

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE GESTÃO E ECONOMIA  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

RODRIGO BERNECK COAS

**ESTUDO DE CASO: IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA SEIS SIGMA EM  
UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

RODRIGO BERNECK COAS

**ESTUDO DE CASO: IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA SEIS SIGMA EM  
UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Especialização apresentado como requisito  
parcial para a obtenção do título de  
Especialista em Engenharia da Produção.

Orientador: Prof. Wilson Miccoli, PhD

CURITIBA

2017

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ESTUDO DE CASO: IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA SEIS SIGMA EM UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE**

Esta monografia foi apresentada no dia 04 de março de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato apresentou o trabalho para a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Wilson Roberto Vicente Miccoli  
Orientador

---

Prof. M. Sc. Tiago Rodrigues Weller  
Banca

---

Prof. Dr. Leonardo Tonon  
Banca

Visto da coordenação:

---

Prof. Dr. Paulo Daniel Batista de Sousa

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado condições de realizar este trabalho e superar todos os desafios a mim impetrados.

A minha esposa e filhos pela paciência e apoio que me deram durante este período de estudos, colaborando para que nossas vidas caminhassem de forma serena e tranquila.

A empresa que trabalho que disponibilizou recursos e informações para a realização deste trabalho.

Aos colegas Franco e Robson pela paciência e prontidão a mim oferecidos.

Ao meu gerente pelo desafio dado em executar este tema como conclusão do estudo.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

COAS, Rodrigo Berneck. Estudo de Caso: Implementação de um Programa Seis Sigma em uma empresa de grande porte. 2017. 50 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

A busca pelo aumento da produtividade e dos níveis de qualidade são um dos principais objetivos de qualquer empresa que deseje ser competitiva nos tempos atuais. Inúmeras empresas adotam diversos tipos de Programas e metodologias, os quais apresentam ferramentas específicas e focos diferentes entre si. O programa Seis Sigma é uma dessas metodologias que possui o foco no cliente. Baseado nesta premissa a busca por resultados em que atendam primeiramente o cliente final, apresenta resultados imediatos de satisfação até então não atingidos. O grau de assertividade na resolução de um problema traz resultados positivos também na redução de desperdício e no tempo de resposta. O objetivo deste trabalho é mostrar os caminhos para a implantação de um Programa Seis Sigma em uma empresa, junto a um estudo de caso que foi a resolução de um problema de qualidade. Os resultados obtidos demonstram que o Programa Seis Sigma, se estruturado de forma robusta, e com uma base sólida para formar, uma “massa crítica”, pode gerar resultados rápidos e prospecções futuras para o negócio. O simples fato de declarar a utilização da metodologia na companhia gera um retorno de confiança do cliente final quanto ao grau de profissionalismo da resolução de eventuais problemas. Outro ponto importante do programa descrito é a estrutura desenvolvida para disseminar a metodologia entre os colaboradores através das normas internas e procedimentos descritos. Além dos resultados financeiros alcançados pela unidade de negócio o estudo de caso exemplifica outros ganhos obtidos na execução de projetos Seis Sigma, como descobertas para desenvolvimento de novos produtos.

**Palavras-chave:** Programa Seis Sigma. Implementação de metodologias. Qualidade.

## ABSTRACT

COAS, Rodrigo Berneck. Case Study: Implementing a Six Sigma program in a large company. 2017. 50 f. Monografia. (Especialização em Engenharia da Produção) – Departamento de Gestão e Economia - DAGEE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

The quest for increased productivity and quality levels is one of the main goals of any company that wants to be competitive in the current times. Many companies adopt different types of Programs and methodologies, which present specific tools and different focuses between them. The Six Sigma program is one of those client-focused methodologies. Based on this premise, the search for results in which they first serve the final customer, presents immediate results of satisfaction that were not achieved until then. The degree of assertiveness in solving a problem brings positive results also in waste reduction and response time. The objective of this work is to show the ways to implement a Six Sigma Program in a company, along with a case study that was the resolution of a quality problem. The results show that the Six Sigma Program, if robustly structured and with a solid foundation to form a "critical mass", can generate fast results and future prospects for the business. The mere fact of declaring the use of the methodology in the company generates a return of confidence of the final client as to the degree of professionalism of the resolution of eventual problems. Another important point of the program described is the structure developed to disseminate the methodology among the employees through the internal norms and procedures described. In addition to the financial results achieved by the business unit, the case study exemplifies other gains obtained in the execution of Six Sigma projects as discoveries for the development of new products.

**Keywords:** Six Sigma Program. Implementation of methodologies. Quality

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico representativo da trilogia de Juran.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 2 – Fluxograma de processos .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 3 – Matriz QFD .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 4 – Diagrama de Ishikawa.....	21
Figura 5 – Exemplo de um mapa de raciocínio .....	22
Figura 6 - Relacionamento entre ferramentas estatísticas e o mapa do pensamento.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 7 – Exemplo de mapa de processo .....	23
Figura 8 – Planejamento estratégico.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 9 - Parte do fluxograma descrito na norma WPS-27788	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 10 – Estrutura de normas da metodologia Seis Sigma.....	34
Figura 11 – Procedimento para elaborar mapa de processo de medição.....	35
Figura 12 - Procedimento para elaborar a estratégia de amostragem	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 13 - Exemplo de um mapa de produto .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 14 - Exemplo de um mapa de raciocínio.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 15 - Fluxo de normas da Qualificação Profissional Seis Sigma	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 16 - Parte da Norma .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 17 - Contrato de Certificação Seis Sigma .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 18 – Levantamento mensal do laboratório III .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 19 - Mapa de raciocínio.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 20 - Mapa de Processo de Mediçã.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 21 - Arvore de amostragem.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 22 - Mapa de Processo de Montagem .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 23 - Mapa de Produto.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 24 - Arvore de amostragem.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 25 - Exemplos de ferramentas e gráficos do software de analise	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 26 - Plano de Ação .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Valores em PPM na escala Sigma. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 2 - Modelo DMAIC de melhoria Seis Sigma. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 3 –Resultados obtidos. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 4 – Numero de Certificados por turma. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 5 - Resumo das NC durante o período. .... **Erro! Indicador não definido.**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1	APRESENTAÇÃO DO TEMA.....	9
1.2	JUSTIFICATIVA .....	11
1.3	OBJETIVO GERAL.....	12
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
1.5	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	12
1.6	RELEVÂNCIA.....	12
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
2.1	QUALIDADE.....	14
2.1.1	Conceitos .....	14
2.2	SEIS SIGMA .....	16
2.2.1	Terminologia Seis Sigma .....	16
2.2.2	Programa Seis Sigma.....	17
2.2.3	Etapas do Programa Seis Sigma .....	18
2.2.4	Técnicas e Ferramentas .....	19
2.2.5	Mapa de raciocínio .....	21
2.2.6	Mapa de processo .....	23
2.2.7	Perfis do Programa Seis Sigma .....	24
2.2.8	Treinamento do programa Seis Sigma .....	26
2.2.9	Estratégia de implantação .....	26
2.3	EXEMPLO DO “ESTADO DA ARTE” .....	27
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>29</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA EMPRESA .....	29
3.2	IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA .....	29
3.2.1	Definição do Escopo.....	29
3.2.2	Bases da liderança .....	30
3.2.3	Bases de conhecimento – criando “massa crítica” .....	30
3.2.4	Planejamento Estratégico .....	31
3.2.5	Sistema de Gestão de Informação .....	32
3.2.6	Sistema de Gestão de Normas .....	33
3.3	NÚMEROS DO PROGRAMA .....	41
3.4	ESTUDO DE CASO .....	42
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Este trabalho apresenta uma proposta de programa utilizado em uma empresa de grande porte, citando as boas práticas, conceitos utilizados, ferramentas, normas internas e demais pontos importantes para a implantação de uma metodologia Seis Sigma. Bem como apresenta e demonstra um estudo de caso realizado em uma certificação durante o início do programa desta empresa em questão.

O primeiro capítulo deste trabalho será apresentar os objetivos a serem atingidos, a justificativa e a importância do mesmo para a organização.

Com a chegada da Segunda Guerra Mundial as teorias da qualidade em processos industriais se consolidaram, pois, as exigências por altos níveis de qualidade foram impostas aos fornecedores diretos e indiretos de forma a atender as necessidades deste período conturbado. Para isso as empresas americanas tiveram que se adaptar e introduzir novos programas de qualidade nas linhas de produção, os quais resistiram até aproximadamente a década de 70. No pós-guerra as empresas decidiram experimentar novas tecnologias, investindo em automação de equipamentos.

Tendo as indústrias japonesas como molde até os tempos atuais, a qualidade esmerase a qualidade do produto. O conceito de qualidade torna-se mais abrangente, deixando de ter o foco somente no produto, mas em informação, serviço e processo.

A metodologia Seis Sigma pode ser considerada uma evolução destas práticas, voltada a melhoria continua dos processos, visando a satisfação do cliente, obtendo maiores ganhos financeiros e operacionais (BREYFOGLE III et al. 2001).

O Conceito Seis Sigma teve início na segunda metade da década de 80 pela Motorola e posteriormente adaptado e praticado por outras empresas como a GE e IBM. A crescente utilização da metodologia deve-se aos casos de sucesso obtidos por elas e por outras tantas praticadas. Com isso, desenvolveu um interesse na comunidade financeira e na liderança de grandes corporações (HOERL, 2001).

Entre a década de 80 e 90, a Motorola era uma das corporações norte-americanas que passava por um período difícil devido a competitividade das empresas japonesas. Com isso, os executivos da Motorola identificaram que a qualidade de seus produtos era baixa e não possuíam um programa de qualidade sustentável. Entretanto, em 1987 uma nova técnica

surgiu no setor de comunicações, com um conceito de melhoria inovadora e focada nas necessidades do cliente. Esta técnica então foi nomeada de Seis Sigma (PANDE et al., 2001).

O programa Seis Sigma busca a eliminação da causa raiz dos defeitos e a melhoria da eficiência deste o chão de fábrica até o nível administrativo (BISGAARD; FREIESLEBEN, 2001). A busca pela eliminação dos erros no processo de produção e no produto para a metodologia ocorre com a melhoria da medição e da capacidade de não produzir produtos defeituosos (INGLE; ROE, 2001).

Os programas de qualidade que vieram antes do Seis Sigma, eram focados nas especificações do produto, mesmo que isso gerasse um custo excessivo pós-produção, como por exemplo o retrabalho, o refugo e as inspeções finais (HARRY; SCHROEDER, 2000). Ainda segundo Harry e Schroeder (2000), um produto ou processo é composto de elementos que individualmente podem atender a especificação, mas com a interação de dois ou mais indivíduos poderá ocorrer uma somatória de variações que podem não mais atender as especificações.

A Motorola utilizou o método de redução de variabilidade no seu produto e processo para prevenir defeitos. Este método tem como base reduzir continuamente as variações, onde estas pequenas variações podem causar problemas significativos de qualidade. (INGLE; ROE, 2001).

Dentro da metodologia Seis Sigma, deve-se conhecer quais as variáveis de um produto ou processo por serem fatores que interferem nos tempos de fabricação, custos, qualidade e na satisfação do cliente final. Neste conceito podemos concluir que esses fatores afetam diretamente a lucratividade da empresa (SANDERS; HILD, 2001).

Ainda segundo Sanders e Hild (2001), os resultados esperados com o programa Seis Sigma são:

- a. Desenvolver produtos mais robustos;
- b. Obter processos de manufatura mais eficazes e capazes;
- c. Gerar resultado financeiro global mais confiável.

Os benefícios do programa Seis Sigma segundo Pande et al. (2001)

- a. Maior visão do processo e controle como um todo, tendo maior conhecimento sobre as variáveis de maior influência; monitoramento e controle destas afim de obter melhores resultados do processo;
- b. Determinação de uma meta de desempenho comum para diferentes processos, correlacionando com a capacidade Seis Sigma, ou seja, 99,9997% de produtos conformes;

- c. Prover com rapidez a taxa de melhoria;
- d. Maior aprendizagem;
- e. Elaborar/ executar mudanças estratégicas.

Conforme Sanders e Hild (2001), para obtermos uma implantação de sucesso do programa Seis Sigma:

- a. Desenvolver o pensamento crítico e integra-lo junto a experiências as ferramentas da metodologia Seis Sigma.
- b. Criar metodologia de gerenciamento da filosofia.
- c. Ter suporte para atender as metas estabelecidas;
- d. Integrar a organização com informação para assim alinhar os planos e objetivos estratégicos;
- e. Interpretar os objetivos internos com a necessidade dos clientes externos;
- f. Alinhar as metas interdepartamentais com as metas da organização;
- g. Valorizar e recompensar aprendizados e conhecimentos do processo e produto que resultaram em economia ao projeto.

O programa Seis Sigma tem como base métodos estatísticos que auxiliam a entender as variáveis, resultados e o comportamento do processo produtivo (BISGAARD; FREIESLEBEN, 2001).

Como base do programa Seis Sigma a Motorola elaborou ferramentas de análise de dados e soluções de problemas, as quais foram disseminadas a uma porção da força de trabalho (SANDERS; HILD, 2001). Os participantes que receberam este treinamento de técnicas estatísticas receberam o título de Black Belt (faixa preta). Atualmente os Black Belt são considerados como a base técnica na estrutura necessária para a implantação do programa Seis Sigma (HOERL, 2001).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O Seis Sigma é um programa que mostra certa similaridade aos conceitos difundidos por Deming e Juran na qualidade contemporânea (PANDE et al., 2001).

Até os dias de hoje, existem diversos relatos de fracassos na implantação de atividades de melhoria da qualidade, defeito zero, redução de variabilidade entre outros programas em corporações. Uma forte percepção deste fracasso foi a dificuldade de alcançarem resultados

práticos e mensurar os ganhos adquiridos. Por outro lado, o programa Seis Sigma conseguiu evidenciar esses ganhos e então reconhecido como um programa de sucesso.

Segundo Reis (2003), o programa Seis Sigma ainda é pouco difundido e lentamente vem sendo introduzido por empresas multinacionais que utilizam em suas plantas nos países de origem. Com isso, as informações e técnicas utilizadas são muito pouco divulgada por elas e assim o nível de detalhes do programa ainda é desconhecido.

Neste contexto, podemos considerar que este estudo pode contribuir com o aumento do número de fontes de informação acerca da implantação de um programa Seis Sigma.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é disponibilizar as técnicas e elementos necessários, baseado em um estudo de caso, para a implementação do programa Seis Sigma em uma empresa de grande porte.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a. Descrever a metodologia utilizada pela organização para implementar um programa robusto e duradouro;
- b. Descrever o sistema de normas e procedimentos criados para disseminar o programa internamente na corporação;
- c. Validar a proposta da empresa correlacionando as ferramentas implementadas e fortemente difundidas com um trabalho de certificação realizado internamente.
- d. Delimitação do estudo.

Não é objetivo deste trabalho propor melhorias ou corrigir a eventuais pontos da proposta inicial da empresa.

### 1.5 RELEVÂNCIA

Do ponto de vista da empresa, o trabalho é relevante no sentido de registrar os procedimentos, estruturar as ações necessárias e validar as boas práticas utilizadas no

processo de implantação. Outro ponto relevante está a observação e questionamentos sob ações que não obtiveram grandes resultados neste processo como um todo.

A Empresa em questão possui um planejamento estratégico ambicioso, o qual se resume na aquisição de novas empresas e/ ou organizações. Para que a ideologia e a gestão da qualidade nos demais braços da organização tenham o mesmo efeito que a matriz obteve. Forma-se um manual prático de consulta esporádica para a disseminação da metodologia.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em capítulos conforme descritos na sequência.

No primeiro capítulo estão descritas as considerações iniciais, o objetivo da realização deste trabalho, a justificativa de sua elaboração, a relevância para a corporação e a estrutura de como o trabalho será contextualizado.

No capítulo dois, encontra-se a revisão bibliográfica sobre o programa Seis Sigma, sua metodologia, sua estrutura física e a teoria por detrás desta filosofia.

O capítulo três consiste em apresentar o planejamento estratégico da empresa em questão, a metodologia utilizada na estruturação dos departamentos e na coordenação da implantação, as ferramentas necessárias e utilizadas durante a introdução do programa, os números obtidos referentes a estrutura e tudo que envolve o processo criação e disseminação do pensamento crítico.

O quarto e último capítulo contemplará a conclusão e lições apreendidas do estudo em questão

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 QUALIDADE

A Qualidade atualmente possui um plano de entendimento diferenciado, pois além de ser fundamental para que haja sucesso em uma organização, ela está inserida no processo de globalização, o que nos leva a abertura de novos mercados, acirrada competição entre empresas e aumento da competitividade (MARSHALL JUNIOR, 2003).

Baseado nestas informações pode-se dizer que a Qualidade é essencial na estrutura empresarial, uma vez que influencia um modelo de gestão e o modo de pensamento entre os colaboradores. A busca pela melhoria e aprimoramento de seus processos e produtos através da atualização e normatização de métodos e procedimentos por ela descritos. É um erro ignorar a qualidade e interpretar como um controle de produção isolado. Dentro desta visão, podemos descrever a Qualidade como um modelo gerencial em busca de produtividade e sucesso em um plano de negócio.

#### 2.1.1 Conceitos

A qualidade é um processo contínuo de melhoria, onde deve ser constante a busca pela adequação de produtos e serviços a que se destinam (PALADINI, 2000).

Segundo Barçante (1998), a qualidade é o caminho para que a empresa possa fornecer seus produtos ou serviços superiores ao concorrente, proveniente de um elevado desempenho operacional.

Na visão de Garvin (2002), a qualidade pode ser definida em cinco formas:

- a. Transcendente: a qualidade não é algo concreto ou uma definição fixa, mas a busca permanente pela excelência.
- b. Baseada no produto: Quanto mais atributos desejados tiverem o produto, maior a qualidade sobre o mesmo.
- c. Baseada no usuário: A qualidade é a busca pela satisfação do usuário.
- d. Baseada na produção: Qualidade é atender um maior grau de conformidade do produto de acordo com suas especificações.
- e. Baseado no valor: Qualidade com produtividade, mais e melhor ao menor custo possível.

Segundo Deming a qualidade é determinada a partir das exigências e expectativas do cliente, ou seja, ela pode ser alterada constantemente desde que desejado pelo consumidor final.

Outros conceitos utilizados por Deming, está o aperfeiçoamento do produto baseado na competitividade, liderança e participação de colaboradores em tomada de decisões, utilizar métodos estatísticos e adotar ciclos de melhoria contínua em seus processos e serviços.

Para Joseph M. Juran introduziu novos conceitos na qualidade, transformando-a em uma metodologia empresarial e não somente um método de controle produtivo. Suas ideias geraram um grande avanço a qualidade. O autor aborda a qualidade de três modos: planejamento, controle e melhoria. Com isso surgiu a trilogia de Juran, um conceito graficamente representado a partir da linha do tempo de um negócio qualquer.

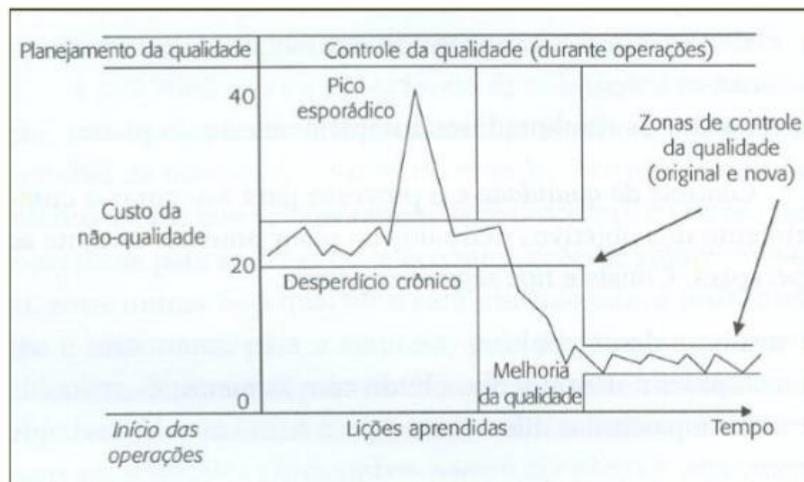


Figura 1 - Gráfico representativo da trilogia de Juran  
Fonte: JURAN, 1991

O autor delimita um desperdício de 20% decorrentes de falhas na fase inicial de operação (planejamento), podendo chegar a picos de 40%. A partir dos processos de melhoria e com o passar do tempo essa porcentagem é reduzida.

Armand Vallin Freigenbaum teve uma grande contribuição no conceito de TQC (Total Quality Control). Ainda segundo o autor, a qualidade deve ser participativa e todos devem ser responsáveis pela sua gestão. Seu pensamento era voltado a gestão de qualidade e comprometimento com a excelência. O Controle de Qualidade Total fundamenta-se em uma qualidade incorporada em toda a organização e não somente setorial. Nesta linha podemos admitir a importância da participação e compromisso da alta administração na implementação e sucesso neste conceito de gestão.

Philip B. Crosby pratica o conceito de “fazer certo da primeira vez”, procurando atender tolerâncias e especificações de acordo com a necessidade de seus clientes. A busca pela melhoria continua se deve ao comprometimento de seus colaboradores, com o foco no “defeito zero”. Para Crosby a qualidade deve vir de cima para baixo na hierarquia da organização, ou seja, a falta de qualidade é responsabilidade de uma má gestão.

## 2.2 SEIS SIGMA

A metodologia Seis Sigma é uma combinação evolutiva de vários modelos da Qualidade. Suas ferramentas são um conjunto das melhores práticas e conceitos gerenciais desenvolvidos ao longo do século XX. Podemos definir a metodologia de duas formas distintas:

- a. Estratégia empresarial que emprega dados estatísticos para monitorar a performance industrial. Desta forma facilita a visualização e a eliminação dos defeitos operacionais.
- b. Estratégia empresarial com visão e enfoque no cliente, aprimorando seus recursos de forma a superar as expectativas e necessidades solicitadas. Maximizar seus ganhos a partir de análises estatísticas, imperando assim a cultura da melhoria continua.

### 2.2.1 Terminologia Seis Sigma

Criado na década de 80, o conceito sigma ( $\sigma$ ) é utilizado na Qualidade como uma forma métrica para mensurar o desempenho de processos, indiferente da complexidade. (HARRY; SCHROEDER, 2000).

O Sigma, também conhecido como desvio padrão, mede a capacidade do processo em atender as especificações. Segundo Hilsdorf (2002), um processo com desempenho 6sigma é quando tem sua média da população centrada na nominal e seus limites de especificação a seis desvios padrões equidistantes da média. Em números, significa que 99,9999998% dos produtos são conformes.

Estatisticamente o sigma é uma escala para quantificar variação, sendo utilizado para medir o nível de qualidade associado a um processo. Quanto maior o valor na escala sigma, maior o nível de qualidade (WERKEMA, 2000).

A seguir o valor da escala sigma quanto ao número de defeitos correspondentes, levando em consideração que os resultados do processo representam graficamente uma curva normal.

<b>Escala Sigma</b>	<b>Defeitos (ppm)</b>
1	317.400
2	45.600
3	2.700
4	63
5	0,57
6	0,002
7	0,00003

Tabela 1 – Valores em PPM na escala Sigma  
Fonte: WERKEMA, 2000.

### 2.2.2 Programa Seis Sigma

O Seis Sigma pode ser entendido como um programa de qualidade, o qual está contemplado importantes ideias relacionadas a gestão e práticas de liderança. De uma forma geral ele baseia-se em uma metodologia de desenvolvimento de projetos com grande embasamento estatístico e quantitativo, sempre em busca de desempenho em todos os pontos da cadeia produtiva (PANDE et al; 2001).

O Programa Seis Sigma tem como estratégia na empresa um crescimento sustentável, com base em um planejamento adequado e uma mudança de cultura interna, seu foco é a melhoria constante da qualidade. Coloca o atendimento ao cliente como objetivo principal, propondo metas de alto desempenho, sempre em busca da perfeição. Utiliza sistematicamente ferramentas de gestão, promovendo aprendizagem e aprimoramentos, assim como compartilhamento de ideias e métodos eficazes. Desta forma propaga mudanças em toda a cadeia de forma simples e segura (HARRY; SCHROEDER, 2000).

Elementos críticos ao programa Seis Sigma segundo Pande et al (2001):

- Foco no cliente: o cliente é essencial para medir a eficácia do negócio. Mais que apenas uma opinião, a visão do cliente é objetivo a ser trabalhado, estudado e perseguidos por todos os setores da organização.
- Visão orientada a processos, gestão e melhoria: utilização de ciclos de ações. Investigação de toda a cadeia, desde a ideia do projeto até a execução na manufatura. Com o foco nos processos, a busca pelas falhas não se atrela as pessoas, mas aos métodos utilizados. Desta forma prevalece um clima organizacional participativo e todos convergem em busca da solução do problema.

- Gerenciamento por dados e fatos: não há decisões baseadas em suposições. O programa busca as melhores métricas e ferramentas na estatística e fora dela, para avaliar e medir as performances e assim buscar um entendimento detalhado das variáveis do processo. Com isso facilita e simplifica a visão para determinar quais ações deverão ser tomadas em cada caso específico.
- Busca pela perfeição com tolerância ao fracasso: ambos resultados caminham juntos. Pois a busca incessante na redução de defeitos, os quais chegam tão próximos a níveis da perfeição, deve-se estar preparado a assumir risco que podem levar a eventuais fracassos. Neste caso são novos problemas a superar e várias lições aprendidas.
- Gestão Proativa: significa tomar ações antes de preceder a não conformidade. O programa estimula o pensamento crítico dos indivíduos, questionando os métodos mesmo que estes aparentem perfeitamente corretos. Utilizar ciclos de aprendizado, reforçando processos de forma a deixá-los sempre mais robustos.

### 2.2.3 Etapas do Programa Seis Sigma

O modelo DMAIC, uma visão modificada do ciclo PDSA de Shewhart, é a base do método Seis Sigma de melhoria continua composto de cinco fases. O nome é proveniente das iniciais dos termos em inglês de cada etapa (Define, Measure, Analyse, Improve, Control). Traduzindo para o Português temos as fases Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Com a obtenção da última etapa do ciclo, o mesmo se inicia novamente de forma que os processos estejam robustos a sofrerem mudanças consistentes necessárias ou solicitados pelo mercado.

A seguir está apresentada uma tabela correspondente a cada fase do modelo DMAIC com suas respectivas ações.

	<b>Melhoria de Processo</b>	<b>Projeto/Reprojeto de Processo</b>
<b>Definição</b>	Identifique o problema Defina requisitos Estabeleça meta	Identifique problemas Defina objetivo/mude a visão Esclareça escopo e exigências do cliente
<b>Medição</b>	Valide problema/processo Redefina problema/objetivo Meça passos-chave/entradas	Meça desempenho segundo exigências Colete dados da eficiência do processo
<b>Análise</b>	Desenvolva hipóteses Identifique causas-raiz Valide hipóteses	Identifique melhores práticas Avalie projeto do processo Redefina exigências
<b>Melhoria</b>	Desenvolva soluções Teste soluções Padronize e meça resultados	Projete novo processo Implemente novo processo
<b>Controle</b>	Estabeleça medidas-padrão Corrija quando necessário	Estabeleça medidas e revisões Corrija quando necessário

Tabela 2 - Modelo DMAIC de melhoria Seis Sigma  
Fonte: PANDE et al., 2001.

#### 2.2.4 Técnicas e Ferramentas

De acordo com cada problema, são definidas algumas técnicas e ferramentas para cada etapa do modelo DMAIC.

➤ **Brainstorming:** Segundo Marshall Junior et al., (2003), o termo traduzido do inglês significa tempestade de ideias, é uma técnica praticada em grupo, no máximo doze pessoas, onde possa expor ideias e pensamentos no menor tempo possível. O objetivo é trazer a partir da criatividade novos pontos de vistas que deverão ser registrados e posteriormente analisados por pessoas devidamente treinadas.

➤ **Mapeamento de Processos:** esta técnica facilita a visualização e o entendimento detalhado de todas as tarefas realizadas por todos setores envolvidos na cadeia produtiva. Isto inclui desde os fornecedores de matéria prima até o recebimento pelo cliente final. Um exemplo de mapa é o fluxograma indicando as fases do processo (ROTONDARO et al., 2002).

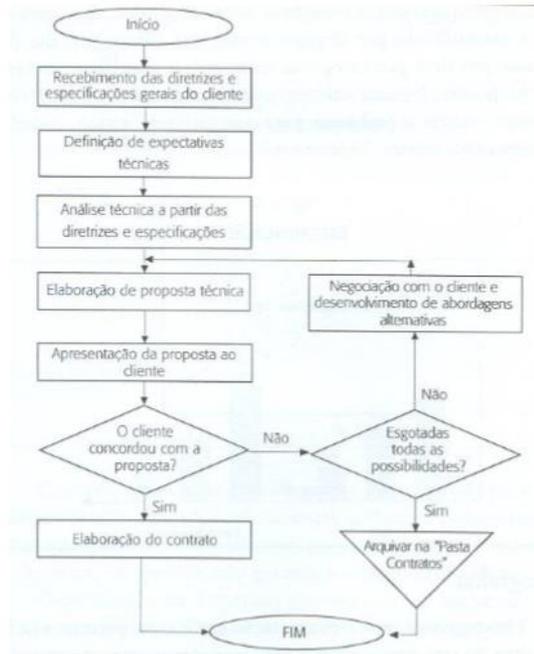


Figura 2 – Fluxograma de processos  
 Fonte: MARSHALL JUNIOR et al., 2003

➤ QFD – Desdobramento da Função da Qualidade: de acordo com Rotondaro et al., (2002), esta é a matriz mais importante da Metodologia Seis Sigma, pois a partir dela pode-se identificar e priorizar as necessidades do cliente. Ela determina as características críticas para a qualidade, faz comparações com os concorrentes e realiza metas quantitativas de melhoria.

➤

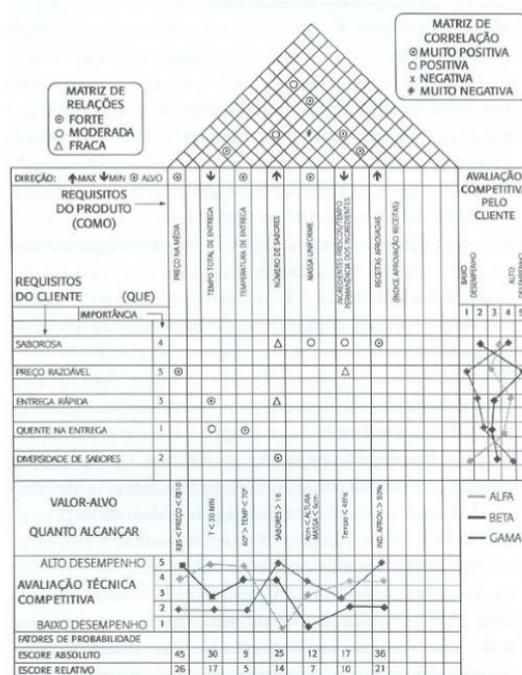


Figura 3 – Matriz QFD  
 Fonte: MARSHALL JUNIOR et al., 2003

➤ Gráfico de Pareto: criado pelo economista italiano Vilfredo Pareto, cujo princípio baseia-se na regra do 80/20, onde estipula-se que 80% dos defeitos se concentram em 20% das causas. Este é representado em forma de gráficos do tipo barra onde permite priorizar as causas da não-conformidade de um processo produtivo (MARSHALL JUNIOR et al., 2003).

➤ Diagrama de causa e efeito: também conhecido como diagrama de Ishikawa ou “espinha de peixe”, deve ser realizado com a colaboração do envolvidos na operação, onde possa ser relacionada a devida causa para cada efeito constatado (MARSHALL JUNIOR et al., 2003).

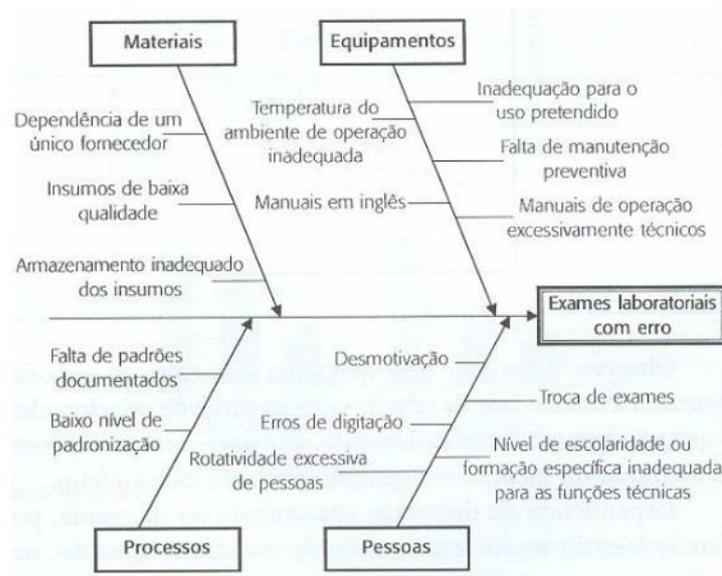


Figura 4 – Diagrama de Ishikawa.  
Fonte: MARSHALL JUNIOR et al., 2003

➤ DOE – *Design of experiments*: método de determinação de variáveis que afetam o desempenho de um processo, seus efeitos e as interações entre elas. São delineados experimentos planejados em que as variáveis controladas de entrada são alteradas de modo consciente, sob o efeito de determinar o impacto sobre uma resposta e assim encontrar a melhor combinação de variáveis.

### 2.2.5 Mapa de raciocínio

O mapa de raciocínio é uma documentação utilizada durante todo o desenvolvimento do projeto realizado. Este documento serve como anotação cronológica e progressiva dos

acontecimentos. Nele devem constar o objetivo geral do trabalho, questões a serem respondidas durante o percurso realizado, atividades a serem realizadas com o intuito de responder as questões propostas, novas questões geradas e novos passos que surgirem durante a execução do projeto (WERKEMA, 2000).

Segundo Hild et al., (2000), não existe uma maneira correta de desenvolver um mapa de raciocínio, porem existem alguns fatores que indicam o quanto eficiente o documento será para a condução do trabalho.

- Objetivo claro e quantificável do trabalho;
- Alternativas principais e questões a serem consideradas;
- Caminhos paralelos de questionamento;
- Priorização das perguntas;
- Diferentes ferramentas, técnicas e metodologias utilizadas;
- Histórico do trabalho e documentação das respostas;
- Evolução das métricas.

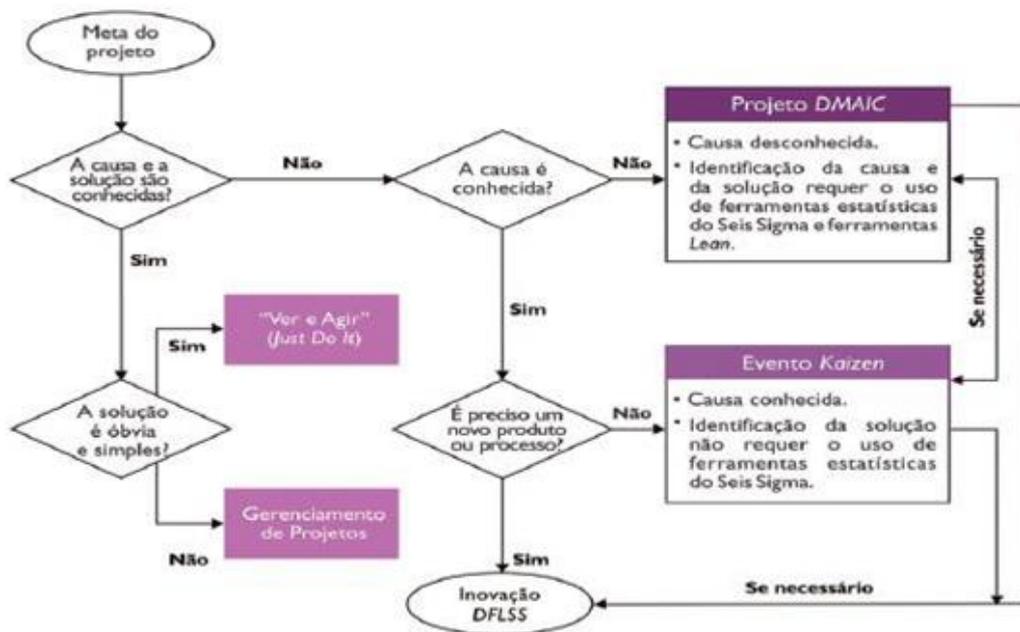


Figura 5 – Exemplo de um mapa de raciocínio.  
Fonte: WERKEMA (2000).

Para que a equipe de trabalho tenha um entendimento geral do projeto, a Figura 6 ilustra a ligação entre as ferramentas, a direção que o trabalho deverá seguir, a natureza

hierárquica do trabalho, a construção do conhecimento sequencial, as hipóteses a serem testadas e a descrição das teorias.

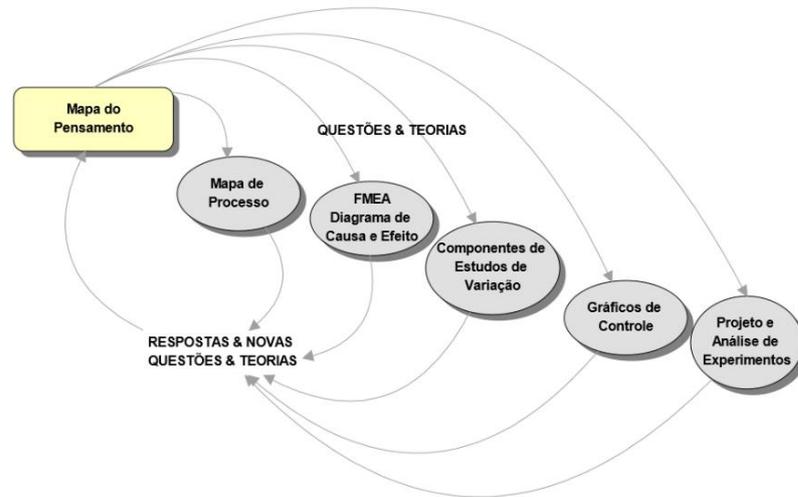


Figura 6 - Relacionamento entre ferramentas estatísticas e o mapa do pensamento.  
 Fonte: HILD et al. (2000).

### 2.2.6 Mapa de processo

De acordo com Werkema (2000), os mapas de processo são os documentos utilizados para registrar todas as informações referentes ao processo. Neles devem constar os limites de processo, as entradas e saídas, principais atividades e os parâmetros.

Na figura a seguir um exemplo de mapa de processo com todas as observações necessárias na sua execução.

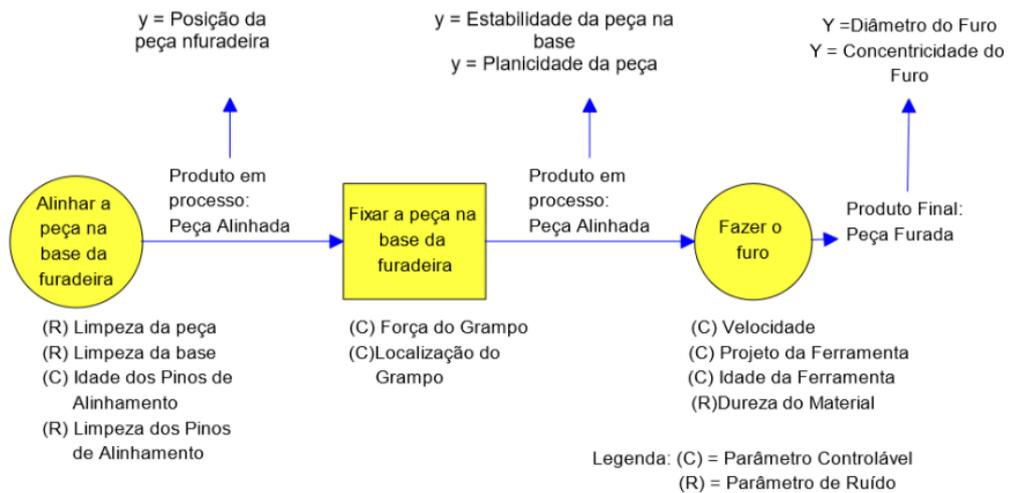


Figura 7 – Exemplo de mapa de processo.  
 Fonte: WERKEMA (2000).

Em um mapa de processo encontra-se os seguintes parâmetros:

- a. Parâmetro do produto final (Y) é o resultado obtido após o processo como um todo.
- b. Parâmetro do produto em processo (y) é o resultado após cada processo independente.
- c. Parâmetro de processo (x) são as características inerentes a cada processo.

É no mapa de processo onde são registradas todas variáveis controladas e não controladas (ruídos). O mapa de processo é a base de informação que caracteriza um processo. Se uma variável de processo ou produto indicado no mapa for considerado significativo, esta terá relevância no experimento e será considerada como característica crítica.

No mapa devem constar todas as características imagináveis do processo, indiferente da relevância. Com isso facilita a quantificação e priorização do processo. O processo de revisar e atualizar o mapa deve ser feito com frequência.

### 2.2.7 Perfis do Programa Seis Sigma

Para facilitar o entendimento e delimitar funções dentro do programa Seis Sigma, alguns nomes foram dados aos personagens que fazem a estrutura do programa se mover. O *black belt*, ou faixa preta, é o indivíduo mais conhecido entre eles e é o especialista com conhecimento necessário para a obtenção de sucesso em um projeto Seis Sigma. Além do *black belt* outras figuras não menos importantes no programa também foram relacionadas. O Conselho de liderança, o *Champion* ou patrocinador, o *Master black belt* ou mestre faixa preta, o *green belt* ou faixa verde.

A seguir a definição de alguns perfis de forma hierárquica na visão de Pande et al., (2001).

➤ Conselho de liderança: é o comitê onde estão reunidos os executivos da empresa para discutir, aprender, planejar e orientar o Programa.

É no conselho onde são tomadas as decisões de impacto a sobrevivência do programa, pois são eles que definem:

- a. Definem os recursos e os projetos;

- b. Disponibilizam infraestrutura necessária;
- c. Avaliam o progresso dos projetos;
- d. Revisam projetos, retirando empecilhos que podem influenciar no resultado final;
- e. Compartilham as lições aprendidas e as boas práticas.

➤ *Champion*: Tem a função de gestor, pois supervisiona um ou mais projetos. Deve ter um perfil moderador, o qual motiva a criatividade e deixa livre para as pessoas tomarem decisões.

É no patrocinador que o grupo está representado. Suas funções são:

- a. Representante da equipe no conselho;
- b. Colabora com a seleção de projetos;
- c. Determina e mantém as metas de melhoria;
- d. Define as equipes por projeto;
- e. Apoia e colabora na inter-relação do grupo;
- f. Coordena a transição do trabalho após o término do mesmo.

➤ *Master Black Belt*: Especializado em gerenciamento de mudanças e ferramentas. Coordena a implantação de projetos Seis Sigma. Tem como foco:

- a. Apoio aos patrocinadores;
- b. Seleção de projetos e times;
- c. Elabora planos de treinamento;
- d. Atualiza o progresso dos projetos;
- e. Execução do plano de marketing interno.

➤ *Black Belt*: É a peça fundamental para o sucesso do programa. Atende como consultor interno, provendo assistência especializada dentro ou fora de cada equipe. Tem como ponto forte o conhecimento de gerenciamento de processos e em ferramentas estatísticas e não estatísticas. Quando incluso em uma equipe é o líder e principal responsável, caso contrário atua como um técnico, apoiando o líder do projeto. Suas principais atribuições são:

- a. Informar o *Champion* e o *Master black belt* do andamento do projeto;
- b. Elaborar a carta do projeto e o plano de implantação;
- c. Auxiliar na escolha da equipe;
- d. Auxiliar o uso das técnicas e ferramentas da metodologia;

e. Documentar as etapas e resultados.

➤ *Green Belt*: Integrante de equipes Seis Sigma, atua sob a coordenação do *black belt*.

Deve ter conhecimento nas técnicas e ferramentas do Programa.

### 2.2.8 Treinamento do programa Seis Sigma

De acordo com Hoerl (2001) o objetivo do treinamento está no fato de entender a utilização de cada ferramenta estatística, o motivo, a função que ela exerce e a forma de se usar.

O autor recomenda que o aprendizado deve ocorrer no momento da aplicação em si e ainda que os exemplos práticos devem estar ligados à área funcional dos estudantes. Os treinamentos devem ser flexíveis e interligados diretamente ao ramo de atuação de cada estudante, como por exemplo, operacional, projetos, administrativo, manutenção, transporte etc.

### 2.2.9 Estratégia de implantação

Para definir a estratégia de implantação do Seis Sigma, deve-se primeiramente definir o objetivo que se quer chegar e quais os resultados necessita.

Segundo Pande et al., (2001), os objetivos definem a forma de implementar o programa Seis Sigma. Isto significa que a empresa pode adotar o programa para solucionar um problema específico e anteriormente definido, pode ainda adotar metas ambiciosas como aumentar sua competitividade e fatia no mercado ou até mesmo mudar a cultura organizacional.

Com isso podemos definir três níveis de objetivo de acordo com os seus riscos.

➤ *Solução de Problemas*: O objetivo neste caso é específico. O objetivo é traçado em busca da solução de um problema já conhecido e previamente identificado. Não necessita métricas novas, pois os custos estão aparentes e indicados nos níveis de retrabalho ou atraso na entrega.

➤ *Melhoria Estratégica*: neste caso o objetivo tem uma visão um pouco mais ampla da organização. Porém ainda rodeado pelo espaço tempo presente. Não se distancia muito de uma visão focada e específica, solucionando problemas setoriais da empresa, como por exemplo tempo de desenvolvimento de novo produtos ou tempo de resposta ao fornecedor.

➤ **Transformação do Negócio:** Mudança cultural da organização, a qual vê ou é vista pelo cliente. É uma alteração no modo de agir e gerenciar o futuro da empresa. Neste contexto, a empresa se propõe a reinventar seu modelo de atuação, flexibilidade e tempo de resposta as demandas externas.

A implementação da metodologia pode ser dividida em 5 etapas:

1. Identificação de processos críticos e clientes importantes;
2. Definição das necessidades do cliente;
3. Mensurar o próprio desempenho;
4. Priorizar, analisar e implementar melhorias;
5. Disseminar o pensamento Seis Sigma.

Correlacionando os objetivos com as etapas de implantação, podemos definir que a empresa que deseje a transformação do negócio, deve iniciar seu processo de implementação pela etapa 1 (um), o que significa analisar seu plano de negócios e redesenhar seu processo. No caso do objetivo estar relacionado a melhoria de estratégias, a forma mais adequada de aplicar o programa é a fase 2 (dois), onde a primeira ação é ouvir o cliente e reformular seu plano de negócio. Para objetivos voltados a solução de problemas, a implantação adequada se insere na fase 4 (quatro), onde as técnicas e ferramentas da metodologia serão aplicadas em um processo falho ou então, não capaz.

Baseada nestas informações o autor indica que o plano de implementação do programa Seis Sigma não depende exclusivamente do objetivo, mas do escopo o qual a organização se insere. O tempo de implementação, os recursos disponíveis e outras variáveis devem ser analisadas e consideradas para escolha do formato do programa o qual será desenvolvido.

### 2.3 EXEMPLO DO “ESTADO DA ARTE”

Bessa, Estorilio e Vieira (2015) realizaram um estudo que exemplifica um caso bem sucedido da utilização do DMAIC . O estudo ocorre em um processo de fabricação de caixas freezer para refrigeradores domésticos, com o objetivo de reduzir o nível de sucata proveniente da operação de conformação das caixas.

A seguir uma tabela para facilitar o entendimento e os resultados obtidos no processo de melhoria aplicado no estudo de caso.

	<b>ANTES</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>DEPOIS</b>
SUCATA (%)	7,57	1,5	0,58
INDICE DE REJEIÇÃO (PPM)	75700	15000	5800
RETORNO (R\$)	-	6.353,41	45.222,06

Tabela 3 –Resultados obtidos.

Fonte: Aatoria própria.

### 3 ESTUDO DE CASO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA EMPRESA

A companhia a qual foi realizado esse estudo tem sua matriz situada na região sul do Brasil, onde o ramo de negócios é a solução industrial em geração e distribuição de energia. Possui 20 fábricas fora do Brasil, espalhadas em 11 países, além de presença comercial em mais de 100 mercados no exterior. A empresa é considerada atualmente uma das 5 maiores do mundo neste negócio, onde o seu “carro chefe” é a produção de motores elétricos de baixa tensão. Seu quadro é de aproximadamente 20.000 colaboradores e com uma produção média de 65.000 motores por dia.

A companhia está dividida em segmentos: motores baixa tensão e alta tensão, Transformadores, Geradores, Automação, Drives & Controls e Energias renováveis (solar e eólica).

A empresa tem sua cadeia de produção verticalizada, onde a mesma retém suas tecnologias desde a plantação da árvore para a confecção das embalagens até a solução final solicitada pelo cliente.

#### 3.2 IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA SEIS SIGMA

A necessidade de implantação do programa Seis Sigma na Unidade de Motores surgiu devido a solicitações e questionamentos dos clientes quanto a maior assertividade e rapidez em soluções de problemas. Além disso, a busca por novos mercados, não somente com um bom produto, mas também mostrando inteligência na forma como a companhia melhora seus produtos e processos. Sempre buscando maior eficiência e redução de custos.

##### 3.2.1 Definição do Escopo

As primeiras conversas de implementação do programa Seis Sigma tiveram como foco a planta de motores comerciais ou também conhecida como linha branca. O índice de defeitos internos e de campo estavam muito acima dos padrões exigidos pelos clientes e também pela alta diretoria da unidade. Contudo a unidade era apenas um pequeno braço dentro de uma unidade de negócio diante do tamanho da companhia, a qual não teria respaldo técnico e suporte suficiente para migrar sozinha em um programa deste porte. Com isso, a companhia

entendeu que o programa Seis Sigma deveria ter uma abrangência maior e um apoio robusto da diretoria executiva da unidade de negócios. Como a engenharia e demais suportes se encontram na Matriz, definiu-se que o programa seria coordenado pelo controle da Qualidade da matriz da unidade de motores de baixa tensão. Com isso o programa teve seus limites definidos, sua abordagem restrita conforme a necessidade e uma prévia do planejamento estratégico com crescimento sustentável e progressivo.

### 3.2.2 Bases da liderança

Para obtermos um programa autossustentável as lideranças do programa acreditavam que era preciso ter pessoas para ensinar as ferramentas e a metodologia Seis Sigma. Além dos consultores eram necessárias pessoas que pudessem orientar e dar suporte aos projetos assim que eles se iniciassem. Uma das visões da liderança é que conhecimentos se transferem por pessoas, com isso tornou-se necessário criar grupos de pessoas que compreendam, internalizem e participem efetivamente dos projetos. Do contrário, pessoas que não entendam as terminologias prejudiquem o programa ou não obtenham os resultados esperados.

### 3.2.3 Bases de conhecimento – criando “massa crítica”

Conforme descrito anteriormente, havia necessidade de pessoas para capacitar e disseminar o pensamento seis sigmas dentro da companhia. Para isso foi contratada uma empresa de consultoria, a qual realizou treinamentos e certificações de *Green Belt* e *Yellow Belt* durante um período de 18 meses.

Os trabalhos iniciaram com o treinamento de gerentes em cursos compactos e workshops, onde estes apresentavam a importância da metodologia, a eficiência em busca por soluções, exemplos de resultados em outras companhias, além das terminologias utilizadas no programa em si. Desta forma, a conscientização e o comprometimento de novas lideranças ocorria para o crescimento sustentável do programa. Durante esta fase foram treinamento em tomo de 250 novos *champions*.

Após o treinamento de potenciais lideranças e patrocinadores de projeto, iniciou-se simultaneamente a capacitação de *Green Belts* e *Yellow Belts* em larga escala. Foram realizadas capacitações em todos os departamentos da unidade de negócio, desde

colaboradores de chão de fábrica até engenheiros de produto, cada um de acordo com seus conhecimentos e pré-requisitos determinados pelo programa.

Conforme a tabela 4 os números de certificações realizados pela empresa de consultoria foram:

TURMAS	YELLOW BELT	GREEN BELT
1	24	24
2	24	24
3	24	24
4	24	24
5	24	24
6	24	24
7	24	-
TOTAL	168	144

Tabela 4 – Numero de Certificados por turma.  
Fonte: Autoria própria.

Em paralelo a contratação da empresa de consultoria, foi definido dentro do departamento do controle da qualidade uma seção a qual coordenaria os próximos passos do programa e reportaria as lideranças o andamento do proposto. Com isso, viu-se a necessidade de ter pessoas já preparadas, ou seja, capacitadas na metodologia que pudessem dar suporte aos treinamentos, orientassem os trabalhos de certificação que seriam realizados pela consultoria e ainda certificassem na sequencia futuros engenheiros.

Ao mesmo tempo que os primeiros treinamentos das lideranças foram iniciados pela consultoria, a empresa contratou um *Master Black Belt* e dois *Black Belts* para compor a seção coordenadora do programa. Desta forma, a empresa estruturou fortemente o programa, alimentando-o com recursos já capacitados e com experiências obtidas por estes, em outras empresas. Com a empresa de consultoria e a seção Seis Sigma estava formada a base para capacitar e disseminar o conhecimento dentro da unidade de negócios de forma a crescer sustentavelmente.

### 3.2.4 Planejamento Estratégico

Entre as primeiras atividades dos novos colaboradores do Seis Sigma, viu-se a necessidade de criar o planejamento estratégico do programa. Com isso delimitaria os

objetivos de forma cronológica e formaria a base do próximo ano a partir dos resultados obtidos nos anos anteriores ao programa.

Na Figura 8 segue alguns tópicos propostos no planejamento estratégico do programa.

	2015	2016	2017	2018 - 2019	2020 - 20xx
<b>Fases</b>	Introdução e disseminação do Seis Sigma na WMO - Brasil	Consolidação do Seis Sigma na WMO - Brasil	Expansão no Brasil e início em filiais da WMO no exterior	Consolidação e expansão da metodologia nas filiais da WMO no exterior	Consolidação e Expansão do QPSS em toda WMO a nível Mundial
<b>Foco</b>	Solução de problemas Internos / Campo	Início do DFSS (Design for Seis Sigma) no Brasil	Consolidação do DFSS no Brasil	Início do DFSS nas filiais do exterior e criação de Times Seis Sigma em cada unidade WMO	Consolidar times SS p/ solução de problemas
<b>Treinamentos / Expansão</b>	Implantar QPSS e Formar Yellow Belts e Green Belts no Brasil Seleção de futuros Black Belts	Treinamento da 1ª Turma – BB em JS Preparar futuros MBB Formar GB's de filiais do exterior em JS	Certificação da 1ª Turma – BB Treinamento da 2ª Turma – BB Implantar QPSS e formar YB e GB nas filiais no exterior Treinamento de BB do exterior em JS Treinar 1 MBB (USA)	Certificação da 2ª Turma - BB Treinamento das 3ª e 4ª Turma - BB Treinamento de BB do exterior em JS Certificar 1 MBB (USA) Treinar e certificar mais 1 MBB (USA)	Formação de YB, GB e BB Brasil e filiais no exterior Formação interna de MBB Formar MBB para áreas estratégicas
<b>Divulgação</b>	Incluir formação de Yellow Belt no curso de chefia Criação de Banco de Dados de Projetos	Seminário de Projetos SS Prêmio Six Sigma Award (participar)	Calendário oficial de treinamentos QPSS Seminário de Projetos SS Prêmio SS Award (participar)	Seminário de Projetos SS Prêmio SS interno (?)	Seminário de Projetos SS Prêmio SS externo (?)

Figura 8 – Planejamento estratégico.

Fonte: Time Seis Sigma.

### 3.2.5 Sistema de Gestão de Informação

De uma maneira geral a empresa possuía um planejamento estratégico conciso e objetivo, possuía também, os objetos necessários para transferir o conhecimento (consultoria) e mais que imprescindível, os novos colaboradores capacitados para orientar os novos *Green Belts* e *Yellow Belts* (seção Seis Sigma). Ainda de acordo com os líderes do programa era necessário possuir um sistema para medir a eficiência e acompanhar os trabalhos realizados. Somente desta forma seria possível mensurar os ganhos, as melhorias, as descobertas realizadas pelos projetos de certificação e futuros projetos em desenvolvimento. Com isso, a empresa constituiria o terceiro pilar da implementação.

1. Consultoria terceirizada;
2. Seção Seis Sigma (*Black Belts*);
3. Sistema de Gestão de informação.

Com este pressuposto a empresa integrou o Sistema de gerenciamento de informação do Programa Seis Sigma a sua rede interna de computadores (intranet), onde os usuários podem procurar informações quanto ao programa, validação de trabalhos ou em execução e ainda atualizar projetos em desenvolvimento. Outros recursos não menos importantes são locados na fonte, como artigos de interesse, premiações e a lista completa de usuários certificados pelo Programa.

### 3.2.6 Sistema de Gestão de Normas

Além do treinamento realizado com *Green Belts* e *Yellow Belts* o Programa Seis Sigma precisou ser registrado e materializado em forma de documento. Para isso, foi estruturado no sistema interno de normas uma sequência de procedimentos bem descritos e de fácil entendimento.

As normas e procedimentos elaborados que estruturam o programa são divididas em dois tópicos:

- ✓ Uso da metodologia Seis Sigma;
- ✓ Qualificação Profissional em Seis Sigma;

#### 3.2.6.1 Uso da metodologia Seis Sigma

Estas normas tem como objetivo servir de guia para auxiliar na utilização das ferramentas da metodologia, visando padronizar seu uso e estabelecendo uma identidade do Programa na unidade de negócios, tornando-se a primeira fonte de consulta para suprimir eventuais dúvidas quanto ao uso da metodologia.

Na sequencia será descrito alguns tópicos relevantes em cada norma, conforme o que a ela foi proposto.

a) Administrar não conformidades e Ações corretivas – Melhorar produto e processo utilizando a metodologia Seis Sigma (WPS-27788)

Esta norma estabelece o procedimento para utilizar a metodologia Seis Sigma na melhoria de produto e processo e também na resolução de problemas. A norma em questão é considerada a “norma mãe”, a qual em forma de fluxograma, descreve qual o raciocínio lógico e as etapas a serem seguidos pelo executor do projeto Seis Sigma. Nela estão citadas as demais normas (instruções de trabalho) e o momento oportuno de utilização de cada uma

delas. Entre outras informações nela contida, estão os conceitos para alguns termos utilizados no programa da companhia.

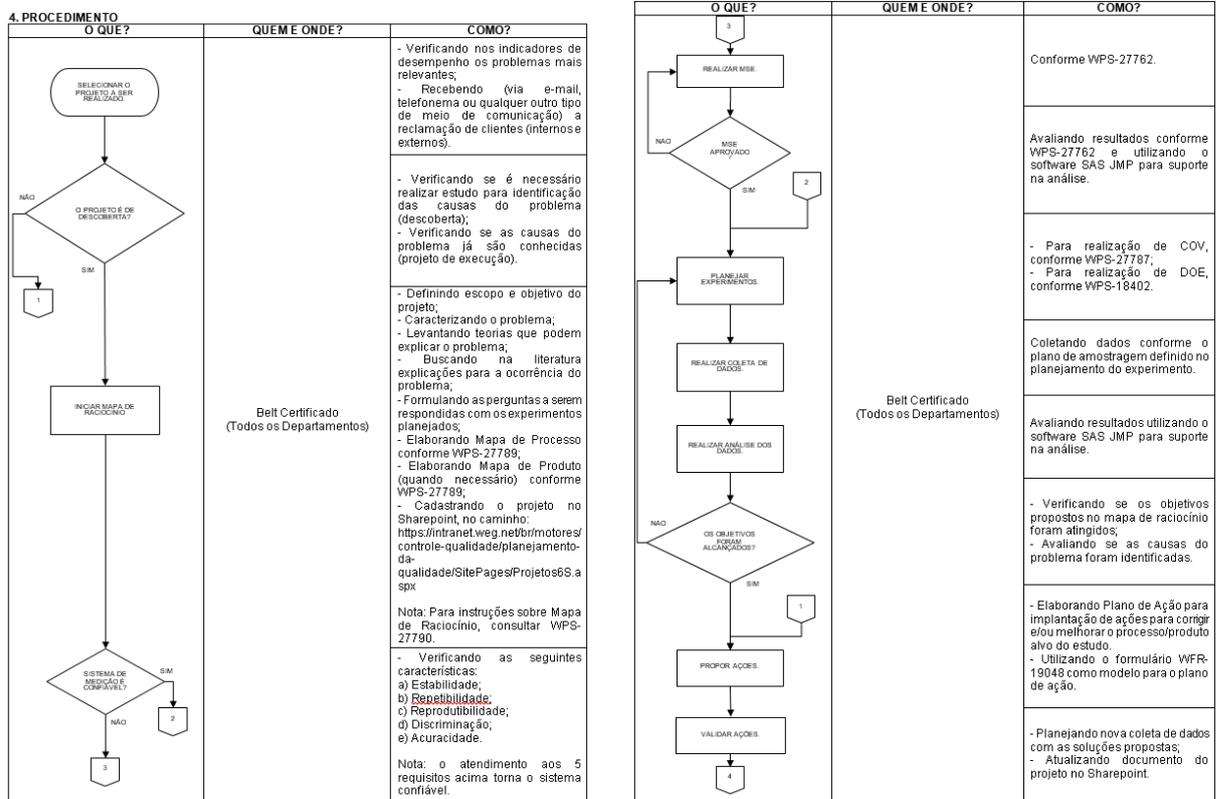


Figura 9 - Parte do fluxograma descrito na norma WPS-27788.  
Fonte: Norma interna WPS – 27788.

Conforme a Figura 10, as normas complementares são destinadas as ferramentas de maior utilização dentro do programa. Nelas estão contidas os termos e definições usadas que facilitam o entendimento e direcionam o usuário durante o processo de realização.

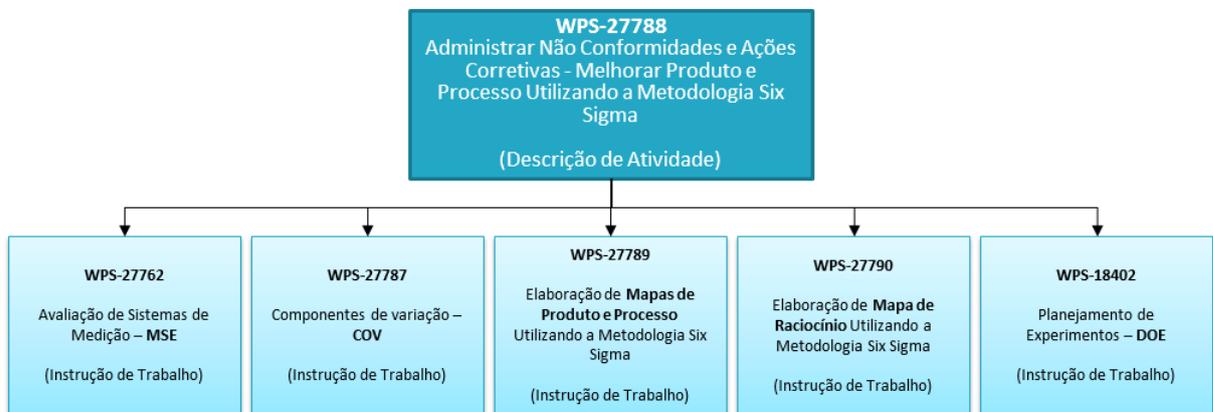


Figura 10 – Estrutura de normas da metodologia Seis Sigma.  
Fonte: Time Seis Sigma.

b) Avaliação do Sistema de Medição - MSE (WPS-27762)

Esta norma estabelece o procedimento e a avaliação de sistemas de medição utilizando a metodologia Seis Sigma. Se restringe a pessoas que tenham conhecimento prévio e/ou tenham sido submetidos à alguma certificação da metodologia Seis Sigma. O uso incorreto desta norma por pessoas que não tenham o conhecimento suficiente pode levar a erros de interpretação ou equívocos na análise. Tópicos importantes descritos:

- ✓ Indicação de softwares de trabalho;
- ✓ Definições;
- ✓ Procedimento de elaboração do mapa de processo de medição;
- ✓ Elaboração da estratégia de amostragem;
- ✓ Como realizar a coleta de dados;
- ✓ Como analisar os dados;
- ✓ Exemplos gráficos de sistema de medição;
- ✓ Estabilidade
- ✓ Discriminação;
- ✓ Reprodutibilidade;
- ✓ Repetibilidade;
- ✓ Acuracidade.

## 5. PROCEDIMENTO

### 5.1. Elaborar mapa do processo de medição

5.1.1. Elaborar o fluxograma do processo com cada uma das etapas do sistema de medição.

5.1.2. Incluir as saídas de cada etapa ("y").

5.1.3. Incluir as variáveis e as fontes de variação de cada etapa ("x").

5.1.4. Classificar na coluna "Cr" as variáveis e fontes de variação como controlável ("C"), ruído ("N") ou operação padrão ("OP").

5.1.5. Indicar com um "X" na coluna "Cc" as variáveis e fontes de variação que são críticas para o processo.

5.1.6. Informar para cada variável e fonte de variação a especificação e a frequência de mudança.

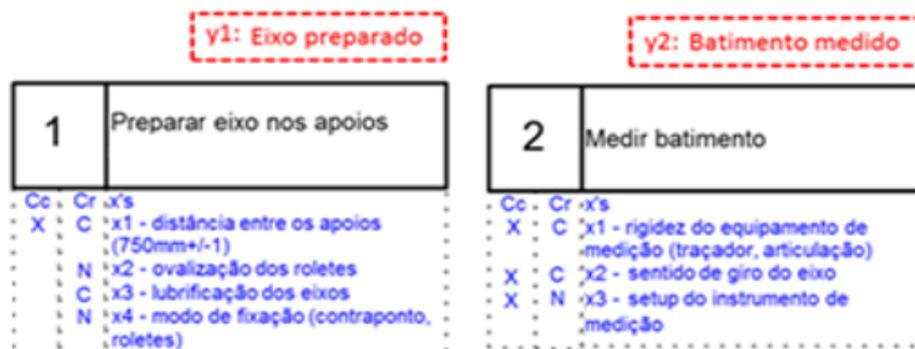


Figura 11 – Procedimento para elaborar mapa de processo de medição.

Fonte: Norma interna WPS-27762.

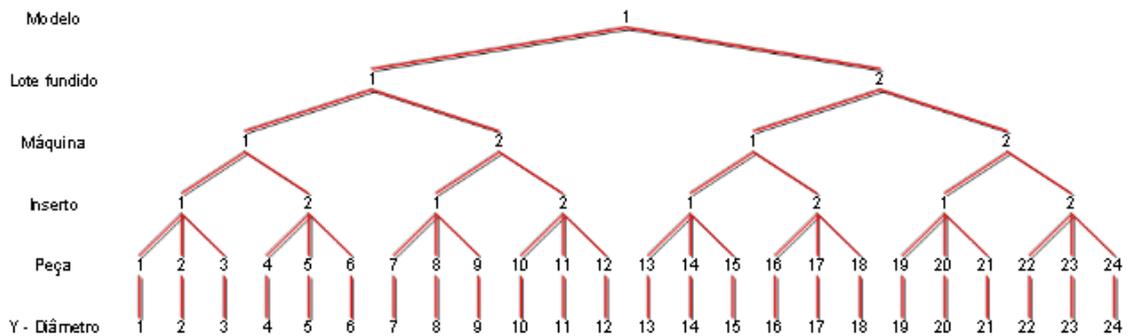
c) Componentes de variação – COV (WPS-27787)

Esta norma estabelece o procedimento para a realização do estudo de Componentes de Variação (COV) utilizando a Metodologia Seis Sigma. Sua restrição de uso é somente a pessoas que tenham em algum momento sido submetidos a certificação na metodologia Seis Sigma. Tópicos importantes:

- ✓ Indicação de softwares de trabalho;
- ✓ Definições;
- ✓ Procedimento de elaboração do mapa de processo;
- ✓ Elaboração da estratégia de amostragem;
- ✓ Como realizar a coleta de dados;
- ✓ Como analisar os dados;
- ✓ Análises Práticas, Gráficas e Quantitativas.

## 5.2. Elaborar a estratégia de amostragem

5.2.1. Considerar para a estratégia de amostragem prioritariamente as fontes de variação indicadas como críticas no mapa do processo.



Notas:

- 1) Caso o sistema de medição não tenha sido avaliado antes da execução do COV, fontes de variação ligadas ao sistema de medição podem ser adicionadas à estratégia de amostragem e os dados avaliados como um MSE.
- 2) O plano de amostragem deve ser elaborado pensando nas restrições para a coleta de dados, ou seja, restrições mais impactantes devem ser colocadas em níveis mais altos da árvore para facilitar a coleta dos dados e, conseqüentemente, desonerar o custo do estudo.
- 3) As frequências de mudança das fontes de variação devem ser levadas em consideração durante a definição do plano de amostragem. Negligenciar este ponto pode fazer com que haja o confundimento da fonte de variação com as suas variáveis, incorrendo posteriormente em erros de análise.

Figura 12 - Procedimento para elaborar a estratégia de amostragem.

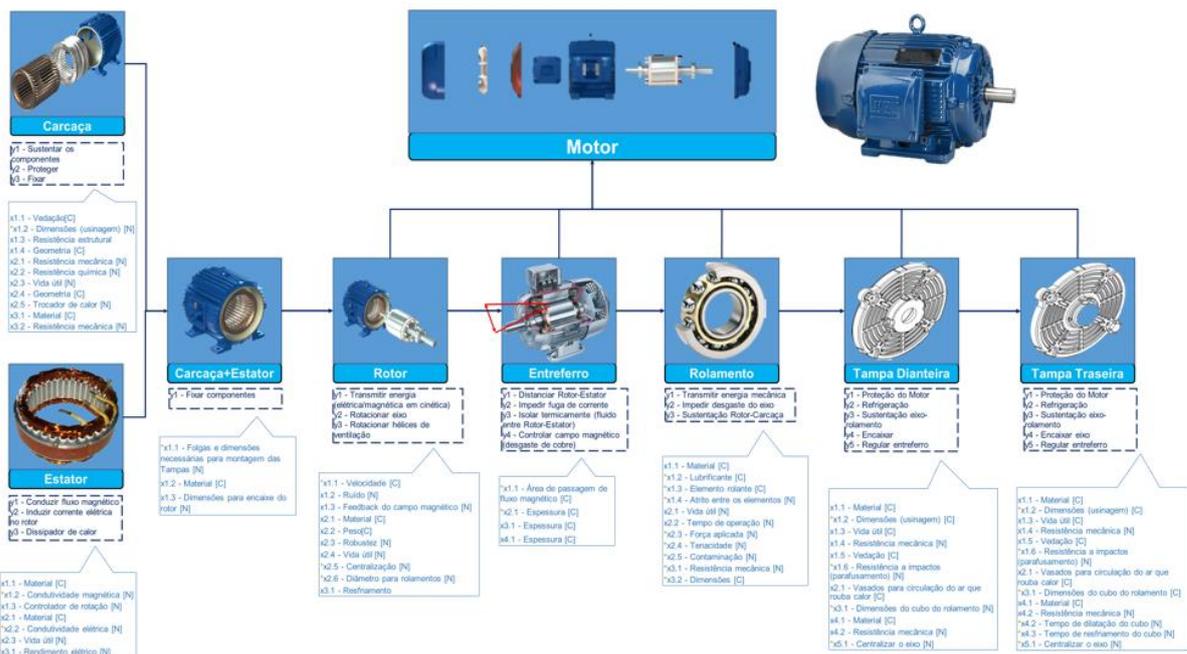
Fonte: Norma interna WPS-27787.

d) Elaboração de Mapas de Produto e Processo utilizando a metodologia Seis Sigma (WPS-27789)

Os mapas de processo e produto, além de formas de documentação de projetos Seis Sigma, são fontes de informação importantes para a elaboração de boas estratégias de

amostragem e bastante relevantes para ajudar na escolha de variáveis e fontes de variação a serem levadas para os experimentos. Tópicos importantes descritos na norma:

- ✓ Indicação de softwares de trabalho;
- ✓ Definições;
- ✓ Procedimento de elaboração do mapa de processo;
- ✓ Procedimento de elaboração do mapa de produto.



Mod. 3305 - Rev. 04/13

Figura 13 - Exemplo de um mapa de produto.  
Fonte: Norma interna WPS-27789.

e) Elaboração de Mapa de Raciocínio utilizando a metodologia Seis Sigma (WPS-27790)

Como as demais ferramentas anteriormente descritas, a norma de elaboração de mapa de raciocínio é restrita a pessoas certificadas na metodologia Seis Sigma. Tem como objetivo direcionar as informações e apresentar modelos de mapas, facilitando e mantendo um modelo de execução nos projetos. Tópicos contidos e explicados na norma:

- ✓ Indicação de softwares de trabalho;
- ✓ Definições;
- ✓ Procedimentos.

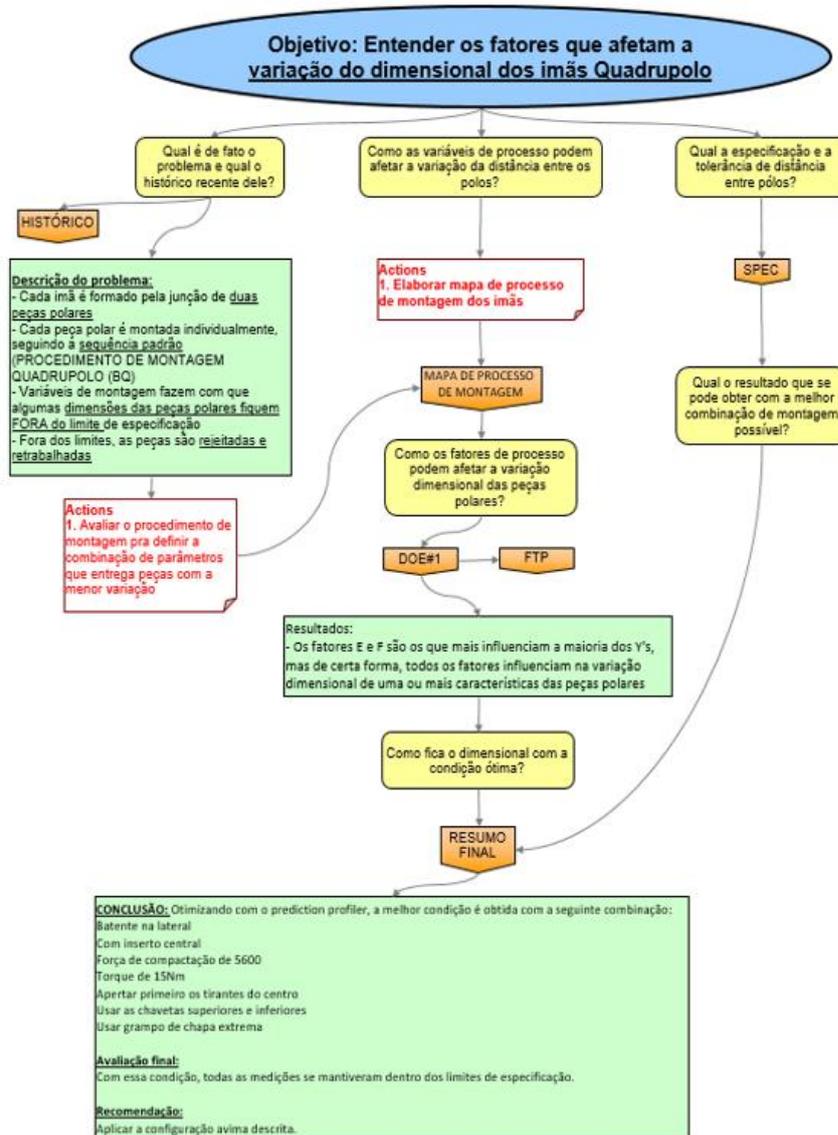


Figura 14 - Exemplo de um mapa de raciocínio.  
 Fonte: Norma interna WPS-27789.

f) Planejamento de Experimentos – DOE (WPS-18402)

Esta Norma disponibiliza informações sobre a utilização e cálculos realizados na ferramenta estatística de planejamento de experimentos DOE (*Design of Experiments*), de modo a promover sua utilização na avaliação e otimização de processos produtivos. Tópicos apresentados:

- ✓ Definições;
- ✓ Procedimentos;
- ✓ Procedimento para executar um experimento planejado;
- ✓ Experimentos Fatoriais Completos;
- ✓ Experimentos Fatoriais Fracionados

### 3.2.6.2 Qualificação Profissional Seis Sigma

Para este tópico foram elaboradas três normas que se complementam e informam ao candidato os pré-requisitos necessários para ser um postulante a certificação.

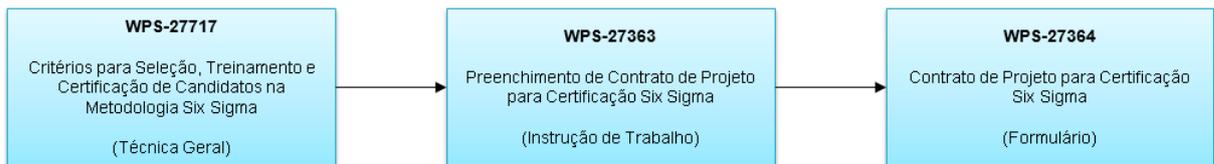


Figura 15 - Fluxo de normas da Qualificação Profissional Seis Sigma.

Fonte: Time Seis Sigma.

#### a) Critérios para seleção, treinamento e Certificação de candidatos

A Norma WPS-27717 (do tipo Técnica Geral) é o documento que padroniza os procedimentos para a seleção e certificação de candidatos na Metodologia Seis Sigma, evitando que a seleção seja de forma aleatória (sem critérios). Nesta mesma Norma, está estabelecida a ementa do curso para cada um dos níveis de certificação (*Yellow Belt*, *Green Belt* e *Black Belt*). Desta forma, garante-se que a capacitação e treinamento de equipes seja homogênea, igualando as oportunidades de participação e o conteúdo apresentado nos treinamentos, independentemente de quando eles ocorrerem.

#### b) Preenchimento de contrato de Projeto Seis Sigma

A Norma WPS-27363 foi criada para auxiliar no preenchimento do contrato de projeto de forma que as informações contidas no mesmo, estejam claras e padronizadas, quanto ao conteúdo e aos dados ( PPM, HH etc...).

## 1. OBJETIVO

Esta Norma estabelece o procedimento para preencher o Contrato de Projeto para Certificação Six Sigma.

## 2. DOCUMENTOS

### 2.1. Documentos complementares

-WFR-27364 PT EN – Contrato de Projeto para Certificação Six Sigma / Project Charter for Six Sigma Certification;

## 3. SISTEMAS E SOFTWARES

- Microsoft – Excel;

## 4. GENERALIDADES

4.1. O Contrato de Projeto para Certificação Six Sigma pode ser usado para certificação nos níveis de *Yellow Belt*, *Green Belt* e *Black Belt*.

## 5. PROCEDIMENTO

### 5.1. Preencher o cabeçalho do documento WFR-27364

5.1.1. No canto superior direito do documento, escolher entre as opções *Yellow Belt*, *Green Belt* ou *Black Belt*.

<input type="radio"/> Yellow Belt	Data:
<input type="radio"/> Green Belt	Revisão:
<input checked="" type="radio"/> Black Belt	<input type="checkbox"/> English

Notas:

- 1) Selecionando a opção  English , o documento altera-se para a versão em inglês;
- 2) A data no contrato deve ser o dia da sua entrega;
- 3) A revisão deve começar sempre por 0. Se for necessária uma revisão do contrato, o procedimento 5.5 deve ser realizado novamente.

### 5.2. Preencher as informações referentes ao Candidato

5.2.1. É obrigatório o preenchimento de todos os campos do item 1 (**Informações referentes ao Candidato**).

1. Informações referentes ao Candidato	
Nome do Candidato:	Diretoria do Candidato:
e-mail:	Departamento do Candidato:
Gerente do Candidato:	Departamento de Aplicação do Projeto:
e-mail:	Gerente da Área de Aplicação do Projeto:

### 5.3. Preencher as informações referentes ao Projeto

5.3.1. É obrigatório o preenchimento de todos os campos do item 2 (**Informações referentes ao Projeto**).

2. Informações referentes ao Projeto
Título do Projeto: Problema - Produto Impactado - Abrangência da Investigação

Figura 16 - Parte da Norma.

Fonte: Norma interna WPS-27363.

#### c) Contrato de projeto para certificação Seis Sigma (WPS-27364)

Para o processo de certificação, fez-se necessário a utilização de um contrato de projeto. Nele estão estabelecidos os objetivos e o planejamento inicial do projeto, que auxiliam a gestão a verificar o seu alinhamento com as metas do Departamento de aplicação. Com este intuito, o formulário WPS-27364 foi estabelecido para que todos os candidatos preencham as informações mínimas para que esta avaliação de adesão possa ser realizada adequadamente

<b>CONTRATO DE PROJETO PARA CERTIFICAÇÃO SIX SIGMA</b>		<input type="radio"/> Yellow Belt <input type="radio"/> Green Belt <input checked="" type="radio"/> Black Belt	Data: Previsão: <input type="checkbox"/> English
<b>1. Informações referentes ao Candidato</b>			
<b>Nome do Candidato:</b> Orientações para preenchimento na WPS-27363	<b>Diretoria do Candidato</b>		
<b>e-mail:</b>	<b>Departamento do Candidato</b>		
<b>Gerente do Candidato</b>	<b>Departamento de Aplicação do P</b>		
<b>e-mail:</b>	<b>Gerente da Área de Aplicação do</b>		
<b>2. Informações referentes ao Projeto</b>			
<b>Título do Projeto:</b> Problema - Produto Impactado - Abrangência da Investigação			
<b>Objetivo do Projeto:</b>			<b>Tempo para concluir investigação:</b>
<b>3. Descrição do Projeto</b>			
<b>Situação atual</b> Descreva o problema.		<b>Hipóteses sobre possíveis causas e escopo inicial do projeto</b> Descreva quais são as principais teorias sobre a causa do problema.	
<b>4. Aprovação do Projeto</b>			
<b>Candidato</b>	<b>Gerente do Candidato</b>	<b>Gerente da Área de Aplicação do Projeto</b>	
<b>Assinatura:</b>	<b>Assinatura:</b>	<b>Assinatura:</b>	
<b>Data:</b>	<b>Data:</b>	<b>Data:</b>	

Figura 17 - Contrato de Certificação Seis Sigma.  
 Fonte: Norma interna WPS-27364.

### 3.3 NÚMEROS DO PROGRAMA

Após 18 meses de Programa Seis Sigma na unidade de negócios, foram apresentados alguns números que corroboram sua implantação. Os resultados apareceram de forma a quantificar as melhorias no cliente e internamente.

De acordo com os indicadores oficiais da empresa o Índice de Reclamação de Campo (IRC) caiu de 1898 PPM para 952 PPM. O custo da não qualidade, que é o índice que contabiliza todos os custos envolvidos (interno e externo), reduziu em 23% em relação ao período anterior.

Durante este período foram realizados mais de 300 projetos, distribuídos entre 750 colaboradores certificados (*Black Belt*, *Green Belt* ou *Yellow Belt*), com uma redução de custo contabilizado em torno de USD340.000.

### 3.4 ESTUDO DE CASO

De forma a fazer uma analogia entre o programa implementado na companhia e a utilização da metodologia, será descrito nesta seção um projeto desenvolvido durante a certificação de um postulante a *Green Belt* no início do programa.

Por uma solicitação da gerencia da montadora e da engenharia de desenvolvimento, o projeto teve como objetivo reduzir o índice de retrabalho interno e descobrir quais eram as variáveis que influenciavam significativamente na elevação de temperatura do mancal dianteiro em motores de uma determinada carcaça.

#### 1ª Etapa – *Define*

Para definir o escopo foi feito o levantamento estatístico de quais carcaças ocorriam o problema e qual a intensidade deste problema em um determinado período de tempo. Com esses números retirados dos sistemas de apontamento (SAP) e trabalhados de forma a identificar a causa raiz do problema, definiu-se então:

- motores vendidos ao mercado Americano;
- Carcaça com altura de eixo de 280mm;
- Superaquecimento do mancal dianteiro.

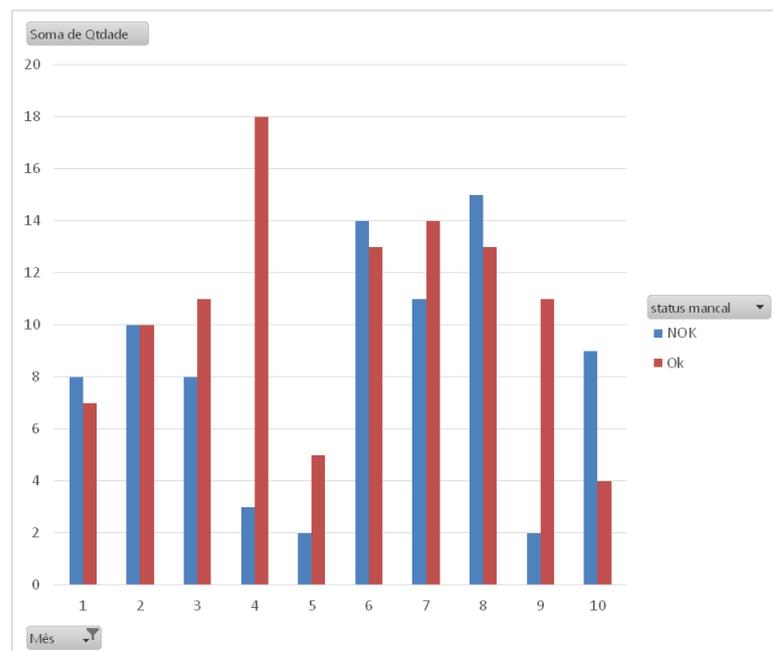


Figura 18 – Levantamento mensal do laboratório III.

Fonte: A autoria própria.



Y: MEDIR A TEMPERATURA (Delta T) DO MANCAL DIANTEIRO APÓS ESTABILIZAÇÃO DA TEMPERAURA DO MOTOR.

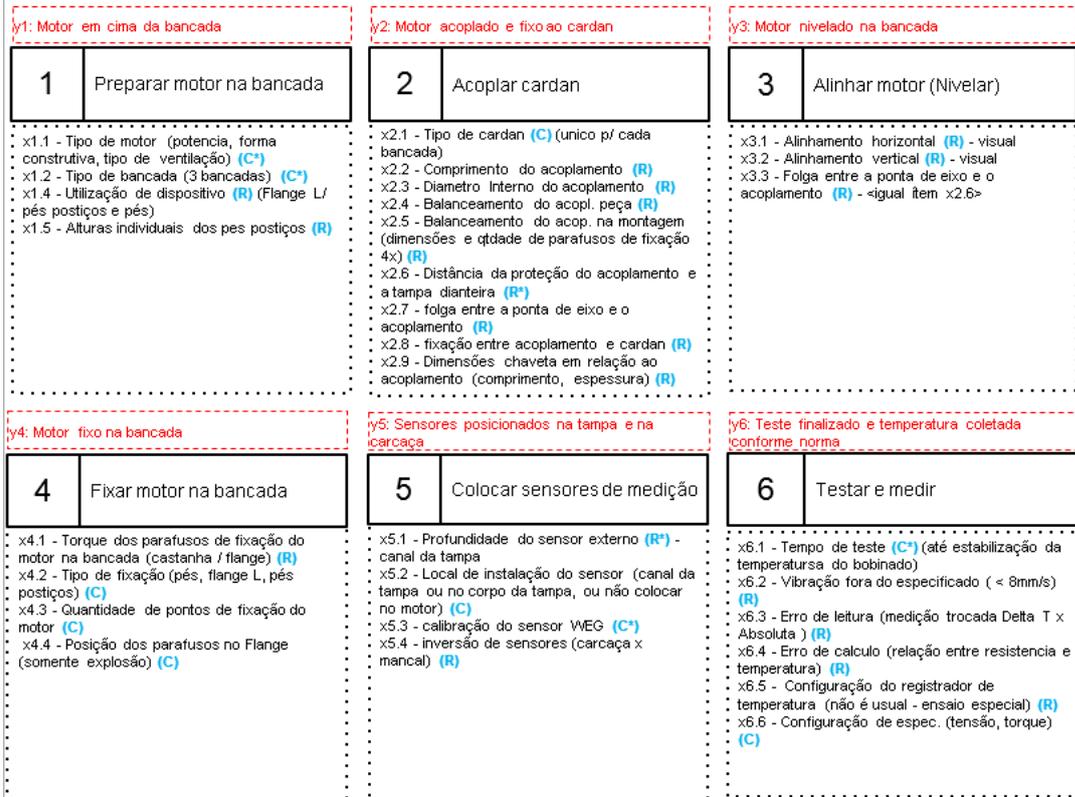


Figura 20 - Mapa de Processo de Medição.  
Fonte: Autoria própria.

Com o mapa de processo identificou-se as maiores fontes de variação e definiu-se a arvore de amostragem para a realização de um MSE.

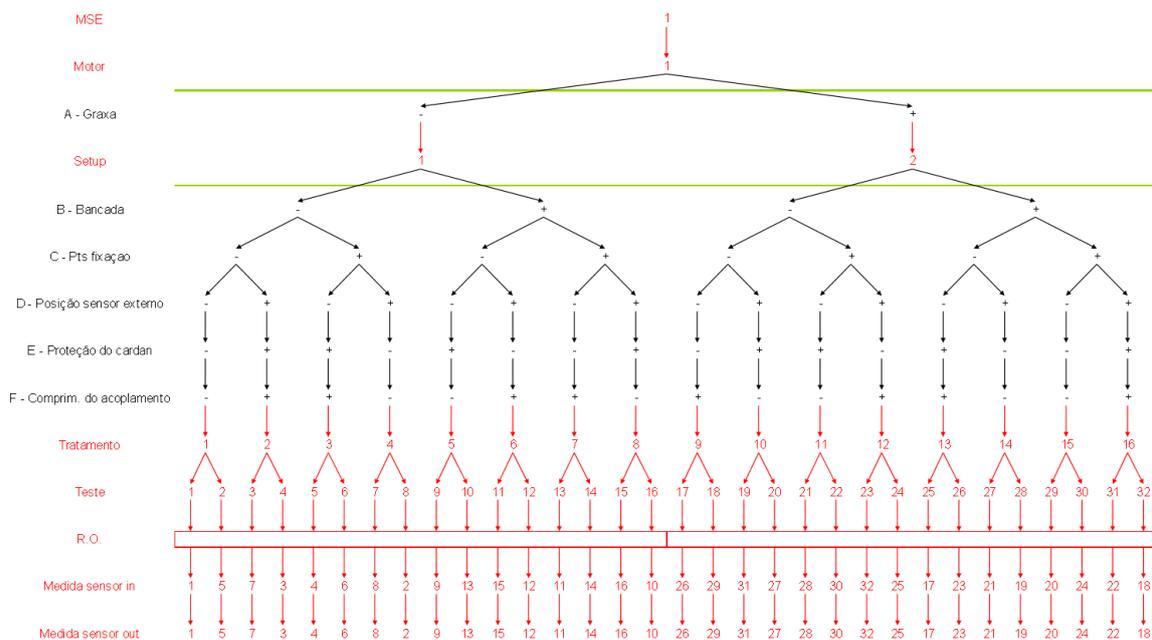


Figura 21 - Arvore de amostragem.  
Fonte: Autoria própria.

Com os resultados obtidos do MSE e feito a validação do processo de medição, identificou-se a bancada de testes com menor variação, a qual se deu a sequência nos experimentos posteriores.

Em paralelo a coleta de dados do MSE, foram realizados os mapas de processo e de produto, onde estes identificaram quais variáveis e ruídos do sistema que poderiam ser os principais fatores que influenciariam no superaquecimento do mancal dianteiro.

**Y: MONTAR MOTOR CONFORME ESPECIFICAÇÃO E NORMA**

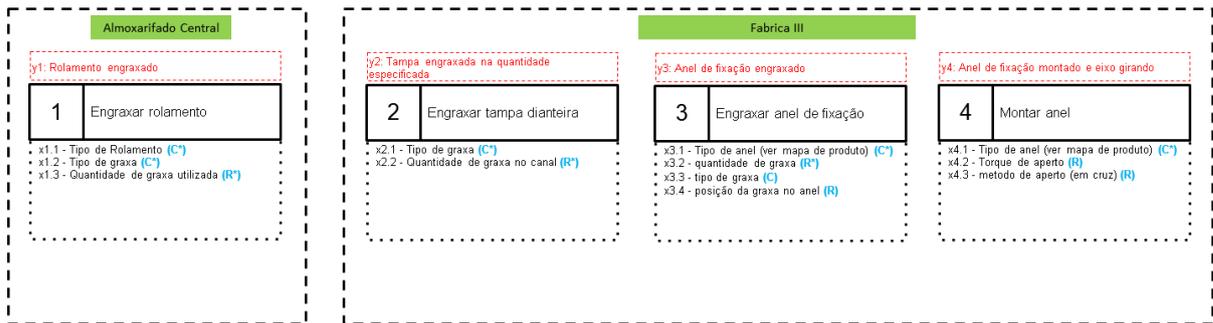


Figura 22 - Mapa de Processo de Montagem.  
Fonte: Autoria própria.

**Y: ESPECIFICAR MOTOR CONFORME A LINHA DE PRODUTO**

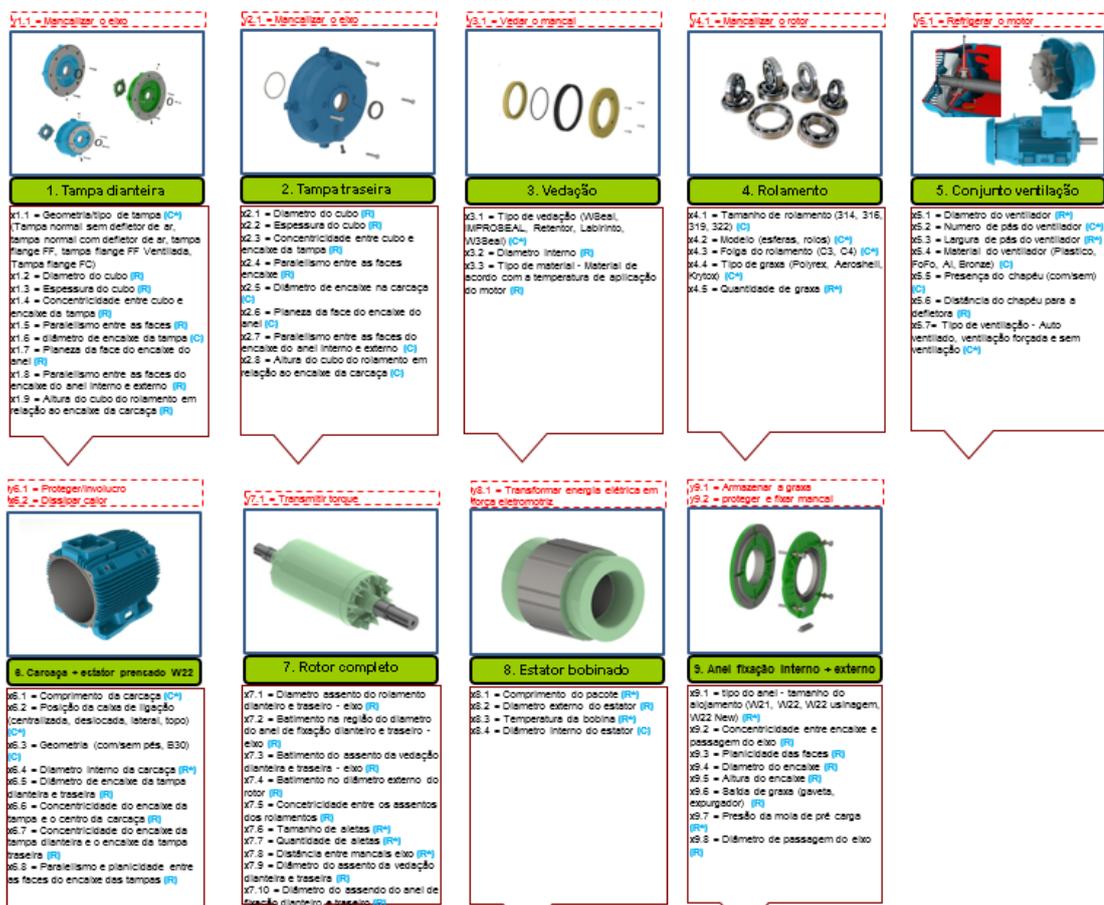


Figura 23 - Mapa de Produto.  
Fonte: Autoria própria.

A partir dos mapas de processo e produto, desenhou-se a arvore de amostragem para uma posterior realização de um DOE (*design of experiment*) e então a coleta de dados.

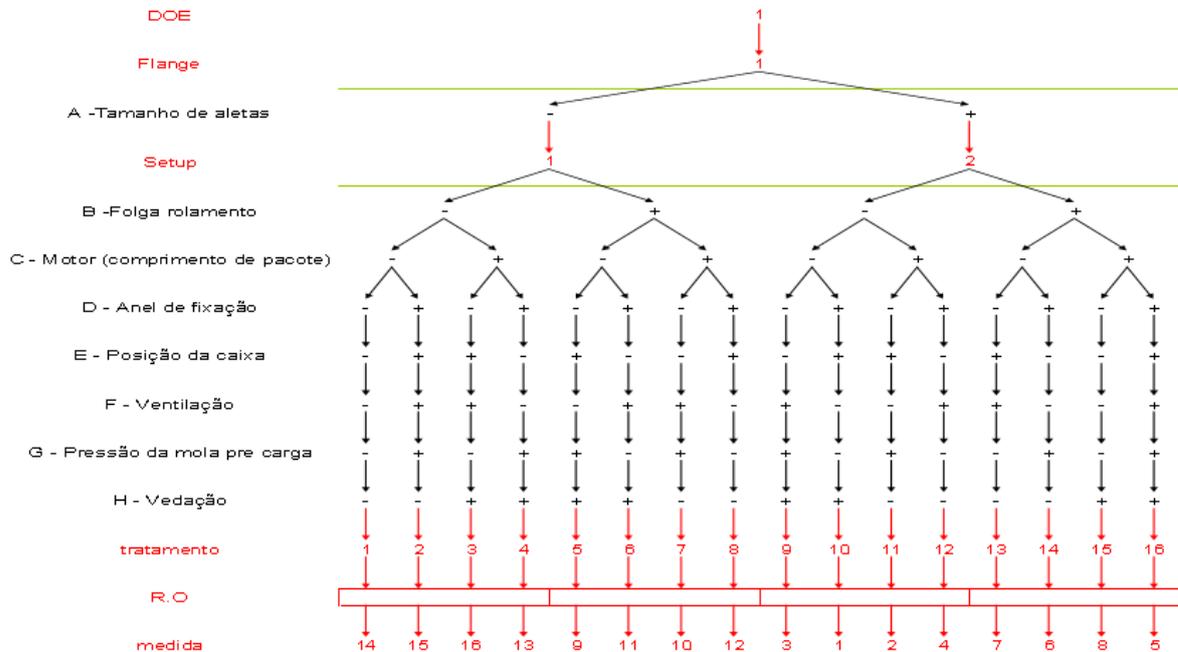


Figura 24 - Arvore de amostragem.  
Fonte: Autoria própria.

### 3ª Etapa – Analyse

Após uma análise completa de todo o sistema, identificou-se a causa raiz do problema, ou ainda, as variáveis significativas do processo. Variáveis as quais interferem tanto positivamente quanto negativamente no superaquecimento do mancal dianteiro.

Entre vários gráficos e análises utilizando ferramentas e softwares, definiu-se dois grandes fatores que influenciam o aumento da temperatura do mancal.

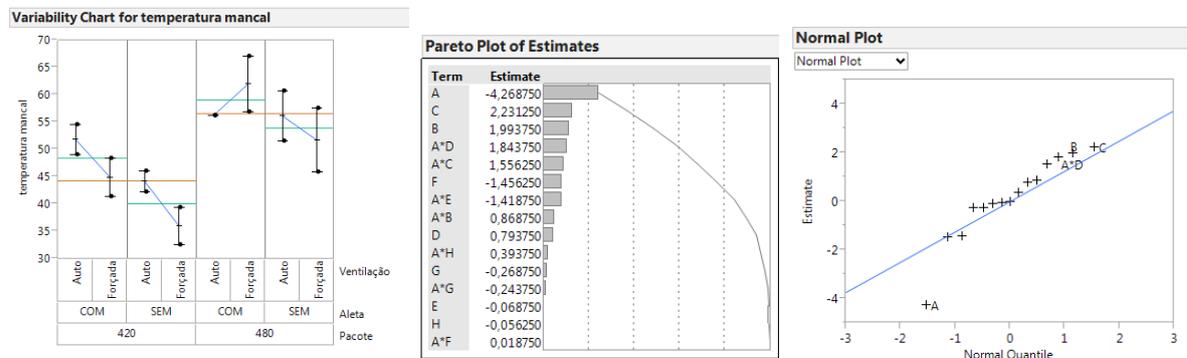


Figura 25 - Exemplos de ferramentas e gráficos do software de análise.  
Fonte: Autoria própria.

#### 4ª Etapa – Improve

Com a identificação dos principais fatores que influenciam o superaquecimento do mancal dianteiro, na carcaça 280 dos motores vendidos ao mercado americano. Precisou-se entender como utilizar esta informação.

Dentre várias ações que nasceram e tornaram-se ramificações com outros tipo de estudo, formulou-se um plano de ação para “atacar” os problemas decorrentes no dia a dia, como projetar novamente os itens de motores com problemas já identificados, ou seja, todo passivo do sistema. E ainda, criar novas características de controle no sistema, para quando há necessidade de geração de novos itens.

WEG		PLANO DE AÇÃO	Departamento: Fabricação III	Seção/Área: Lab III	Código: F3.B.01.16	Data: 14/04/2016
Assunto / Problema: <b>Superaquecimento mancal dianteiro carcaça 280</b> Objetivo / Meta: Entender os fatores que influenciam no superaquecimento Causa (s) a reduzir: Incerteza de medição e a temperatura do mancal					Coordenador: <b>Rodrigo Coas</b> GT: Adilson Zipf, Andre Noriles, Italo Ghral, Gustavo Kaiser, Rodrigo Muller	
O QUE	COMO	QUEM	QUANDO / PRAZO	SITUAÇÃO		
1) Reduzir a incerteza de medição entre ensaios. (Origem: MSE)	- Realizando novos <u>MSE's</u> e propondo novas ações baseadas no conhecimento adquirido.	Adilson/ Andre	Dezembro	Não iniciado		
2) Reduzir a incerteza de medição entre bancadas. (Origem: MSE)	- Realizando novos <u>MSE's</u> e propondo novas ações baseadas no conhecimento adquirido.	Adilson/ Andre	Dezembro	Não iniciado		
3) Estudar regras para definir distancia bobina até mancal. (Origem: DOE)	- Realizando novos experimentos planejados, variando a distância entre o bobinado e o mancal dianteiro.	Coas	Dezembro	Não iniciado		
4) Estudar projeto do banco de dados de motores reprovados e realizar experimentos baseados no resultado obtido neste DOE. (Origem: DOE)	- Realizando novos experimentos planejados, utilizando novos fatores.	Coas/ Italo	Maio	Em andamento		
5) Estudar variação de aletas na temperatura da bobina no projeto do motor. (Origem: DOE)	- Elaborar proposta de variação das aletas em relação ao comprimento do bobinado.	Coas/ Italo	Maio	Em andamento		
6) Estudar a influência do processo de usinagem no superaquecimento. (Origem: DOE)	- Realizar <u>Swap Components</u>	A definir	A definir	Não iniciado		

Figura 26 - Plano de Ação.

Fonte: Autoria própria.

#### 5ª Etapa – Control

A quinta e última etapa do DMAIC é a fase de controlar as alterações e descobertas realizadas no projeto foram eficazes ou então não trouxeram um ganho tanto quanto esperado. Neste caso o ciclo de estudo deve se iniciar novamente e passar novamente por todas as etapas até a obtenção dos ganhos desejados.

No projeto de certificação apresentado, a descoberta dos fatores significativos atenderam diretamente ao passivo no primeiro momento, onde os projetos mecânico e elétrico foram revistos e alterados conforme sugestão. Nesta etapa de revisão, foram alterados 185 projetos de motores sendo que 86 destes haviam potencial risco de mancal quente. Demais motores que não foram alterados tiveram algum impedimento devido a sua aplicação ou design.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento do trabalho, percebeu-se a dificuldade e a complexidade na implantação de um Programa nestas dimensões. Depois de muita reflexão dos envolvidos e várias alterações no rumo da implantação, conseguiu-se chegar ao mais próximo do ideal dentro dos limites estipulados. Uma implantação depende muito da cultura da empresa e de seus colaboradores, pois somente assim ações e mudanças poderão ser efetivadas com êxito.

O desenvolvimento deste trabalho conseguiu nos mostrar os passos e as bases necessárias para a implantação de um Programa Seis Sigma.

O objetivo geral do trabalho foi alcançado com a apresentação dos pilares de implementação da metodologia Seis Sigma de acordo com a empresa. As seções deste trabalho foram descritas ponto a ponto até a formação de todos os itens relevantes para obter sucesso na implantação.

Quanto aos objetivos específicos podemos justificar da seguinte forma:

Levando em consideração que o Programa Seis Sigma deve caminhar sozinho e sem interferências maiores da hierarquia, a metodologia utilizada pela organização se caracteriza pela boa definição do escopo do Programa, nas bases bem definidas do conhecimento e no planejamento estratégico de forma a ter um Programa autossustentável.

O sistema de normas e procedimentos que solidificam e estruturam o programa, disseminando o conhecimento, foram descritos na seção 3.2.6 justificando assim um dos objetivos específicos propostos no início do trabalho.

Para completar e validar este trabalho foi feita uma correlação de um projeto desenvolvido internamente com as Normas internas e a metodologia DMAIC.

Enfim, este trabalho é um registro das ações, métodos e pré-requisitos necessários, segundo a empresa, para ter-se uma implantação de um Programa Seis Sigma robusto e sustentável.

## REFERÊNCIAS

BARÇANTE, L. C. **Qualidade total uma visão brasileira: o impacto estratégico na universidade e na empresa.** Campus, 1998.

BISGAARD, S.; FREIESLEBEN, J. Economics of six sigma programs. **Quality Engineering**, v. 13, n. 2, p. 325-331, 2000.

BREYFOGLE III, F. W.; CUPELLO, J. M.; MEADOWS, B. **Managing six sigma: A practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success.** John Wiley & Sons, 2000.

CROSBY, P. B. **Quality without Tears: The Art of Hassle Free Management.** 1984.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração.** In: **Qualidade: a revolução da administração.** Marques Saraiva, 1990.

FEIGENBAUM, A. V. **Total quality control.** New York: **MacGraw-Hill**, 1954. 270p.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva.** Qualitymark Editora Ltda, 1992.

HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations.** Currency: New York, 2000.

HILD, C.; SANDERS, D.; ROSS, B. The thought map. **Quality Engineering**, v. 12, n. 1, p. 21-27, 1999.

HILSDORF, W. C. A Estratégia Seis Sigma para Melhoria da qualidade: uma análise crítica das métricas utilizadas. **Revista Pesquisa e Tecnologia. Faculdade de Engenharia Industrial. São Paulo**, n. 23, p. 35-39, 2002.

HOERL, R. W. et al. Six Sigma black belts: What do they need to know?/Discussion/Response. **Journal of Quality Technology**, v. 33, n. 4, p. 391, 2001.

INGLE, S.; ROE, W. Six sigma black belt implementation. **The TQM Magazine**, v. 13, n. 4, p. 273-280, 2001.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade**, v. 1, Ed. Makron, McGraw-Hill, São Paulo, 1991.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da qualidade**. Rio de Janeiro. FGV, 2006.

PALADINI, Edson Pacheco. Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2000.

PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R. **Estratégia seis sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

REIS, Delmar Alfredo Flemming dos. **Seis Sigma: Um estudo aplicado ao setor eletrônico**. 2003.

ROTONDARO, Roberto G. et al. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SANDERS, Doug; HILD, Cheryl R. **Common myths about six sigma**. *Quality Engineering*, v. 13, n. 2, p. 269-276, 2000.

VIEIRA, GIOVANI GASPAR. **SEIS SIGMA APLICADO EM UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CAIXAS FREEZER PARA REFRIGERADORES DOMÉSTICOS**.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Seis Sigma**, Qualitymark, 2001.