS, M. S. **Seis sigma – presente e futuro**, 2002. Disponível em :

<http://www.siqueiracampos.com/artifdo.htm>. Consultado em: 30 jul 2011.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2001. p.89-93.

DIAS, M. P. **Administração de materiais- edição compacta- resumo da teoria, questões de revisão, exercícios, estudo de casos**. 3. ed. São Paulo, 1990. p. 164-169.

ECKES, G. **A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro.** Tradução: Dr. Reynaldo Cavalheiro Marcondes. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

FAVARETTO F. **Uma proposta de Sistematização para implementação integrada de sistemas de planejamento fino da produção.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996. p.111.

FONSECA L.R.P. **As novas estratégias logísticas,** 2007. Disponível em: <http://www.guiadelogistica.com.br>. Consultado em 10 de Julho de 2011.

GODOY, M. H. C. **Brainstorming.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

HEHN, H.F. **Peopleware: Como trabalhar o fator humano nas implementações de sistemas integrados de informação (ERP).** São Paulo: Gente, 1999.

KARATSU, H. IKEDA, T. **Mastering the Tools of Learning through Diagrams and Illustrations.** PHP Institute. INC. Tokyo, 1985.

KLEFSJÖ, B.; WIKLUND, H.; EDGEMAN, R.L. **Six Sigma Seen as a Methodology For Total Quality Management.** Measuring Business Excellence, v.5, nº 1, 2001.

LAUDON, C.K. ; LAUDON, P.J. **Sistemas de informação gerenciais: administrando a empresa digital**. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004. p. 4-30.

LYNCH, D. P. CLOUTIER, E. T. **5 steps to success**. ASQ Six Sigma Forum Magazine. Milwaukee: v. 2, n. 2, 2003 p. 27-33.

MACHLINE, C.; AMARAL JÚNIOR, J.B.C. **Avanços Logísticos no Varejo Nacional: O Caso das Redes de Famácias**. RAE-Revista de Administração de Empresas. P.65-71, out.dez 1988.

MARTINS P.G.; LAUGENI F.P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2003. P.29-30.

PANDE P.S.; NEUMAN R. P.; CAVANAGH R. R. **Estratégia Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PFAFF B. **Inventory Management**. IIE Solutions USA, 1999. V.31; n.12; p.29.

PITASSI C.; LEITÃO S.P. **Tecnologia de Informação e Mudança. Uma abordagem crítica**. RAE- Revista de Administração de Empresas. V.42, n.2, p.78-85, jun 2002.

STOCK, G.N.; GREIS, NP.; KASARDA, J.D **Logistics, strategy and structure: A conceptual framework**. *International Journal of Operations & Production Management*, 1998. V.18, n.1, p. 37-52.

ROTONDARO, R. G. Seis Sigma - Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

WALTON, R.E. Tecnologia de Informação – O uso de TI pelas empresas que obtém vantagem competitiva. São Paulo, Atlas, 1998.

WERKEMA; C. Criando a cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WILSON, M. P. Estratégia Seis Sigmas: Melhorando o local de Trabalho. São Paulo: Atlas, 1997.

YIN, R. K. Estudo de Caso – Planejamento e Métodos. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2001.