

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

FERNANDO RUIZ VELOSO

**SEIS SIGMA E SUAS APLICAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA DO MERCOSUL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2016

FERNANDO RUIZ VELOSO

**SEIS SIGMA E SUAS APLICAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA DO MERCOSUL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina TCC2, do curso de Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. MSc. Luiz Otávio Corrêa

CORNÉLIO PROCÓPIO
2016

RESUMO

VELOSO, Fernando. **Seis sigma e suas aplicações: um estudo de caso em uma empresa do mercosul**. 2016. 63 f Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Industrial Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

Este trabalho é resultante de um levantamento teórico-prático de como o método de aferição de qualidade chamado de Seis Sigma pode ser implantado em um determinado processo produtivo de uma empresa de fios e cabos elétricos. O objeto de estudo escolhido foi o segmento de produção carro-chefe em vendas da empresa, os cabos de cobre multifilares de 1, 2 e 4 mm quadrados. Propõe uma revisão bibliográfica na qual se discute os conceitos de qualidade abordando suas fases históricas, dando destaque ao modelo Seis Sigma e às características de sua implantação utilizando-se como um modelo metodológico referencial a ferramenta DMAIC. Tais conceitos serviram para embasar o estudo de caso realizado em uma empresa líder de mercado do Paraguai, especializada na produção de fios e cabos elétricos.

Palavras-chave: Qualidade. Seis Sigma. Controle de Processos. Gestão da qualidade.

ABSTRACT

VELOSO, Fernando. **Seis sigma e suas aplicações: um estudo de caso em uma empresa do mercosul**. 2016. 63 f Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Industrial Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

This academic work is the result of a theoretical and practical assessment of how the quality measurement method called Six Sigma can be appropriated to become in more competitive a specific production process of a wireless company and electric cables. The chosen object of study was the flagship production segment in the company's sales, stranded copper cables of 1, 2 and 4 mm square. It proposes a literature review in which it discusses the concepts of quality approaching its historical stages, highlighting the Six Sigma model and the characteristics of its implementation using as a methodological model reference the DMAIC tool. These concepts served to support the case study in a leading company in Paraguay, specializes in producing wires and cables

Keywords: Quality. Six Sigma. Process Control. Quality Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição normal no final de amostragem	26
Figura 2 – Ajuste na curva de distribuição normal	26
Figura 3 – Matéria prima de cobre 8mm de diâmetro	31
Figura 4 – Matéria prima PVC	32
Figura 5 – Matéria prima PVC com colorante	32
Figura 6 – Máquina extrusora dos fios de cobre	35
Figura 7 – Projetor de perfil.....	36
Figura 8 – Produto acabado – cabo multifilar de 4mm	37
Figura 9 – Cestos de cobre com 1200 quilogramas	38
Figura 10 – Bobina 7 fios com diâmetro 0,385mm	39
Figura 11 – Pesos nominais dos cabos multifilares	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Significado da escala sigma	25
Tabela 2 – Quantidades de produção anual de cabos de 1,2 e 4mm ²	51
Tabela 3 - Total produzido em quilogramas dos cabos de 1,2 e 4mm ²	52
Tabela 4 – Totais de não-conformidades para cabos de 1mm ² ano 2013.....	52
Tabela 5 – Totais de não-conformidades para cabos de 2mm ² ano 2013.....	53
Tabela 6 – Totais de não-conformidades para cabos de 4mm ² ano 2013.....	53
Tabela 7 – Totais de não-conformidades para cabos de 1mm ² ano 2014.....	56
Tabela 8 – Totais de não-conformidades para cabos de 2mm ² ano 2014.....	57
Tabela 9 – Totais de não-conformidades para cabos de 4mm ² ano 2014.....	58
Tabela 10 – Totais de não-conformidades para cabos de 1mm ² ano 2015.....	59
Tabela 11 – Totais de não-conformidades para cabos de 2mm ² ano 2015.....	60
Tabela 12 – Totais de não-conformidades para cabos de 4mm ² ano 2015.....	61
Tabela 13 – Totais de não-conformidades dos cabos 1,2 e 4mm ²	62
Tabela 14 – Percentuais de Taxa de Erro (TE) de 2013 a 2015.....	62
Tabela 15 – DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades) de 2013 a 2015..	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Totais de não-conformidades do cabo 1 mm ² em 2013.....	53
Gráfico 2: Totais de não-conformidades do cabo 2 mm ² em 2013.....	54
Gráfico 3: Totais de não-conformidades do cabo 4 mm ² em 2013.....	55
Gráfico 4: Totais de não-conformidades do cabo 1 mm ² em 2014.....	56
Gráfico 5: Totais de não-conformidades do cabo 2 mm ² em 2014.....	57
Gráfico 6: Totais de não-conformidades do cabo 4 mm ² em 2014.....	58
Gráfico 7: Totais de não-conformidades do cabo 1 mm ² em 2015.....	59
Gráfico 8: Totais de não-conformidades do cabo 2 mm ² em 2015.....	60
Gráfico 9: Totais de não-conformidades do cabo 4 mm ² em 2015.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 JUSTIFICATIVA	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 CONCEITOS E HISTÓRIA EM TORNO DA QUALIDADE	11
3.1.1 O controle estatístico da qualidade e o controle de processos da indústria	13
3.1.2 A importância do capital humano no conceito da qualidade	15
3.1.3 Introdução aos métodos de qualidade total	16
3.1.3.1 O método dos 5S	17
3.1.3.2 O <i>lead time</i>	19
3.1.3.3 O pensamento enxuto ou <i>lean thinking</i>	20
3.1.3.4 O seis sigma	22
4 DESEMPENHO DA PRODUÇÃO: AVALIANDO AS PERDAS	25
5 OS OBSTÁCULOS NA IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMAS DA QUALIDADE	28
6 O PROCESSO PRODUTIVO DE CABOS MULTIFILARES	30
6.1 A MATÉRIA PRIMA	30
6.2 O PROCESSO PRODUTIVO DO FIO DE COBRE	33
6.3 A VELOCIDADE DE FABRICAÇÃO DE CADA ETAPA PRODUTIVA	37
7 A EMPRESA EM ESTUDO	42
8 METODOLOGIA	44
9 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE DADOS	47
9.1 DEFINIR: DELIMITAÇÕES DO PROJETO	47
9.2 INDICADORES PARA MEDIR A VARIÁVEL DO PROJETO	48
9.3 ANALISES DAS QUANTIDADES DE ERROS DE 2013 A 2015	50
9.3.1 Não-conformidades encontradas no ano de 2013	52
9.3.2 Não-conformidades encontradas no ano de 2014	55
9.3.3 Não-conformidades encontradas no ano de 2015	59
10 CONCLUSÃO	64
11 REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Há muitos anos que as empresas se preocupam com a qualidade e a uniformidade de seus produtos produzidos. Depois da segunda guerra mundial percebeu-se que essa padronização e uniformidade no processo produtivo, além de melhorar a qualidade do produto final, gerava uma economia de custos e uma maior satisfação do cliente.

As economias com os gastos foram devidas as diminuições obtidas com os retrabalhos e reprocessamentos dos produtos produzidos. Para eliminar esses custos o objetivo foi alcançar o mínimo de defeito ou variação dentro do processo produtivo. Juntamente com essa tentativa de eliminação dos erros produtivos surgem as ferramentas de controle da qualidade do processo as quais ajudaram, e muito, as fábricas a produzirem produtos mais similares e com um maior padrão de qualidade.

Por consequência dessa mudança na filosofia de produção, os clientes que adquiriam esses produtos com alto padrão de qualidade se sentiam mais satisfeitos pois tiveram suas necessidades atendidas. E com todas essas vantagens adquiridas, é possível encontrar relatos de aumento nas margens de lucro e faturamento das empresas que adotaram esses sistemas de controle estatístico.

Vale ressaltar aqui que, na visão dos estudiosos dos assuntos que abordam a qualidade, as empresas que não se preocuparem com a implantação de altos padrões de qualidade em seus processos deixam de ser competitivas frente a um mercado cada vez mais exigente.

Diante deste contexto apresentado, este trabalho procurou identificar, através da ferramenta Seis Sigma aplicada no ciclo DMAIC, quais as quantidades de desperdícios geradas pelo processo produtivo dos cabos de cobre multifilares, no período de 2013 a 2015, comparadas à escala DPMO (Desfeitos por Milhão de Oportunidades) de uma indústria paraguaia, líder de mercado, fabricante de fios e cabos de cobre.

1.1 JUSTIFICATIVA

A escolha do assunto se deu pela intenção do autor em investigar mais especificamente, alguns conceitos teóricos sobre qualidade absorvidos durante o curso de graduação em Engenharia Industrial Mecânica. Nesse sentido, houve a escolha pela ferramenta Seis Sigma, pelo fato de ser reconhecida por alguns autores do assunto, como uma das ferramentas mais modernas na aplicação dos conceitos de controle de qualidade.

Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico disponível sobre os diversos estudos realizados em torno do tema da qualidade total. E combinado a isso, o autor teve a oportunidade de realizar o estágio de conclusão de curso em uma empresa localizada no Paraguai, que presidida por um engenheiro brasileiro, também buscava avaliar quais eram os gargalos dos seus processos produtivos de fabricação de fios e cabos elétricos.

Para melhor atingir os resultados, será utilizada a metodologia científica de Estudo de Caso, por ser este um método que possibilita a investigação de uma situação real para que se compare com a literatura no sentido de comprovar ou não a eficácia de tais métodos e estudos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar como a teoria do Seis Sigma pode contribuir para a melhoria da competitividade de um segmento de produção de cabos multifilares em uma empresa do mercosul

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.2.1 Fazer um levantamento dos principais estudos teóricos já desenvolvidos sobre a teoria do seis sigma;
- 2.2.2 Descrever os processos produtivos da empresa em estudo para os fios de cobre multifilares de 1, 2 e 4 milímetros;
- 2.2.3 Comparar os resultados anuais de produção do objeto em estudo nos anos de 2013, 2014 e 2015 ;
- 2.2.4 Analisar à luz da teoria levantada sobre gestão da qualidade, qual é o modelo de gestão de controle da qualidade atualmente praticado na empresa estudada;
- 2.2.5 Identificar e avaliar, dentro dos relatórios fornecidos pela empresa, quais as quantidades de erros e retrabalhos gerados pelo processo ao longo do período de um ano da produção dos cabos multifilares de 1,2 e 4 milímetros;
- 2.2.6 Adaptar os dados levantados na sequência proposta pela ferramenta DEMAIC;
- 2.2.7 Identificar quais serão as implicações na implementação de um programa Seis Sigma para a empresa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONCEITOS E HISTÓRIA EM TORNO DA QUALIDADE

Vários estudos que abordam as definições e aplicações da gestão da qualidade, sempre acabam por destacar a importância da origem histórica do conceito da qualidade como é conhecido hoje. Esta “disciplina” (grifo do autor), por assim dizer, começa a ser mais aplicada e difundida no período da Segunda Guerra Mundial. Nesta época, já se buscava uma certa garantia de qualidade dos produtos a partir da manutenção das mesmas características evitando, com isso, a existência de defeitos. (FARIA, 2015).

Uma vez que a rápida ampliação dos volumes produzidos, impulsionada pela era da industrialização, começa a impor um ritmo mais acelerado às fábricas surge a necessidade de se diminuir a quantidade de defeitos. Assim, é possível perceber a presença de uma nova função dentro das fábricas a dos inspetores da qualidade que, em um primeiro momento, eram responsáveis por avaliar produto por produto (FARIA, 2015).

Segundo Garvin (2002 apud MARSHALL JUNIOR *et al.*, 2013 p. 16) foi a condição da produção em massa e a necessidade de se produzir peças “*intercambiáveis*” que fez surgir a atividade formal de inspeção. Os autores ainda complementam dizendo que: “As atividades de inspeção se transformaram rapidamente em um processo independente e associado ao controle da qualidade” e que tal função manteve-se inalterada por muito tempo, sendo praticada sem procedimentos metodológicos cujos resultados colhidos eram parciais e por amostragem (GARVIN apud MARSHALL JUNIOR *et al.*, 2013, p. 17).

Já na década de 50, após perder a guerra, os japoneses tinham dívidas para pagar e então começaram a investir nas suas indústrias. Como dependiam das exportações para conseguir tudo o que necessitavam, se viram em um desafio de vender tudo o que conseguiam para o mercado estrangeiro por um preço mais barato, mas com uma qualidade igual à de seus concorrentes.

Neste contexto histórico surge um novo e renomado estudioso da qualidade W. E. Deming, que posteriormente foi o responsável por implantar novos

conceitos de produtividade e qualidade, cujo foco era reduzir os níveis de variação da qualidade por meio de controles estatísticos (MARSHALL JUNIOR *et al.*, 2013).

Os japoneses trabalhavam com uma técnica diferenciada de preço dos americanos. Enquanto para os ocidentais o preço era dado por custo mais a margem de lucro, para os orientais custo era igual a preço menos a margem de lucro. Essa diferenciação se dava ao fato de os japoneses trabalharem com um orçamento fixo, e então a produção tinha que se adequar a esse orçamento. Para que isso pudesse acontecer foi necessário que se criasse métodos para eliminar desperdício, tempo ocioso, troca de ferramenta, contaminação, estoques em produção, estoques em trânsito, defeitos, falhas e inspeções (FARIA, 2015).

Neste contexto, muda-se o foco de encontrar produtos defeituosos e passa-se eliminar ao máximo os defeitos na fabricação de seus produtos. Assim surgem os métodos de controle de qualidade e os responsáveis por essa revolução japonesa de qualidade foi um grupo formado pela JUSE (*Union of Japanese Scientist and Engineers*) e os estatísticos W. E. Deming, Shewhart, Kaoru Ishikawa e Joseph M. Juran (MARSHALL JUNIOR *et al* 2013; FARIA. 2015).

Posteriormente vieram os conceitos de “*Total Quality Control*” de Armand V. Feigenbaun e “*defeito-zero*” de Philip B. Crosby que também formam o grupo de estudiosos que contribuíram para que as empresas conseguissem utilizar, com mais eficácia, de controles estatísticos para melhorar os processos produtivos. Vale ressaltar o conceito de controle de qualidade de Feigenbaun (1961 apud MARSHALL JUNIOR *et al* 2003 p. 21) que defende que a verdadeira eficácia só será alcançada quando “[...]o controle começar pelo projeto do produto e só terminar quando o produto tiver chegado às mãos de um freguês que fique satisfeito”.

O último grande passo na história da qualidade foram as chamadas “normalizações”. No final da década de 80 surge a ISO 9000 como um sistema de garantia de qualidade para a obtenção da qualidade total. Assim, as indústrias passaram a adotar sistemas e ferramentas que estudavam melhorar o desempenho e eficiência de seus processos para diminuir erros e retrabalhos, além de diminuir o tempo de produção de um certo produto, mas mantendo sempre a mesma qualidade.

A qualidade, portanto, passa a assumir seu papel fundamental, pois pode ser vista como meio para a melhoria contínua, buscando estar sempre em conformidade com os requisitos e adequação ao uso, observados em critérios como: custo, controles internos e prazos, dentre outros.

Discutindo sobre as interpretações pelas quais o conceito de qualidade apresenta Reali (2004) coloca que:

Entendemos que a qualidade total é nada menos que uma filosofia, uma preocupação de todas as pessoas envolvidas no ciclo produtivo, que deixa de ser uma atividade puramente operacional, para ser uma atividade de atendimento das necessidades e expectativas do consumidor. Não se limita ao produto bem feito, mas abrange o processo de melhoria contínua, o que, individualmente, traduz-se com a constante aprendizagem e mudança de comportamento mediante reavaliação das ações e também, em especial, a administração desta melhoria. Um aspecto a ser ressaltado é a necessidade de engajamento de todos os participantes do ciclo produtivo, pois se qualquer um pode prejudicar o ciclo, então todos têm o poder de contribuir positivamente. O sucesso da implementação da gestão pela qualidade total é decidido ao nível das minúcias, dos detalhes. Cada participante tem que ter em mente muito claramente a missão que lhe incumbirá e suas etapas de desdobramento e também o seu cliente, seja interno ou externo (REALI J.L.S. 2004).

Ainda explorando o tema, Garvin (2002 apud ROCHA, A. *et al.* 2014) criou um conceito de qualidade que por ser contemporâneo obteve uma boa aceitação para os estudiosos do assunto. Para ele, a forma de se pensar a qualidade sofreu influências após a Revolução Industrial e apresentou quatro fases históricas importantes “[...] Inspeção, Controle estatístico da qualidade, Garantia da qualidade, Gestão estratégica da qualidade”.

3.1.1 O controle estatístico da qualidade e o controle de processos da indústria

Para efeito de trazer um aprofundamento maior para cumprir com os objetivos deste trabalho, buscou-se referências teóricas que discutissem sobre o controle estatístico da qualidade.

A competitividade imposta pela era industrial acaba também por impulsionar a busca para tornar a qualidade mais efetiva na produção. Para isso foi necessário que as empresas lançassem mão de estudos científicos voltados para as questões da qualidade. As funções e atividades desenvolvidas em torno da inspeção da qualidade podem ser vistas como uma mola propulsora para a criação do conceito

da qualidade.

Uma vez constatado que os métodos de inspeção não eram muito eficientes, logo foram substituídos por técnicas estatísticas de controle da qualidade. Neste sentido, o controle da qualidade limitava-se às atividades de contagem, classificação pela qualidade aos reparos deixando a responsabilidade da solução de problemas fora do setor de inspeção. Neste contexto, surge um dos teóricos referenciados mundialmente e cuja obra preocupa-se em trazer um caráter científico à prática da qualidade.

Walter Andrew Shewhart ficou conhecido como o pai do controle estatístico da qualidade, por implantar controles estatísticos que são utilizados até hoje, como o caso do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*). Sua trajetória de sucesso começou em 1931, com a publicação da obra *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, cuja proposta foi a aplicação de procedimentos estatísticos no controle de qualidade de processos produtivos. (WIKPEDIA, 2015). A partir daí é possível considerar que as questões em torno da qualidade foram levadas definitivamente para dentro dos processos de fabricação e dessa forma assume um conceito, como colocam Marshal Junior *et al* (2013 p 15):

[...] espontâneo e intrínseco a qualquer situação; no entanto, sua interpretação e a adequação de técnicas e metodologias devem ser adaptadas ao tipo de “produto” que estamos analisando: processos, requisitos técnicos, serviços ou atendimento, design de um produto ou concepção de um sistema de gestão.

Além de Shewart o estatístico W. E. Deming, também foi essencial para o desenvolvimento dos métodos estatísticos aplicados à qualidade das indústrias. Deming também fez parte do grupo de estudiosos que ficou responsável pela reconstrução da indústria japonesa na década de 50 e sua contribuição para os estudos da qualidade foi a utilização da estatística para a tomada de decisão, dando ênfase ao uso de dados numéricos. Além de Deming, relaciona-se a seguir os principais nomes e suas contribuições para o desenvolvimento da gestão da qualidade nas organizações (ESCOLA SUPERIOR ... 2015. Disponível em: < http://www.esalq.usp.br/qualidade/introd_mod.htm >)

- 1) Juran - criador do princípio e do gráfico de Pareto que defende que 80% dos problemas se devem a 20% das causas.
- 2) Karou Ishikawa – desenvolveu as Sete Ferramentas para o Controle Estatístico de Qualidade: Folha de Verificação, Estratificação, Diagrama de Pareto, Histograma, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Dispersão, Gráfico de Controle de Processos ou de Shewhart, sendo também o criador do Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa Efeito.

3.1.2 A importância do capital humano no conceito da qualidade

Em vários estudos realizados a respeito da implantação de programas de qualidade nas empresas, a importância das pessoas para o alcance dos resultados é um dos pontos que sempre acabam por ganhar espaço distinto. Neste sentido SILVA e SANTIN (2005) comentam que:

Certamente as pessoas não param para pensar o quanto de trabalho foi necessário para que as empresas obtivessem os produtos dentro dos padrões que os consumidores exigem e o que isto representa em termos de empenho e sacrifício por parte dos funcionários da empresa. Neste sentido, as empresas precisam capacitar seus funcionários para garantia da qualidade, pois esta é uma preocupação da sociedade e nas empresas uma questão estratégica (SILVA; SANTIN, 2005 p. 1-2).

Como evidenciam os teóricos da qualidade, a principal diferença em que a qualidade obteve durante os anos foi que as empresas passaram a se preocupar mais com a necessidade do consumidor além de produzir com excelência. Neste sentido, o envolvimento do capital humano no processo foi fundamental para que se pudesse produzir exatamente aquilo que o cliente necessitava.

Dessa forma, o quesito “capital humano” passa a ser uma variável valiosa nas diversas correntes de desenvolvimento na qualidade das organizações. O que intrinsecamente propõe que, não somente as empresas busquem desenvolver

seus processos produtivos, mas que as pessoas também sejam desenvolvidas e capacitadas em suas funções. Destacando esse contexto Chiavenato (1999, p 290) que destaca que:

“[...] os processos de desenvolvimento envolvem três estratos, que se superpõem: o treinamento, o desenvolvimento de pessoas e o desenvolvimento organizacional. Os estratos menores – como treinamento e o desenvolvimento de pessoal (T&D) – tratam da aprendizagem no nível individual e de como as pessoas aprendem e se desenvolvem. O desenvolvimento organizacional (DO) é o estrato mais amplo e abrangente e refere-se a como as organizações aprendem e se desenvolvem através da mudança e inovação”.

Ao discutir a importância do capital humano na implantação de programas de qualidade total, Reali (2004 p 50) destaca que as pessoas:

“[...] passam a ser consideradas parceiros da organização que tomam decisões a respeito de suas atividades, cumprem metas e alcançam resultados e que servem ao cliente no intuito de satisfazer suas necessidades e expectativas.

Ao relacionar a importância das pessoas para o sucesso na implantação de programas de qualidade o autor observa que na visão da qualidade total a responsabilidade primordial das lideranças é o de “fazer acontecer” e que para isso ocorra há que se garantir uma máxima e melhor cooperação de todos por meio de capacitação e motivação da força produtiva. E complementa: “[...] é fundamental salientar ainda que o desempenho das pessoas nas organizações depende da coerência das atitudes gerenciais. Devendo, desta forma, existir uma total sincronia entre o compreender e o praticar a filosofia da qualidade” (REALI, J.L.S. 2004 p 76).

3.1.3 Introdução aos métodos de qualidade total

Há muitas ferramentas que estudam e implementam um processo de

melhoria continuada em uma empresa. Dentre elas é válido destacar ferramentas que foram importantes para o desenvolvimento da qualidade total nas empresas em todo o mundo como: 5S, *Lead Time*, Seis Sigma e Pensamento Enxuto. Todas estas ferramentas são importantes pois para Romeu e Danilevicz, (2011 p. 2) a “[...] não adoção ou a inadequada utilização de métodos pelas organizações, em muitas vezes, pode acarretar em resultados insatisfatórios em relação às metas estabelecidas”.

3.1.3.1 O método dos 5S

O programa surge no final da década de 60 no Japão, quando os industriais começaram a implementar programas de qualidade total em suas empresas e tem como filosofia a mobilização dos colaboradores através da implementação de mudanças no ambiente de trabalho, incluindo a eliminação de desperdícios arrumação e limpeza das salas de trabalho. (2002 apud Marshall Junior *et al.*, 2013 p. 111)

- Seiri – organização, utilização, liberação de área;
- Seiton – ordem, arrumação;
- Seiso – Limpeza, higiene;
- Seiketsu – padronização, saúde;
- Shitsuke – disciplina, autodisciplina;

O programa tem que ser implementado para que se incorpore a rotina de trabalho da empresa. As vantagens deste método é que, se bem executado, exige mudanças de todos os níveis hierárquicos da empresa, gera uma melhoria no ambiente de trabalho, previne acidentes, incentiva a criatividade dos colaboradores, reduz custos, elimina desperdícios, desenvolve o trabalho em equipe, gera uma melhoria das relações humanas e por último e mais importante é a melhoria que se

consegue na qualidade do produto final. (ESALQ. 2015)

O primeiro passo está em estabelecer a ordem de como se utiliza o 5S: Seiri – Essa ferramenta elimina todo e qualquer objeto e informação desnecessária do local de trabalho. Executando bem esta etapa consegue-se uma liberação de espaço, eliminar materiais em excesso, eliminar dados de controle desatualizados, eliminar itens fora de uso e pode até diminuir risco de um eventual acidente.

Portanto, é aconselhável que as áreas de descarte sejam previamente definidas e sinalizadas são elas:

Seiton – Nesta etapa define-se o local onde vai ficar cada ferramenta de trabalho. Esta etapa permite um rapidez e facilidade na localização destes objetos, economia de tempo e diminuição de acidentes.

Seiso – Aqui se investiga quais os agentes que agredem o meio ambiente de trabalho, tentando modificá-los. Desde uma má iluminação quanto pouca ventilação e etc.. Cada usuário de seu setor produtivo é responsável pela manutenção da limpeza, incluindo não desperdiçar material, não forçar equipamentos a fazer o que não são aptos e sempre deixar os recintos utilizados em ordem. Esta etapa tem a grande vantagem de melhorar o local de trabalho, melhorar as condições de trabalho do empregado, gerar uma maior segurança sobre os equipamentos que se utiliza e eliminar desperdícios.

Seiketsu – Nesta fase a perseverança é essencial, pois necessita de uma mudança na rotina tudo volta como estava antes. Então esta etapa é simplesmente a manutenção dos três primeiros Ss. O mais importante é que nesta etapa devem ser elaboradas normas para detalhar as atividades do 5S que serão executadas no dia-a-dia também como as responsabilidades de cada trabalhador. Assim as vantagens aparecem no equilíbrio e melhoria do ambiente de trabalho, melhoria da organização de áreas comuns e melhoria nas condições de segurança.

Shitsuke – Esta etapa diz respeito à autodisciplina e não é nada mais que a consolidação dos quatro primeiros Ss. Para que estes resultados sejam alcançados todas as pessoas envolvidas no 5S devem participar e discutir na elaboração das normas e procedimentos que forem adotadas.

Hoje em dia não se pode imaginar uma indústria japonesa que seja suja e mal organizada, mas esse era um fato recorrente nas indústrias do Japão pós-guerra.

Segundo Colenghi, (1997) este movimento, que nasceu no final da década de 60, foi um dos esforços empreendidos para reconstruir o país, e muito contribuiu, em conjunto com outros métodos e técnicas, para o reconhecimento da poderosa inscrição “*made in Japan*” (COLENGHI 1997 apud MARSHALL JUNIOR *et al.*, 2013 p. 111).

3.1.3.2 O *lead time*

Nas várias teorias que discutem o assunto, apresentam a definição mais convencional para *lead time* em *Supply Chain Management* é o tempo entre o momento de entrada do material até a sua saída do inventário (LAMBERT, D ; COPPER, M. ; PAGH, J., 1998, p.347). Em resultado da definição mais genérica, *lead time* é, muitas vezes, confundido ou tem até o mesmo significado que ciclo. Então pode-se interpretar *Lead Time* como: o tempo, que leva desde que se toma uma providência até sua concretização, como por exemplo: o tempo entre pedido e o recebimento de uma mercadoria.

Ao segmentar, portanto, os trabalhos executados dentro de um processo produtivo Arnold, J. R. (1999) divide o Lead Time em 4 tipos:

- a) *Engineer-to-Order* – São os grandes projetos, onde o cliente está diretamente envolvido no projeto deste produto. São produtos exclusivos que requerem um *Lead Time* de projeto e depois um *Lead Time* de fabricação. Um exemplo é a fabricação de um avião. São os tipos de *lead time* de entrega mais longos, que demoram mais.
- b) *Make-to-Order* – Significa que o fabricante não começa a fabricar este produto até que seja feito um pedido do mesmo. São produtos que contém componentes padronizados, mas também podem incluir componentes feitos sob medida para aquele projeto. Na Empresa A, parte do objeto de estudo deste trabalho, esses projetos podem ser notados na fabricação de cabos

de instrumentação especial que são feitos sob medida para os clientes, mas utilizam componentes padrão. Assim, o *Lead time* de entrega é um pouco mais curto, pois o lead time de projeto é bastante reduzido.

- c) *Assemble-to-Order* - Significa que o produto pode ser fabricado e estocado pelo fabricante, só se tem o lead time de montagem deste produto. O envolvimento do cliente no projeto é limitado à seleção dos componentes.
- d) *Make-to-Stock* – Neste caso o fabricante tem um estoque de produtos acabados. O lead time de entrega é o menor de todos e o envolvimento do cliente é quase nulo. Um exemplo é a venda de veículos de passeio. (ARNOLD, J. R. 1999 p. 66).

3.1.3.3 Pensamento enxuto ou *lean thinking*

O pensamento enxuto é mais uma ferramenta que foi desenvolvida na busca por melhoria nos processos produtivos das empresas. Neste caso, os estudiosos do assunto que foram identificados como precursores do pensamento enxuto foram Womack, Jones e Ross. Para Bellei (2010, p.16)

[...] O termo Produção Enxuta foi usado no meio científico pela primeira vez pelos autores Womack e Jones (2004) em seu livro “A máquina que mudou o mundo”. A Produção Enxuta é uma atualização do Sistema Toyota de Produção. Após a Segunda Guerra Mundial surgiu na indústria japonesa um conjunto de novas práticas de manufatura que alavancaram sua competitividade global já que as idéias convencionais para o desenvolvimento industrial no Japão pareciam não funcionar mais. O salto japonês logo ocorreu, à medida que outras companhias e indústrias do país copiavam o modelo desse notável sistema. Trata-se das técnicas da produção enxuta. Esse conjunto de filosofias e técnica surgiu com o pioneirismo de Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota (WOMACK; JONES, 2004).

A importância desta linha de estudo está no fato de que ao aplicar esta teoria as empresas podem tornar o trabalho “mais satisfatório transformando o desperdício em valor” pois o pensamento enxuto é capaz de organizar as ações de

forma mais lógica, promovendo a realização de atividades sem interrupções (BELLEI, L. M. 2010 p.16).

Complementando esta ideia, Salgado *et al.* (2009) afirmam que com o *lean thinking* as empresas que estão conseguindo performances diferenciadas no mercado, não somente conseguem atender as expectativas de seus clientes, mas as superam. Para o autor, isto acaba por refletir, inclusive, no desenvolvimento de novos produtos e complementa:

Em suma, o pensamento enxuto é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos, ou seja, menos esforço humano, equipamento, tempo e espaço e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam.

Como citado por Maia e Barbosa (2006) “O modelo de Produção Enxuta possui várias metodologias e técnicas de produção e gestão industrial que são utilizadas atualmente pelas empresas buscando eliminação dos desperdícios e alcance das metas estabelecidas” (GONÇALVES; MIYAKE, 2003 apud MAIA; M. ; BARBOSA, W 2006 p. 5).

O *lean thinking* se apoia em quatro pontos onde cada um é visto como uma meta parcial do processo como sugere Nortegubisian (2015):

Mínimo de inventário: Se traduz na máxima redução de materiais em processo, matéria prima e produto acabado.

Máxima qualidade: Parte do processo que busca evitar ao máximo os custos com retrabalho, eliminar materiais não conformes e refugos.

Máxima velocidade com o mínimo fluxo produtivo: Visa reduzir eliminar tempos ociosos com atividades que não agregam valor ao projeto e otimizar ao máximo as atividades que agregam valor.

Máxima disponibilidade de recursos produtivos: Pode ser compreendido como a máxima redução de perdas de disponibilidade de maquinário, equipamento ou até mão-de-obra. (NORTEGUBISIAN. 2015).

Complementando os quatro pontos acima Salgado *et al* (2009 p.344-345) deduzem que:

[...] a identificação e a mitigação de fatores de desperdício (de tempo, de atividades desnecessárias, de retrabalhos, etc. no processo de desenvolvimento de produtos podem reduzir o lead time deste processo, podendo trazer uma vantagem competitiva para uma organização. O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que poderia operacionalizar esta análise, pela identificação das atividades que agregam e que não agregam valor ao processo.

O pensamento enxuto ainda visa solucionar metas como: zero defeitos; tempo zero de preparação (setup); estoque zero; movimentação zero; quebra zero; lead time zero; lote unitário (uma peça). Diante de tudo o que foi levantado aqui pode-se perceber que esta ferramenta é uma arma poderosa no combate aos tempos ociosos. Através de seus pilares tenta abrandar os desperdícios de qualquer gênero dentro da organização, porém faz de maneira organizada pois sua aplicação é feita em módulos separados sendo que cada um tem uma meta parcial que contribui para um princípio final que é diminuir tempo e custo de produção. (BELLEI, L. M. 2010. p16)

3.1.3.4 Seis Sigma

A competição em busca de novos clientes levou as empresas a buscar novas estratégias de atingir ao máximo as exigências de seus consumidores. Na década de 80, para se tornar mais competitiva em um mercado global cada vez mais exigente, os engenheiros da Motorola utilizaram os conceitos de Deming sobre variabilidade de produção para analisar e melhorar a eficiência em seus processos produtivos.

Para os autores Trad e Maximiano (2009) seis sigma é considerada a metodologia da qualidade para este novo século e tem como objetivo principal a maximização dos lucros. Citando PANDE *et al.* (2000, apud TRAD, A.; MAXIMIANO, A.C.A, 2009):

Seis Sigma: Um sistema amplo e flexível para alcance, sustentação e maximização do sucesso do negócio. Seis Sigma é unicamente orientado pelo bom entendimento dos requisitos dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas, e pela atenção diligente ao gerenciamento, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

Por buscar uma meta específica na qual o foco está na redução de defeitos (próximo a zero), o seis sigma colabora com os esforços de melhoria das organizações para atingir, em determinados processos, o máximo de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. Além disso, o método baseia-se pelo entendimento preciso das necessidades dos consumidores, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas, pela atenção ao gerenciamento, à melhoria e à reinvenção dos processos de negócios. (Marshall Junior *et al.*, 2013 p. 67)

Ainda se baseando nos relatos de Pande *et al.* (2000) Trad e Maximiano (2009) ressaltam a importância da análise estatística dos defeitos/falhas do programa:

[...] No processo de criação do 6σ , o setor de qualidade da Motorola utilizou-se de uma prática simples. Analisou-se uma determinada falha como um dado, realizando-se em seguida o tratamento estatístico. Para isso, aplicou-se o cálculo de variação da falha. O cálculo realizado foi o de desvio padrão de amostra, representado pela letra grega "sigma". O valor padrão resultou em seis desvios, cada valor de desvio padrão corresponderia um número de sigmas. Dessa forma, qualquer defeito/falha que fosse gerado, correlacionava-se ao cálculo do número de erros e verificava-se o desvio padrão. (TRAD, S ; MAXIMIANO, A.C.A 2009, p. 650).

Os ganhos com a implementação do programa podem ser muito significativos. Empresas que adotam o nível seis de sigma chegam a ter um custo de qualidade de menos de 1% de sua receita. Como exemplo: as iniciativas Seis Sigma na GE trouxeram economia de cerca de 750 milhões de dólares e a partir dos resultados várias outras empresas seguiram o exemplo. (TRAD, S.; Maximiano, A.C.A. 2009).

Para que o programa de seis sigma atinja os objetivos esperados, Marshal Junior *et al* (2013) consideram que a capacitação dos funcionários é uma das partes mais importantes da implementação da ferramenta. Sendo assim, as equipes

são divididas em categorias baseadas em duas variáveis importantes: o tempo e a experiência com o programa. Tais categorias são identificadas como: *black-belt*, *green-belt*, *yellow-belt*, *sponsor* e *champion* e se referem aos faixas preta, verde e amarela como nas artes-marciais, pois ambas dependem de força, velocidade e determinação (Marshall Junior *et al.*, 2013 p. 72).

Tal categorização dos chamados *belts* ainda segue uma ordem que está diretamente relacionada à carga horária de treinamento, hierarquia e tempo de dedicação ao programa. Sendo os faixas pretas os mais experientes e os faixas brancas os iniciantes na metodologia.

Complementando esta ideia Han e Lee (apud ANDRIETTA, 2007) descrevem as funções de cada *belt*, a saber:

[...] *sponsor* facilitador, que exerce as principais funções no desenvolvimento dos projetos do programa; *champions*, que são os gestores dos projetos e apóiam as ações ou removem possíveis barreiras na condução dos projetos. Depois, seguem os demais integrantes do Seis Sigma, que são diferenciados de acordo com níveis de conhecimento e capacitação, recebendo as seguintes denominações: *black belts* (faixas pretas), *green belts* (faixas verdes), *yellow* e *white belts* (faixas amarelas e brancas), que embora componham o chamado "chão-de-fábrica", são treinados nos fundamentos do Seis Sigma, em especial, sobre a utilização das ferramentas básicas que se aplicam às várias fases dos projetos" (HAN; LEE, 2002 apud Andrietta, 2007).

Os benefícios do programa seis sigma não param por aí, por se tratar de uma ferramenta que ainda propõe a utilização de cálculos estatísticos na avaliação das curvas de controle dos processos que a empresa realiza e por, também, propor um modelo de organização na formação de colaboradores que estejam engajados na resolução de problemas. Tais assuntos serão abordados com maior detalhamento nos capítulos 4 e 5 a seguir.

4 DESEMPENHO DA PRODUÇÃO: AVALIANDO AS PERDAS

Para avaliar o desempenho da produção, a ferramenta Seis Sigma utiliza a ferramenta estatística de desvio-padrão para medir quão bem-sucedida foi a operação efetuada; e todos os processos que não cumprem o padrão pré-estabelecido são considerados falhas.

Seguindo a orientação teórica de Marshal Junior *et al* (2013, p. 68) uma abordagem utilizada para determinar o nível de sigma consiste no cálculo da quantidade de defeitos ocorridos em uma atividade em comparação ao número estimado de oportunidades de erros na mesma atividade. Neste sentido, a Tabela 1 utiliza de um efeito de comparação para diversos valores da Escala Sigma, quando relaciona três itens: a taxa de erro, a taxa de acerto e o nível de Defeitos por Milhão de Oportunidades [DPMO].

Tabela 1: Significado da Escala Sigma

Taxa de Acerto	Taxa de Erro	Defeito por Milhão de Oportunidades	Escala Sigma
30,9%	69,1%	691 462	1
69,1%	30,9%	308 538	2
93,3%	6,7%	66 807	3
99,38%	0,62%	6 210	4
99,977%	0,023%	233	5
99,99966%	0,00034%	3,4	6

Fonte: Adaptado de Trad, S.; Maximiano, A. C. A., 2009 p. 650

Já para Trad e Maximiano (2009) o nível Sigma adequado para um dado processo dependerá dos requisitos dos clientes. Ou seja, o nível sigma acima significa desperdício de esforço por parte da empresa sem a contrapartida de valor reconhecido pelo cliente. (TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A., 2009 p. 650).

Outro recurso utilizado para a visualização do nível sigma de um processo é a curva de Gauss. Também chamada de curva de distribuição normal, apresenta gráficos que permitem medir e conhecer os níveis de variação de qualquer atividade. Dessa forma, obtém-se o resultante de dois eixos nos quais a linha

horizontal identifica a quantidade de controle e o eixo vertical o número de observações feitas durante o processo.

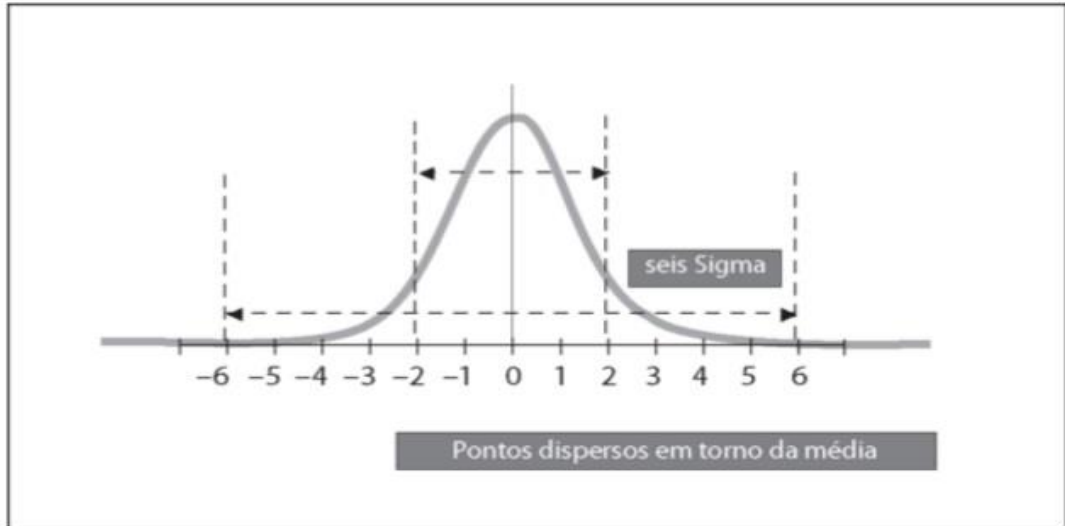


Figura 1 – Distribuição normal no final de amostragem
 Fonte: Marshall Junior *et al*, 2013.

O que a filosofia sigma faz é ajustar o processo para que os pontos a serem acompanhados fiquem o mais próximo possível da média alterando o gráfico da seguinte maneira:

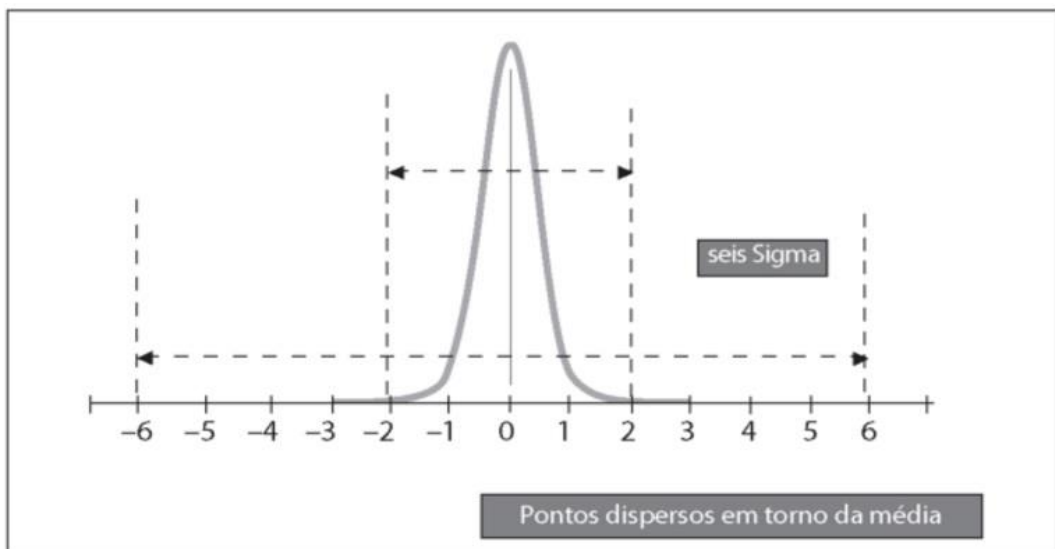


Figura 2 – Ajuste na curva de distribuição normal
 Fonte: Marshall Junior *et al*, 2013

Dentro do processo de produção dos cabos de cobre multifilares da empresa em estudo foram identificadas variáveis tais como: Tempo de *setup* das máquinas; Variação do diâmetro final dos fios produzidos; Variação da resistência elétrica de cada cabo produzido; Variação na qualidade da matéria prima adquirida (mudança de fornecedor); Variação da espessura da capa isolante do fio produzido entre outras. No entanto, o que se observou na prática é que todas estas variáveis sofrem a influência do fator humano como preponderante para que se atinja os resultados esperados em relação às perdas.

Desta forma, para se atingir o nível desejável de variação há que se considerar, também, o fator humano, pois as pessoas que realizam o trabalho devem ter a capacidade e autonomia de identificar e solucionar os pequenos problemas que se apresentam no dia a dia da fábrica. Qualquer melhoria que o operador de uma máquina identifique no sentido de otimizar seu trabalho é um ganho de tempo e, também, de custo.

Pand e Holpp (2002) ainda consideram que os líderes da organização precisam prover direção e ser altamente engajados na condução da construção de um melhor processo organizacional. Um dos desafios do Seis Sigma é criar um processo que é ao mesmo tempo “ *top-down and bottom-up*” ou seja, que haja comprometimento de todos os níveis da organização com os resultados (PAND,P. ; HOLPP, L. 2002, p. 42).

Considerando os estudos acima, pode-se concluir que o seis sigma torna-se uma ferramenta de grande valia para que as empresas consigam ampliar seus resultados, pois consegue combinar a aplicação de cálculos estatísticos com a melhoria de performance das pessoas envolvidas no processo. No entanto, ao mesclar essas duas variáveis as empresas acabam por se deparar com um novo desafio a ser superado: a cultura organizacional voltada para qualidade. Cujos efeitos serão abordados no capítulo a seguir.

5 OS OBSTÁCULOS NA IMPLANTAÇÃO DOS PROGRAMAS DE QUALIDADE

Como já foi citado anteriormente, a fase de implementação do seis sigma é um ponto crucial que determina o bom andamento do programa. A formação de especialistas no processo de melhoria contínua é um fator crítico e que demanda tempo, experiência e comprometimento da gerência com o programa. Porém os autores estudados apontam outro fator ser considerado como relevante nos resultados é a questão cultural. Adrietta (2007) quando analisa as características do Seis Sigma no Brasil destaca uma citação de Antony (2004) na qual:

A implementação do Seis Sigma exige ajustes na cultura da organização e uma nova atitude dos funcionários que devem se sentir continuamente motivados para os desafios e o rigor que o programa impõe, em especial, no que se refere à coleta e mensuração dos dados dos processos. (ANTONY, 2004 apud ANDRIETA 2007).

Ao comentar sobre os fatores críticos para a o sucesso da implantação de programas Seis Sigma, Trad e Maximiano (2009) concluem que oito foram os fatores considerados críticos para o sucesso na implantação do programa:

1º - O fator Liderança identificou aspectos, como o entusiasmo e persistência do principal executivo da empresa; o compromisso da alta administração com a melhoria contínua; O fator Liderança, como o mais importante, está aderente com a literatura apresentada e é amplamente citado como fator chave para o sucesso do programa Seis Sigma (Eckes, 2001, p. 262; Harry & Schroeder, 2000, pp. 164-166; Pande *et al.*, 2000, p. 381; Perez-Wilson, 1999, p. 205).

2º - Em relação ao fator Projetos, dois aspectos mostraram-se prioritários: eles devem ser selecionados de acordo com a estratégia da empresa e suas metas devem ser claras e de conhecimento de toda a equipe. A vinculação dos projetos com a estratégia empresarial recebe amplo apoio da literatura e é considerado essencial para aumento da eficiência e competitividade das empresas (Harry & Schroeder, 2000, pp. 239-240; Pande *et al.*, 2000, p. 145).

3º - O fator Treinamento deve estar direcionado principalmente para o conhecimento de ferramentas analíticas, mas também deve contemplar outros aspectos

4º - O fator Comunicação e Revisão envolve principalmente creditar o sucesso de um projeto sempre à equipe e não a um participante específico ou ao líder e também reconhecer a equipe de um projeto bem-sucedido.

5º - Os aspectos mais importantes para o fator Processo Gerencial reforçam a relevância da seleção apropriada de projetos e o treinamento do programa Seis Sigma, além de revelar a importância do coaching para acompanhamento dos projetos.

6º - O fator Perfil dos Black Belts revelou aspectos importantes no campo das habilidades desses profissionais. O principal aspecto, para os respondentes, foi sua capacidade de estimular a dedicação e o trabalho em equipe

7º - O fator Equipes de Projetos revelou a importância do pluralismo de visões na abordagem dos projetos. Os aspectos mais importantes foram a composição de equipe multifuncional com visões variadas do problema e a presença de membros com capacidade para analisar dados.

8º - O fator Iniciativas Prévias revelou que qualquer iniciativa prévia de qualidade tem efeito positivo para empresa que pretende implantar o programa Seis Sigma. Iniciativas do tipo ISO 9000 (TRAD S. ; MAXIMIANO A.C.A. 2009 p.658-659).

O oitavo fator torna-se um ponto importante a ser considerado neste trabalho uma vez que a empresa estudada, como será apresentado no próximo capítulo, além de apresentar fatores culturais relevantes, também apresenta métodos de controle de qualidade do tipo ISO 9001.

Aplicar métodos de controle estatísticos de qualidade difere, em muito, da cultura de controle de produtos por amostragem. Descobrir e quantificar as variâncias presentes no processo produtivo é uma meta constante de um programa de controle de qualidade como o Seis Sigma.

6. O PROCESSO PRODUTIVO DE CABOS MULTIFILARES

O processo de produção dos cabos multifilares começa quando o software **Consulmatica Platino®**, que controla os níveis mínimos de estoque, avisa que a reposição é necessária. Mas vale ressaltar que, como a venda destes produtos ao mercado atinge até mil quilômetros por mês, a empresa em estudo tem por decisão gerencial, não esperar novos pedidos para começar a produção. Assim, o controle de pedido passa inicialmente por uma análise do próprio gerente da produção que avalia dois critérios importantes: qual a urgência do pedido e quantas horas disponíveis tem a máquina para trabalhar, antes de uma parada programada.

Ressalta-se com isso que, anteriormente ao pedido ser realizado há uma espécie de “casamento” entre a quantidade de horas que a máquina tem disponível para trabalhar e a data limite que o pedido foi processado. Somente após isso é que as linhas de produção começam a trefilar os fios de cobre e todos os processos gerenciais da empresa como estoque, logística, manutenção, controle de qualidade, recursos humanos entre outros são controlados por este mesmo software.

Outro ponto importante a destacar sobre o processo produtivo desta linha de produtos é que a matéria prima também tem seus níveis de estoque controlados pelo software adquirido pela empresa. Tanto os *pallets* de cobre quanto o PVC utilizados no processo produtivo são comprados com antecedência, pois a empresa fabrica seus produtos todos os dias da semana. É um processo contínuo que visa atender a demanda do mercado paraguaio e outros países do Mercosul.

6.1 MATÉRIA PRIMA

Os fios de cobre chegam em *pallets* de 2200 quilogramas com um diâmetro de 8 milímetros. O cobre vem em formato de rolos (vide figura 3), para que a matéria-prima não seja danificada.



Figura 3 – Rolo de cobre 8 milímetros de diâmetro

Toda a carga é verificada pelo pessoal do galpão de armazenamento, que é responsável pela recepção da mesma. No ato da entrega, o aspecto superficial da carga é conferido e são pesados todos os pallets em uma balança presente no próprio galpão.

Já o policloreto de vinila (PVC) chega em sacos de 20 quilogramas. O material tem a coloração branca e aspecto de pequenas bolas de um tamanho aproximado de grãos de soja (figura 4). Este material é utilizado no revestimento dos fios de cobre.

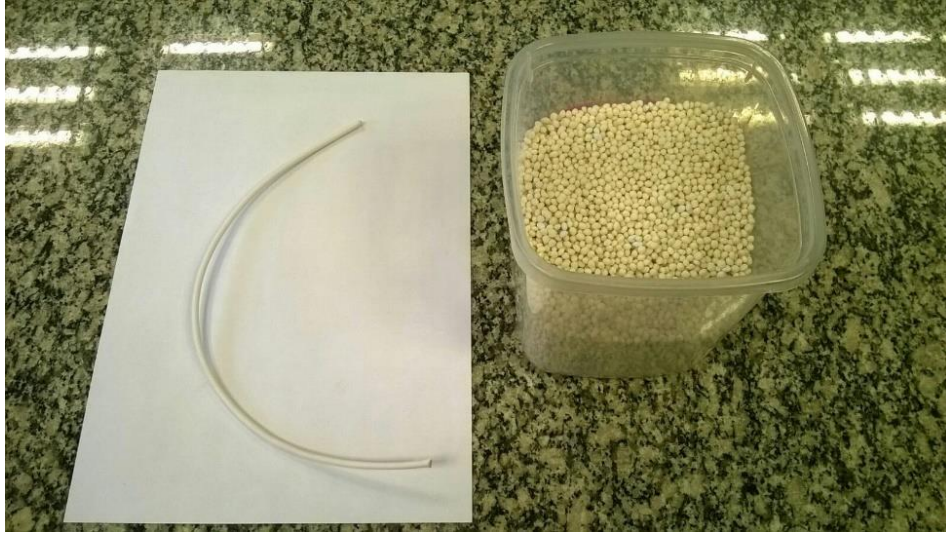


Figura 4 – Matéria prima PVC

Pode-se utilizar, ou não, os colorantes para a identificação de diferentes lotes de cabo. Esses colorantes também são feitos de policloreto de vinil como mostra a figura 5.



Figura 5 – Matéria prima PVC com colorante

Como uma parte inicial do processo produtivo, tanto o cobre como o PVC são componentes importantes para o resultado da qualidade dos produtos fabricados pela Empresa A.

6.2 PROCESSO PRODUTIVO DO FIO DE COBRE

A seguir será realizada uma descrição detalhada do processo produtivo dos cabos de cobre multifilares fabricados pela Empresa A. Para efeito de melhor entendimento, será abordado somente o processo de produção do fio de cobre de área de seção transversal igual a 4mm quadrados, por considerar que os demais diâmetros 1 e 2 mm quadrados, também o objetos de estudo deste trabalho, seguem o mesmo procedimento. Vale destacar que para efeito de análise e processamento de dados, constantes no capítulo 9, o autor utilizou todos os valores de referência por cada unidade em estudo.

O primeiro passo do processo produtivo consiste em trefilar um fio de diâmetro nominal 8 milímetros até um fio de classe 4 (0,385mm). Os *pallets* são colocados em uma trefila de desbaste, chamada de Trefila 1 que esticam o cobre passando por fieiras que diminuem seu diâmetro progressivamente em uma razão de aproximadamente **Di/1,123** (Diâmetro Inicial dividido por 1,123) até um diâmetro de 1,98 milímetro. A trefila de desbaste é composta por duas etapas:

1ª – 8 mm² → 7,1 mm² → 6,33 mm² → 5,63 mm² → 5 mm² (4 Fieiras).

2ª – 5 mm² → 4,47 mm² → 4 mm² → 3,57 mm² → 3,18 mm² → 2,83 mm² → 2,5 mm² → 2,24 mm² → 1,98 mm² (8 Fieiras)

Depois de passar por um processo de desbaste, o material é encaminhado para a trefila intermediária (Trefila 2) onde é feita a trefilação do fio, de 1,98 milímetro até 0,385 milímetro. Um detalhe a ser destacado é que, a segunda máquina desbasta e coze os fios de cobre dentro do mesmo processo. Sendo assim, ao final o cobre apresenta uma consistência mais mole, que é mais fácil de ser encordado devido às suas propriedades mecânicas.

Na primeira parte da máquina são feitos desbastes nas fieiras 1 a 14 por onde a matéria-prima passa por uma diminuição em uma razão de **Di/1,123** (Diâmetro Inicial dividido por 1,123) conforme apresentado a seguir:

1,98 mm² → 1,739 mm² → 1,549 mm² → 1,379 mm² → 1,228 mm² → 1,094 mm² → 0,974 mm² → 0,867 mm² → 0,722 mm² → 0,688 mm² → 0,612 mm² → 0,545 mm² → 0,486 mm² → 0,432 mm² → 0,385 mm²

Já na segunda etapa, que se inicia logo após a saída do cobre da fieira 14, é feito o recozimento dos fios de cobre, passando por uma bobina carregada negativamente e logo se encaminhando para uma bobina carregada positivamente. Assim, ao aplicar uma diferença de potencial baixa com uma corrente alta ocorre o aquecimento do fio e, ao mesmo tempo, um líquido refrigerante é despejado pelas guias da bobina, causando um processo de choque térmico permitindo, portanto, este processo de recozimento.

A diferença de potencial aplicada ao fio é de 24 Volts a uma corrente de 100 Amperes. Com esse processo de aquecer e resfriar o fio rapidamente, o cabo muda suas propriedades mecânicas e de resistência elétrica. Desta forma, muda-se a classificação desse fio de cobre duro para cobre mole. Pode-se notar também uma mudança na coloração do material recozido. O cobre duro possui coloração mais opaca, já o cobre mole possui uma coloração mais viva e brilhante.

O processo descrito acima possui uma série de vantagens, segundo as normas da ABNT, pois o cobre duro possui condutividade de 96%, alongamento de 0,7~3,5% e resistividade de $0,017930 \Omega \cdot g/m^2$. Já o cobre mole tem condutividade de 100%, alongamento de 15~35% e resistividade de $0,17241 \Omega \cdot g/m^2$, além de que como está mais mole é muito mais fácil de se encordoar estes fios. Por consequência, os esforços nos processos seguintes são menores causando um menor consumo de energia.

Após essas etapas, cada fio de cobre já está pronto para ser encordoado. As encordoadoras trançam os cabos de cobre num processo chamado de encordoamento até o diâmetro com os milímetros quadrados desejados. Para o caso dos cabos de 4 mm quadrados são utilizados 30 fios de 0,385 milímetro de diâmetro, sendo duas bobinas de 7 fios e duas bobinas de 8 fios

Depois de serem encordoados, os cabos são enrolados em bobinas e encaminhados ao setor de extrusão. Nesta etapa, o cobre vai receber seu isolamento. É nesta fase que será utilizado o material de PVC, conforme apresentado nas figuras 4 e 5, para isolar o cobre. São derramados os grãos de policloreto de vinila na máquina extrusora, que tem o trabalho de derreter os grãos e encaminhar o material até um bocal de saída que está em contato com o fio, como apresentado na figura 6.

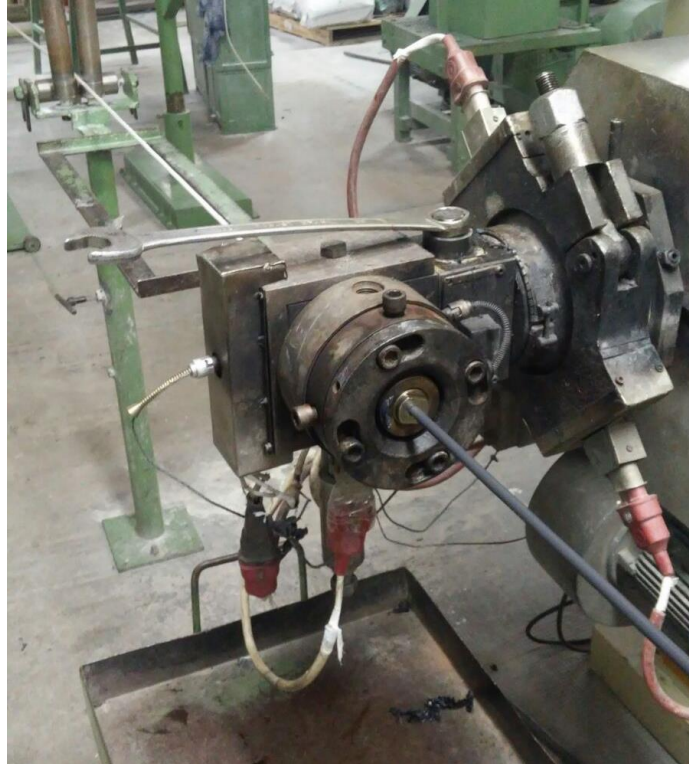


Figura 6 – Máquina extrusora dos fios de cobre

A velocidade que o cabo passa pela extrusora determina a espessura do isolamento. O setor de qualidade controla para que a espessura do material isolante tenha 0,8 milímetro em todos os pontos do cabo produzido. Para isso, são coletadas amostras e com um projetor de perfil (figura 7), que analisa quais são os pontos de menor espessura do material isolante.



Figura 7 – Projektor de perfil

Depois de extrusado, o cabo passa por uma longa canaleta com água fria cuja função é fazer o PVC voltar a uma temperatura ambiente, antes que seja enrolado novamente. Quando chega ao final de seu caminho, o produto acabado é bobinado e marcado a cada 1 metro, com todos os dados necessários como: nome da empresa, diâmetro, material de isolamento, nome das certificadoras entre outros.

No setor de embalagens, corta-se o cabo a cada 100 metros em bobinas prontas (figura 8), para serem comercializadas e então são colocados em embalagens com a logomarca e os dados do cabo.



Figura 8 – Produto acabado, cabo multifilar de 4 milímetros

A partir de todo o processo produtivo descrito acima é que se obtém o produto acabado denominado cabo multifilar, cuja composição é obtida por diversos fios de cobre que encordoados geram as seções de 1,2 e 4 milímetros quadrados.

6.3 A VELOCIDADE DE FABRICAÇÃO DE CADA ETAPA PRODUTIVA

Nesta etapa do processo produtivo é importante colher os dados de quanto pesa cada matéria-prima em processo, a velocidade de trabalho da máquina que transforma essa matéria prima e também o diâmetro do fio de cobre, que está sendo produzido na saída de cada máquina. Com o peso específico do cobre é possível medir, com uma boa precisão, quantos quilogramas de cobre estão sendo produzidos em cada bobina

Inicialmente, os *pallets* que chegam com 2200 quilogramas cada são levados à trefila de desbaste com um diâmetro de 8 milímetros. A máquina opera em uma velocidade de 10 metros por segundo. Sendo assim, com 36 mil metros de cabo sendo produzidos por hora é possível obter 36 quilômetros de cobre. Nesta etapa, a trefila de desbaste produz cestos de 1200 quilogramas de cobre com o diâmetro final

de 1,98 milímetros, então sabendo que as variáveis são:

P = Peso do fio de cobre em Kg/Km

A = Área do fio dada por $\pi/4 \cdot (\text{diâmetro do fio em milímetros})^2$

ρ = Densidade do cobre em g/cm^3

Uma vez que a densidade do cobre é de $8,89 \text{ g/cm}^3$ tem-se a seguinte equação para a saída da trefila primária de desbaste:

$$\text{Quilograma/quilometro de cobre} = \pi/4 \times 1,98^2 \times 8,89 = 27,37 \text{ Kg/Km}$$

Se em 27,37 kg tem-se um quilômetro, em 1200 quilogramas é possível ter 43,84 quilômetros aproximadamente de fio em um cesto (figura 9). Portanto, se a velocidade de processamento do material dentro da trefila primária é de 36 Km/h então, para se fabricar os 43,84 quilômetros será preciso 1,22 hora aproximadamente, para se produzir um dos cestos que vai alimentar a trefila intermediária.



Figura 9 – Cestos de cobre com 1200 quilogramas

Vale ressaltar que, sempre é utilizada a velocidade de saída do fio de

coBRE para se descobrir o rendimento da máquina.

Depois de trefilar os cabos na máquina primária de desbaste, os cestos são encaminhados para a trefila intermediária de desbaste e recozimento. O diâmetro de saída dos fios ao final do processo é de 0,385 milímetro e a máquina trabalha com uma velocidade de 20 metros por segundo, ou 72 quilômetros por hora.

Na trefila intermediária o processo funciona um pouco diferente. Para que essa máquina, que produz bobinas de 7 e 8 fios, seja alimentada será necessário acoplar 7 ou 8 cestos produzidos pela trefila primária de desbaste. Esta por sua vez é capaz de gerar bobinas de até 100 mil metros, com o diâmetro final de 0,385 milímetro por fio, vide figura 10.

Nº 809484
 ETIQUETA DE IDENTIFICACION Y RASTREABILIDAD
 FECHA: 20.10.15 TURNO: 1º
 MAQUINA: Tref. 35 OPERADOR: 217
 MATERIAL: Hilo de cobre
 DESTINO: Enc. DIAM. EXT.: 0,385 mm
 FORMACION: 7 x 0,385 mm
 CANTIDAD: 10000 m
 FASE: Tref. CLIENTE: STOCK

RASTREABILIDAD DE LA MATERIA PRIMA	
CONDUCTOR	
AISLACION	
VAINA	
TRAMOS 1	4
2	5
3	6

E.I.R. ANTERIORES: 809494
 OBSERVACION:
 GI - F - 002

Figura 10 – Bobina 7 fios com diâmetro 0,385 mm

Para esta etapa é necessário estabelecer uma relação de que, se em uma hora pode se produzir 72 quilômetros de cabo, para 100 quilômetros será

necessário utilizar 1,39 horas. É importante salientar que nesta etapa, o tempo gasto com as trocas de material e tempos de *setup* da máquina não são considerados, mas este é um fator crucial para se determinar, por exemplo, o rendimento mensal desta máquina.

Outro ponto importante é que se processam 8 ou 7 cestos de uma só vez nesta etapa produtiva, então calcula-se o peso por fio e ao final multiplica-se este valor por 8 ou por 7 dependendo da bobina que se produz.

Para se calcular o peso de um fio:

$$P = \pi/4 \times 0,385^2 \times \rho_{Cu} = 1,0349 \text{ Kg/Km}$$

Dessa forma, tem-se 1,0349 quilogramas de cobre para cada quilometro de fios. Ou seja, no exemplo de uma bobina de 100 000 metros e que tenha 8 fios é necessário calcular o peso do cobre por fio (1,0349) vezes 100 quilômetros de fio que se tem dentro da bobina e por último, vezes os oito fios que são produzidos simultaneamente. Ao final tem-se:

$$1,0349 \times 100 \times 8 = 827,92$$

Aproximadamente uma bobina deve conter 827,92 quilogramas de cobre para uma corda de 8 fios. Os mesmos cálculos podem ser aplicados para a bobina 7 fios.

O cabo, utilizado aqui como exemplo, é chamado de multifilar de 4 milímetros pois, nominalmente, tem uma área de seção transversal de 4 milímetros quadrados. A máquina encordoadora se utiliza as duas bobinas de 8 fios e as duas bobinas de 7 fios, pois para produzir esta seção onde norma da empresa estabelece uma quantidade de 30 fios por cabo encordado. Não há nenhuma norma que diga quantos fios tem que ter um cabo, mas segundo as normas da ABNT um fio de seção 4 milímetros quadrados tem um limite de resistência elétrica de 4.95 Ω /km

Feitas estas considerações torna-se necessário fazer considerações sobre o ritmo de trabalho da máquina, que apresenta uma velocidade média de 160 metros por minuto ou 2,67 metros por segundo, ou seja, 9,6 Km/h. Nesta etapa, como os fios são encordados, aumentam, em muito, sua densidade por quilometro e também sua área de seção. Ao final, as bobinas, que já foram encordadas, saem com no máximo 20 000 metros de cabo. Ou seja, se em uma hora são produzidos 9,6 quilômetros de fios encordados, para 20 quilômetros será obtido um total de 2,08

horas.

Na última etapa do processo produtivo, a extrusão, quando o policloreto de vinila vai ser incorporado às cordas de cobre, a máquina opera em uma velocidade de 500 metros por minuto, obtendo-se um valor de 30 Km/h. O fio é conduzido por pequenos tanques de água onde é resfriado, até ser bobinado todo o arame. Então o que se pode observar é que, se em uma hora são processados 30 quilômetros, para 20 quilômetros o tempo de processamento será de 0,667 horas e assim por diante.

Vale ressaltar que estes valores são referentes a produção do cabo multifilar de 4 milímetros quadrados, utilizado como exemplo e referência neste capítulo. Mas como as estações de trabalho tem um tempo para instalar esses materiais em suas respectivas posições, e também há eventuais paradas para manutenção, divide-se os valores obtidos para um ideal de produção por fator de segurança de 0,8. Fator esse determinado pela própria empresa.

Ao aplicar o cálculo de horas/kg produzido é possível observar que a encordoadora é a etapa produtiva onde menos se processa material por hora. São 298,82kg/hora de cobre.

7. A EMPRESA EM ESTUDO

A Empresa A, como está sendo identificada neste estudo por uma questão de confidencialidade, é considerada no Paraguai uma empresa pioneira dedicada à produção de cabos elétricos, alumínio isolados para baixa tensão e cabos para linhas de média tensão.

É uma empresa líder de mercado no Paraguai que tem cerca de 70% das vendas de cabos para instalações de baixa e média tensão. Atualmente a empresa produz uma variedade de aproximadamente 6 grupos de produtos como cabos controladores, fios de alumínio para transmissão de média tensão, mas sendo seu carro-chefe os cabos multifilares. Além do mercado paraguaio a empresa também tem seus produtos exportados para outros países do Mercosul como Brasil, Uruguai e Bolívia.

Sua planta industrial fica localizada na cidade de Villeta, a cerca de 40 quilômetros de Assunção, com mais de 10 000 metros quadrados de área construída e sua sede está localizada na cidade de Assunção, capital do Paraguai.

Construída em 1977, por investidores paraguaios e brasileiros, teve sua planta industrial inaugurada no ano de 1979 e iniciou suas atividades industriais produzindo cabos isolados de baixa tensão, linhas domiciliares (building-wire) e cordões flexíveis.

A Empresa tem entre seus principais clientes empresas de energia, comunicação, construtoras e instaladoras, indústrias e comércios especializados na revenda de cabos localizados dentro e fora do País. Uma vez que os clientes da empresa vêm exigindo padrões mais elevados de produtos e colocam a empresa em um nível de competitividade diferenciado, a decisão da alta direção foi buscar novos padrões de produção.

Assim, em agosto de 2001 a Empresa A foi certificada pelo sistema de qualidade, com base nas normas da ISO 9001, por meio da SGS (*Société Générale de Surveillance*) e no ano seguinte, obteve o certificado de conformidade INMETRO-UC para seus produtos. Também neste período houve a tentativa de implantação do programa 5S na empresa, mas segundo o responsável pelo setor de qualidade, o programa foi sendo descontinuado a partir do terceiro mês, pois não foi possível o

desenvolvimento de uma equipe específica e treinada para manter e aplicar tais métodos de qualidade.

Neste ponto vale lembrar que na parte teórica abordada neste trabalho, vários autores ressaltam que, há que se haver um comprometimento da alta gerência para que haja mudança de pensamento e filosofia de controle de qualidade. Para a maioria dos autores citados aplicar métodos de controle estatísticos de qualidade difere, em muito, da cultura de controle de produtos por amostragem. Descobrir e quantificar as variâncias presentes no processo produtivo é uma meta constante de um programa de controle de qualidade como o Seis Sigma.

8 METODOLOGIA

A problemática de pesquisa proposta para este estudo buscou responder a seguinte pergunta: Como a teoria do Seis Sigma pode contribuir para a melhoria da competitividade de um segmento de produção de cabos multifilares? Para tal, a metodologia científica escolhida foi a de Estudo de Caso, pois, segundo Yin (2001, p.13):

Em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo "como" e "por que", quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Ainda sobre esse método, o autor complementa defendendo que esse tipo de pesquisa exploratória possibilita a investigação de uma situação real, para que se compare com a literatura, no sentido de comprovar ou não a eficácia de métodos e estudos (*ibidem*). Dessa forma escolheu-se como universo de Estudo uma empresa situada no Mercosul, fabricante de condutores elétricos, que vinha tentando encontrar uma forma de analisar a competitividade de um segmento de produto tido como “carro-chefe” da empresa, a saber, os cabos multifilares de cobre.

A partir de um estágio de campo realizado pelo aluno, combinado com o aprofundamento nos estudos teóricos sobre o método de gestão da qualidade Seis Sigma, um fato interessante acabou por delimitar o estudo e este se baseia na afirmação de Marshal *et al* (2012):

Um projeto Seis Sigma requer um período de gestão de dois a três meses, desde sua caracterização até a finalização da análise do problema. A duração do projeto depende da disponibilidade de dados ou da infraestrutura requerida para realizar os experimentos. Os benefícios são visíveis um mês após a conclusão do projeto e dependem da agressividade do “dono” do processo na sustentação dos resultados.

Neste sentido, durante o desenvolvimento do trabalho de campo, a obtenção e levantamento de dados se deu por meio de acompanhamento e

observações dos processos produtivos dos produtos pesquisados e por meio de relatórios de dados históricos referentes aos anos de 2013 a 2015, dos volumes de produção dos cabos multifilares de 1,2 e 4 milímetros medidos em quilogramas, disponibilizados pelos gestores responsáveis pelo setor de qualidade da empresa.

De posse dos dados acima, foi possível traçar a delimitação do estudo que encontrou, no próprio referencial teórico levantado sobre Seis Sigma, um modelo apropriado para analisar os dados obtidos que é o ciclo DIMAC.

O ciclo DIMAC é uma ferramenta que se utiliza de mapeamento e controle estatístico de processos integrados com uma filosofia baseada no ciclo PDCA, composta da seguinte maneira (CABRERA JÚNIOR, Alvaro , 2005 p. 20):

D – Definir – Definição das delimitações do projeto

M – Medir – Definição dos indicadores necessários para a medir a variável do projeto

A – Analisar – Determinação de possíveis causas para os problemas detectados

I – Incrementar - Fornecer soluções para os problemas encontrados e implementa-las

C – Controlar – Esta fase se preocupa em garantir que as melhorias já implementadas se perpetuem.

Cada etapa deste ciclo tem uma ferramenta mais adequada ao processo (Marshall Junior *et al*, 2013):

Definir: *Brainstorming*, Diagrama de causa e efeito, gráfico de pareto etc

Medir: folha de verificação, carta de controle, histograma etc

Análise: Fluxograma, *failure mode and effect analysis* (FMEA), diagrama de causa e efeito etc

Incrementar: FMEA, 5W2H,

Controle: Histograma, gráfico de pareto e Poka Yoke

Ressalta-se que a delimitação deste estudo ficou restrita às tres primeiras fases da Ferramenta DMAIC, a saber, DEFINIR, MEDIR E ANALISAR, pelo

fato de que as fases seguintes: INCREMENTAR E CONTROLAR só serão viabilizadas a partir da implementação da própria filosofia do Seis Sigma na empresa.

Esta situação confirma a afirmação de Cabrera Junior (2005) em sua tese de mestrado a respeito das dificuldades de implantação das ferramentas Seis Sigma:

Segundo o GUIA SEIS SIGMA [2001-2004], muitas companhias começam implementando Seis Sigma utilizando a metodologia DMAIC e mais tarde a metodologia DFSS quando o nível de cultura e experiência organizacional assim permite.

Segundo o GUIA SEIS SIGMA [2001-2004] a metodologia DMAIC deve ser usada quando um produto ou processo já existe dentro da companhia, porém este ou não atende as especificações dos clientes ou não apresenta o desempenho adequado. Em alguns negócios, apenas quatro de suas cinco fases são utilizadas, pois as considerações para a definição são consideradas pré-trabalhadas ou incluídas na fase de medição.

Apoiando-se na própria sequência proposta no DMAIC, foi possível levantar uma série de informações valiosas, que poderão fornecer parâmetros de análise, para a direção da empresa sobre o grau de competitividade de seus cabos multifilares e, por consequência, orientar a tomada de decisões importantes sobre a melhoria de processos produtivos e de qualidade dos produtos analisados

9 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Uma vez que optou-se utilizar a ferramenta DMAIC os dados levantados, estarão agrupados e apresentados em subseções, seguindo a sequência do Método. Porém, vale destacar que o principal objetivo nesta etapa foi encontrar números, valores e informações capazes de trazer uma clareza maior sobre em qual nível de sigma os cabos multifilares de 1,2 e 4mm quadrados estão classificados, bem como, destacar quais as principais não-conformidades que estão colocando os produtos da Empresa A em seus respectivos níveis de sigma.

9.1 DELIMITAÇÕES DO PROJETO

Partindo da necessidade de cumprir com os objetivos deste trabalho, foram destacadas e descritas 15 principais não-conformidades que servirão como os indicadores e delimitadores do projeto. Vale ressaltar que a área de qualidade da Empresa A possui atualmente um rol de 18 não-conformidades que podem ocorrer durante os processos de produção dos cabos multifilares de 1,2 e 4 mm quadrados. As 15 não-conformidades utilizadas neste estudo são:

- 1º Aspecto superficial
- 2º Erros dimensionais
- 3º O Cabo se localiza fora do centro do material isolante;
- 4º O Cabo não resistiu aos testes de tensão elétrica;
- 5º Resistividade elétrica do cobre;
- 6º Baixa resistência do material isolante;
- 7º Formação do condutor;
- 8º Quantidade de fios incorreta dentro do condutor;
- 9º Fio frouxo;
- 10º Erro de continuidade;

- 11º Conductor perfurado;
- 12º Longitude do cabo;
- 13º Erro na impressão do selo do condutor;
- 14º Alargamento mínimo do fio condutor abaixo da normativa;
- 15º Peso do material fora da normativa;

Cada não-conformidade apresentada acima possui uma descrição capaz de resultar em números e valores que somados indicaram o nível de sigma que se encontram os cabos multifilares de 1,2 e 4mm quadrados da Empresa A.

9.2 INDICADORES PARA MEDIR A VARIÁVEL DO PROJETO

1º. Aspecto Superficial: Os erros de aspecto superficial são referentes à qualquer avaria que ocorra na formação do material isolante em que ele não esteja com um aspecto polido e principalmente que não seja poroso.

2º. Erros Dimensionais: Os erros dimensionais encontram-se tanto nas dimensões externas dos condutores, analisadas com o auxílio de um paquímetro, quanto nos aspectos dimensionais mínimos requeridas para o PVC isolante, analisado no projetor de perfil.

3º O Cabo se localiza fora do centro do material isolante: Fora de centro é uma não-conformidade presente no processo de extrusão quando o condutor não se tem a excentricidade mínima necessária criada pelo material isolante PVC.

4º O Cabo não resistiu aos testes de tensão elétrica: Todos os cabos são submetidos a testes de tensão elétrica. Amostras são submetidas a altas descargas elétricas de alta voltagem e amperagem dentro de um tanque reservatório de água, o que garante a verificação de quaisquer curtos-circuitos presentes no cabo.

5º Resistividade elétrica do cobre: Nos testes de resistividade elétrica é utilizado um medidor de resistência ôhmica que afere os níveis de resistência que o condutor oferece à corrente que o mesmo é submetido.

6º Baixa resistência do material isolante: As não conformidades referentes ao material isolante ocorrem quando o PVC que reveste o condutor, não oferece resistência ôhmica necessária tabelada pelas normas da empresa.

7º Formação do condutor: Formação do condutor é uma falha quanto aos tipos ou classes de fios usados em sua confecção. Por exemplo um fio 4mm² contém 30 fios de 0,385mm de diâmetro, mas há vezes que por erro humano identifica-se o mesmo condutor com 28 fios de 0,385mm e 2 fios de 0,235mm de diâmetro.

8º Quantidade de fios incorreta dentro do condutor: A quantidade errada de fios dentro do cabo produzido é uma não-conformidade que faz referência a quantidade total de fios existentes dentro do condutor. Por exemplo o cabo 4 mm² é formado por 30 fios de 0,385mm de diâmetro, caso este apresente 29 fios em sua formação temos uma falha no processo.

9º Fio frouxo: Fio frouxo é um problema que pode ser observado após a extrusão o material isolante. O condutor de cobre encontra-se solto dentro da capa isolante e sem aderência do PVC.

10º Erro de continuidade: As falhas de continuidade podem ser evidenciadas por erros que descontinuam o aspecto da coloração do material isolante no processo de extrusão do condutor de cobre.

11º Condutor perfurado: Nos cabos que estão perfurados em algum ponto, os testes de tensão elétrica ao qual os cabos são submetidos denunciam quando pode-se observar bolhas saindo do fundo do reservatório de água durante a realização do teste.

12º Longitude do cabo: Erros de longitude são encontrados principalmente quando os operários se encontram com lotes de bobinas que deveriam ter por exemplo 100 cabos de 100 metros cada e na produção da última unidade o cabo tem menos do que o estipulado de 100 metros. Estes são cabos com menor valor comercial pois são cortes imprecisos e com metragens variadas.

13º Erro na impressão do selo do condutor: Os erros no selo da empresa que vem impresso em todos os cabos pode ser um erro métrico, quando o selo não sai com a distância necessária de um metro mais ou menos dois centímetros, ou ainda quando a impressão sai apagada ou ilegível.

14º Alargamento mínimo do fio condutor abaixo da normativa : Os erros de alargamento mínimo são identificados em uma máquina de ensaio de tração utilizada no laboratório de qualidade. Uma amostra é retirada dos condutores produzidos, é ensaiada a amostra tanto do condutor quanto do material isolante. Os valores são comparados com os padrões.

15º Peso do material fora da normativa: Nos erros de peso do material é retirado uma amostra de um (1) metro e pesada em uma balança de precisão para ser comparado seu valor com a norma.

9.3 ANÁLISES DAS QUANTIDADES DE ERROS DE 2013 A 2015

Com base em informações fornecidas pela empresa, foram analisadas as quantidades de erro produzidas, conforme os parâmetros descritos acima, nos anos de 2013, 2014 e 2015 nos cabos de 1, 2 e 4 milímetros. Posteriormente, foi realizado um comparativo com o total produzido destes produtos em cada ano.

Estas tabelas nos permitem determinar o percentual das unidades produzidas que contém erro ou reprocesso e enquadrá-los em um nível sigma de produtividade como vimos na Tabela 1 apresentada página 25 deste trabalho.

Tendo o cobre como a matéria-prima mais valiosa no processo em questão, as análises foram feitas com base nas quantidades em quilogramas desperdiçadas e retrabalhadas no meio produtivo. Os dados necessários para desenvolver as análises foram extraídos da tabela a seguir, fornecida pela Empresa A em seu site e encontram-se na coluna descrita como “peso nominal”.

DATOS CONSTRUCTIVOS¹

SECCIÓN NOMINAL	FORMACIÓN DEL CONDUCTOR		ESPESOR AISLACIÓN	DIÁMETRO EXTERNO	PESO NOMINAL	RESIST. OHMICA MÁX. CC A 20°C	CORRIENTE ADMISIBLE ⁽²⁾		CAÍDA DE TENSIÓN ⁽³⁾
	Clase 4	Clase 5					2 COND	3 COND	
mm ²			mm	mm	kg / km	Ω / km	A	A	V / (A.km)
0,5	10x0,25	15x0,20	0,6	2,1	8,5	39,0	7,5	6,5	75
0,75	15 x 0,25	22x0,20	0,6	2,3	11,2	26,0	10	8,5	50
1	13 x 0,30	30x0,20	0,6	2,5	13,8	19,5	11,5	10,5	37
1,5	19 x 0,30	29x0,25	0,7	2,9	19,8	13,3	15	13,5	26
2	15 x 0,40	39x0,25	0,8	3,3	25,8	9,98	18	16	19
2,5	19 x 0,40	49x0,25	0,8	3,5	30,8	7,98	21	18	15
4	30 x 0,40	52x0,30	0,8	4,0	44,4	4,95	28	25	10
6	45 x 0,40	78x0,30	0,8	4,6	62,3	3,30	36	32	6,4
10	79 x 0,40	79x0,40	1,0	6,0	109	1,91	50	44	3,8
16	77 x 0,50	130x0,40	1,0	7,3	183	1,21	66	59	2,4
25	120 x 0,50	203x0,40	1,2	8,9	275	0,780	88	78	1,54
35	168 x 0,50	285x0,40	1,2	10,1	369	0,554	108	96	1,26
50	240 x 0,50	410x0,40	1,4	12,4	523	0,386	132	116	0,83
70	342 x 0,50	342 x 0,50	1,4	14,2	728	0,272	167	148	0,61
95	456 x 0,50	456 x 0,50	1,6	16,4	965	0,206	202	180	0,48
120	582 x 0,50	582 x 0,50	1,6	18,1	1210	0,161	234	208	0,39
150	726 x 0,50	726 x 0,50	1,8	20,3	1506	0,129	269	240	0,33
185	888 x 0,50	888 x 0,50	2,0	22,4	1838	0,106	307	273	0,29
240	1159 x 0,50	1159 x 0,50	2,2	25,4	2386	0,0801	361	322	0,24
300	1464 x 0,50	1464 x 0,50	2,4	28,5	2995	0,0641	415	370	0,21

(1) Datos sujetos a cambios sin previo aviso.

(2) Se refiere para 2 o 3 conductores cargados, instalados dentro de un electroducto, factor de carga 100%, a una temperatura ambiente de 40° C. Para otras condiciones de instalación consultar en la sección Dimensionamiento de este catálogo.

(3) Cables en contacto, circuito monofásico, corriente alterna, 50 Hz, cos φ = 0,8.

Figura 11 – Pesos nominais dos cabos multifilares

Fonte... site da Empresa A

Após isolados, os dados se apresentaram da seguinte forma:

- 1) o peso nominal do cabo de seção nominal de 1 milímetro quadrado equivale a 13,8 quilogramas por quilometro.
- 2) O peso nominal do cabo de 2 milímetros quadrados equivale a 25,8 quilogramas por quilometro;
- 3) O peso nominal do cabo de 4 milímetros quadrados de seção nominal equivale a um peso aferido de 44,4 quilogramas por quilometro de condutor.

A seguir apresenta-se as quantidades anuais totais produzidas.

Tabela 2 – Quantidades de produção anual de cabos 1,2 e 4 mm²

Quantidades (m)	2013	2014	2015
1mm ²	5 900 000	6 600 000	6 600 000
2mm ²	13 100 000	15 000 000	14 500 000
4mm ²	14 300 000	16 000 000	15 800 000
Total	33 300 000	37 600 000	36 900 000

Fonte: dados internos fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

Para se chegar a dados relevantes para o estudo proposto utilizou-se o valor do peso nominal para converter as quantidades produzidas de metros para quilogramas como mostra a tabela a seguir.

Tabela3 - Total produzido em quilogramas dos cabos de 1,2 e 4mm²

Quantidades (Kg)	2013	2014	2015
1mm ²	81 420	91 080	91 080
2mm ²	337 980	387 000	374 100
4mm ²	634 920	710 400	701 520

Fonte: dados internos fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

Em seguida, as análises foram realizadas da seguinte forma: para as seções de 1,2 e 4 milímetros quadrado, foram descritas as quantidades individuais em quilogramas de cada não-conformidades/ano considerando o período de 2013, 2014 e 2015, como se segue. Vale deixar registrado que os dados contantes nas tabelas foram repassados pela empresa e o aluno não acrescentou ou tirou informações.

9.3.1 Não-Conformidades Encontradas no ano de 2013

Para melhor apresentar quais as não-conformidades são mais expressivas por produto/ano, foram gerados gráficos com os totais em percentuais a partir das tabelas apresentadas.

Tabela 4: Totais de não-conformidades para cabos de 1mm² ano 2013

Não conformidades 2013	Quantidade 1mm² (kg)
Aspecto Superficial	100,41
Dimensional	84,09
Fora de Centro	59,69
Resistência Isolante	83,48
Formação do Condutor	1000,8
Quantidade de Fios	532,09

Fonte: relatórios internos, ano 2013, fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

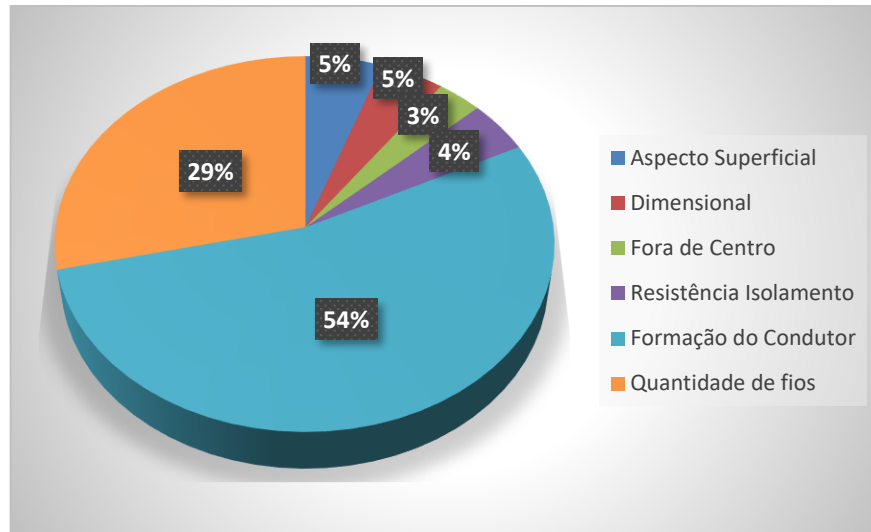


Gráfico 1: Totais de não-conformidades do cabo 1 mm² em 2013.
Fonte: dados internos da Empresa A

No Ano de 2013 os cabos de 1mm² apresentaram 83% de variações concentradas em duas não-conformidades: formação do condutor(54%) e quantidade de fios (29%). Neste sentido observa-se que ambos problemas se referem à formação do condutor. A seguir apresenta-se os dados referentes aos cabos de 2 mm².

Tabela 5: Totais de não-conformidades para cabos de 2mm² ano 2013

Não conformidades 2013	Quantidade 2mm² (kg)
Aspecto Superficial	1809,77
Dimensional	37,04
Fora de Centro	1182
Resistividade Elétrica	819,52
Resistência Isolante	472,8
Formação do Condutor	3,16
Quantidade de Fios	9,46
Condutor Perfurado	113,08
Peso do Material	1,58

Fonte: relatórios internos, ano 2013, fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

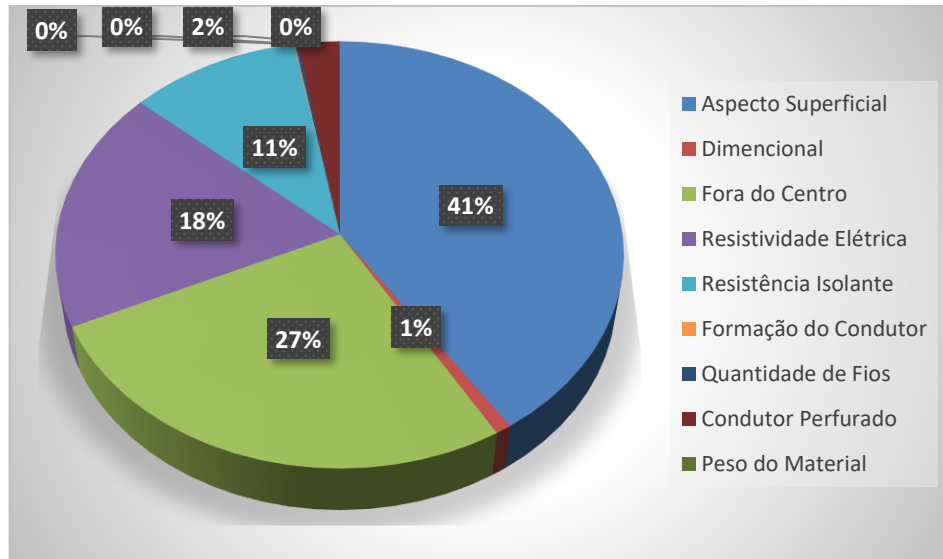


Gráfico 2: Totais de não-conformidades do cabo 2 mm² em 2013.
 Fonte: dados internos da Empresa A

Interessante destacar que para os cabos de 2 mm² quadrados as não-conformidades ficaram mais distribuídas. Observa-se, portanto, uma concentração maior em dois erros: Aspecto Superficial (41%) e Fora do Centro (27%), que consecutivamente informam que as não-conformidades ocorreram por problemas na formação do material isolante, bem como por ocorrências no momento da extrusão, ao final do processo de produção.

Tabela 6: Totais de não-conformidades para cabos de 4mm² ano 2013

Não conformidades 2013	Quantidade 4mm ² (kg)
Aspecto Superficial	8451,05
Dimensional	2383,06
Fora de Centro	1797,97
Resistividade Elétrica	4033,3
Resistência Isolante	1250,96
Formação do Condutor	7,25
Quantidade de Fios	2684,65
Fio Frouxo	787,75
Conductor Perfurado	141,8
Alargamento	278,86
Peso do Material	44,11

Fonte: relatórios internos, ano 2013, fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

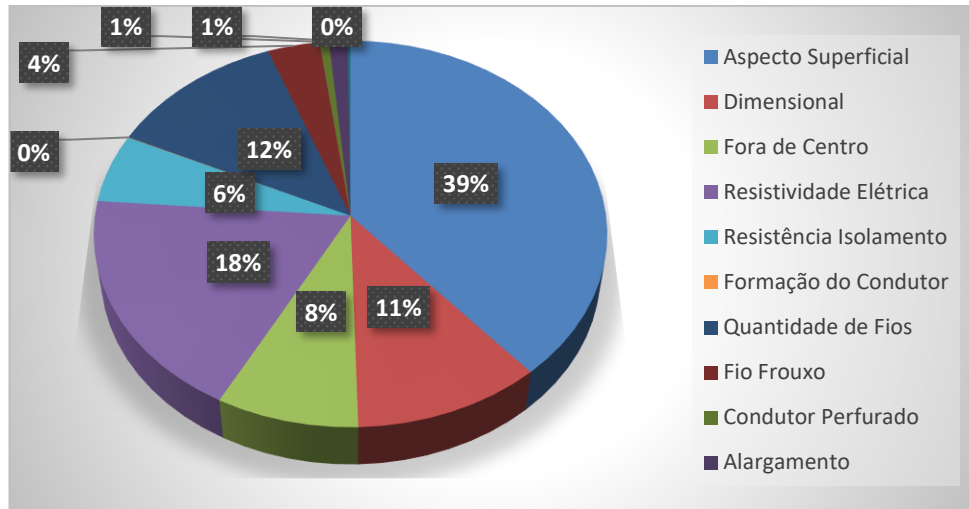


Gráfico 3: Totais de não-conformidades do cabo 4mm² em 2013.

Fonte: dados internos da Empresa A

Seguindo o mesmo padrão das observações feitas para os cabos de 1 e 2 mm², o cabo de 4mm² apresentou uma configuração de não-conformidades que chama atenção por seguir a mesma tendência do cabo de 2mm², apresentando praticamente os mesmos percentuais 39% e 18% relativos às não-conformidades Aspecto Superficial e Resistividade Elétrica. Estes dados, quando aprofundados em alguma ferramenta de análise específica de Seis Sigma, poderão contribuir para apresentar informações mais acuradas sobre os padrões de qualidades seguidos na época.

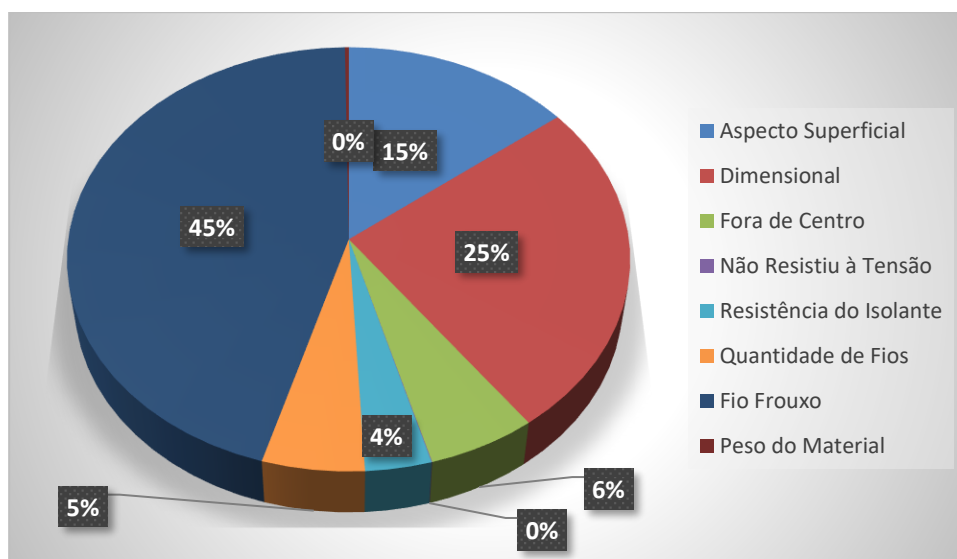
9.3.2 Não-conformidades encontradas no ano de 2014

Estabelecendo uma comparação prévia com o ano de 2013, os dados revelados nas tabelas no ano de 2014 trazem a confirmação de algumas tendências em relação às não-conformidades a empresa sempre convive. Como se apresenta a seguir.

Tabela 7: Totais de não-conformidades para cabos de 1mm² ano 2014

Não conformidades 2014	Quantidade 1mm² (kg)
Aspecto Superficial	689,53
Dimensional	1214,13
Fora de Centro	273,61
Não resistiu à Tensão	1,66
Resistência Isolante	165,8
Quantidade de Fios	256,66
Fio Frouxo	2156,23
Peso do Material	11,61

Fonte: relatórios internos, ano 2014, fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

**Gráfico 4: Totais de não-conformidades do cabo 1mm² em 2014.**

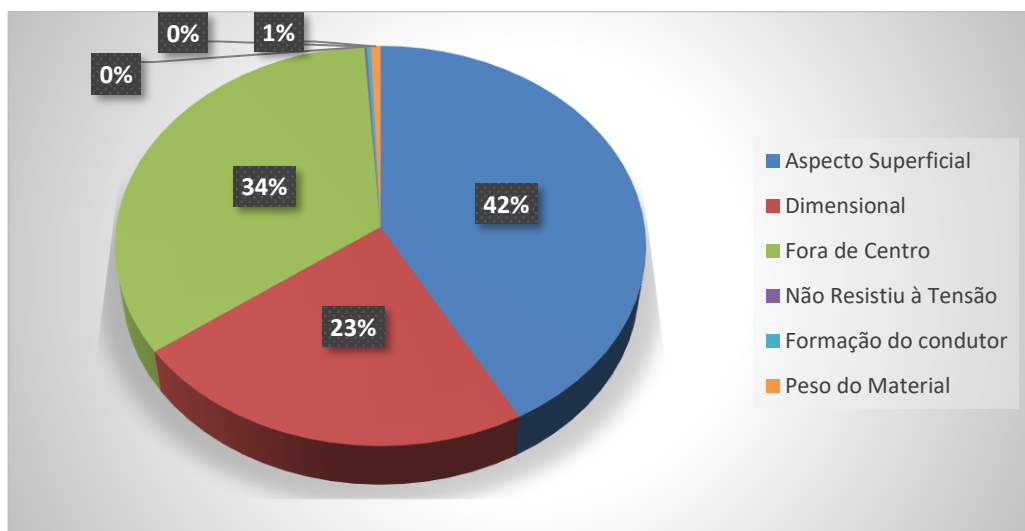
Fonte: dados internos da Empresa A

Em 2014 as não-conformidades dos cabos de 1mm² passam a ser analisadas com alguns novos parâmetros. Neste caso, um dado bastante relevante aparece quando colocado no formato de gráfico e em percentuais. O erro denominado como Fio Frouxo, que é um problema que aparece após a extrusão do material isolante, informa que 45% dos problemas de qualidade ocorridos com este tipo de produto se deram porque o condutor de cobre encontrava-se solto dentro da capa isolante e sem aderência do PVC. Em segundo lugar e demonstrando ainda problemas com o PVC isolante que cobre o fio, o erro Dimensional teve um aumento proporcional de 20% se comparado aos dados de 2013.

Tabela 8: Totais de não-conformidades para cabos de 2mm² ano 2014

Não conformidades 2014	Quantidade 2mm ² (kg)
Aspecto Superficial	1248,42
Dimensional	680,28
Fora de Centro	1010,53
Não Resistiu à Tensão	4,73
Formação do Condutor	8,35
Peso do Material	18,91

Fonte: relatórios internos, ano 2014, fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

**Gráfico 5: Totais de não-conformidades do cabo 2mm² em 2014.**

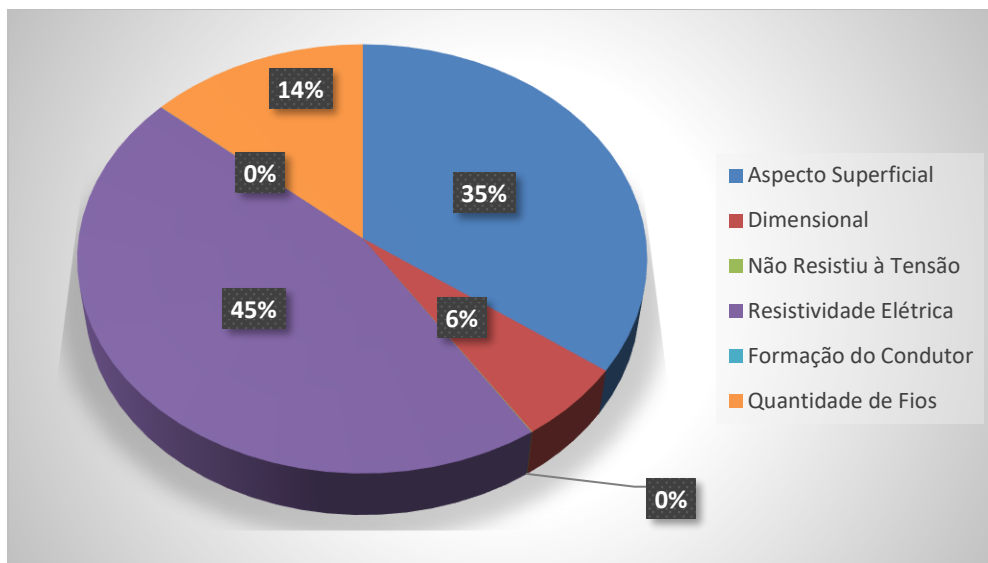
Fonte: dados internos da Empresa A

Na mesma tendência do que ocorreu com as não-conformidades dos cabos de 1mm², os dados representativos da tabela 8 apontam que em 2014 a ocorrência com o erro causado por questões Dimensionais, para os cabos de 2 mm², apresentou um crescimento na ordem dos 22%. Ou seja, este tipo de não-conformidade é observada quando analisada com o apoio do Projetor de Perfil e pode ser encontrada, tanto nas dimensões externas dos condutores, analisadas com o auxílio de um paquímetro, quanto nos aspectos dimensionais mínimos requeridos para o PVC isolante. Não obstante, os percentuais de erros dimensionais dividem espaço com altos índices de erros nas quantidades totais relacionadas às não-conformidades Aspecto Superficial (42%) e Fora de Centro (34%).

Tabela 9: Totais de não-conformidades para cabos de 4mm² ano 2014

Não conformidades 2014	Quantidade 4mm² (kg)
Aspecto Superficial	6312,37
Dimensional	1042,66
Não Resistiu à Tensão	6,3
Resistividade Elétrica	8220,97
Formação do Condutor	3,15
Quantidade de Fios	2457,37

Fonte: relatórios internos, ano 2014, fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

**Gráfico 6: Totais de não-conformidades do cabo 4mm² em 2014.**

Fonte: dados internos da Empresa A

Os dados apresentados no Gráfico 6 trazem uma informação a ser considerada nesta descrição. Ao se comparar os percentuais totais do cabo de 4mm² de 2013 e 2014 a não-conformidade Resistividade Elétrica cresceu substancialmente, de 18 para 45%, enquanto o erro por Aspecto Superficial manteve-se praticamente o mesmo 35%.

9.3.3 Não-conformidades encontradas no ano de 2015

Chegando ao final do período proposto para o processamento dos dados neste trabalho, encontra-se o ano de 2015 seguindo uma tendência de apresentação dos dados dos anos anteriores.

Tabela 10: Totais de não-conformidades para cabos de 1mm² ano 2015

Não conformidades 2015	Quantidade 1mm ² (kg)
Aspecto Superficial	68,77
Dimensional	182,07
Resistência Isolante	541,34
Formação do Condutor	159,17
Quantidade de Fios	15,75
Continuidade	4,15
Condutor Perfurado	3,4
Impressão	290,15
Peso do Material	19,08

Fonte: relatórios internos, ano 2015, fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

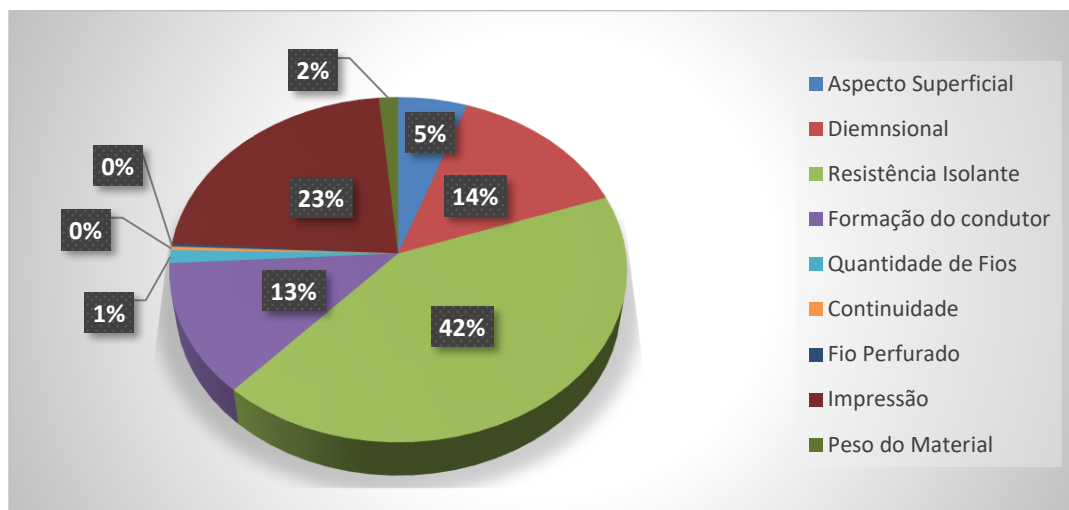


Gráfico 7: Totais de não-conformidades do cabo 1mm² em 2015.

Fonte: dados internos da Empresa A

Novas não-conformidades aparecem no rol de erros deste produto (1 mm²). Destaque para os dados totais de 42% para o erro Resistência do Material Isolante, que ocorre quando o PVC que reveste o condutor, não oferece resistência ôhmica necessária tabelada pelas normas da empresa. Um outro parâmetro aparece

neste período relativo ao erro de Impressão (23%) que acontece com o selo da empresa que vem impresso em todos os cabos. Isto pode ocorrer quando o selo não sai com a distância necessária de um metro mais ou menos dois centímetros, ou ainda quando a impressão sai apagada ou ilegível.

Tabela 11: Totais de não-conformidades para cabos de 2mm² ano 2015

Não conformidades 2015	Quantidade 2mm ² (kg)
Aspecto Superficial	408,22
Dimensional	110,33
Fora de Centro	73,6
Resistência Isolante	3782,4
Quantidade de Fios	24,36
Longitude do Condutor	16,71
Impressão	63,04
Peso do Material	15,77

Fonte: relatórios internos, ano 2015, fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

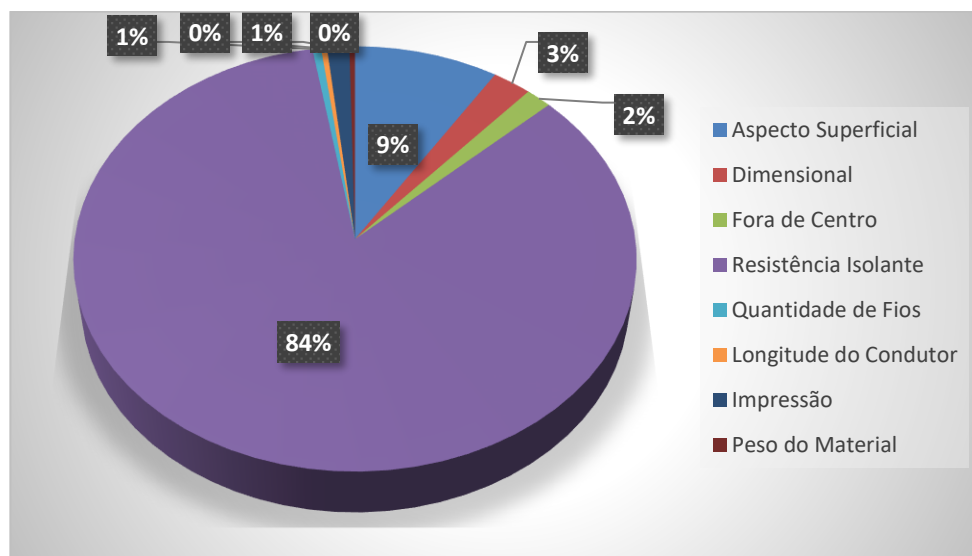


Gráfico 8: Totais de não-conformidades do cabo 2mm² em 2015.

Fonte: dados internos da Empresa A

Já para os cabos de 2mm² produzidos em 2015, um dado expressivo confirma a informação de que naquele ano a não conformidade Baixa Resistência do Material Isolante esteve presente e em percentuais crescentes (84%), comparado a 2014 que foi de 11%: As não conformidades referentes ao material isolante ocorrem quando o PVC que reveste o condutor, não oferece resistência ôhmica necessária tabelada pelas normas da empresa.

Tabela 12: Totais de não-conformidades para cabos de 4mm² ano 2015

Não-Conformidades 2015	Quantidade 4mm ² (kg)
Aspecto Superficial	2201,12
Dimensional	99,26
Fora do Centro	214,12
Não Resistiu à Tensão	6,3
Resistência Isolante	393,88
Formação do Condutor	4,41
Quantidade de Fios	2369,55
Condutor Perfurado	188,94
Impressão	34,03
Peso do Material	3,15

Fonte: relatórios internos, ano 2015, fornecidos pela área de qualidade da Empresa A

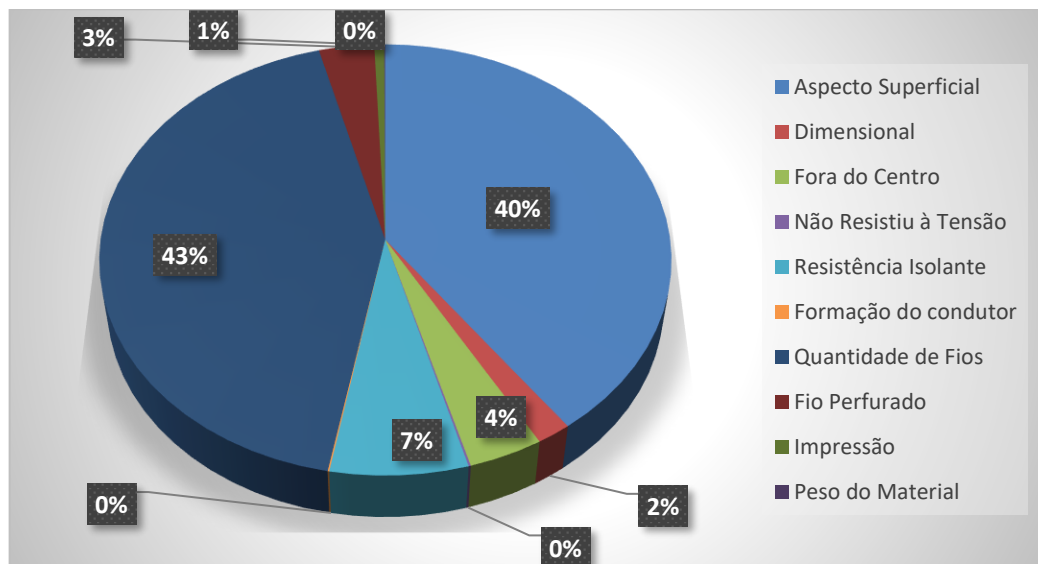


Gráfico 9: Totais de não-conformidades do cabo 4mm² em 2015.

Fonte: dados internos da Empresa A

Finalizando a descrição dos dados, conforme proposto nos objetivos deste trabalho, os totais de não-conformidades encontrados no cabo multifilar de 4 mm² em 2015 também trazem dados relevantes e significativos para que se possam ser encontrados os níveis de qualidade Sigma dos produtos da Empresa. Vale ressaltar os totais de 40% do erro de Aspecto Superficial, juntamente com os 43% de erros encontrados no parâmetro Quantidade de Fios incorretas encontradas dentro do condutor.

Partindo dos dados e informações anteriormente expostos, procedeu-se com a soma das quantidades de não-conformidades em quilogramas de todos os produtos. Os resultados foram dispostos na tabela como se segue:

Tabela 13 – Totais de não-conformidades dos cabos 1, 2 e 4mm²

Não Conformidades (Kg)	2013	2014	2015
1mm ²	1 860,56	4 769,23	1 283,88
2mm ²	4 448,41	2 971,22	4 494,43
4mm ²	21 860,76	18 042,82	5 120,88

Fonte: dados internos da Empresa A

Com os dados da tabela 13 foi possível gerar as duas tabelas a seguir com os percentuais de Taxa de Erro e Defeitos por Milhão de Oportunidades(DPMO)

Tabela 14 – Percentuais de Taxa de Erro (TE) de 2013 a 2015

%TE	2013	2014	2015
1mm ²	2,2844	5,2363	1,4096
2mm ²	1,3161	0,7677	1,2013
4mm²	3,4430	2,5398	0,7299

Fonte: dados internos da Empresa A

A tabela a seguir mostra os números de DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades) dos segmento de produtos estudados neste trabalho:

Tabela 15 – DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades) de 2013 a 2015

DPMO	2013	2014	2015
1mm ²	22 844	52 363	14 096
2mm ²	13 161	7 677	12 013
4mm ²	34 430	25 398	7 299

Fonte: dados internos da Empresa A

Analisando os dados acima, pode-se observar que todos os cabos multifilares de cobre, produzidos pela Empresa A, se encaixam em um nível 3 Sigma de produção ($66807 > \text{DPMO} > 6210$). No entanto, vale ressaltar que o cabo de 4mm² do ano de 2015, por ter apenas 7299 DPMO acabou por se aproximar muito mais de

um nível 4 Sigma, enquanto o cabo de 1mm² de 2014 (52363 DPMO) se aproximou muito mais de um nível 2 de qualidade Sigma.

Diante destas constatações resgata-se a afirmação de Marshal *et al* (2013) que defende que um bom nível Sigma de competitividade a ser atendido. "pode variar de quatro (6,210 DPMO) até seis (3,4 DPMO) e ser considerado um bom nível, desde que este seja o nível que atenda à qualidade esperada pelo consumidor". (idem, 2013 p.75)

10 CONCLUSÃO

A grande vantagem apresentada pelo sistema Seis Sigma é a de que a empresa que o utiliza não necessita se comparar com a qualidade de produção de seus concorrentes e sim ao próprio sistema. O nível de defeitos, portanto, deve se enquadrar ao consumidor, mas é notório que quanto menor forem os erros presentes na fabricação de seus produtos, as empresas terão seus custos minimizados, pois acabam por reduzir o reprocesso e os desperdícios inerentes a ele.

O Seis Sigma é uma ferramenta que pode, então, auxiliar a empresa nas análises de seus números de produção. Perguntas como: A empresa em questão tem um bom nível de competitividade? Em qual parte da produção ocorrem as maiores quantidades de defeitos presentes na empresa? Podem ser respondidas caso a direção esteja disposta a lançar mão de uma série de estratégias e quebra de paradigmas para a implantação de um programa Seis Sigma.

Vale ressaltar que no decorrer do estágio realizado durante os quatro meses na Empresa A ficou evidente que os fatores críticos de sucesso como: tempo de implantação da ferramenta Seis Sigma, combinado com os elementos inerentes à cultura organizacional foram decisivos para que a ferramenta DMAIC, utilizada como modelo teórico, atingisse resultados importantes.

Com os dados analisados, foi possível concluir que a Empresa A poderá se beneficiar em grande escala com a continuação deste trabalho se novos estudos vierem a ser realizados para se descobrir qual é o custo com o desperdício e qual será o custo da implantação do modelo DMAIC juntamente com a implantação do modelamento da filosofia Seis Sigma.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, João. M.; MIGUEL, Paulo. A. C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. São Carlos, **Gest. Prod.** Vol.14.no.2 . 2007. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2007000200002&script=sci_arttext > . Acessado em 22/10/2015.

ARNOLD, J. R. TONY. **Administração de Materiais: uma introdução**. 1. ed. – 8. reimpr. - São Paulo : Atlas, 1999.

BELLEI, Luciana. M. **Aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma indústria gráfica**. – 2010. 60 f. : il. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2010_1_Luciana.pdf>. Acesso em:03/10/2015.

CABRERA, Alvaro Jr. **Dificuldades de Implementação de Programas Seis Sigma: Estudos de caso em empresas com diferentes níveis de maturidade**. 2005 Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo

ESCOLA SUPERIOR LUIZ DE QUEIROZ. **Controle Estatístico da Qualidade**. Disponível em:< http://www.esalq.usp.br/qualidade/introd_mod.htm> . Acesso em: 04/10/2015.

_____. **Programa 5S**. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/qualidade/cinco_s/pag1_5s.htm> . Acesso em: 04/10/2015.

EVANS James. R.; LINDSAY William. M. **An introduction to Six Sigma & Process Improvement** – Disponível em: <<https://books.google.com.py/books?id=CYHAAgAAQBAJ&pg=PR10&dq=EVANS++An+introduction+to+Six+Sigma+%26+Process&hl=en&sa=X&ved=0CBoQ6AEwAGoVChMI35b1t87wyAIVzB6QCh13xQ3T#v=onepage&q=EVANS%20%20An%20introduction%20to%20Six%20Sigma%20%26%20Process&f=false>> Stanford : Cengage Learning, 2015. Acesso em: 15/10/2015.

FARIA, Caroline. **História da qualidade**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/administracao/historia-da-qualidade/>> . Acessado em 29/09/2015.

FRANÇA, André. S. **Implantação da estratégia seis sigma em uma Indústria de fios e cabos elétricos.** Monografia de Conclusão de Curso de Especialização em Gestão Industrial Produção e Manutenção (Especialização). 2012. Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Ponta Grossa. 2012. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1444/3/PG_CEGIPM_VII_2011_04.pdf>. Acessado em:22/09/2015.

LAMBERT, Douglas M. ; COOPER, Martha C, ; PAGH, Janus D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. **The International Journal of Logistics Management**, V. 9. Issue. 2. 1998. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/action/doSearch?ContribStored=Pagh%2C+J+D&>> acesso: 20/09/2015.

MAIA, Marcel. F.; BARBOSA, Wanderson. M. **Estudo da utilização da ferramenta mapeamento do fluxo de valor (mfv) para eliminação dos desperdícios da produção.** 2006 . 18 fls.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Viçosa, MG.2006. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dep/engprod/TRABALHOS%20DE%20GRADUACAO/MARCEL%20FISCHER%20MAIA%20-%20WANDERSON%20MAROTA%20BARBOSA/Trablho%20de%20Gradua%C3%A7%C3%A3o%20Final.pdf>> . Acesso em: 19/09/2015.

MARSHALL JUNIOR, Isnard. *et al.* **Gestão da qualidade e processos** - Rio de Janeiro : Editora FGV, 2012.

PAND, Pete.; HOLPP, Larry. **What is six sigma?** – New York: McGraw-Hill, 2002.

REALI José. Luiz. S. **Os recursos humanos e a gestão pela qualidade total.** 2004 Dissertação de Mestrado. Fundação Getulio Vargas, Escola brasileira de administração pública e de empresas, 2004 Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/8674/000348616.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29/09/2015.

ROCHA, Alexandre V. *et al.* **Gerenciamento da qualidade em projetos** - Rio de Janeiro : Editora FGV, 2014.

ROMEU, Natanael S. ; DANILEVICZ, Angela M. F. **Aplicação dos métodos e ferramentas da qualidade para otimização de recursos nos processos administrativo e produtivo em uma empresa do setor metal-mecânico.** XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_135_861_18920.pdf>. Acesso: 15/10/2015.

SALGADO, Eduardo. G. *et al.* **Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos.** Gest. Prod. São Carlos. V. 16, n. 3, p. 344-356, jul-set, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v16n3/v16n3a03>>. Acessado em 19/10/2015.

SILVA Juvancir.; SANTIN Carlos. R. **Análise empírica dos impactos da iso 9001 no desenvolvimento pessoal** – disponível em: <http://www.ead.fea.usp.br/Semead/8semead/resultado/trabalhosPDF/156.pdf> acessado em 18/10/2015.

TRAD, Samir.; MAXIMIANO, Antonio. Cesar. A. **Seis sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação** – Revista Administração Contemporânea, Curitiba, v. 13, n. 4, art. 7, pp. 647-662, Out./Dez. 2009. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rac/v13n4/a08v13n4>>. Acessado em 27/09/2015.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos.** Curitiba: UTFPR, 2009.

VENTURA, Magda M. **O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa** – Revista Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007;20(5):383-386, pp.XX, setembro/outubro 2007. Disponível em :<http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/o_estudo_de_caso_como_modalidade_d_e_pesquisa.pdf>. Acessado em 03/11/2015

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos** - trad. Daniel Grassi- 2.ed.- Porto Alegre: Bookman, 2001.