

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Elaine das Graças Xavier

**O USO DO SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DE REJEIÇÃO NO
PROCESSO DE PINTURA**

Taubaté – SP
2017

Elaine das Graças Xavier

**O USO DO SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DE REJEIÇÃO NO
PROCESSO DE PINTURA**

Monografia Pós-graduação em Engenharia da
Qualidade *Lean Seis Sigma-Green Belt* do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. PhD. Álvaro Azevedo Cardoso

Taubaté – SP

ELAINE DAS GRAÇAS XAVIER

**O USO DO SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DE REJEIÇÃO NO PROCESSO DE
PINTURA**

Monografia Pós-graduação em Engenharia da
Qualidade *Lean Seis Sigma - Green Belt* do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. PhD. Álvaro Azevedo Cardoso

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD.

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Esp. Juliana de Lima Furtado, BB

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Dedico este trabalho aos meus pais, José Donizete Xavier e Regina da Silva Xavier, minha família, que sempre me apoiaram e incentivaram as minhas decisões na busca do conhecimento profissional e pessoal.

AGRADECIMENTO

A Deus primeiramente pela saúde, disposição e oportunidade de poder adquirir mais um conhecimento, onde conhecer é algo que quando conquistado não poderá ser tirado, podendo ser aplicado em minha vida profissional e até mesmo pessoal.

Aos meus pais José Donizete Xavier e Regina da Silva Xavier por tudo que eles significam em minha vida.

Aos meus irmãos, Zenilda, Silvana, Clovis, Aldair, Jania e Diovani pela amizade e força que sempre me deram em cada decisão tomada em minha vida.

Ao meu grande amigo, mestre e companheiro de trabalho Luiz Carlos de Souza Leite que tanto me ensina e me auxilia de forma profissional e pessoal, e, que muito me auxiliou no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas de classe e em especial a minha amiga Luzia de Fatima Rosa, pelo tempo que passamos juntos na realização deste curso.

A querida professora Juliana Furtado, que nos passou com tanto carinho os ensinamentos aprendidos.

Ao querido professor orientador Prof. PhD. Álvaro Azevedo Cardoso pelos conhecimentos compartilhados com tanto carinho e sabedoria.

Aos meus amigos e colegas de trabalho pela paciência e amizade de sempre.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para realização e concretização deste trabalho.

O USO DO SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DE REJEIÇÃO NO PROCESSO DE PINTURA

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a redução de rejeição dentro do processo de pintura de uma empresa automotiva, por meio da implementação do *Lean Seis Sigmas* e com isso obter a melhoria dos resultados atuais da empresa o aumento dos lucros e a redução de perdas e desperdício. Para obtermos os resultados desejados, primeiramente foi criada uma equipe composta pelo *Green Belt*, pelo Champion do projeto, pelo dono do processo e todos os demais que faziam parte do processo. Definiu-se a classificação do projeto para identificar a voz do cliente, os requisitos do cliente, a definição do defeito, o custo da falta de qualidade, a definição do problema, o escopo e o objetivo do trabalho. A metodologia utilizada foi baseada no DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar). Como resultado da aplicação do *Lean Seis Sigmas* observamos os resultados encontrados nos níveis de sigma que passou de 2,10 que é igual a 35.720 PPM passou para 4,70 que é igual a 27 PPM no curto prazo e de 0,60 que é igual a 548.500 PPM passou para 2,70 que é igual a 6.934 PPM a longo prazo. Concluímos com esse resultado, que o seis sigmas é uma ferramenta excelente de estratégica para a melhoria da qualidade e lucratividade do processo de pintura de uma empresa, pois foi possível eliminar o custo da não qualidade que era de R\$ 194.000,00 ao mês, ou seja, R\$ 2.328,000 ao ano e alcançar o objetivo do trabalho que era reduzir em 20% as rejeições no processo de pintura gerando uma melhoria nos resultados atuais e aumentando os lucros da empresa.

Palavras-chave: Qualidade. Seis sigmas. Ferramentas. Processo de Pintura. Rejeição.

O USO DO SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DE REJEIÇÃO NO PROCESSO DE PINTURA

ABSTRACT

This work aims to reduce rejection within the process of painting an automotive company through the implementation of Lean Six Sigma and obtain an improvement of the current results of the company the increase of profits and reduction of losses and waste. For more results click on the name to create a composition composed by the Green Belt, the Champion of the project, the owner of the process and all the others that were part of the process. It was defined to classify to identify a customer voice, customer requirements, defect definition, cost of quality lack, problem definition, scope and purpose of the work. A methodology used for the non-DMAIC diagnosis (Define, Measure, Analyze, Implement and Control). As a result of the application of Lean Six Sigma we observed the results found in the levels of sigma in which it went from 2,10 which is equal to 35,720 PPM passed to 4.70 which is equal to 27 PPM in the short term and 0.60 which is Equal to 548,500 PPM went to 2.70 which equals 6,934 PPM in the long term. We conclude with this result, which are six symbols and an excellent strategy tool for improving the quality and profitability of the company's painting process, since it was possible to eliminate the cost of non-quality that was R \$ 194,000.00 per month, Or Be R \$ 2,328,000 per year and achieve the goal of the work that was to reduce by 20% as rejections in the painting process generating an improvement in the company's current and increased profits company profits.

Keywords: Quality. Six sigma. Tools. Painting process. Rejection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - DMAIC - 6 Sigma	20
Figura 2 - Os Passos da Metodologia DMAIC - Seis Sigma	21
Figura 3 - DMADV – Seis Sigma	22
Figura 4 - Cartão de <i>Kanban</i>	27
Figura 5 – <i>Kaizen Lean</i> – Objetivos	29
Figura 6 - Alinhamento Estratégico dos Projetos Seis Sigma.....	31
Figura 7 - Hierarquia Seis Sigma	38
Figura 8 - Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe.....	42
Figura 9 - Matriz de Causa e Efeito.....	43
Figura 10 - Carta de Controle.....	47
Figura 11 - Folha de Verificação.....	49
Figura 12 - Gráfico de Pareto	51
Figura 13 - Gráfico de Dispersão	52
Figura 14 - Tipos de Gráficos de Dispersão.....	52
Figura 15 - Escorrimento.....	57
Figura 16 - Casca de laranja	58
Figura 17 - Fervura.....	59
Figura 18 - Desplacamento.....	60
Figura 19 - Crateras	61
Figura 20 - Impurezas.....	61
Figura 21 - Gráfico de Incidência de Não Conformidades.....	66
Figura 22 - Mapa do Processo Macro	67
Figura 23 - Fluxograma do Mapa do Processo Detalhado	68
Figura 24 - Gráfico de Grade.....	69
Figura 25 - Gráfico de Pizza ordenando os defeitos e sua porcentagem.....	70
Figura 26 - Diagrama de Causa e Efeito	71
Figura 27 - Gráfico e Pareto e quadro de variáveis de entradas críticas para o processo	73
Figura 28 - Cálculo do Nível Sigma.....	73
Figura 29 - Foto de parte da peça com sujeira impregnada na superfície	74
Figura 30 - Foto de evidencias de rejeição por marcas de polimento	75

Figura 31 - Visão geral das ações realizadas dos outros itens levantados na análise com o diagrama de Causa e Efeito	76
Figura 32 - Controle do Processo demonstrando Nível de Sigma Anterior e Atual	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 QUALIDADE	13
2.1.1 Melhoria da Qualidade	15
2.1.2 Melhoria Contínua	16
2.2 SEIS SIGMA.....	16
2.2.1 Definição de Seis Sigma	18
2.2.2 Qualidade e Finanças, a chave do Sucesso Estratégico do Seis Sigma	19
2.2.3 Metodologias do Seis Sigma	19
2.2.4 Implantação do <i>Lean</i> e suas ferramentas	22
2.2.5 Conceito de Desperdício	24
2.2.6 Planejamento Estratégico	25
2.2.7 Treinamento	25
2.2.8 Organização do Local de Trabalho	26
2.2.9 <i>Kanban</i>	26
2.2.10 <i>Kaizen</i>	28
2.2.11 Vantagens e Desvantagens da Metodologia Seis Sigma	30
2.2.12 Estratégica do Seis Sigma	31
2.2.13 <i>Lean</i> Seis Sigma	31
2.2.14 Benefícios do Programa Seis Sigma	32
2.2.15 Implementação do Seis Sigma	33
2.2.16 Características do Projeto Seis Sigma	34
2.2.17 A Equipe Seis Sigma	35
2.2.18 Fatores Críticos de Sucesso e Foco	38
2.2.19 As Principais Dificuldades e Facilidades na Implementação do Seis Sigma	40
2.3 FERRAMENTAS SEIS SIGMA	40
2.3.1 Diagrama de “Espinha de Peixe” (<i>Fishbone</i>)	41
2.3.2 Matriz de Causa e Efeito (C&E)	43
2.3.3 Teste de Hipóteses	44
2.3.4 Carta de Controle	45
2.3.5 <i>Benchmarking</i>	47

2.3.6 Folha de Verificação	48
2.3.7 Gráfico de Pareto	49
2.3.8 Gráfico de Dispersão	51
2.4 PROCESSO DE PINTURA	52
2.4.1 Operações do Processo de pintura Conforme fluxograma da Empresa Control Plastic	53
2.4.2 Recebimento de materiais	55
2.4.3 Preparação de Tinta	55
2.5 REJEIÇÃO	56
3 METODOLOGIA	63
3.1 DEFINIR	63
3.2 MEDIR	63
3.3 ANALISAR	64
3.4 IMPLEMENTAR	64
3.5 CONTROLAR	64
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1 DEFINIR	65
4.1.1 Mapa do Processo Macro	67
4.1.2 Mapa do Processo Detalhado	68
4.1.3 Gráfico de Grade	69
4.1.4 Gráfico de Pizza	69
4.2 MEDIR	70
4.2.1 Diagrama de Causa e Efeito	70
4.2.2 Matriz de causa e Efeito	71
4.2.3 Gráfico de Pareto	72
4.2.4 Cálculo do Nível Sigma	73
4.3 ANALISAR	74
4.4 IMPLEMENTAR	75
4.5 CONTROLAR	77
5 CONCLUSÃO	79
6 REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo traz como tema: “O Uso do Seis Sigma na Redução de Rejeição no Processo de Pintura”.

Em face de um ambiente de competitividade crescente, todos os segmentos corporativos buscam várias formas e soluções para aumentarem o seu diferencial no que tange a qualidade. Sendo assim, surgem variados conceitos e métodos para propor soluções de problemas e redução de desperdícios.

O que antes era apenas um conjunto de ferramentas para controle da qualidade, passou a ser, nos dias atuais uma importante ferramenta que se intitulou “Seis Sigma”. Esta ferramenta da qualidade tem proporcionado uma redução nas causas de desperdícios em muitas empresas e, de todos os segmentos de mercado.

O Seis Sigma já provou ser eficiente para a solução de diversos tipos de problemas, desde aqueles aparentemente mais simples e de fácil constatação até aqueles que exigem uma análise mais trabalhosa (ASSUMPÇÃO, 2006).

Assim sendo, com o objetivo de produtividade, melhoria de resultados e aumento de lucros, por meio de redução de perdas e do desperdício foi que formulou-se a problemática deste estudo, ou seja: “Quais seriam os benefícios do Seis Sigma dentro do setor de Pintura?”.

E, com as respostas a este questionamento desejou-se demonstrar a relevância do tema para os dias atuais. Pois, o foco do estudo foi à análise e a aplicabilidade e benefícios do seis sigma como identificador e quantificador de possíveis perdas e rejeições dentro do processo de pintura.

A metodologia utilizada foi baseada no DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) por meio de uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso real com o intuito de obter-se um melhor embasamento prático e uma melhor compreensão do tema abordado.

Com tudo é importante ressaltar que alguns fatores podem prejudicar o bom funcionamento do método seis sigmas, podendo inclusive acarretar em fracassos, os mais importantes que estão ligados à gestão do processo e a prática de uma disciplina rigorosa em todas as etapas dos processos, outro fator bastante relevante também é a falta de importância e

descaso da liderança da empresa, pois muitas vezes nem todos os envolvidos no projeto tem a mesma visão de responsabilidade e importância, mas para obter o sucesso do método é preciso estar comprometido com todas as etapas da implantação e condução do método. A participação da liderança é muito relevante dentro do processo de implementação do método.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este estudo apresenta como tema “O Uso do Seis Sigma na Redução de Rejeição no Processo de Pintura”, visando obter a melhoria dos resultados atuais e o aumento dos lucros e a redução de perdas e desperdício da empresa.

A empresa é do ramo de peças automotivas e está situada em São Bernardo do Campo, nesta mesma região existem outras empresas com o mesmo potencial de fornecimento de peças, por isso também tem a importância e preocupação em se destacar na qualidade de suas peças diante dos, seus clientes.

Essa ferramenta o “Seis Sigmas” foi escolhido principalmente por ser baseada no DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar), sendo que desta forma é possível conhecer muito bem o processo no qual deseja atuar. E se todas as etapas do DMAIC forem seguidas rigorosamente a possibilidade de se obter um bom resultado é garantida.

E por fim, este estudo pretende comprovar que foi possível a redução de rejeição em no mínimo 20% no processo produtivo e zerar as ocorrências no Cliente.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é a redução de rejeição dentro do processo de pintura, mas com isso espera-se chegar também em outros objetivos como:

- a) Identificar principais problemas que levam as não conformidades;
- b) Melhoria dos resultados atuais;
- c) Aumentar Lucros;
- d) Reduzir perdas e desperdícios; e,
- e) Fornecer peças com melhor qualidade para o cliente;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 QUALIDADE

Segundo Martins e Laugeni (2005, p. 498),

o conceito de que a qualidade é importante surge em 1970, com o renascimento da indústria japonesa que, seguindo os preceitos do consultor americano W. E. Deming¹, faz da qualidade uma arma para a vantagem competitiva.

Em 1980 os japoneses fabricantes de automóveis passaram a ser os maiores concorrentes dos americanos na fabricação e venda de veículos, trazendo com isso grandes dificuldades para os outros países do mundo.

Os itens como: alta qualidade aliada a preços competitivos e excelentes serviços de pós-venda fizeram com que os japoneses conseguissem uma parcela considerável do mercado de produtos. Isso é decorrência do alto nível de qualidade conseguido por eles, fato este que é inegável, visto que não há como sobreviver num mercado sem que haja qualidade (CHIAVENATO, 2010, p. 112).

Atualmente, as empresas estão destacando com maior ênfase o termo Qualidade, visto que, o pensamento atual dos gestores é de que a qualidade não é mais responsabilidade de um setor ou indivíduo, e sim, ela está totalmente descentralizada e delegada a execução. Ou seja, os funcionários são responsáveis, cada qual por sua “ilha” de produção e, com a satisfação dos clientes internos. Esses clientes internos devem ser entendidos pelos outros funcionários aos quais deverá receber o trabalho para dar continuidade no processo produtivo. Em outras palavras, “cada funcionário tem o seu fornecedor interno – que proporciona o insumo -, e seu cliente interno – que recebe o resultado de seu trabalho” (OLIVEIRA, 2006, p. 289).

Para Chiavenato (2010, p. 234) “a maneira que cada funcionário utiliza para atingir sua qualidade e, assim satisfazer seu cliente interno, chama-se Cadeia de Qualidade”, esta agrega grande valor à organização e aos colaboradores, visto que, acaba por se transformar em uma cadeia de valor. Esta cadeia substitui a antiga cadeia escalar que era vertical e, agora,

¹ W. E. Deming é um dos grandes nomes do gerenciamento da qualidade. Seus modelos de gestão da qualidade são amplamente utilizados por indústrias e empresas de diversos setores, hoje em dia.

passou a ser horizontal. No fim, da cadeia de valor está o cliente externo, que se beneficia com a criação de valor e consequentemente, com produtos de maior qualidade.

Segundo Oliveira (2006, p.176), o cliente externo é:

O último consumidor dos bens e serviços produzidos. Em cada cargo, cada profissional é, ao mesmo tempo, um fornecedor para o cargo seguinte e um cliente do cargo anterior. Esta interligação entre fornecedores internos e clientes internos de uma equipe é a base dos modernos programas de Qualidade Total. Nessa extensa cadeia de valor, cada pessoa busca conhecer e satisfazer as necessidades do cliente interno para que ele possa fazer um trabalho melhor. O maior beneficiário está na ponta final do processo: o cliente externo.

Existem diferentes definições de qualidade. Consideramos como mais relevantes às cinco definições a seguir:

- Transcendental – entende-se qualidade como sendo constituída de padrões elevados, universalmente reconhecidos;
- Focada no produto – a qualidade é composta de variáveis e atributos que podem ser medidos e controlados;
- Focada no usuário – para Juran (1994, p. 9), “a qualidade é a adequação ao uso”, mas existe grande dificuldade na conceituação de termos como uso, satisfação, durabilidade e até na identificação clara de usuário ou, cliente do produto.
- Focada na fabricação – Essa definição nos leva a buscar melhorias nas técnicas de projeto de produto e de projeto de processos e no estabelecimento de sistemas de normas;
- Focada no valor – a qualidade é uma questão de o produto ser apropriado ao uso e ao preço. Essa definição tem sido cada vez mais aceita pelo mercado (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Por um longo período aliou-se a melhoria da qualidade com os aumentos de custos dos produtos. Foi Deming (2004) que ressaltou o contrário, ou seja, que ao aumentar a qualidade proporcionalmente, aumentava-se a produtividade. Porém, esse conceito não ficou muito claro, ou seja, “custos relacionados à qualidade”. Desta forma, alguns especialistas passaram a enfatizar da seguinte forma “os custos eram decorrentes da falta de qualidade” (DEMING, 2004, p. 34).

2.1.1 Melhoria da Qualidade

Segundo Oliveira (2006, p. 231) é fundamental que cada funcionário busque soluções para o processo de melhoria da qualidade. Tudo que for utilizado para se obter maiores índices de vantagem e melhoria contínua devem ser apoiados, visto que, são pequenas atitudes que geram novos meios e métodos de desempenho e qualidade.

O tópico principal da filosofia da melhoria contínua é “que cada pessoa nunca deve estar satisfeita com o que faz, mas estar sempre na busca constante do aperfeiçoamento”. Essa melhoria contínua – o chamado *Kaizen* para os japoneses – é a alma de todo o processo (OLIVEIRA, 2006, p. 234).

Em muitas empresas é utilizado o conceito de Círculo de Qualidade, que consiste em reunir um grupo de pessoas – preferencialmente menos de 10 –, com reuniões regulares onde são discutidos quais os melhores meios de se atingir produtos e serviços de qualidade. O objetivo principal dessas reuniões é a de conscientizar cada indivíduo de sua responsabilidade pela qualidade e, acima de tudo, utilizar todo o potencial criativo dos membros para se realizar este intuito. Esse processo tem como benefício, o fortalecimento das equipes de trabalho, há este processo é dado o nome de *empowerment* – este processo gera normalmente uma economia de custos da qualidade e uma maior satisfação do cliente, e porque não dizer, um maior comprometimento de todos os envolvidos no processo produtivo e, também uma elevação da moral do colaborador (CERQUEIRA NETO, 2001).

Por muito tempo, associou-se melhoria da qualidade a aumento dos custos dos produtos. Deming (2007) mostrou que isso não era verdadeiro, citando constantemente que ao aumentar a qualidade, aumenta-se a produtividade. Contudo, não era muito claro o que se entendia por “custos relacionados à qualidade”, ou por “custos da qualidade”.

Na verdade, os especialistas enfocam como custos da qualidade “os custos decorrentes da falta de qualidade”, sendo esse o conceito que adotaremos nesse estudo. Os custos da qualidade são classificados em: de prevenção; avaliação; falhas internas e falhas externas.

2.1.2 Melhoria Contínua

Para Koskela (1992), os trabalhos e esforços para a redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira constante e contínua na empresa. O princípio de melhoria contínua pode ser alcançado na medida em que os demais vão sendo cumpridos.

O trabalho em equipe e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para introdução de melhoria contínua no processo.

A melhoria contínua deve ser a princípio implementada por meio do processo de planejamento e controle da produção na medida em que são analisadas as decisões tomadas, para a correção de desvios proveniente da coleta de dados do plano de curto prazo (BERNARDES, 2003).

2.2 SEIS SIGMA

Segundo Miguel (2002) a competição pelo ganho de mercado e o foco no atendimento às necessidades dos clientes provocou, na segunda metade do último século, mudanças na postura gerencial de um número bastante expressivo de empresas. Este movimento teve início no Japão entre final da década de quarenta e início da década de sessenta.

A partir dos anos setenta, houve a popularização das técnicas japonesas no ocidente. Este movimento movimentou empresas de vários segmentos econômicos ao redor do mundo. O Brasil possui mais de 25 mil certificações de qualidade, é o país com maior número de empresas com ISO 9001² da América do Sul.

Segundo Werkema (2006, p.112) o conceito de Seis Sigma é “estabelecer uma métrica universal para medir defeitos em um processo. Quanto mais alto o sigma é uma indicação de melhores produtos e baixos valores de sigma significam produtos ruins”.

² **ISO 9001** – norma que contém requisitos que, se cumpridos, aumentam a probabilidade de que processos produtivos e administrativos atinjam um padrão almejado de qualidade.

Segundo Wilson (2009), o Seis Sigma é um conjunto de práticas com um excelente nível de desempenho que se aproxima do zero defeito em um processo de um produto, serviço ou transação. Ele indica ainda a obtenção e a produção de um desempenho de alto nível.

Os produtos, serviços ou transações que são produzidos com os fundamentos do Seis Sigma têm um nível de qualidade livre de defeitos, isso por definição segundo Wilson (2009). Na prática, é considerado Seis Sigma processos que produzem apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. Por essa razão, o Seis Sigma é reconhecido por indicar um padrão de excelência de produtos e serviços.

O Programa Seis Sigma, segundo Rodrigues (2006), começou a ser delineado quando Bill Smith, engenheiro da Motorola (empresa americana de produtos eletrônicos), estudou a correlação entre os defeitos dos produtos, em função de deficiências nos processos de manufatura, e as falhas identificadas nos processos dos clientes. Estruturou-se, assim, em 1987, um método para a Motorola buscar, como limite para a tolerância dos processos, seis desvios-padrão (Seis Sigma), em relação ao valor central estabelecido.

Contudo, a elaboração da metodologia, ou a criação da estratégia, ocorreu de fato quando se desenvolveu na Motorola estudos sobre os conceitos de Deming, guru da qualidade, a respeito da variabilidade dos processos. Bill Smith começou orientando a empresa no estudo da capacidade de melhorar o desempenho dos processos, mostrando que essas variações, quando medidas estatisticamente, demonstram o desvio-padrão da distribuição. Essa abordagem tornou-se o ponto de foco do esforço de qualidade da Motorola. Com o apoio do presidente da empresa, essa concepção passou a ser a forma de fazer negócios da organização.

Segundo Pande (2002), o que o Seis Sigma ofereceu à Motorola – apesar de hoje envolver muito mais – foi uma forma simples e consistente de acompanhar o desempenho da empresa e sua comparação com as exigências do cliente, que seria a medida Sigma. Por outro lado, estabeleceu uma meta grandiosa de qualidade, praticamente perfeita, que seria então o objetivo do Seis Sigma.

O enfoque sobre a análise da variação em todas as atividades das empresas a direcionou para a ênfase no conceito de melhoria contínua, e a Motorola passou a adotar uma meta de Seis Sigma em todas as suas ações, o que equivaleria à perfeição quase que total, uma

vez que se trata de um processo de produção com apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, considerando cada defeito uma oportunidade de melhoria.

“O Seis Sigma é uma medida de qualidade e eficiência, mas, além disso, é uma medida de excelência”. Por isso, para Perez-Wilson (1999, p.161), adotar o programa Seis Sigma significa ter um foco comum na excelência em toda a organização.

Para Pande (2002), Muitos são os motivos que podem ser considerados quando a organização decide fazer a implantação da estratégia Seis Sigma em sua estrutura. O Seis Sigma:

- Gera o sucesso sustentado;
- Determina uma meta de desempenho para todos;
- Intensifica o valor para os clientes;
- Acelera a taxa de melhoria;
- Promove aprendizagem e polinização cruzadas; e,
- Executa mudanças estratégicas.

A aplicação do Seis Sigma foi realizada na *General Electric* e em outras empresas, predominantemente industriais, e confirmou os excelentes resultados já obtidos na Motorola.

Apesar de ter sido originalmente criado para o meio industrial, o Seis Sigma e suas ferramentas, segundo George (2003), podem ser também utilizados no segmento de serviços. Nos últimos anos, a aplicação para o setor de serviços tem sido cada vez mais difundida, já tendo apresentado excelentes resultados em diversas empresas atuantes no setor.

Hoje, veem-se centenas de projetos Seis Sigma em andamento nas organizações ao pelo mundo, incluindo principalmente o desenvolvimento de novos produtos com maior rapidez de comunicação e resposta imediata ao cliente, entre outros benefícios (PANDE, 2002).

2.2.1 Definição de Seis Sigma

O Seis Sigma cresceu além do controle de defeitos. Pode ser definido como uma metodologia para gerenciar as inconstâncias nos processos que causam defeitos, definidos como um desvio inaceitável da média, ou objetivo; e para trabalhar de forma sistemática na

gestão dos desvios para eliminar tais defeitos. O objetivo do Seis Sigma é oferecer *performance* de classe mundial, confiabilidade e valor para o cliente final (ROTONDARO, 2002).

2.2.2 Qualidade e Finanças, a chave do Sucesso Estratégico do Seis Sigma

Segundo o guia de Seis Sigma (2001 – 2004), *Total Quality Management*, PDCA (*Plan, Do, Check and Action*), Seis Sigma, precisa ter todas as metodologias de qualidade focadas na eliminação de defeitos na causa raiz, Com tudo isso se não levar a um benefício financeiro, dificilmente vale a pena sustentar tais atividades.

A metodologia Seis Sigma, em particular, enfatiza os resultados financeiros de um projeto. Isso possibilita que os funcionários possam participar mais do processo, pois estes conseguem visualizar onde seus esforços surtem efeitos de fato.

A seleção correta de um projeto de melhoria pode ser extremamente significativa no negócio, uma vez que seu processo pode tornar-se mais eficiente em um período de tempo de três a seis meses. A seleção de projeto se baseia no DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve and Control*), uma das metodologias que compõem o Seis Sigma, e será explicada adiante.

Um dos grandes problemas do Seis Sigma é o fato de que muitas empresas não têm o devido entendimento da metodologia e isso faz com que os conceitos pertinente sejam transmitidos de maneira errônea, prejudicando a empresa. A seguir descrevemos a metodologia do Seis Sigma.

2.2.3 Metodologias do Seis Sigma

Segundo Werkema (2004) a metodologia Seis Sigma deve ser utilizada quando um produto ou processo já existe dentro da organização, 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 definição são consideradas pré-trabalhadas ou incluídas na fase de medição.

Projetos Seis Sigma seguem duas metodologias chave inspiradas pelo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) de Edwards Deming. Estas metodologias, compostas de cinco fases cada, são chamadas pelos acrônimos DMAIC e DMADV, onde: DMAIC – é usado para melhorar um processo de negócios existentes, e, o DMADV- é usado para criar um novo design de produto ou processo de forma a obter uma *performance* mais previsível, madura e livre de defeitos.

O Seis Sigma utiliza ferramentas e métodos estatísticos para definir, medir, analisar, melhorar e controlar os processos e ou produtos, com a finalidade de reduzir ou eliminar perdas em um ciclo de melhoria contínua (ROTONDARO, 2002).

O DMAIC (definição, mensuração, análise, melhoria e controle) é uma metodologia de qualidade baseada em dados para melhoria de processos e como orientação para aprimorar processos comerciais e cortar custos. Esta é a metodologia mais característica do Seis Sigma.

Conforme Bertels (2003), a implantação dos Seis Sigma pode ser feita por meio de diversas ferramentas estatísticas e de análise que são aplicadas dentro de um mesmo modelo, conhecido como DMAIC, conforme ilustrado na Figura 1.

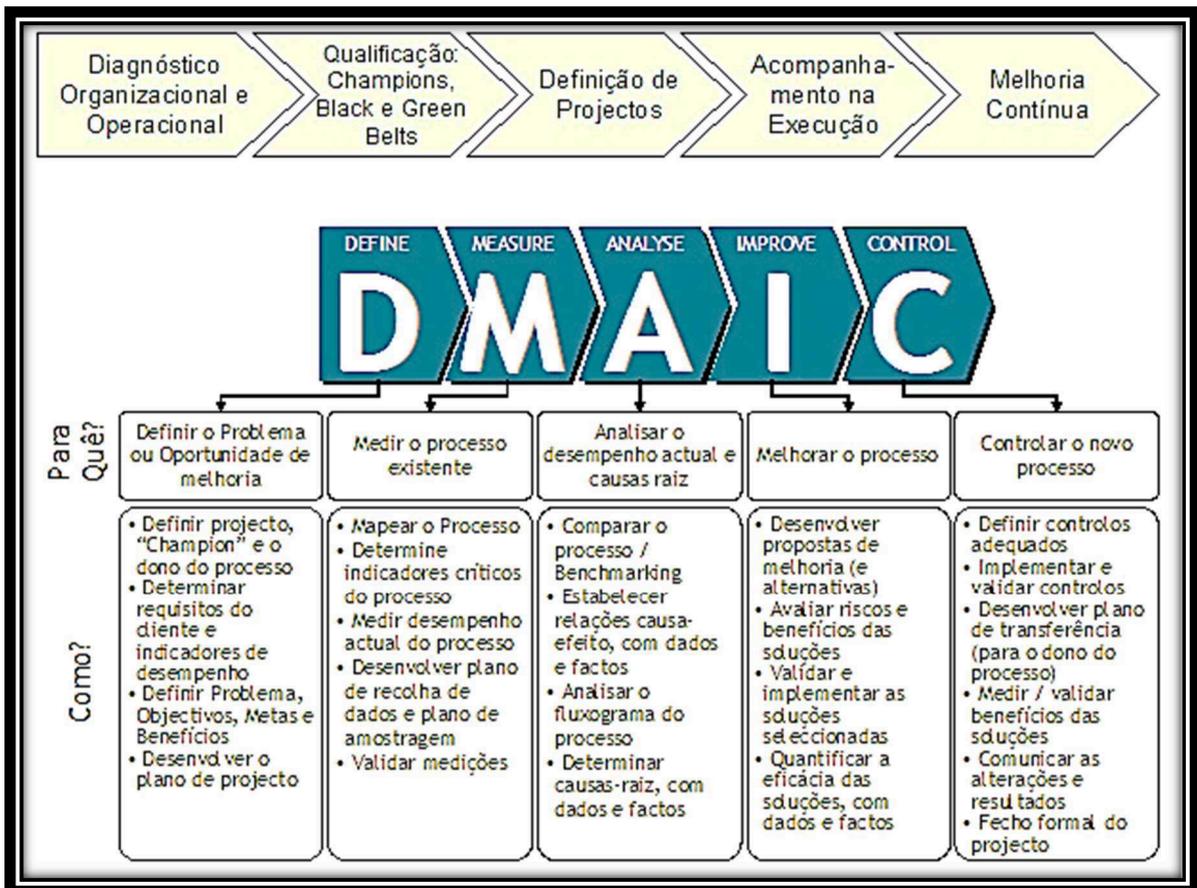


Figura 1 - DMAIC - 6 Sigma
Fonte: BERTELS, 2003, p. 23

Quando identificado o processo a ser melhorado diz-se que está identificado um Projeto Seis Sigma. Deve-se então verificar a viabilidade econômica do projeto e fazer uma previsão dos benefícios (financeiro inclusive), que podem ser alcançados (ROTONDARO, 2002). As fases (ou passos) são descritos na Figura 2.

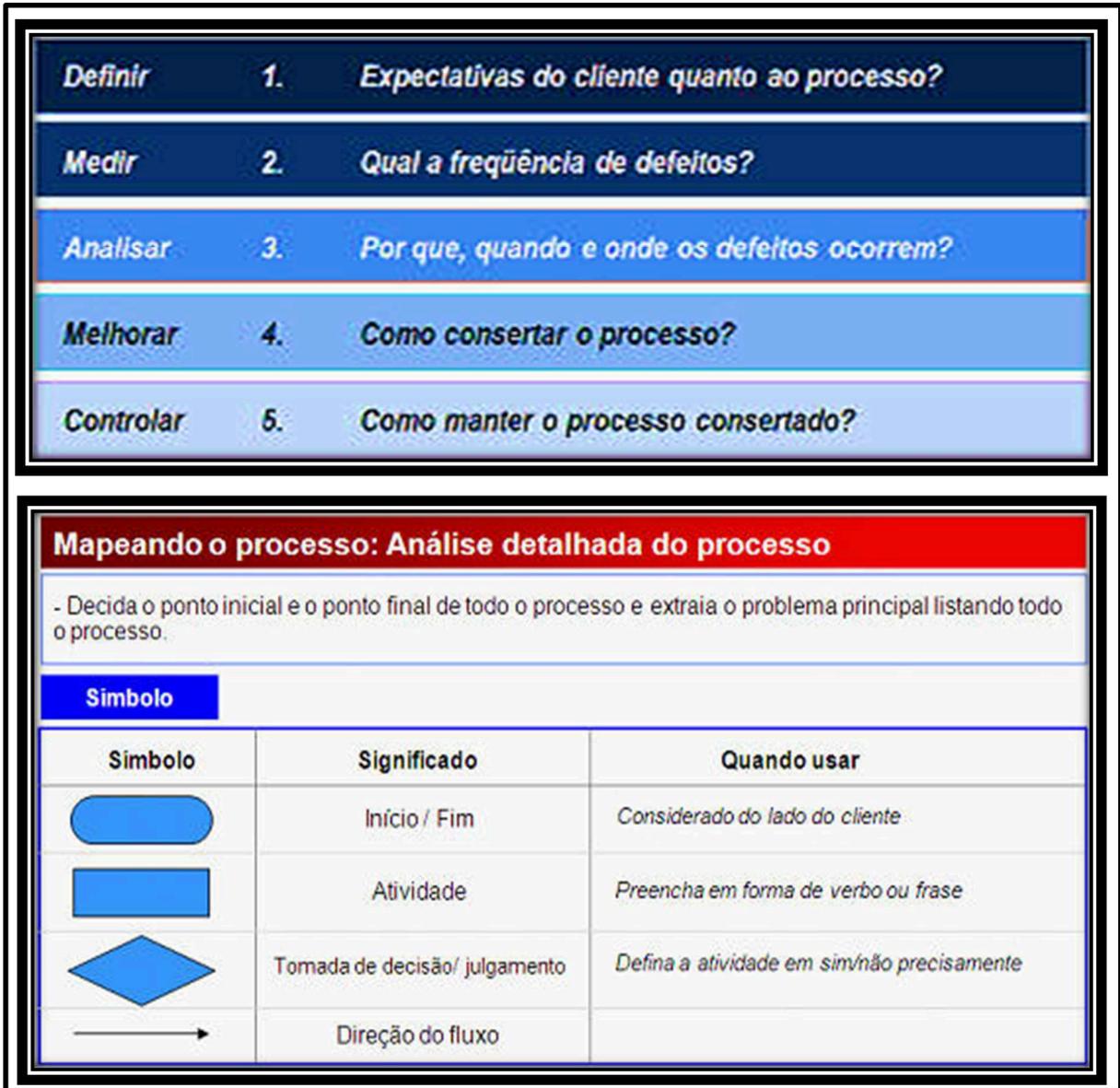


Figura 2 - Os Passos da Metodologia DMAIC - Seis Sigma
Fonte: Rotondaro, 2002, p. 26

Segundo Werkema (2006) o DMADV é um meio extremamente eficaz para criar um produto novo ou um novo design de processo. É uma metodologia previsível com metas para o seu design de processos livres de defeitos. Em outras palavras, o DMADV é a metodologia utilizada para garantir em termos simples, que se faça a coisa certa pela primeira vez como foi

projetado. Há cinco etapas do processo DMADV, eles incluem: Definir, Medir, Analisar, Detalhar o design e Verificar. Figura 3, a seguir demonstra as etapas do DMADV.

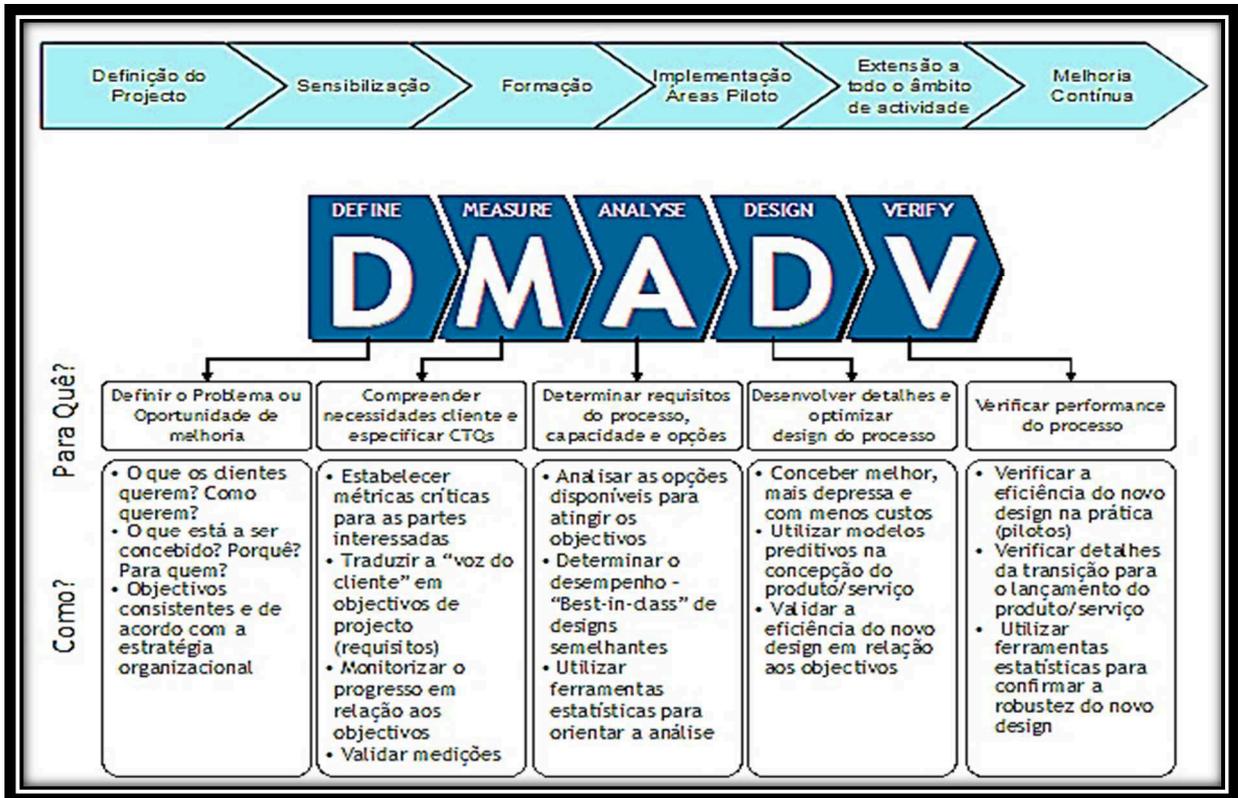


Figura 3 - DMADV – Seis Sigma
Fonte: ROTONDARO, 2002

As siglas DMADV possuem sons semelhantes ao DMAIC, porém, a semelhança termina após as três primeiras letras DMA. Suas fases são: Definir (*Define* – D), Medir (*Mensure* – M), Analisar (*Analyse* – A), Melhorar (*Improve* – I) e controlar (*Control* – C) (ROTONDARO, 2002).

2.2.4 Implantação do *Lean* e suas ferramentas

Na implantação do *Lean* algumas ferramentas e conceitos devem ser implantados. De acordo com Ohno (1997), a base do Sistema Toyota de Produção, é a eliminação total dos desperdícios. Os dois pilares necessários à sustentação do sistema são: *Just in Time* (JIT) e a Automação (Jidoka).

- Administração *Just-in time* (JIT)

O *Just-in-Time* é uma abordagem disciplinada para melhorar a produtividade e a qualidade total, por meio do respeito pelas pessoas e da eliminação das perdas. Na fabricação e/ou montagem de um produto, o *Just-in-Time* proporciona a produção no custo efetivo e a entrega apenas das peças necessárias com qualidade, na quantidade certa, no tempo e lugar certos, enquanto usa o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos (MOURA, 2009, p.13).

A administração da produção *Just-in-time* dá à ideia de que os três elementos da manufatura – recursos financeiros equipamentos e mão de obra –, devem ser colocados somente na quantidade necessária e no tempo requerido para o trabalho. Ohno (1997) argumenta que o *just in time* e a automação inteligente formam os dois pilares do gerenciamento enxuto.

Segundo Vollmann *et al.*, (2007), o processo *Just in time* reúne não apenas os conceitos e técnicas do planejamento e controle da produção, mas é uma base filosófica para administração da produção que reduz a complexidade do planejamento de materiais, a necessidade de rastreamento no chão de fábrica, dos estoques em processos e da logística de suprimentos. A administração JIT é um sistema de programação que puxa o fluxo de produção e controla os estoques com a finalidade de eliminar o desperdício, reduzir estoques e garantir que, quando necessário, os estoques estarão disponíveis imediatamente.

- Automação (*Jidoka*)

A automação é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. É composta por dispositivos de conferência instalados nas máquinas que impedem a produção de produtos defeituosos e permitem que a máquina trabalhe sem a supervisão direta do operador; este último passa então a supervisionar a produção de diversos equipamentos ao mesmo tempo. Esse sistema de conferência foi desenvolvido por Sakichi Toyoda e serviu de base para o desenvolvimento de sistemas de Automação, como, por exemplo, os dispositivos de parada automática, de segurança e à prova de erros.

2.2.5 Conceito de Desperdício

Segundo Shingo (1996), uma das principais características do Sistema Toyota de Produção é a redução de perdas em todo o processo de produção. As perdas ou desperdícios são vistos como qualquer ineficiência que leve ao uso de equipamentos, materiais e mão de obra em quantidades maiores do que as realmente necessárias para a produção de um determinado produto. Estas perdas podem ser tanto desperdício de materiais quanto execução desnecessárias de tarefas, que levem a custos adicionais e não agregam valor.

Segundo Womack (2002), desperdício, conhecido na língua japonesa por *muda*, é associado frequentemente ao que se classifica como lixo, mas sua definição vai, além disso.

De acordo com Campos (2006), o desperdício é todo e qualquer recurso que se deteriora na execução de um produto ou serviço (matéria prima, materiais, tempo, energia, por exemplo). É um dispêndio extra que aumenta os custos normais do produto ou serviço sem que traga qualquer melhoria para o cliente.

Reduzir o desperdício – *muda* – na manufatura significa eliminar tudo que aumente os custos de produção, ou seja, transformar muda em valor. Muitas vezes os desperdícios não são percebidos, pois se tornam aceitos como consequência natural do trabalho rotineiro. Por exemplo:

- Perda: são todas as atividades que não traz nenhuma contribuição para as operações. Por exemplo: espera, estoques intermediários entre operações, reabastecimento, movimentação do produto, etc;
- Operações que não agregam valor: são atividades que não beneficiam a matéria prima, por exemplo: movimentação para alcançar as peças, desembalagens de caixas, operações manuais de comandos do equipamento, etc;
- Operações que agregam valor: são todas as atividades que transformam a matéria prima, mudando as suas formas e qualidades. Esses valores são normalmente percebidos pelo cliente final. Muitos processos e atividades não são percebidos pelo cliente, mas são observados pela manutenção da Qualidade e Segurança do produto, como, por exemplo, testes finais de qualidade. Portanto, quanto maior for o valor agregado, maior será eficiência da operação.

Os sete desperdícios que o sistema *lean* visa a eliminar é a superprodução, sendo esta a maior fonte de desperdício, o tempo de espera, refere-se a materiais que aguardam em filas

para serem processados, transporte, processamento, estoque, movimentação e defeitos (GODINHO FILHO; FERNANDES, 2004).

Em 1998, foi fundado no Brasil um instituto a fim de disseminar o sistema *Lean*, o *Lean Institute* Brasil (LIB) seguindo o exemplo do Instituto Norte Americano o *Lean Enterprise Institute* (LEI) fundado em 1997 por James Womack. Um dos principais papéis do *Lean Institute* é pesquisar as ferramentas *Lean* e adaptá-las para os contextos das empresas brasileiras, auxiliando assim a implementação do *Lean* dentro dos setores mais diversos (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

O sistema *Lean Production* vem sendo implantado em todo o mundo em diversas empresas, nem sempre com sucesso, mas quando implantado interfere na redução ou eliminação dos desperdícios e aumento da produtividade da empresa (SÁNCHEZ; PÉREZ, 1999; WOMACK; JONES, 2004).

2.2.6 Planejamento Estratégico

O Sistema de *Production* é uma estratégia de produção e, para implantá-la, deve ser desenvolvido um planejamento estratégico na empresa com vistas a mudar a atitude dos funcionários para compartilharem uma mentalidade voltada para a resolução de problemas. O sucesso do *Lean production* depende do apoio dos empregados especialmente da alta administração. Para divulgar a importância de implantar a estratégia de manufatura devem ser realizados ciclos de palestras para os diferentes níveis de gestores.

2.2.7 Treinamento

O objetivo do treinamento é fornecer o conhecimento sobre a *Lean Production*, valores, e ferramentas desse sistema de gerenciamento para os públicos-alvo dos funcionários da fábrica, líderes de equipes e operários que estão diretamente ligados à implantação. O treinamento pode ser iniciado com seminários, livros e *workshops*, e se tornar uma atividade contínua.

2.2.8 Organização do Local de Trabalho

A ferramenta mais comum utilizada para organizar o local de trabalho é conhecida como 5S, assim definida:

- a) Senso de utilização: distinguir o que é necessário e o que não é;
- b) Senso de organização: um lugar para tudo e tudo em seu lugar;
- c) Senso de limpeza: limpar e procurar modos de manter limpo;
- d) Senso de higiene: compartilhar padrões estabelecidos e tornar obvio os padrões; e,
- e) Senso de autodisciplina: obedecer às regras e conservar os primeiros 4s.

2.2.9 Kanban

Kanban é o termo japonês que significa o cartão que age como disparador da produção em estágios anteriores ao processo de manufatura, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais (CORREA e GIANESI, 1996). O *Kanban* é a etapa do *Lean Production* que busca controlar visualmente a linha de produção e programar a produção segundo a lógica de puxar, hoje uma técnica reconhecida como redutora de estoques.

As instruções são colocadas em pedaços de papel para comunicar de forma clara e direta as informações necessárias ao operador da estação de trabalho, como por exemplo, a quantidade a produzir, quantidade retirada, quantidade recebida, código do item, estoque mínimo, estoque atual, local de armazenagem, entre outros. As vantagens do *Kanban* são: produzir apenas o necessário; reduzir os estoques intermediários e de matéria prima; reduzir o tamanho dos depósitos, das equipes de controle e a movimentação de estoques; facilitar o controle gerencial e a supervisão de processos.

A utilização desses cartões pode ser feita de duas maneiras: cartão único - somente cartões de transporte -, e dois cartões - cartões de produção e de transporte. O *kanban* pode representar os vários componentes da produção por meio de marcadores de plásticos coloridos ou mesmo “bola de *ping pong*” de diversas cores. Para Johnston *et al.*, (2002), há três tipos de *Kanban*:

- *Kanban* de movimentação ou transporte;

- *Kanban* de produção; e,
- *Kanban* de fornecedor.

Na Figura 4 abaixo se pode observar um exemplo de *Kanban*, proposto para o setor de rebobinadeiras, tanto para o suprimento quanto para a saída de bobinas. O cartão que deverá estar sempre bem visível e acompanhando os produtos que ele representa e deverá indicar: o setor a que se destina o material (proprietário do cartão), a descrição e medidas dos produtos representados e quantidade, e de onde vieram (origem). Além de um código de barras, que gerencia *ON_LINE*, toda a movimentação e requerimentos dos materiais a serem usados pelo setor.



Figura 4 - Cartão de *Kanban*
 Fonte: Adaptado pelo autor de LIKER (2005).

O Sistema *Kanban* tem determinados componentes básicos, responsáveis pelo seu funcionamento (PACE, 2003):

- *Kanban* (cartões): comumente são utilizados dois tipos de cartões. O cartão de movimentação que autoriza a retirada e movimentação das peças de um método para outro, ele funciona como uma requisição de materiais. O cartão de produção determina o tipo e a quantidade de peça que o processo deverá produzir, ele funciona como um dispositivo de controle da produção;

- *Contêiner*: são também chamados embalagens, contenedores ou caixas onde as peças serão armazenadas ou transportadas. Eles devem ter os seus volumes padronizados, para manter um controle visual sobre o processo;

- Célula: local onde o *Kanban* está sendo implantado, também chamada de célula de produção ou manufatura;
- Quadro *Kanban*: painel onde os cartões são fixados, a fim de manter um gerenciamento visual do processo e autorizar o processamento das peças solicitadas;
- Área de mini estoque de entrada: é o local onde o material necessário para produzir a peça fica armazenado;
- Área de mini estoque de saída: é o local onde os produtos processados, completados, são estocados. Os itens permanecem nesta área disponíveis para o cliente, ou seja, o processo subsequente.

Essas duas áreas devem ser preparadas e organizadas, com o objetivo de facilitar a identificação das peças, para isso são utilizados prateleiras com espaços delimitados, específicos e identificados para cada produto armazenado ali, e todas essas definições estejam bem claras e definidas por todas as pessoas que se utilizam do sistema.

Independente do tipo de *Kanban* utilizado percebe-se que este método é essencial para a aplicação da filosofia JIT na empresa, pois reduz o tempo de espera, diminuindo o estoque e a superprodução, melhorando a produtividade, interligando todos os processos em um fluxo contínuo e nivelado.

O *Kanban* é uma ferramenta prática do JIT que representa o sistema logístico de puxar a produção, base da filosofia *Lean Production*.

2.2.10 Kaizen

De acordo com Moraes e Sahb (2004), o *Kaizen* leva a empresa a obter resultados aparentes e concretos, tanto de forma qualitativa quanto quantitativa em um curto espaço de tempo e a um baixo custo. Mas o principal objetivo está no envolvimento direto das pessoas, que se sentem mais importantes, valorizadas e motivadas a alcançar os objetivos da empresa.

Na Figura 5 demonstra-se a utilização do *Kaizen*.

O Que é o Kaizen Lean

Criando Valor Estratégico com Pessoas Motivadas



Definir valor	▶ Equipas Kaizen	▶ Ir para o Gemba	▶ Procurar	▶ Fazer Kaizen
Para o Cliente e para a Organização	Definir Metas, Organizar Equipas Kaizen	Mudar Processos e Hábitos de Trabalho	Insatisfação do Cliente, Muda (desperdício), Mura (variabilidade) e Muri (dificuldade)	Mais Utilidade para o Cliente Menos Desperdício para a Organização

Figura 5 – Kaizen Lean – Objetivos
Fonte: GHINATO, 2000

A gestão *Kaizen* – uma etapa de implantação da filosofia *Lean* - busca a melhoria incremental e contínua de uma atividade com base na eliminação de perdas, visando agregar valor ao produto com um mínimo de investimento (GHINATO, 2000).

Essa melhoria contínua depende do monitoramento dos processos por meio da utilização do Ciclo PDCA, o qual se desenvolve a partir da padronização da melhor solução e subsequente melhoria deste padrão, garantindo que os ganhos incrementais sejam incorporados às práticas operacionais. Para isso, são formadas equipes *Kaizen* e selecionados líderes de equipes na fábrica (*Green Belts*), de acordo com a motivação, comunicação e habilidade de treinamento.

Outras ferramentas utilizadas pelo *Kaizen* são:

- Sistema de sugestões;
- Círculo de controle de qualidade;
- Gestão orientada por processo;
- Gestão visual;
- Kanban; e,
- Controle estatístico de processo.

2.2.11 Vantagens e Desvantagens da Metodologia Seis Sigma

Segundo Werkema (2006), as vantagens principais do Seis Sigma são algumas características únicas e poderosas de sua abordagem e forma de implantação:

- Mensuração direta dos benefícios do programa de lucratividade da organização, o que proporciona grande visibilidade e valorização dos resultados alcançados;
- O comprometimento elevado da alta direção e da infraestrutura desenvolvida na organização, com papéis bem definidos para os patrocinadores e especialistas do Seis Sigma;
- Os métodos estruturados para o alcance de metas utilizadas no programa: DMAIC e DMADV;
- O foco na satisfação do cliente/consumidor;

No que diz respeito aos benefícios, ressalta-se que, por intermédio do Seis Sigma, as empresas podem:

- Reduzir a percentagem de fabricação de produtos imperfeitos;
- Aumentar o nível de satisfação de clientes;
- Reduzir o tempo no desenvolvimento de novos produtos;
- Reduzir estoques, percentual de entregas com atrasos e custos; e,
- Aumentar o rendimento dos processos e o volume de vendas.

A metodologia Seis Sigma não possui desvantagens. Há apenas uma ressalva importante:

As empresas devem ser capazes de repudiar a parte da propaganda que cerca o programa prometendo “milagres rápidos e fáceis”. Devem ficar claro que o Seis Sigma só funciona se implantado com rigor e disciplina. As decisões devem ser baseadas em dados e na metodologia estruturada do DMAIC ou do DMADV, e é imprescindível um profundo comprometimento da alta administração da organização (WERKEMA, 2006, p. 12).

2.2.12 Estratégica do Seis Sigma

O programa Seis Sigma ocasiona um alinhamento da área de qualidade com as estratégias de negócio da organização. Esse desdobramento é feito por meio de uma estrutura hierárquica que alinha as estratégias e objetivos de negócio com o portfólio de programa e projetos, os quais fazem parte da base da pirâmide conforme ilustra a Figura 6.

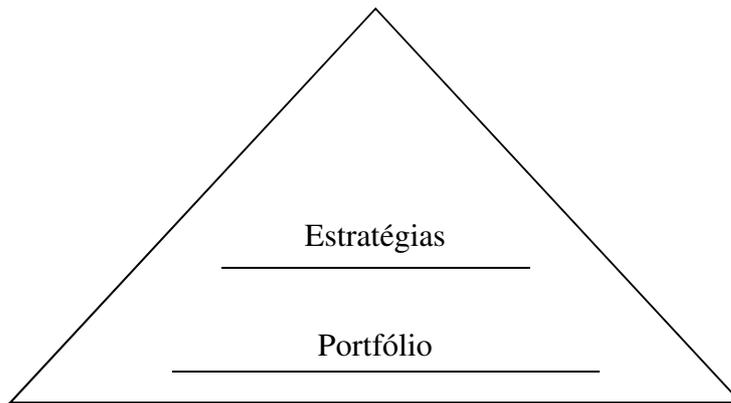


Figura 6 - Alinhamento Estratégico dos Projetos Seis Sigma
Fonte: Adaptado de Carvalho, 2005

Dentro do programa Seis Sigma existe uma questão central que é a definição dos projetos que receberão apoio dos recursos da organização. O processo de seleção deve assegurar a alocação ideal dos recursos em projetos de maior importância, isso deve ser alinhados à estratégia da empresa, com o impacto não só na eficiência, mas, também na eficácia da empresa, garantindo-lhe a obtenção de vantagem competitiva (ROTONDARO, 2002).

A organização, portanto, deve analisar os projetos Seis Sigma sob alguns critérios individuais e alguns critérios gerais de formação da carteira ou portfólio. A gestão da carteira de projetos é fundamental para garantir o balanceamento segundo as principais dimensões estratégicas (ROTONDARO, 2002).

2.2.13 Lean Seis Sigma

Segundo WERKEMA, (2004) o Seis Sigma é uma importante estratégia de gerenciamento e disciplina, além de ser altamente quantitativa, ela tem como objetivo o aumento expressivo da performance e a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e da satisfação de clientes.

O *Lean Manufacturing*, por sua vez, traz uma característica importante que busca eliminar desperdícios, ou seja, elimina o que não tem valor para o cliente. Como o *Lean* pode ser aplicado em todo tipo de trabalho, uma denominação mais apropriada é *Lean Operations* ou *Lean Enterprise* (CARVALHO, 2002).

Para Carvalho (2002) compreende-se que o *Lean Seis Sigma* é um programa resultado da integração entre o Seis Sigma e o *Lean Manufacturing*, por meio da mistura dos pontos fortes de cada um deles, é denominado *Lean Seis Sigma*, uma estratégia mais ampla, poderosa e eficaz em que cada uma das partes individual e adequada para a solução de todos os tipos de problemas relacionados à melhoria de processos e produtos.

Normalmente as empresas optam pelo *Lean Seis Sigma* com o objetivo de melhorar de forma radical do desempenho da organização e estar à frente de seus concorrentes, obtendo maior lucratividade. Por exemplo se uma empresa tem como meta, dobrar o valor do negócio em um curto prazo de três anos, poderá adotar o Seis Sigma como uma das principais estratégias para o alcance o resultado esperado.

Segundo Werkema (2004) o *Lean Seis Sigma* traz como foco os objetivos de estratégia da organização e estabelece que todos os setores que são chave para a sobrevivência e sucesso da empresa deve possuir metas de melhoria fundamentadas em métricas quantitativas, que serão atingidas por meio da execução de projeto por projeto. Esses projetos serão conduzidos pelas equipes lideradas pelos especialistas do Seis Sigma.

2.2.14 Benefícios do Programa Seis Sigma

Os benefícios do Seis Sigma são os principais atrativos que despertam o interesse das empresas pelo programa. Entretanto, para avaliar corretamente cada benefício obtido com a implantação do Seis Sigma são necessários levantamentos de dados por meio de pesquisas junto às empresas que aplicam o programa ou, que estas organizações evidenciam suas conquistas por meio de informações confiáveis, como balanços, cartas aos acionistas ou divulgação na imprensa especializada (WERKEMA, 2001).

Segundo Werkema (2001) os benefícios principais da aplicação do Seis Sigma é a constante busca da melhoria contínua nos processos; a satisfação dos clientes por meio do melhor entendimento dos requisitos exigidos; o entendimento das entradas críticas dos

processos necessárias para responder as alterações nas exigências e especificações foram definidas; o aperfeiçoamento da qualidade; os ganhos no fluxo do processo; o aumento da produtividade; a redução de tempos nos ciclo; o aumento da capacidade de produzir, a confiabilidade dos produtos; a redução dos defeitos, dos custos, dos desperdícios; a eliminação de atividades que não agregam valor ao processo; e o aumento dos lucros.

2.2.15 Implementação do Seis Sigma

Segundo Rotondaro (2002) o Seis Sigma identifica cinco papéis principais para sua implementação com sucesso:

- Liderança Executiva ela inclui o CEO e outros membros de equipe da alta direção. Eles São responsáveis por implementar uma visão para colocar em pratica o Seis Sigma. Também transferem autoridade aos outros papéis com a liberdade e recursos para explorar ideias novas e melhorias importantes;
- *Champions* são os grandes responsáveis pela implementação do Seis Sigma por meio da organização de maneira integrada. A Liderança Executiva os escolhe da alta gerência. Os *Champions* também são orientadores dos *Black Belts*;
- *Máster Black Belts* atua como especialistas internos para o Seis Sigma na organização. Eles dedicam 100% de seu tempo ao Seis Sigma, ou seja, seu tempo é usado garantindo uma implementação integrada do Seis Sigma nas várias funções e departamentos da empresa;
- *Black Belts* operam abaixo dos *Máster Black Belts* para aplicar a metodologia em projetos específicos. Dedicam 100% de seu tempo ao Seis Sigma. Seu foco primário é a execução de projetos.
- *Green Belts* são os que participam da implementação do Seis Sigma junto às suas outras responsabilidades no trabalho. Operam sob a supervisão dos *Black Belts* e os suportam na realização de bons resultados.

Nos dias de hoje é comum ter *Máster Black Belts* conduzindo e gerenciando o programa como um todo, enquanto *Black Belts* e *Green Belts* executam projetos em suas áreas e se reportam para o gerente da área.

2.2.16 Características do Projeto Seis Sigma

Os estímulos para o início de um projeto podem ser tantas oportunidades de mercado como exigências do negócio, geralmente deflagradas por uma das seguintes situações:

- Uma demanda de mercado;
- Uma necessidade do negócio;
- Um pedido (uma exigência) de cliente;
- Um avanço tecnológico; e,
- Uma exigência legal.

No jargão dos projetos Seis Sigma, para assegurar-se de que os recursos estão sendo bem alocados, deve-se procurar o que é crítico para a qualidade (*Critical to Quality* – CTQ). Duas perguntas básicas podem ajudar na definição dos CTQ:

- O que é crítico para o mercado?
- Quais são os processos críticos?

Com o intuito de diferenciar as características críticas para a qualidade oriundas das demandas do mercado, portanto externas, daquelas que vêm de uma análise dos processos críticos da empresa (internas), será utilizada a seguinte convenção: características críticas para a qualidade externa (CTQ_{ex}) e interna (CTQ_{in}) (CARVALHO *apud* ROTONDARO, 2002).

Uma vez que a empresa conhece o que é crítico para a qualidade, deve promover projetos Seis Sigma para garantir que seu desempenho nesses quesitos seja classe mundial, reduzindo sistematicamente a variabilidade desses processos.

É importante destacar que esse processo de seleção dos projetos Seis Sigma é permanente e que um tema específico dentro da organização (CTQ_{ex} ou CTQ_{in}) pode vir a ser alvo de projeto mais de uma vez. As informações históricas devem ser consideradas sempre que estiverem disponíveis, tornando importante a manutenção de banco de dados que

contenha os resultados dos projetos Seis Sigma já realizados e do monitoramento do desempenho das CTQex e CTQin ao longo do tempo (ROTONDARO, 2002).

O mapeamento dos processos críticos e, por conseguinte, das CTQin é uma demanda da nova versão da ISO 9000 que vigora desde 2000. Portanto, as empresas certificadas já incorporaram o gerenciamento por processos à Gestão da Qualidade.

Os critérios de seleção do projeto podem contemplar uma vasta gama de possíveis metas das organizações, tais como: retorno financeiro, fatia de mercado, percepções públicas etc.

Não obstante, nem sempre é possível conduzir vários projetos Seis Sigma simultaneamente para todas as CTQ, pois em geral existem limitações de recursos. Deve-se, portanto, estabelecer alguns critérios para a seleção dos projetos, seguindo estas etapas:

- Identificar as CTQ internas e externas;
- Identificar lacunas de desempenho (*gaps*);
- Definir se o escopo e a magnitude do projeto são gerenciáveis; e,
- Determinar a viabilidade do projeto.

Em algumas organizações, um projeto Seis Sigma só é formalmente iniciado depois da conclusão de um estudo de viabilidade, embora nem sempre seja obrigatório. Em outros casos, uma avaliação especializada pode ser requerida, utilizando outras unidades dentro da organização.

Uma vez selecionado o projeto Seis Sigma, é importante que toda a equipe conheça as restrições a que o projeto está sujeito, pois elas limitarão as opções da equipe com relação a equipe do Seis Sigma.

2.2.17 A Equipe Seis Sigma

Os papéis da equipe Seis Sigma têm alguns de seus títulos baseados nas artes marciais, pois seus idealizadores acham que ambos têm certas habilidades em comum.

Executivo Líder

É o responsável pela implantação do Seis Sigma. Seu comprometimento é importantíssimo para o sucesso da implantação da estratégia de melhoria, pois é ele que conduzir, incentivar e supervisionar todas as iniciativas do programa Seis Sigma dentro da empresa.

Cabe ao líder analisar os resultados do programa Seis Sigma, verificando os benefícios financeiros alcançados com os projetos Seis Sigma. Além disso, seleciona os executivos (diretores e gerentes) que desempenharão o papel de campeões (ROTONDARO, 2002).

Campeão

O campeão lidera os executivos-chave da organização na direção do programa Seis Sigma. Cabe a ele organizar e guiar desde o início, o desdobramento e a implementação do Seis Sigma em toda a organização.

O campeão deve ainda compreender as práticas, teorias e os princípios do Seis Sigma, sendo capaz de pavimentar o caminho para as mudanças organizacionais necessárias. Por fim, é atribuição do campeão definir as pessoas que irão multiplicar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a empresa.

Máster Black Belts

Ajuda o campeão na tarefa de implantar o Seis Sigma na organização, tendo papel fundamental no processo de mudanças na organização.

Nas suas atribuições esta incluído ajudar o campeão na escolha e no treinamento de novos projetos de melhoria, oferecendo liderança técnica no preparo dos profissionais de Seis Sigma, assim sendo ele treina e instruí os *Black Belts* e os *Green Belts*.

Estes profissionais dedicam 100% do seu tempo às atividades relacionadas ao programa Seis Sigma. Para isso, recebem treinamento intensivo e são preparados para a solução de problemas utilizando o pensamento estatístico. Além disso, os *Máster Black Belts* devem possuir habilidades de comunicação e didáticas.

Black Belts

Assim como os *Máster Black Belts*, estes profissionais também dedicam 100% do seu tempo em trabalhos relacionados a projetos Seis Sigma, recebendo treinamento intensivo em técnicas de estatísticas e de solução de problemas.

Os *Black Belts* respondem aos *Máster Black Belts* e lideram equipes na condução dos projetos Seis Sigma máster. Estes profissionais em algumas empresas são capazes de treinar até 100 *Green Belts* ao ano.

Algumas habilidades necessárias para os *Black Belts* são:

- Iniciativa, entusiasmo e capacidade de relacionamento interpessoal e comunicação;
- Motivação para alcançar resultados e efetuar mudanças;
- Influência no setor funcional em que atuam;
- Habilidade para trabalhar em equipe;
- Excelentes *know how* da sua área de atuação;
- Domínio das ferramentas estatísticas e conhecimento da metodologia Seis Sigma aplicada a projetos específicos.

Green Belts

Estes profissionais são parcialmente envolvidos com as atividades Seis Sigma, compartilhando-as como parte das suas tarefas diárias.

No que refere-se ao Seis Sigma, os *Green Belts* possuem duas tarefas principais:

- Dar auxílio aos *Black Belts* na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos e,
- Liderar projetos pequenos de melhoria nas suas respectivas áreas de atuação. Seu treinamento é bem mais simples do que os *Black Belts*.

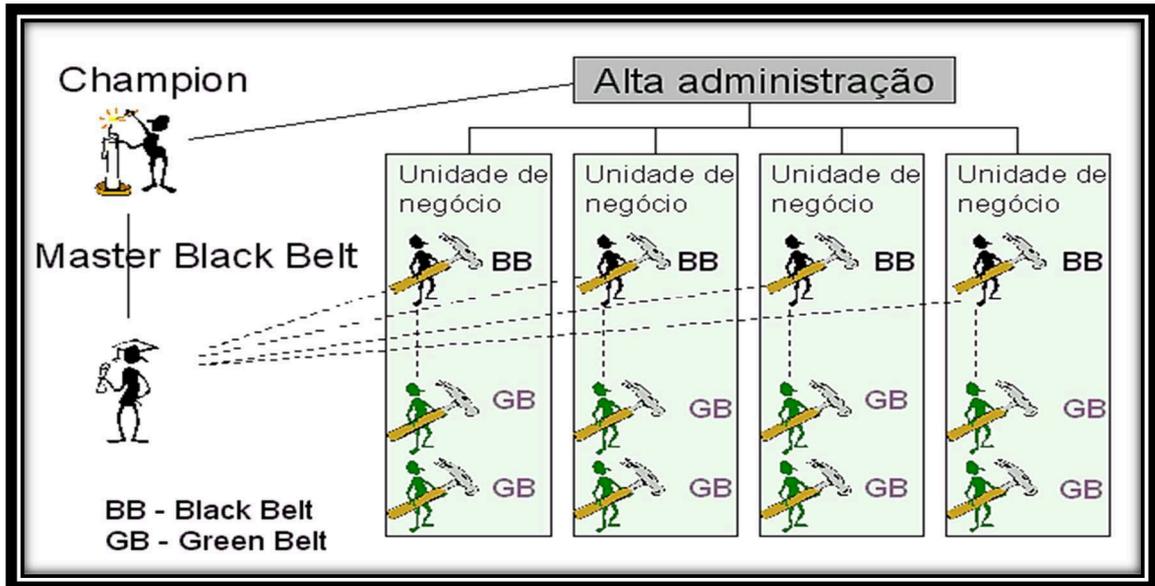


Figura 7 - Hierarquia Seis Sigma
Fonte: Rodrigues, 2006, p.34

2.2.18 Fatores Críticos de Sucesso e Foco

Segundo Rodrigues (2006) durante a maioria dos eventos de treinamento para executivos e *champions* em Seis Sigma, ocorrem algumas discussões sobre os fatores críticos de sucesso. Essas discussões variam imensamente em termos de profundidade, mas geralmente incluem um conteúdo variado sobre engajamento de executivos, envolvimento da direção, comunicação, recursos, projetos, disciplina e consequências.

Esses fatores de sucesso podem ser divididos em subfatores, para se definir também as ações, medições, funções, responsabilidades e condutas, que cada parte da organização deve demonstrar para chegar ao sucesso.

A seguir relacionamos alguns dos fatores críticos de sucesso e seus subfatores para um maior esclarecimento dos mesmos:

Engajamento de Executivos

- Suporte visível e constante, e papel ativo na comunicação e premiação dos envolvidos;
- Garantir a relação do Seis Sigma com as estratégias corporativas;

- Priorização evidente (referente a outras iniciativas, programas e prioridades);
- Exigir o uso de fatos e dados para dar suporte às ações de todos os níveis na tomada de decisões;
- Criar obrigações, expectativas, papéis e responsabilidades para a organização; e,
- Conduzir e frequentar análises críticas regulares para garantir e verificar o progresso.

Comunicação

- Criação e comunicação de um plano de Recursos Humanos para dar suporte aos papéis desempenhados no Seis Sigma;
- Comunicação regular por escrito sobre novidades e sucessos do Seis Sigma;
- Desenvolvimento e disseminação de recursos de comunicação para a direção;
- Defender e criar uma "linguagem comum" baseada no Seis Sigma; e,
- Comunicar fatos pertinentes ao Seis Sigma em cada reunião da empresa.

Projetos

- Estabelecer um inventário documentado de projetos Seis Sigma de um ano (e atualizar regularmente);
- Garantir a relação dos projetos Seis Sigma com as necessidades críticas da empresa e do cliente;
- Estabelecer projetos de escopo e tamanho apropriados (economia significativa & executável);
- Delegar um *champion* e um *black belt* para cada projeto (e exigir prestação de contas); e,
- Implementar um sistema de acompanhamento de projetos para facilitar a reaplicação e a reutilização.

A documentação desses fatores de sucesso e de seus subfatores é meramente o primeiro passo no processo que consiste em garantir sua implementação e torná-los parte da filosofia e do sistema operacional da empresa. Há também o problema de se garantir sua eficácia e seu uso por parte dos membros apropriados da organização.

Segundo Rodrigues (2006, p. 37) os procedimentos clássicos de monitoramento de condutas de gestão são vastamente subjetivos e o autor afirma que:

Há sistemas que usam registros com indicadores vermelhos, amarelos e verdes. Outros, ainda, usam simplesmente listas de verificação. Já ocorreu a muitos de nós, envolvidos com o Seis Sigma, que seria necessário um método melhor e mais quantitativo para medir, alinhar e fechar lacunas de desempenho e conduta; principalmente se considerarmos que o Seis Sigma exige a tomada de decisões baseada em fatos e dados e o aperfeiçoamento do desempenho.

2.2.19 As Principais Dificuldades e Facilidades na Implementação do Seis Sigma

Segundo Eckes (2001a) as dificuldades de implementação do Seis Sigma são:

- A pouca disponibilidade de funcionários para a realização de treinamento e estudos, dentre outras atividades;
- A complexidade das operações realizadas;
- Os treinamentos internos, já que para o Seis Sigma são muito mais complexos do que para a maioria dos outros programas de qualidade; e,
- O manuseio das ferramentas da qualidade;

Entre as principais facilidades encontradas na implantação do Seis Sigma Eckes (2001b) cita as seguintes:

- Disponibilidade de recursos para diversos fins como, por exemplo, treinamentos, materiais didáticos, etc;
- Apoio da direção das organizações;
- Consultoria contratada para auxiliar na implantação;
- Escolaridade dos colaboradores; e,
- *Softwares* de computador para base e a elaboração de documentos.

2.3 FERRAMENTAS SEIS SIGMA

Seis Sigma é uma metodologia sistemática que nos habilita conseguir a *performance* melhor possível para nossos produtos, processos ou serviços para atender as expectativas dos clientes. As ferramentas devem ser entendidas como os habilitadores, como os meios para

alcançar essa *performance* buscada. Uma ferramenta não é privativa de um ou outro método (DMAIC ou DMADV).

Os *Black Belts* e os *Green Belts* fazem uso das ferramentas para gerenciar melhorias de qualidade dentro da metodologia. Muitas dessas ferramentas foram incorporadas dentro do *software* Six Sigma para que o computador gerenciasse os cálculos ocultos.

A maioria das ferramentas pode ser classificada em duas categorias:

- Ferramentas de otimização de processo, que admitem que as equipes desenhem fluxos de trabalho mais eficientes;
- Ferramentas de análise estatística, que aceitam que as equipes analisem os dados com mais eficiência.

A escolha da ferramenta correta, desde que utilizada da maneira correta, ajuda muito no andamento do Seis Sigma.

A seguir serão apresentadas algumas ferramentas Seis Sigma. Ressalta-se que só serão apresentadas neste trabalho algumas ferramentas, pois a variedade é muito grande de ferramentas utilizadas na metodologia Seis Sigma.

2.3.1 Diagrama de “Espinha de Peixe” (Fishbone)

O diagrama de espinha de peixe é uma ferramenta gráfica empregada para o gerenciamento e o controle da qualidade em processos diversos. Esta ferramenta foi originalmente proposta pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943 e aperfeiçoada nos anos seguintes. O diagrama completo se assemelha com um esqueleto de peixe (de onde vem o nome). Este diagrama também é conhecido como diagrama de Ishikawa em homenagem ao seu criador e diagrama 6M, pois em sua estrutura, todos os tipos de problemas podem ser classificados como sendo de seis tipos diferentes:

- método;
- matéria-prima;
- mão de obra;
- máquinas;

- medição; e,
- meio ambiente.

Este sistema permite estruturar hierarquicamente as causas de determinado problema ou oportunidade de melhoria, bem como seus efeitos sobre a qualidade. Permite também estruturar qualquer sistema que necessite de resposta de forma gráfica e sintética.

Quando se fala em Seis Sigma, todos os efeitos são resultados de entradas específicas. Essa relação de causa e efeito pode ser esclarecida seja utilizando um diagrama de espinha de peixe ou uma matriz de causa e efeito.

O diagrama de espinha de peixe ajuda a identificar quais variáveis de entrada devem ser estudadas posteriormente. Para criar um diagrama de espinha de peixe, você começa com o problema de interesse, a cabeça do peixe, então você desenha a espinha e, saindo da espinha, seis ossos nos quais devem ser listadas as variáveis de entrada que afetam o problema. Cada osso é reservado para uma categoria específica de variável de entrada, como mostra a Figura 8.

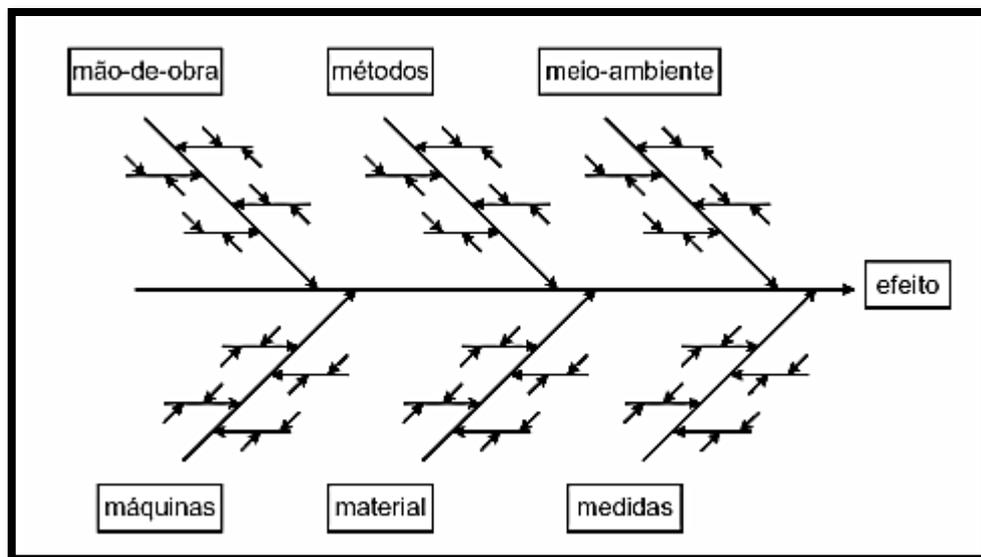


Figura 8 - Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe

Referência: blogdaqualidade (2017)

Podemos alimentar o diagrama com vários níveis de causas, obedecendo a uma ordem crescente de níveis. Após listar todas as variáveis de entrada em suas respectivas categorias, uma equipe de profissionais analisa o diagrama e identifica duas ou três variáveis de entrada que podem ser a fonte do problema.

2.3.2 Matriz de Causa e Efeito (C&E)

A matriz C&E é uma extensão do diagrama de espinha de peixe. Esta matriz é um método para priorizar esforços, ela ajuda as equipes do Seis Sigma a identificarem, explorarem e exibirem graficamente todas as causas possíveis relacionadas a um problema e assim, procurarem a raiz.

A matriz C&E relaciona as entradas (X's) de um processo com as CTQs/saídas (Y's) usando mapa de processo como fonte primária.

Para fazer a matriz C&E primeiramente são listados os Y's focado no cliente. Deve ser listado aquilo que dá satisfação ao cliente. Depois de listadas as CTQs (Y's), as mesmas são ranqueadas conforme a importância para o cliente. É importante lembrar sempre que este passo deve incluir o cliente no processo, cliente este que pode ser interno ou externo.

No próximo passo as entradas (X's) identificadas no mapa de processo são ranqueadas conforme sua relação com as saídas (Y's). Depois de ranquear as entradas é feita a correlação entradas x saídas designando valor para cada correlação em uma escala de 0 a 10. Esta estimativa é feita de forma subjetiva.

Depois de feito isso se multiplica os dados para priorização dos possíveis X's vitais. Agora é possível sentir quais variáveis são as mais importantes para explicar avaliação no Y. Na Figura 9 segue um exemplo de matriz C&E:

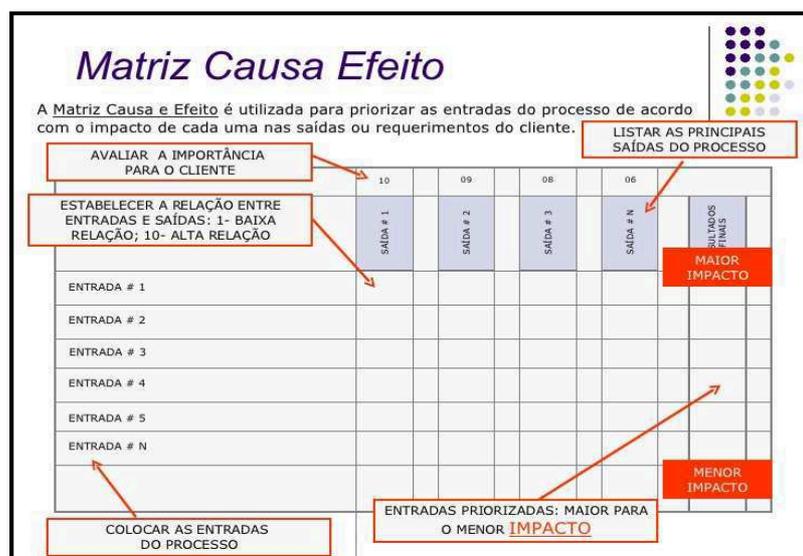


Figura 9 - Matriz de Causa e Efeito

Referência: blogdaqualidade (2017)

A Matriz C&E é normalmente usada na fase de medição da metodologia.

2.3.3 Teste de Hipóteses

No Seis Sigma, precisamos ser capazes de estabelecer um nível de confiança sobre nossas medições. Geralmente, um tamanho de amostra maior é desejável quando se roda qualquer teste, mas às vezes isso não é possível. O Teste de Hipóteses auxilia as equipes do Seis Sigma a validarem os resultados de testes usando tamanhos de amostra que vão de 2 a 30 pontos de dados.

Esta ferramenta nos ajuda julgar se a evidência é suficientemente forte para considerar alguns X's como um dos poucos vitais.

Os propósitos desta ferramenta são:

- prover embasamento objetivo para avaliar a evidência de nossos dados;
- ajudar-nos a determinar se o que nós pensamos ver nos gráficos é fortemente suportado pelos dados; e,
- quantificar o risco de nossa conclusão ser incorreta.

O Teste de Hipóteses nos ajuda a responder se há uma verdadeira diferença entre:

- As médias de dois ou mais grupos;
 - A dispersão dos dados em um grupo e a dispersão em outro grupo;
 - A proporção de defeitos em um grupo e a proporção de defeitos em outro grupo;
- e,
- A taxa de ocorrência em um grupo e a taxa de ocorrência de outro grupo;

Existem alguns casos claros de necessidade de utilização desta ferramenta;

- Querem-se analisar as entradas (X's) para determinar se elas afetam a média da Saída (Y);

- Se queremos comparar nossa *performance* média versus o padrão da indústria padrão ou *benchmark*;
- Se tivermos dois diferentes processos e queremos saber se um tem variação diferente do outro;
- Se quisermos saber se uma equipe (turno) tem uma melhor taxa proporcional de defeitos de outro; e,
- Se quisermos validar uma melhoria antes de implantar no resto.

O Teste de Hipóteses é muito importante porque basicamente queremos, a qualquer momento, tomar decisões a partir de uma amostra de uma forma mais objetiva que subjetiva.

2.3.4 Carta de Controle

A Carta de Controle ou Gráfico de Controle é uma ferramenta criada pelo Dr. Walter Shewhart em 1924 para a análise e ajuste da variação de um processo em função do tempo. Na época o Dr. Walter Shewhart foi o primeiro a formalizar a distinção entre variação controlada e não controlada, que corresponde ao que chamamos de causas comuns e causas especiais, e esta ferramenta acabou surgindo da necessidade de separar esses dois tipos de causa de variação de qualidade.

As variações por causas comuns e causas especiais são definidas como:

- Causas Comuns - As variações provocadas por causas comuns, também conhecidas como variabilidade natural do processo, são inerentes ao processo considerado e estará presente mesmo que todas as operações sejam executadas empregando métodos padronizados. Quando apenas as causas comuns estão atuando em um processo, a quantidade de variabilidade se mantém em uma faixa estável, conhecida como faixa característica do processo. Neste caso, dizemos que o processo está sob controle estatístico, apresentando um comportamento estável e previsível.
- Causas Especiais - As variações por causas especiais surgem esporadicamente, devido a uma situação particular que faz com que o processo se comporte de um modo completamente diferente do usual, o que pode resultar em um deslocamento de seu nível de

qualidade. Quando um processo está operando sob a atuação de causas especiais de variação diz que ele está fora de controle estatístico e neste caso sua variabilidade geralmente é bem maior do que a variabilidade natural. As causas especiais de variação devem ser de modo geral, localizadas e eliminadas, e, além disto, devem ser adotadas medidas para evitar sua reincidência. Alguns exemplos de causas especiais de variação são admissão de um novo operador, a utilização de um novo tipo de matéria-prima e o descumprimento de padrões operacionais.

Portanto a Carta de Controle pode ser definida como um instrumento para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade de um processo, ela determina se a variação está dentro dos limites normais ou se ela resulta de um problema ou de uma mudança fundamental no processo. É importante destacar que um gráfico de controle não descobre quais são as causas especiais de variação que estão atuando em um processo fora de controle estatístico, mas ele processa e dispõe informações que podem ser utilizadas na identificação destas causas.

A Carta de Controle utiliza técnicas estatísticas para monitorar e controlar a variação dos processos. As equipes do Seis Sigma usam gráficos de controle para conduzirem o desempenho de um processo em um eixo contra o tempo de outro eixo. O resultado é uma representação visual do processo com três componentes principais: uma linha central, um limite de controle superior e um limite de controle inferior. Podem ser utilizadas uma terceira e uma quarta linha no gráfico que representam os limites de especificação do cliente.

No gráfico da Figura 10 está representada uma carta de controle:



Figura 10 - Carta de Controle
Referência: slideshare (2017)

2.3.5 Benchmarking

Segundo Moraes e Sahb (2010), o processo que compara o desempenho entre dois ou mais sistemas é chamado de *benchmarking*. Esta ferramenta busca as melhores práticas na indústria e ao desempenho superior. É visto como um processo positivo e proativo por meio do qual uma empresa examina como a outra realiza uma função específica a fim de melhorar.

Este processo não se limita a simples identificação das melhores práticas, mas, também, na sua divulgação por meio das diversas técnicas do *marketing*. Esta ferramenta de melhoria permite a organização:

- medir sua *performance* ou seu processo contra outra organização que tem as melhores práticas;
- determinar como tal companhia conseguem seu nível de *performance*; e,
- usar a informação para melhorar sua própria *performance*.

As Associações e Grupos de Comércio, livrarias, internet, Conselho Estratégico Cooperativo, entre outros são algumas fontes de *benchmarking*.

Qualquer produto/serviço que existe no mercado, os quais consideraram ser melhores que aquele que temos e que podemos aprender com ele para melhorar nossos próprios produtos/serviços devem ser utilizados para fazer *benchmarking*.

Existem quatro tipos de *benchmarking*:

- *Benchmarking competitivo*: Caracteriza-se por ter como alvo específico às práticas dos concorrentes. Na prática, é o menos usual uma vez que é quase impossível que as empresas se prestem a facilitar dados que estão ligados diretamente com a sua atividade à concorrência.
- *Benchmarking interno*: A procura pelas melhores práticas ocorre dentro da própria organização em unidades diferentes (outros departamentos, sedes, etc.). Tem como vantagens a facilidade para se obter parcerias, custos mais baixos e a valorização pessoal interna. A grande desvantagem é que as práticas estarão sempre impregnadas com os mesmos paradigmas. Este é o tipo mais utilizado.
- *Benchmarking genérico*: Ocorre quando o *Benchmarking* é baseado num processo que atravessa várias funções da organização e pode ser encontrado na maioria das empresas do mesmo porte, como por exemplo, o processo desde a entrada de um pedido até a entrega do produto ao cliente. É neste tipo de *Benchmarking* que encontramos a maioria dos exemplos práticos e onde as empresas estão mais dispostas a colaborar e a ser mais verdadeiras.
- *Benchmarking funcional*: Baseado numa função específica, que pode existir ou não na própria organização e serve para trocar informações a cerca de uma atividade bem definida como, por exemplo, a distribuição, o faturamento ou embalagem.

Por buscar os melhores produtos e as melhores práticas do mercado o *benchmarking* pode ser considerado uma ferramenta extremamente importante na busca de competitividade e melhoria de qualidade nos produtos e serviços das organizações, refletindo em ganhos financeiros.

2.3.6 Folha de Verificação

A Folha de Verificação é um formulário usado para facilitar a coleta e os registro dos dados. O objetivo desta ferramenta é facilitar a coleta dos dados e organizar os mesmos ainda na fase de coleta.

O uso da Folha de Verificação economiza tempo, pois dispensa a necessidade de se desenhar figuras ou escrever números repetitivos.

Para utilizar a folha de verificação é importante:

No campo da qualidade o Dr. Juran aplicou esse princípio demonstrando que alguns poucos fatores são responsáveis pelas maiorias dos efeitos observados, com base no exposto ele estabeleceu um método que permite classificar os problemas da qualidade, identificando os problemas e denominando-os como:

- *poucos vitais* – representam um número pequeno de problemas, mas que no fim resultam em grandes perdas para a empresa.
- *muitos Triviais* – uma extensa lista de problemas, mas que apesar de seu grande número, convertem-se em perdas pouco significativas.

Esse método foi denominado por Dr. Juran como Análise de Pareto. A forma gráfica de apresentar os dados estudados por esse método ficou conhecida como Gráfico de Pareto ou Diagrama de Pareto.

Esse Gráfico denominado Pareto é um gráfico de barras verticais, no qual dispõe os itens analisados, desde o que mais ocorre até o menos frequente. Esta ferramenta tem como objetivo estabelecer as prioridades na tomada de decisão, a partir de uma abordagem estatística, com isso ele nos permite concentrar esforços em áreas onde podem ser obtidos maiores ganhos.

Os passos para construir um Gráfico de Pareto são:

- Defina o objetivo da análise (por exemplo: índice de rejeições);
- Estratifique o objeto a analisar (índice de rejeições: por turno; por tipo de defeito; por máquina; por operador; por custo);
- Colete os dados, utilizando uma folha de verificação;
- Classifique cada item;
- Reorganize os dados em ordem decrescente;
- Calcule a porcentagem acumulada;
- Determine as escalas do eixo horizontal e vertical e construa o gráfico por fim;
- Construa a curva da porcentagem acumulada, ela vai oferecer uma visão mais clara da relação entre as contribuições individuais de cada um dos fatores.

Na Figura 12 temos um exemplo de Gráfico de Pareto:

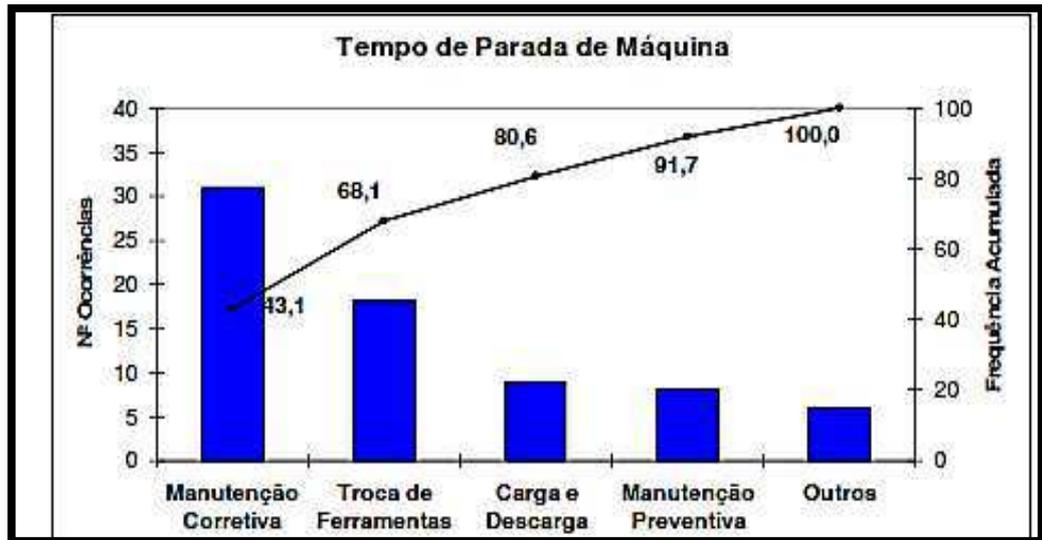


Figura 12 - Gráfico de Pareto

Referência: blogdaqualidade (2017)

Para utilizar corretamente esta ferramenta é extremamente importante não deixar de usar o bom senso, pois nem sempre os eventos mais ocorrem ou de maior custo são os mais importantes. Por exemplo, dois acidentes fatais requerem maior atenção que 100 cortes no dedo

2.3.8 Gráfico de Dispersão

Um gráfico de dispersão constitui a melhor maneira de visualizar a relação entre duas variáveis quantitativas. Esse gráfico é utilizado para visualizar o tipo de relacionamento existente entre essas variáveis. Essa ferramenta mostra uma série de conjunto de pontos e os valores são representados pela posição desses pontos no gráfico. As categorias são representadas por diferentes marcadores no gráfico. Normalmente, os gráficos de dispersão são usados para comparar dados agregados por categorias.

O gráfico de dispersão tem com objetivo aumentar a eficiência de métodos de controle de processo, de detectar problemas e auxiliar no planejamento de ações de melhorias.

Na Figura 13 temos um exemplo de gráfico de dispersão:

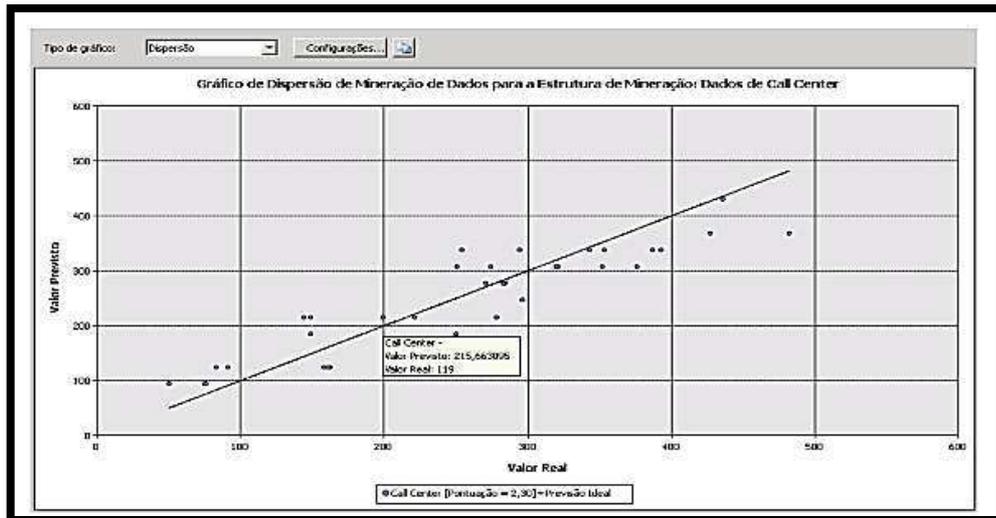


Figura 13 - Gráfico de Dispersão
Referência: marketingfuturo (2017)

O Gráfico de Dispersão tem diferentes classificações dependendo da posição dos pontos no gráfico e da intensidade de relação, são elas, conforme na Figura 14:

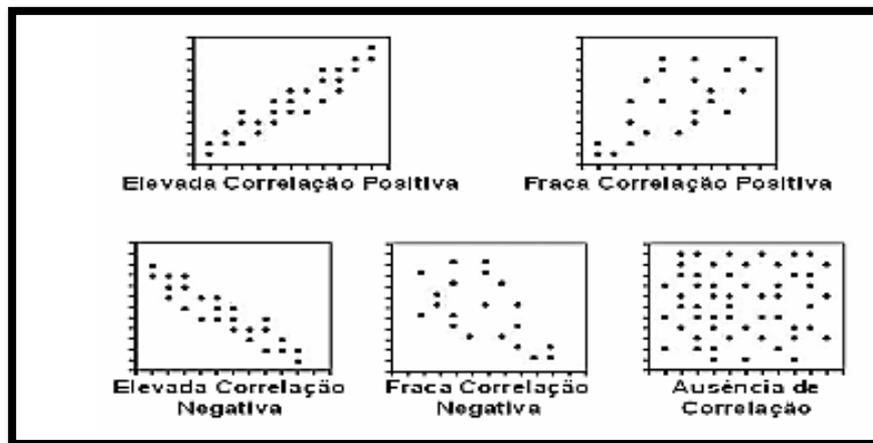


Figura 14 - Tipos de Gráficos de Dispersão
Referência: slideplayer (2017)

2.4 PROCESSO DE PINTURA

O setor automotivo vem se desenvolvendo nas últimas décadas devido à demanda por um alto nível de qualidade dos produtos envolvidos na produção dos veículos. Para Endregaard (2002, p. 8), a evolução do setor justifica os notáveis investimentos que foram feitos nos últimos tempos em processos de pintura e em equipamentos de aplicação. Jurgetz

(1995, p. 53) lembra que o avanço da pintura automotiva deve-se não só à demanda do consumidor por qualidade, mas também pelas exigências legais referentes à diminuição de produtos e processos prejudiciais ao meio ambiente.

Assim sendo, é muito importante que o “mapa do processo” seja bem detalhado (SOUZA, 2015, p. 45).

2.4.1 Operações do Processo de pintura Conforme fluxograma da Empresa Control Plastic

As operações abaixo seguem o modelo do mapa de Processo detalhado conforme a Figura 23.

- Operação 10 – As peças são transportadas da área de Injeção para a área de Pintura, antes de entrar no processo todas as peças são inspecionadas visualmente para detectar possíveis avarias durante o armazenamento e/ou transporte. A verificação visual consiste em verificar possíveis danos por colisão do lote transportado com obstáculos e/ou veículo de transporte devido a manuseio inadequado.
- Operação 20 – É verificado se existem materiais estranhos na embalagem, tais como restos de lixa, panos, papéis, limpeza das embalagens. Isto evita a contaminação da Área de Pintura provenientes da área de produção e/ou do estoque de peças semiacabadas.
- Operação 30 – As gancheiras que serão utilizadas para as peças são verificadas se estão ok, ou seja, isentas de deformações, tintas do sistema de pintura acumuladas em excesso. As gancheiras que não estão Ok’s para uso são segregadas e enviadas para a Manutenção.

Com gancheiras Ok’s, as peças são removidas da embalagem de produção e colocadas nas gancheiras e seguem por linha de transporte suspensa, que levam a peças para dentro do sistema de pintura.

- Operação 40 – É a preparação das peças para iniciar o processo de pintura, a limpeza é realizada com álcool isopropílico e pano de limpeza, eliminando assim possíveis focos de poeira que podem contaminar a pintura.

- Operação 50 – Flambar a peça, ou seja, nesse processo é realizado em uma cabine onde existe bicos de gás que produzem chamas para aquecimento da superfície a ser pintada e também eliminam possíveis “fiapos” de plástico injetado.

A operação de flambagem tem a função de aumentar a tensão superficial da área para aplicação do Primer. A tensão superficial deve ser de no mínimo de 40 Din/cm² e no máximo 50 Din/cm². Din é a unidade de medida de tensão superficial. Se a tensão superficial estiver acima ou abaixo do especificado, a superfície a ser pintada não estará homogênea, possivelmente gerando problemas de aderência da camada de primer. Esse processo é realizado em linha automatizada, de acordo com parâmetros definidos em plano de controle e possui controle laboratorial.

- Operação 60 – Aplicação manual do primer na superfície, que é a primeira camada da pintura final. A pressão do sistema de Pintura deve estar entre 65 à 85 Lbf/pol².

- Operação 70 – Aplicação manual do esmalte e verniz, que é a cor final da peça e o verniz produz o brilho necessário e protege o esmalte. A pressão do sistema de Pintura deve estar entre 65 à 85 Lbf/pol².

- Operação 80 – É o processo de cura (secagem da pintura). É realizado em estufa automática com velocidade e temperatura controlada automaticamente. A velocidade acima do especificado afetará a secagem e não terá a cura necessária, se for abaixo do especificado ocasionará danos na peça devido ao calor excessivo, inutilizando as peças.

- Operação 90 – Descarregar as peças das ganchas. As peças são colocadas nas embalagens aprovadas pelo Cliente Montadora e enviadas para estoque de quarentena por 24 horas antes de serem polidas, passar pela final de aprovação final onde recebem identificação de Ok e enviadas para estoque final. As peças rejeitadas são identificadas com o motivo de rejeição e enviadas para a área de reparo e polimento. Todas as peças retrabalhadas são submetidas a inspeção final novamente, as aprovadas seguem para estoque

final, aquelas que forem rejeitadas após reparo são enviadas para a área de *scrap* para serem destruídas.

2.4.2 Recebimento de materiais

Verificado a integridade da embalagem, as quais devem ser isentas de danos no produto ou embalagem.

É realizado inspeção em laboratório de matéria-prima, onde é checado as especificações de acordo com a Ficha de *Primer* e Esmalte e Relatório de aprovação de lote do fornecedor, incluindo teste de pintura em amostras e estas devem ser aprovadas de acordo com a placa padrão de cor, definidas na aprovação da peça em conjunto com a Montadora Cliente.

Os materiais rejeitados são enviados para área de quarentena com os respectivos relatórios de rejeição. O fornecedor é comunicado para que possa enviar novo lote. Os materiais Ok's são enviados para o estoque de materiais.

Da mesma maneira, de acordo com boletins técnicos são verificados os insumos: *Thinner* e Catalizadores e verniz.

2.4.3 Preparação de Tinta

A tinta é preparada em tanques de acordo com a especificação definida para cada cor e tipo. Esses tanques possuem controle automático e mantém a tinta em constante movimento. É realizado os testes de viscosidade e de tonalidade e sólidos em suspensão.

Se esses parâmetros, estiverem fora do especificado irão provocar o escorrimento da tinta, peça fora de tonalidade e pintura apresentando sujeira (aglomerados de tinta) na superfície.

Ocorrências de não conformidade mais comuns que causam Rejeições em processo de pintura, algumas são inerentes ao processo, porém existem critérios especificados e variam conforme o Cliente Montadora.

2.5 REJEIÇÃO

Conforme Carvalho (1993, p. 47), “as falhas referentes à composição, preparação e processo de aplicação da tinta são frequentes”.

No intuito de estudar os defeitos provenientes do processo de pintura, tecnologias de medição de microscopia são utilizadas para a análise dessas imperfeições que aparecem na superfície pintada. Portanto, a partir da microscopia é possível perceber mudanças no revestimento. As imagens geradas pelo microscópio podem ser geradas através da vista da superfície ou da secção transversal (ADAMSONS, 2012, p. 745).

Baseado nas considerações feitas por Carvalho (1993, p. 47-57), Fazenda (2005, p 712-718) e Pierozan (2001, p 80-83), alguns dos principais defeitos relacionados à pintura industrial serão descritos a seguir:

Escorrimento

O escorrimento trata-se de um acúmulo de tinta em superfícies verticais. O escorrido pode ocorrer com qualquer tipo de substância, *primer*, base ou verniz. A Figura 15 ilustra um escorrimento da camada de verniz.

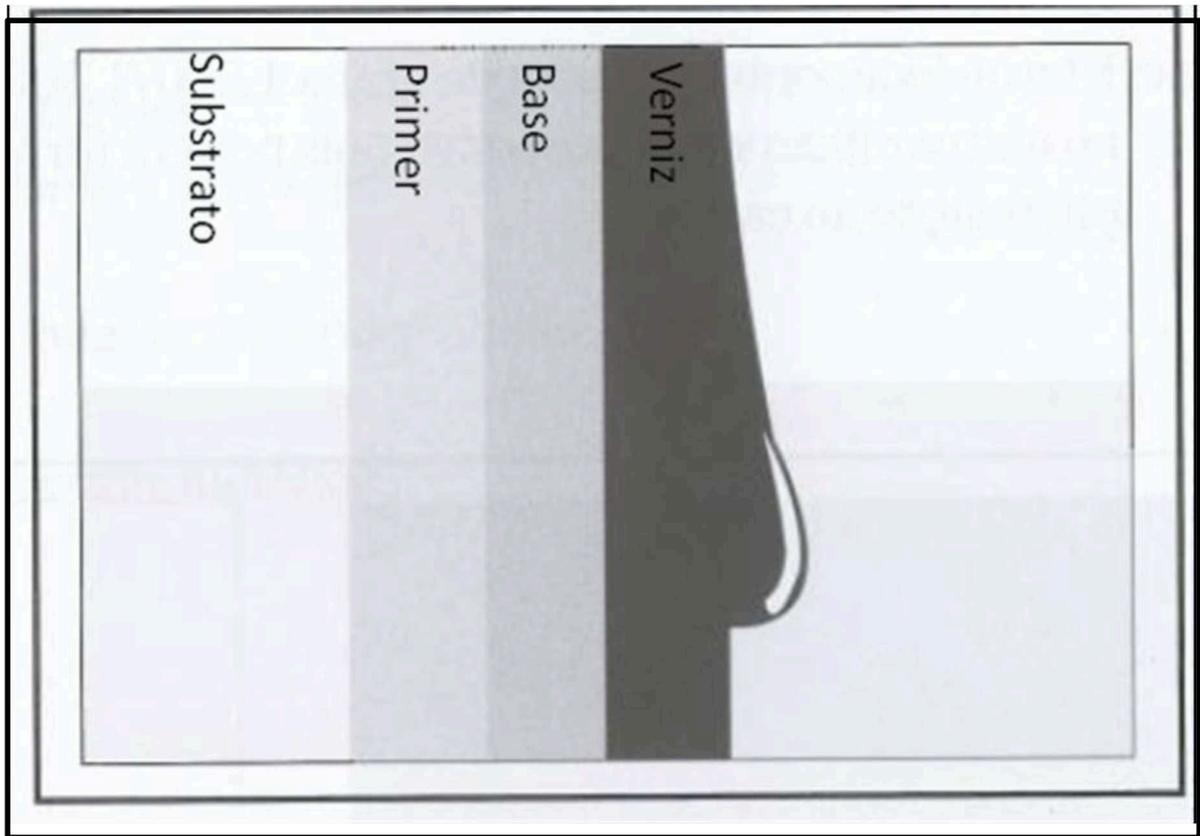


Figura 15 - Escorrimento
 Fonte: Fazenda (2005, p. 714)

Causas

- Pressão de ar muito baixa;
- Aplicação de camadas muito espessas;
- Baixa viscosidade da tinta;
- Superfícies muito lisas;
- Pequeno intervalo entre demãos; e,
- Temperatura e umidade das cabines.

Casca de Laranja (*Orange Peel*)

A casca de laranja, como o próprio nome diz, refere-se à mesma aparência da superfície da casca de uma laranja. Neste caso ocorre o desnivelamento da película da tinta. A Figura 16 ilustra o aspecto de casca de laranja na pintura.

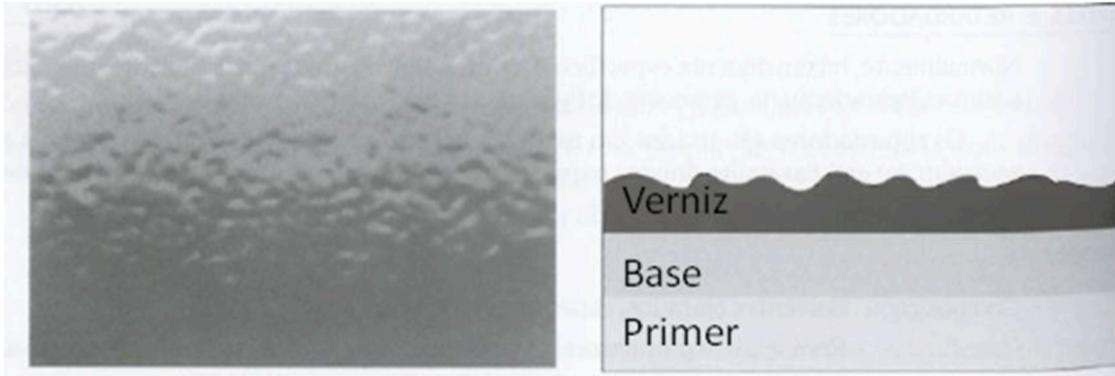


Figura 16 - Casca de laranja
Fonte: Fazenda (2005, p. 712)

Causas

- Tinta com alta viscosidade;
- Solvente com evaporação muito rápida;
- Temperatura muito elevada;
- Pressão de ar inadequada;
- Camada de tinta excessiva; e,
- Pigmentação ou refluxo de aditivo na tinta.

Fervura

A fervura é um problema de aplicação semelhante a pequenas bolhas que surgem na superfície da peça após a aplicação da tinta e secagem da mesma. As pequenas bolhas são causadas pela evaporação desordenada de solventes na tinta por meio do revestimento da tinta. A Figura 17 ilustra o problema da fervura.

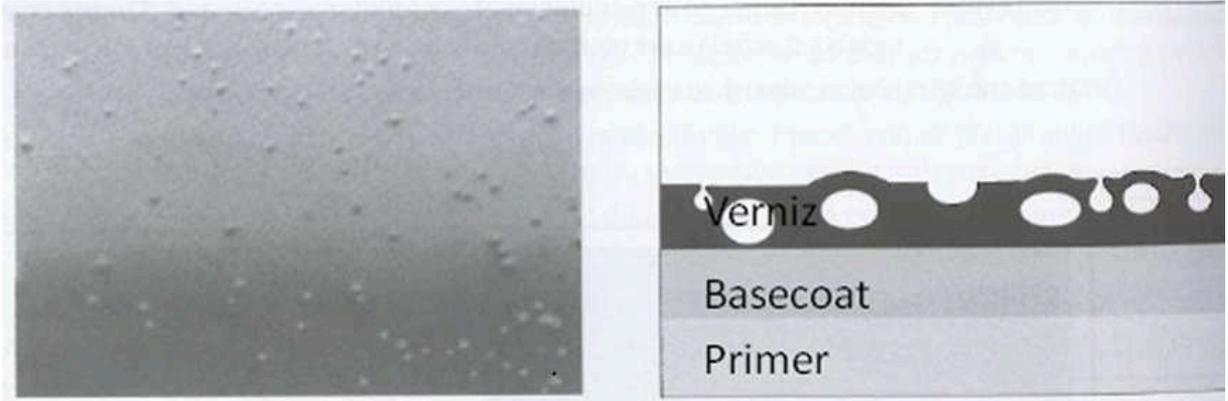


Figura 17 - Fervura
 Fonte: Fazenda (2005, p. 714)

Causas

- Uso de diluentes com evaporação muito precoce;
- Uso de técnicas de aceleração da secagem; e,
- Temperatura ambiente elevada.

Desplacamento

O deslocamento trata-se da perda de aderência de uma camada com a outra ou de uma camada com a superfície do substrato. A Figura 18 ilustra o deslocamento da camada de verniz.

Causas

- Excesso de camada de tinta;
- Produtos de limpeza inadequados;
- Limpeza inadequada;
- Falta de promotores de aderência;
- Falha no processo de flambagem;

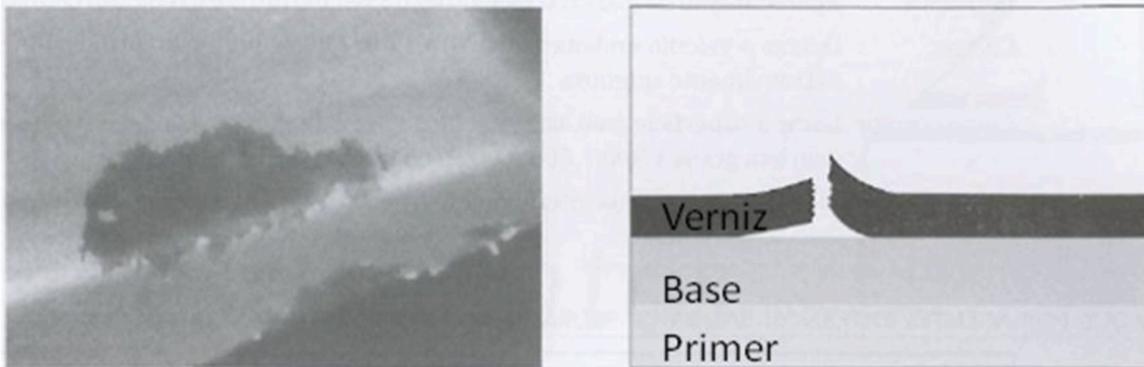


Figura 18 - Desplacamento
 Fonte: Fazenda (2005, p. 716)

Mancha

A mancha refere-se a não uniformidade da cor na superfície da peça pintada. É mais facilmente percebida em peças de cor metálicas do que em peças de cor sólida, pelo aspecto de “sombra” que apresenta nas regiões da superfície.

Causa

- Falha no método de aplicação do *basecoat*;

Crateras

É um problema de aplicação que apresenta depressões na superfície da peça que pode expor as camadas inferiores. As crateras que se revelam no filme da tinta são formadas por bolhas as quais após se romperem não mais se nivelam. A Figura 19 ilustra o problema das crateras na superfície.

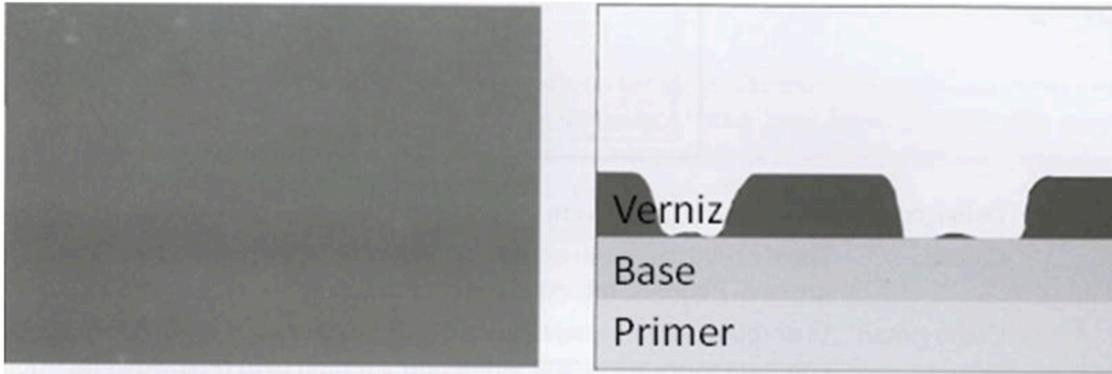


Figura 19 - Crateras
 Fonte: Fazenda (2005, p. 713)

Causas

- Contaminação proveniente da própria peça;
- Contaminação proveniente do sistema de ar;

Impurezas

As impurezas são partículas provenientes do próprio sistema de pintura ou do ambiente que se alojam na superfície da unidade antes da cura da tinta. As impurezas podem aparecer em qualquer camada dos revestimentos da pintura. A Figura 20 ilustra o problema das impurezas na pintura.

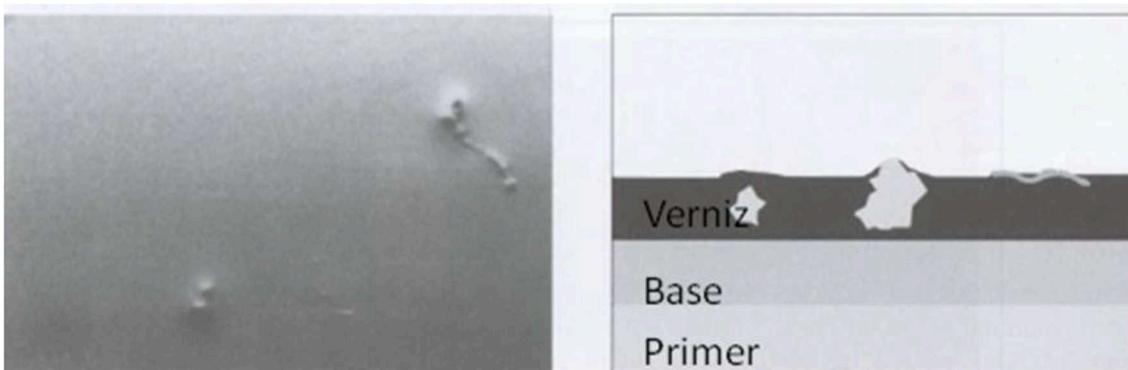


Figura 20 - Impurezas
 Fonte: Fazenda (2005, p. 715)

Causas

- Limpeza inadequada do substrato;
- Limpeza inadequada da cabine de pintura;
- Filtro do ar saturado;
- Filtro das tintas saturado; e,
- Cabines mal enclausuradas.

3 METODOLOGIA

Para elaboração deste projeto foi criada uma equipe composta pelo *Green Belt*, pelo *Champion* do projeto, pelo Dono do processo e todos os demais que faziam parte do processo com o objetivo de reduzir a rejeição no processo de pintura da empresa.

O Projeto foi baseado no ciclo DMAIC que é um método muito simples utilizado na melhoria de processos, esse método é subdividido em:

- D- Definir;
- M- Medir,
- A- Analisar;
- I- Implementar e
- C- Controlar

3.1 DEFINIR

Nesta fase a equipe definiu os importantes parâmetros que serão utilizados no projeto tais como (classificação do projeto, desdobramento do problema, voz do cliente, definição do requisito do cliente, definição da métrica, custo da falta de qualidade, escopo e objetivo).

Como recurso foi definido o escopo do projeto onde o foco era o processo de pintura da empresa e elaborado um fluxograma com o mapeamento do processo de pintura detalhado.

Após foi gerado um gráfico de pizza no qual foi listado todos os problemas encontrados através de inspeções realizadas nos meses de março, abril e maio e a partir daí já obtivemos qual era o maior problema encontrado nas peças rejeitadas.

Foi elaborado também uma régua no qual marcamos todos os defeitos ou incidência de defeitos por regiões da peça.

3.2 MEDIR

Nesta fase a equipe utilizou como recurso o diagrama de causa e efeito que é uma ferramenta muito utilizada para análise de dispersões no processo, com este diagrama foi possível detalhar as causas do problema até chegar na causa raiz, a seguir foi elaborado a matriz de causa e efeito listando as possíveis causas no qual foi pontuado essas causas nas seguintes pontuações (alto impacto, médio impacto e baixo impacto). Após foi elaborado o Pareto das causas e identificado os 80% das causas mais significativas e 20% menos

significativas. Por último desta fase foi feito o DPMO a longo prazo e a curto prazo do início do projeto.

3.3 ANALISAR

Nesta fase a equipe isolou as três principais causas dos problemas (X1, X2 e X3) que devem ser controladas afim de alcançar o sucesso.

3.4 IMPLEMENTAR

Nesta fase a equipe focou em entender completamente as causas encontradas na fase analisar e tem como objetivo controlar ou eliminar essas causas. (X1, X2 e X3)

3.5 CONTROLAR

Nesta fase a equipe precisou controlar as ações relacionadas as três principais causas encontradas na fase analisar (X1, X2 e X3). É importante saber que os melhores controles são aqueles que não precisam ser monitorados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DEFINIR

Aplicabilidade da Ferramenta *Lean* Seis Sigma em um projeto de melhoria na qualidade do setor de pintura.

Projeto: Redução de Rejeição na Pintura

Green Belt: Elaine Xavier

Champion do Projeto: Luiz Carlos Souza Leite

Dono do Processo: Fernando Silveira

Fechamento do Projeto: Junho/2015

Classificação do projeto: Projeto de qualidade

Após reunião com a equipe do projeto, foi então definido os parâmetros para obter os resultados esperados:

- Voz do Cliente: Veículos montados incompletos e o não cumprimento do programa de entrega, sendo efetuado retrabalho no pátio de veículos do cliente devido rejeição por falhas de Pintura produzidas pelo fornecedor *INDUSTRIAL CONTROL – PLASTIC*.
- Definição CTC (Requisito do Cliente):Peças Ok para montagem / Sem atraso de fornecimento.
- Definição do Defeito para Y (Métrica):% de rejeição por falha de Pintura por diversos tipos de defeitos
- COPQ (Custo da Falta de Qualidade):R\$ 194.130,00 /mês em peças rejeitadas devido a falha de pintura, retrabalho, paradas de linha do Cliente, atraso do programa de peças, perda de qualidade.
- Definição do Projeto – Seis Sigmas
- Descrição do Problema: Peças não-conformes chegando ao Cliente Montadora, causando paradas na linha de Produção no processo do Cliente e retrabalho em hora-extra no pátio de veículos.

- Escopo: Processo produtivo – Área de Pintura e Polimento.
- Meta: Identificar as não conformidades críticas para o Cliente e eliminar a ocorrências de rejeição no Cliente Montadora no prazo de no máximo três meses, utilizando a metodologia Seis Sigmas.
- Objetivo: Reduzir em no mínimo 20% de ocorrências de rejeição de peças no processo produtivo do Fornecedor e zerar as ocorrências no Cliente Montado.
- Casos de negócio: As ocorrências de não conformidades no Cliente Montadora está colocando em risco o negócio, pois o contrato de fornecimento pode ser cancelado se não for apresentado um plano, ações e resultados de melhorias significativas no processo de Pintura.
- Métrica: Monitorar os itens críticos para o Cliente montadora por meio do Indicador Gráfico de Incidência de Não Conformidades, sendo este a Voz do Cliente no Fornecedor.

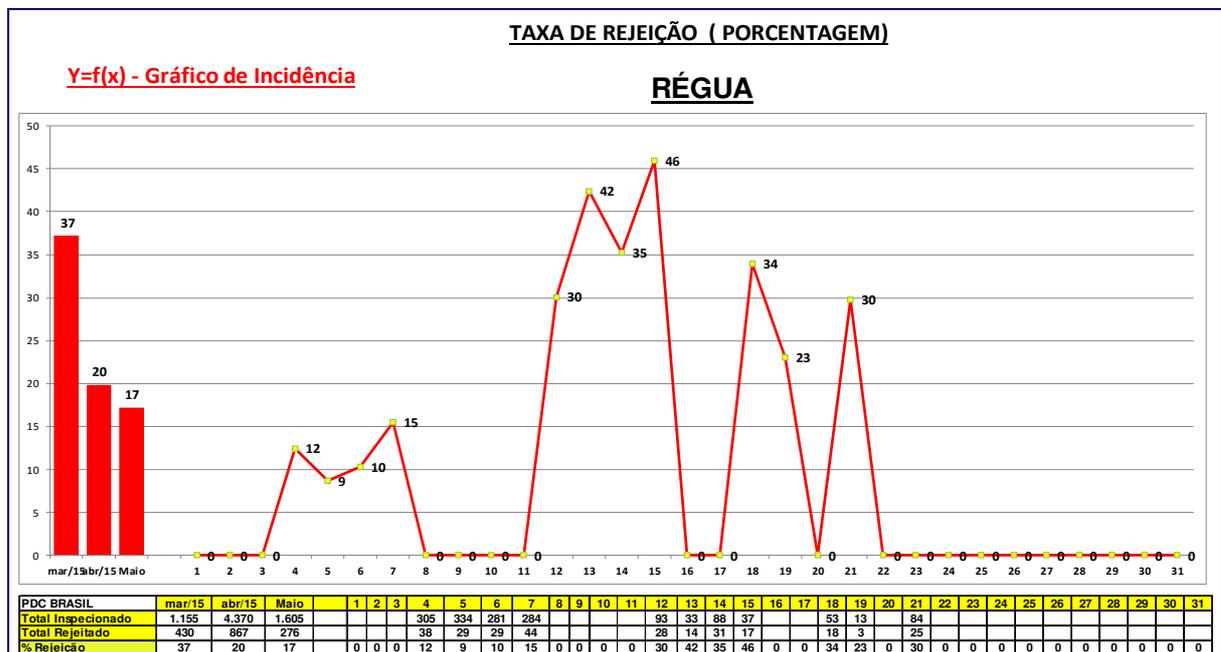


Figura 21 - Gráfico de Incidência de Não Conformidades

No gráfico acima, as barras mostram as ocorrências acumuladas nos meses de Março, Abril e Maio, sendo que as linhas mostram a incidência diária do mês corrente (Maio).

Este será o monitoramento do objetivo definidos, redução de mínimo de 20%no processo produtivo do Fornecedor e zerar ocorrências no Cliente montadora e é o parâmetro para validação de eficácia das ações realizadas no processo de Pintura.

Formado a equipe de trabalho composta por representantes das áreas (qualidade, pintura e engenharia de processo.) Foi feito então a análise a partir dos seguintes tópicos:

- Criar e avaliar a Pintura através de um Mapa do Processo detalhado;
- Implementar contenção com inspeção 100% ;
- Realizar coleta de dados e analisar utilizando ferramentas estatísticas;
- Revisar e atualizar o FMEA do Processo;
- Revisar Plano de Controle da Pintura; e,
- Validação das ações no processo.

4.1.1 Mapa do Processo Macro

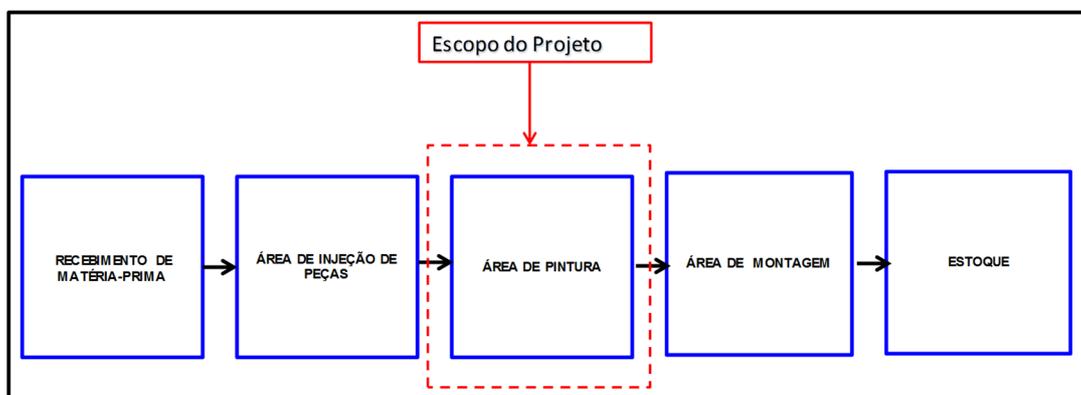


Figura 22 - Mapa do Processo Macro

4.1.2 Mapa do Processo Detalhado

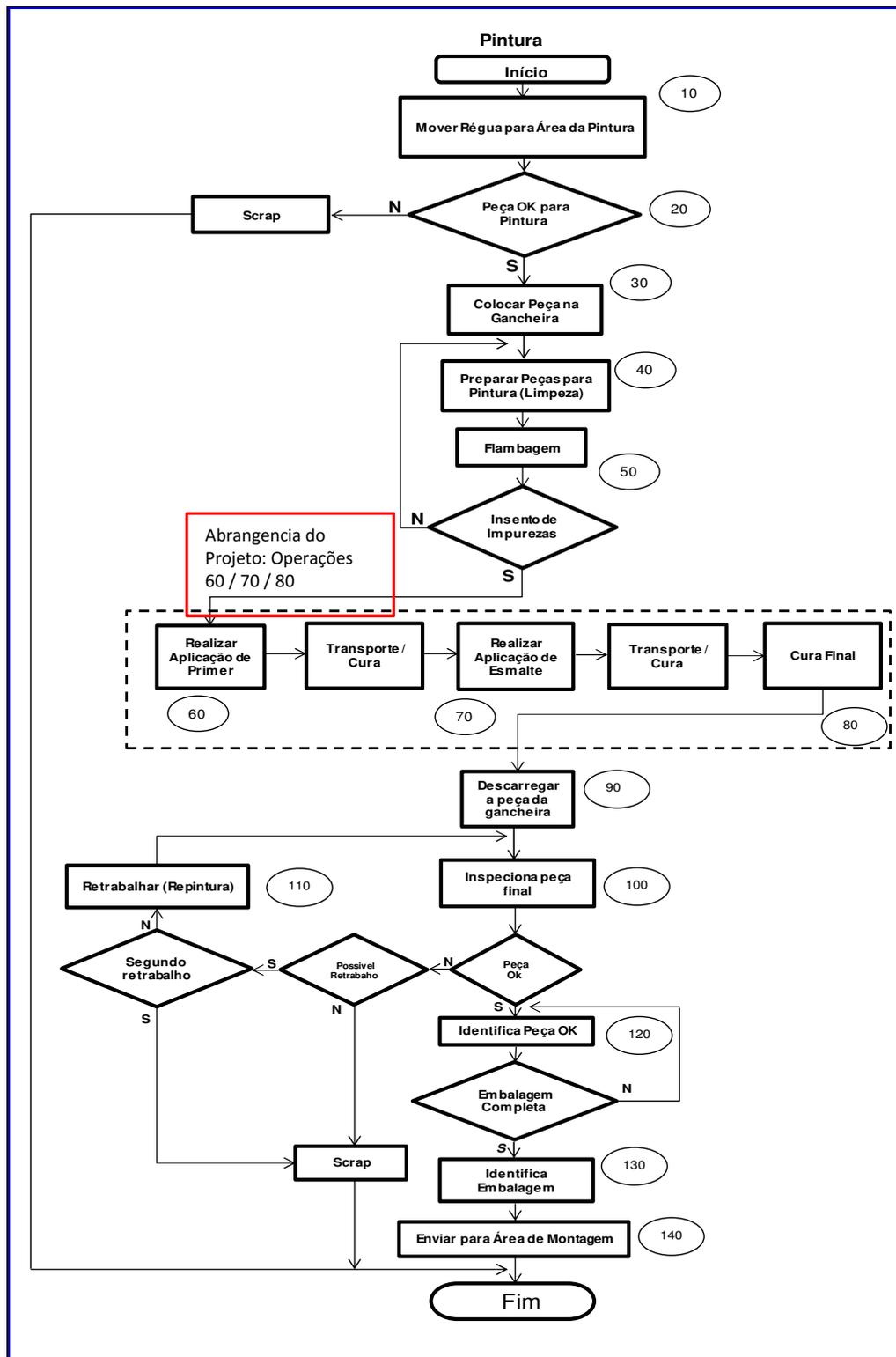


Figura 23 - Fluxograma do Mapa do Processo Detalhado

4.1.3 Gráfico de Grade

Com a implementação de um Posto de inspeção 100% foi coletado dados de rejeição e analisado. Utilizando um gráfico de Grade de localização foi possível verificar a distribuição dos defeitos na peça, conforme Gráfico abaixo.

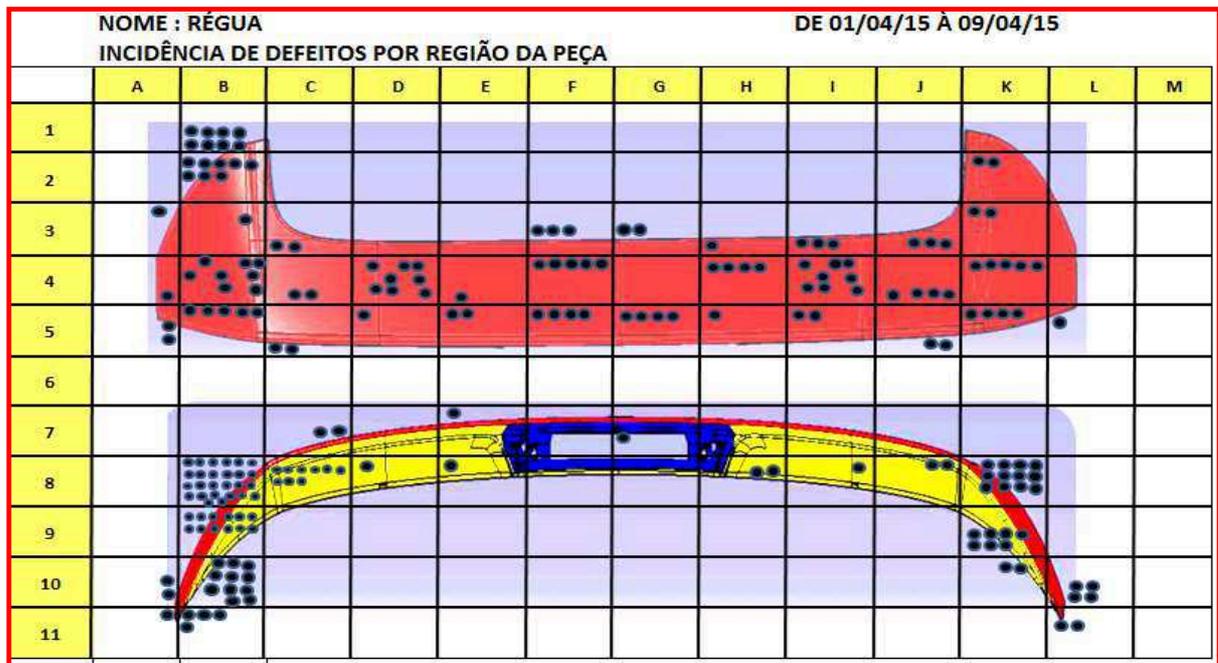


Figura 24 - Gráfico de Grade

Com os dados plotados nesse gráfico foi possível verificar onde as peças mais apresentavam defeitos e por consequência os lugares onde sofria mais retrabalhos, possibilitando uma análise direcionada no processo da cabine de pintura.

4.1.4 Gráfico de Pizza

Utilizando o gráfico de Pizza ordenando os defeitos de maior incidência para os de menores incidência, foi possível determinar os mais relevantes. A marca de polimento sozinha é responsável por 45,38 das ocorrências de rejeição. Isto acontece devido ao alto índice de diferentes tipos de defeitos que são retrabalhados. A alta rejeição no processo de pintura afeta diretamente o embarque de lotes de peças para a Montadora Cliente, causando repetidos atrasos e sobrecarregando a área de Polimento da área de Pintura e dessa maneira causando incidência grande de rejeição na Montadora por marcas de polimento.

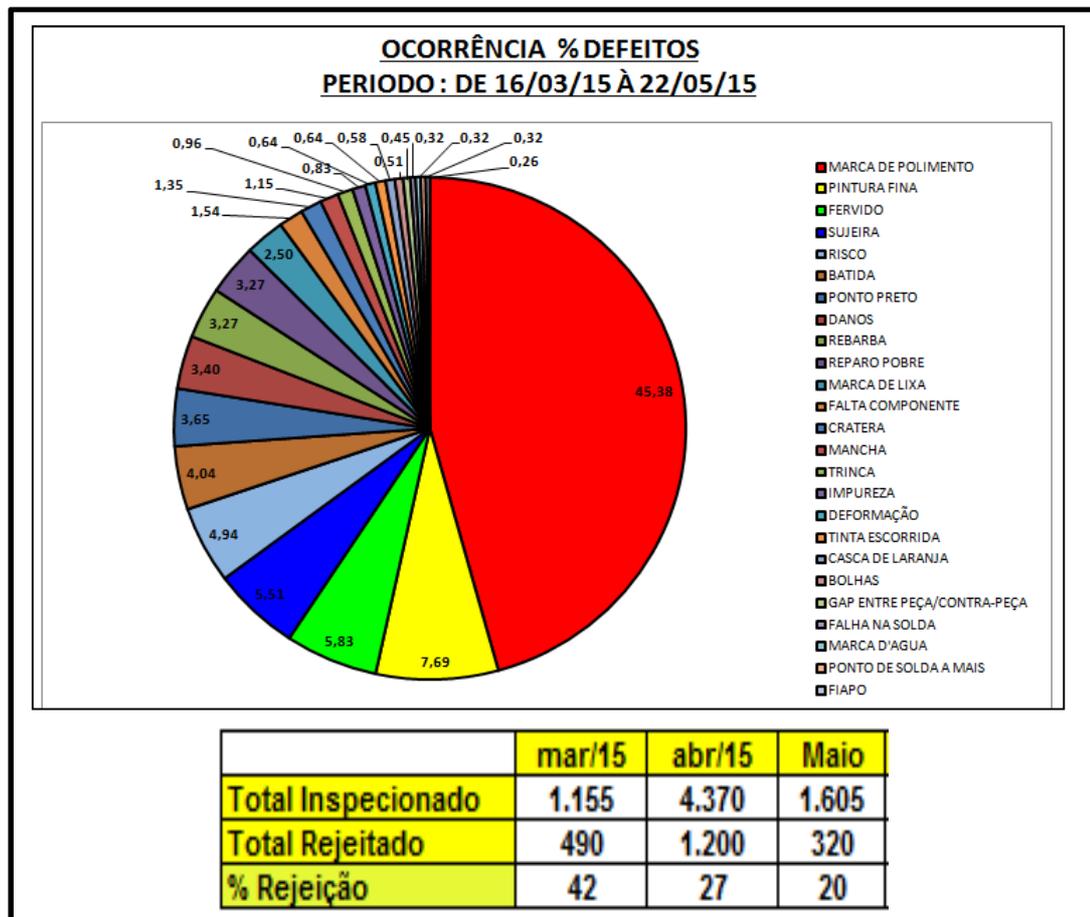


Figura 25 - Gráfico de Pizza ordenando os defeitos e sua porcentagem

4.2 MEDIR

4.2.1 Diagrama de Causa e Efeito

O Time analisou por meio de um Diagrama de Causa e Efeito, também chamado de diagrama espinha de peixe e nos permitiu mapear uma lista de fatores que julgamos afetar o resultado desejado. Estes fatores identificam possíveis causas e apenas os dados é que indicará as causas reais

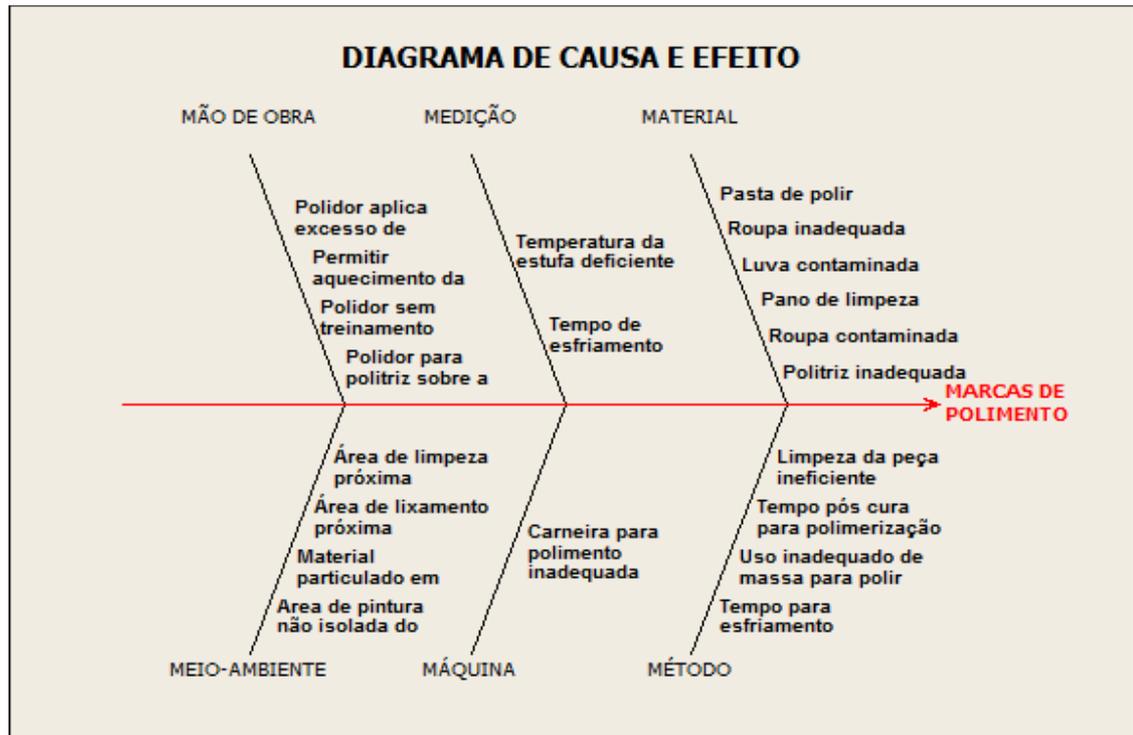


Figura 26 - Diagrama de Causa e Efeito

4.2.2 Matriz de causa e Efeito

Todos os fatores avaliados no Diagrama de Causa e Efeito foram investigados no processo de Pintura e confrontados com efeitos causados no Cliente Montadora. Dessa maneira obtivemos a participação ponderada e dados para fazer um Gráfico de Pareto.

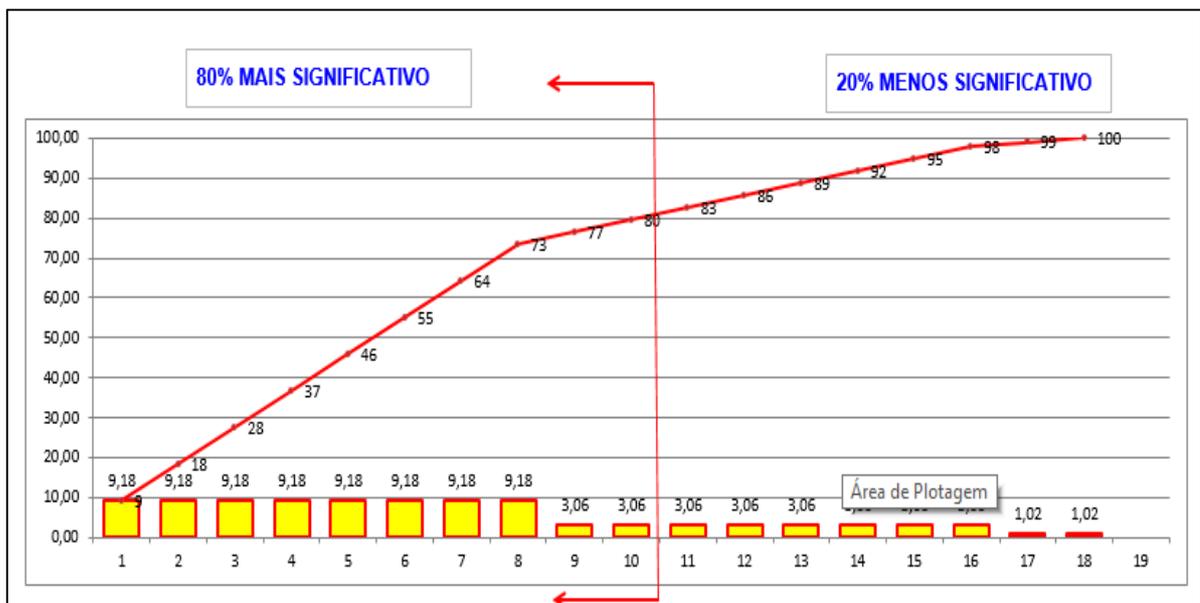
9 - Alto impacto
3 - Médio Impacto
1 - Baixo Impacto

		Matriz de Causa e Efeito							
Impacto		9	3	9	3				
Itens		1	2	3	4	5	Total		
Causas Possíveis		area	Parada Linha Cliente	Retrabalho veículos	Excesso Hora-Extras	Não cumprimento de	Perda de Lucrativ.	%	
							Total	Acumulada	
1	Area de pintura não isolada do ambiente externo	M. AMB.	9	9	9	9	297	9,18	9,18
2	Material particulado em suspensão	M. AMB.	9	9	9	9	297	9,18	18,37
3	Polidor aplica excesso de pressão na politriz	M.O	9	9	9	9	297	9,18	27,55
4	Permitir aquecimento da peça durante polimento	M.O	9	9	9	9	297	9,18	36,73
5	Polidor sem treinamento	M.O	9	9	9	9	297	9,18	45,92
6	Politriz inadequada	MAQ.	9	9	9	9	297	9,18	55,10
7	Pasta de polir muito agressiva	MATER.	9	9	9	9	297	9,18	64,29
8	Tempo de esfriamento	MED.	9	9	9	9	297	9,18	73,47
9	Tempo para esfriamento insuficiente	METODO	3	3	3	3	99	3,06	76,53
10	Temperatura da estufa deficiente	MED.	3	3	3	3	99	3,06	79,59
11	Roupa inadequada	MATER.	3	3	3	3	99	3,06	82,65
12	Luva contaminada	MATER.	3	3	3	3	99	3,06	85,71
13	Pano de limpeza contaminado	MATER.	3	3	3	3	99	3,06	88,78
14	Roupa contaminada	MATER.	3	3	3	3	99	3,06	91,84
15	Carneira para polimento inadequada	MAQ.	3	3	3	3	99	3,06	94,90
16	Area de lixamento próxima	M. AMB.	3	3	3	3	99	3,06	97,96
17	Polidor para politriz sobre a peça	M.O	1	1	1	1	33	1,02	98,98
18	Area de limpeza próxima	M. AMB.	1	1	1	1	33	1,02	100,00
TOTAL			98	98	98	98	3.234	100	

Figura 27 - Dados – Matriz de Causa e Efeito

4.2.3 Gráfico de Pareto

O gráfico de Pareto reflete a frequência e impacto dos problemas identificados, mostrando assim aqueles itens que são os 80 por cento das dificuldades mais significativas e os itens 20 por cento menos significativos. Todos os itens levantados terão tratamento, apenas os mais relevantes é que serão trabalhados em primeiro lugar.



CONTINUA...

CONTINUAÇÃO:

Xi	Variáveis de Entrada Críticas para o Processo	Pontuação	%	% Acumulada
1	Área de pintura não isolada do ambiente externo	297	9,18	9,18
2	Material particulado em suspensão	297	9,18	18,37
3	Polidor aplica excesso de pressão na politriz	297	9,18	27,55
4	Permitir aquecimento da peça durante polimento	297	9,18	36,73
5	Polidor sem treinamento	297	9,18	45,92
6	Politriz inadequada	297	9,18	55,10
7	Pasta de polir muito agressiva	297	9,18	64,29
8	Tempo de esfriamento	297	9,18	73,47
9	Tempo para esfriamento insuficiente	99	3,06	76,53
10	Temperatura da estufa deficiente	99	3,06	79,59

Figura 27 - Gráfico e Pareto e quadro de variáveis de entradas críticas para o processo

4.2.4 Cálculo do Nível Sigma

Cálculo inicial do Nível Sigma do Processo de Pintura é de 2,1 para curto prazo e de 0,6 para longo prazo.

Amostragem	7.175	Unidades
Oportunidade de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	2.010	Unidades
Total de oportunidades	7.175	Erros
Rendimento	71,986	%
Rejeição	28,014	%
DPU	0,28014	
DPO	0,28014	
DPMO	280.139,37282	
Nível Sigma	2,10000	Curto Prazo
	0,60000	Longo Prazo

Figura 28 - Cálculo do Nível Sigma

4.3 ANALISAR

- **X1 Meio-Ambiente – Área de pintura não é isolada do ambiente externo:**

Durante análise do processo, evidenciado que na Área de Pintura havia porta sem isolamento adequado e permite entrada de muito material particulado ficando em suspensão no ar. Esse material é atraído pela eletricidade estática do material plástico.

Abaixo uma foto de parte da peça com sujeira impregnada na superfície e consequentemente é necessário realizar polimento da superfície.

Não é permitido fotos da área de Pintura, portanto em relatório colocamos apenas evidencia do problema ocasionado.



Figura 29 - Foto de parte da peça com sujeira impregnada na superfície

- **X2 Mão de Obra: Máquina; Material**

- Polidor sem treinamento;
- Polidor aplica excesso de pressão na politriz;
- Politriz inadequada;
- Pasta de Polir muito agressiva;
- Permite aquecimento da peça durante polimento;
- No processo de polimento haviam falhas por parte dos Polidores;

Aplicação de irregular de massa de polir, permanência prolongada da politriz em um local da peça provocando aquecimento e manchas de polimento.

Politrizes antigas e mal conservadas; pasta de polir muito abrasiva.

Abaixo as evidências de rejeição por marcas de polimento.



Figura 30 - Foto de evidências de rejeição por marcas de polimento

- **X3 Método –Tempo para esfriamento insuficiente.**

Foi verificado que as peças estavam sendo enviadas para polimento assim que saiam da Pintura. Não é respeitado o tempo mínimo de 24horas para início de polimento.

Com isso as camadas da pintura não estavam uniformes, o que provoca o aparecimento de peças com manchas somente quando já estavam no Cliente.

4.4 IMPLEMENTAR

- **X1 Meio-Ambiente** – Área de pintura não é isolada do ambiente externo: A área de Manutenção fez o isolamento da área com porta dupla, pressurização positiva e controle de temperatura da Cabine de Pintura. O ar é duplamente filtrado e “injetado” no ambiente para que fique o mais puro possível, diminuindo drasticamente a contaminação da peça com material particulado.
- **X2 Mão de Obra: Máquina; Material** - Promovido treinamento de polimento de peças plásticas, com duração de 40 horas para todos os Polidores encarregados e supervisão, sendo ministrado pelo fornecedor da pasta de polir e do fornecedor das politrizes.

- **X3 Método –Tempo para esfriamento insuficiente** - Criado procedimento para o tempo de uniformização de pintura (Primer+Base+Verniz), ficando em quarentena de no mínimo 24 horas antes do envio para polimento, quando necessário.

Visão geral das ações realizadas dos outros itens levantados na análise com o diagrama de Causa e Efeito demonstrada na Figura 32.

	Item	Ações
	MÃO DE OBRA	
1	Pintores sem treinamento adequado	Efetuada curso para Pintores e preparadores de tinta com a participação do Fornecedor da Tinta / fornecedor das pistolas de pintura
2	Polidores sem treinamento adequado	Efetuada curso treinamento para Polidores com a participação do Fornecedor das poltriz / massa de poltriz
	MÁQUINA	
3	Carneira para polimento inadequada	Substituido carneira de lã para carneira de poliester
4	Orbital inadequada	Compra de novas máquinas orbitais e providenciado treinamento pelo Fornecedor
5	Poltriz inadequada	Compra de novas poltrizes e providenciado treinamento pelo Fornecedor
6	Pistola de pintura inadequada	Compra de novas pistolas de pintura e providenciado treinamento pelo Fornecedor
	MATERIAL	
7	Pano de limpeza / roupa de pintor contaminado	Implementado troca de macacão / panos de limpeza diariamente
8	Roupa de algodão inadequada para pintura	Substituido roupa de pintura para material de poliester
9	Luva contaminada	Troca de luvas diariamente
10	Primer fora de especificação	Analisado e não detectado uso de prime fora de especificação
11	Base Coat fora de especificação	Analisado e não detectado uso de base coat fora de especificação
12	Pasta de polir muito agressiva	Trocado a pasta de polir
13	Lixa inadequada	Providenciado lixa conforme especificação
	MÉTODO	
14	Limpeza da peça ineficiente	Modificado o processo de limpeza de peça e implementado jatos de ar antes da entrada da área de Pintura
15	Contaminão da peça com limpeza manual	Limpeza passou a ser realizada por jatos de ar comprimido
16	Repintura em excesso	Estalecido em procedimento o limite de no máximo 01 repintura
17	Tempo de cura insuficiente	Corrigido a velocidade de linha de estufa
18	Temperatura de cura insuficiente	Trocado os aquecedores danificados e incluído esse item na manutenção preventiva
19	Curva até temperatura ideal da base+clear coat inadequada	Corrigido e implementado
20	Tempo para esfriamento insuficiente	Implementado controle para quarentena em no mínimo de 24 horas
21	Tempo pós cura para polimerização insuficiente	Implementado controle para quarentena em no mínimo de 24 horas
	MEDIÇÃO	
22	Temperatura máxima da estufa	Atende a especificação após as correcoes na área
23	Tempo de cura	Atende a especificação após as correcoes na área
24	Tempo de esfriamento	Atende a especificação após as correcoes na área
25	Espessura de camada	Atende a especificação após as correcoes na área
26	Viscosidade primer+base+coat	Atende a especificação após as correcoes na área
	AMBIENTE	
27	Material particulado em suspensão	Isolado área de pintura do ambiente externo e implementado cabine com pressão positiva
28	Área de lixamento próxima	Relocado para fora da Área de Pintura a Área de Lixamento
29	Área de limpeza próxima	Relocado para fora da Área de Pintura a Área de Lixamento

Figura 31 - Visão geral das ações realizadas dos outros itens levantados na análise com o diagrama de Causa e Efeito

Utilizando ferramentas e metodologia da qualidade simples, porém, eficientes o nível Sigma que era de 2,10 no curto prazo e 0,60 no longo prazo e após as ações na área física e nos processos de Pintura e Polimento, o nível Sigma evoluiu para 4,20 no curto prazo e 2,70 no longo prazo.

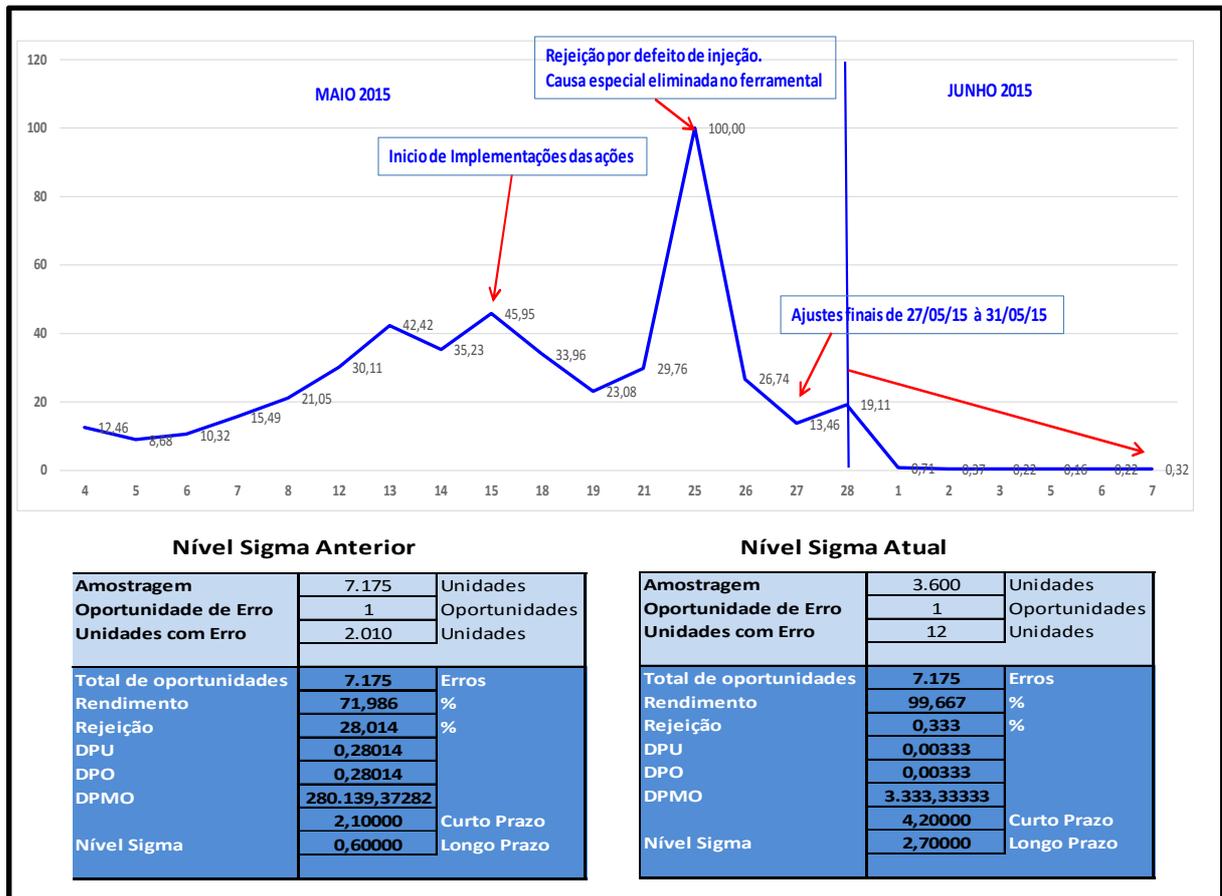


Figura 32 - Controle do Processo demonstrando Nível de Sigma Anterior e Atual

4.5 CONTROLAR

- **X1 Meio-Ambiente** – Área de pintura não é isolada do ambiente externo: Inclusão do sistema de filtros, pressurização no programa de manutenção preventiva.
- **X2 Mão de Obra: Máquina; Material** – Revisada a instrução de trabalho, programa de revisão do treinamento dos polidores a cada 03 meses Instituído carta de versatilidade para a área.

- **X3 Método –Tempo para esfriamento insuficiente** – Revisado o código na etiqueta de barras da embalagem de modo que não é possível movimentar as peças da área de quarentena para estoque final antes de 24 horas no mínimo.

5 CONCLUSÃO

O trabalho permitiu a avaliação dos resultados obtidos e o seu impacto na gestão de processo de pintura de um fornecedor de autopeças por meio do acompanhamento e análise de indicadores de desempenho / qualidade, além de evidenciar a adequabilidade da aplicação das ferramentas da estratégia Seis Sigma ao processo produtivo do referido fornecedor.

A análise dos indicadores associados a custos e perdas do processo, antes e após a implantação da estratégia Seis Sigma, na área de pintura, indicaram influência favorável desta implantação sobre os indicadores, conforme observado no gráfico acima.

Este fato enfatiza a importância da aplicação da estratégia estudada uma vez que esta influência favorece a manutenção dos custos em condições favoráveis, competitivos no mercado em que atua.

Com relação ao indicador de produtividade, ainda o trabalho evidenciou ganhos significativos e manteve o contrato do fornecedor com a Montadora, a análise dos resultados permitiram verificar que a continuidade da aplicação da estratégia Seis Sigma a projetos de maior representatividade dentro do processo de produção / Pintura de componentes automotivos e poderá gerar também benefícios associados a esse indicador, uma vez que permite ao fornecedor conseguir novos clientes. O estudo do processo de produção sob a ótica da redução da variabilidade e fortalecimento do processo produtivo e sua contribuição para a melhoria dos indicadores de desempenho da área, evidenciou ganhos para o fornecedor por meio dos quais estar-se-á contribuindo para o melhor desempenho da empresa como um todo.

Com esses níveis de Sigma temos a evolução do processo em PPM – Partes Por Milhão, como descrito abaixo:

- Curto Prazo

Sigma de 2,10 é igual a 35.720 PPM passou para 4,70 que é igual a 27 PPM

- Longo Prazo

Sigma de 0,60 é igual a 548.500 PPM passou para 2,70 que é igual a 6.934 PPM

Com isso eliminou-se o custo da não qualidade que era de R\$ 194.000,00 ao mês, ou seja, R\$ 2.328,000 ao ano.

Com esse desempenho o fornecedor conseguiu ganhar mais nove novas peças para produzir da Montadora, tendo assim um ganho não somente financeiro, mas o *status* de Fornecedor Classe 01, o que o coloca no patamar de preferencial para novos desenvolvimentos de novos veículos.

Com o sucesso da aplicação do Seis Sigmas na área de Pintura, a Diretoria adotou e estendeu a prática por toda a Empresa, com perspectivas de ganho enormes, tanto na área financeira, mas também no desempenho do seu maior capital: As pessoas que ali trabalham.

6 REFERÊNCIAS

ADAMSONS, K. **A modern analytical toolbox: defect. (W&D) studies of automotive coating systems, including depth profiling studies.** J. Coat Technol. Res. v. 9. p. 745 – 756. 2012.

ASSUMPCÃO, J. F. P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios.** 2006. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia industrial) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARBOZA, Luiz. **Matriz de Causa e Efeito** . Disponível em: <https://pt.slideshare.net/lcbj/sixsigma-presentation> - Six Sigma . Acesso: 25 abr. 2017.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil.** Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

BERTELS, T. S. **Seis Sigma e Leadership.** São Paulo: Nobel, 2003.

CAMPOS, V. F. **Qualidade Total, Padronização de Empresas.** Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2006.

Carta de Controle. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/emc5714/apresentao-cep-166549002.3.5> *Benchmarking*. Acesso: 25 abr. 2017.

CARVALHO, M. M. **A Busca da Qualidade Total.** 2. Ed., Rio de Janeiro: Campus, 2002,

_____. **Gestão da qualidade: teoria e casos.** Rio de Janeiro: Campus, 2005. 355p.

CARVALHO, P. R. W. **Controle de Qualidade na Pintura Industrial.** Monografia apresentada ao curso de especialização em Engenharia de Manutenção Mecânica. UFPR/IEP. Curitiba – PR. 1993.

CERQUEIRA NETO, E. P. **Gestão da qualidade: princípios e métodos.** 2. ed., São Paulo: Pioneira, 2001.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração,** Rio de Janeiro: Campus, 2010.

CORREA H. L., GIANESI G. N. **Just in Time, MRPII e OPT: um enfoque estratégico.** 2. Ed., São Paulo, 1996.

DEMING, E. W. **Gestão da Qualidade Total.** Rio de Janeiro: Saraiva, 2007.

DEMING, E. W. **Qualidade: a revolução na produtividade**. Rio de Janeiro, Marques Saraiva, 2004.

Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe. Disponível em: www.blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-ishikawa. Acesso: 25 abr. 2017.

ECKES, G. **A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros**. Rio de Janeiro: Campos, 2001a.

_____. **Revolução Seis Sigma**. 4. Ed., Rio de Janeiro: Campus, 2001b.

ENDREGAARD, E. A. **Paint Robotics – Improving Automotive Painting Performance**. Metal Finishing. Maio. p. 8-13. 2002.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas & vernizes – Ciência e Tecnologia**. 3. Ed. Edgard Blucher. 2005.

Folha de Verificação. Disponível em: www.blogdaqualidade.com.br. Acesso: 25 abr. 2017.

GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma para serviços**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003. 436 p.

GHINATO, P. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza. Recife: UFPE, 2000.

GODINHO FILHO M.; FERNANDES, F.C. **Manufatura Enxuta – Uma Revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de melhorias futuras**. Gestão & Produção. São Carlos, v. 11, n.1. p.1-19, 2004

Gráfico de Dispersão. Disponível em: <http://www.blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-dispersao-ou-de-correlacao/>. Acesso: 25 abr. 2017.

JOHNSTON, R. B. **Making manufacturing practices tacit: a case study of computer-aided production management and lean production**. Journal of the Operational Research Society, v. 46, p. 1174-1183, 2002.

JURAN, J. M. **Qualidade total na escola: fundamentos & implantação**. Belo Horizonte: PitágorasTec, 1994.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, CIFE, agosto 1992. Technical Report nº 72.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MIGUEL, P. A. C. **Quality movement continues growth in Brazil**. *QualityProgress*, v. 35, n. 2, p. 70-73, 2002.

MORAES, J. A. R.; SAHB, L. M. **Manufatura Enxuta**. Jan/2010. Artigo disponível em: http://www.ufjf.br/ep/files/2009/06/tcc_jul2006_joseaugustocarbosaferraz.pdf. Acesso em: 12 mar. 2016.

_____. **Manufatura Enxuta**. Jan/2004. Artigo disponível em <<http://www.ietec.com.br>>. Acessado em 12 de setembro de 2011.

MOURA, R. A. **Kanban – A Simplicidade do Controle da Produção**. São Paulo: IMAM, 2009.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1997.

OLIVEIRA SILVA, V. C. **Análise de casos de implementação de produção enxuta em empresas brasileiras de máquina agrícolas**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2006, 174 p.

PACE, J. H. **O Kanban na Prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

PANDE, P. S. **Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. São Paulo: Qualitymark, 2002.

PÉREZ, M. P.; WILSON, A. M. **Lean production and supplier relations: a survey of practices in the Aragonese automotive industry**. *Technovation*, 20, p. 665-676, 1999.

PIEROZAN, L. **Estabilização de processos: Um estudo de caso no setor de pintura automotiva**. Dissertação do curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia. Porto Alegre. 2001.

RODRIGUES, J. S. **Modelo estruturado para a implementação do *leanproduction***. Rio de Janeiro, RJ. 2006.

ROTONDARO, G.R. *et al.*, **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de Produção**; trad. Eduardo Schaan, 2. Ed., Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SOUZA, B. **Uso do projeto robusto para identificação de fatores que contribuem na intensidade do aspecto de “casca de laranja” em superfície de para-choques pintados** / Bruno de Souza. – Curitiba, 2015. 120 f. : il.; graf., tab.

Tipos de Gráficos de Dispersão. Fonte: Disponível em:
<http://www.blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-dispersao-ou-de-correlacao/>. Acesso: 25
 abr. 2017.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. **Manufacturing Planning and Control Systems.** Dow Jones - Irwin, Homewood, 2007, 904 p.

WERKEMA, C. **Cultura Seis Sigma e suas ferramentas.** Rio de Janeiro: Qualitymark, v. 1, 2001.

_____. **Criando a Cultura Seis Sigma – Série Seis Sigma.** Rio de Janeiro: Werkema, 2006.

_____. **Seis Sigma: Black Belts ou Green Belts.** 3. Ed. Vol. 1. São Paulo: Werkema Editora. 2004.

WILSON, M. P. **Six Sigma: understanding the concept, implications and challenges.** Scottsdale: Advanced System Consultants, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992. WOMACK, J.P., Jones, D.T. A mentalidade enxuta nas empresas – Elimine o desperdício e crie riquezas. Rio de Janeiro, Campus, 2004.

_____. **A mentalidade enxuta nas empresas – Elimine o desperdício e crie riquezas.** Rio de Janeiro, Campus, 2002.

REFERENCIAS COMPLEMENTARES

ALLEN, J. H. **Make lean manufacturing work for you.** Manufacturing Engineering, v. 6, p. 54-64, 2000.

ANDRIETTA, J. M.; CAUCHICK MIGUEL, P. A. A Importância do Método Seis Sigma na Gestão da Qualidade Analisada sob uma Abordagem Teórica. 000931_RCT20_book.fm60 Page 92 Thursday, September 11, 2003 11:12 AM, **Revista de Ciência & Tecnologia • V. 11, N° 20 – pp. 91-98, 93.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9001: sistema de gestão da qualidade: requisitos.** Rio de Janeiro, 2000.

HARRY D.; SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the World's Top Corporation.** New York, Doubleday, 2000.

HEINECK, L. F. M.; MACHADO R. L. A Geração de cartões de produção na programação enxuta de curto prazo e obra. In: II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização Trabalho no Ambiente construído – SIBRAGEC. 2, 2001, Fortaleza. **Anais.** Fortaleza, 2001.

JURGETZ, A. **Automotive Paint Performance**. Metal Finishing. Dingolfing-Alemanha. p. 53-55.1995.

KOSKELA, L. Towards the theory of (lean) construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham. **Proceedings...**Birmingham: University of Birmingham, 1996.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4. Ed., São Paulo: Atlas, 2001. 288p.

LIKER, J. K. **Becoming Lean**: Inside Stories of manufactures U.S. Portland (OR): Productivity Press, 2003.

_____. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005. Título original: The Toyota way.

_____. **The Toyota Way**: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill, 2004.

PANDE, P. S. **Estratégia Seis Sigma**: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

WOMACK, J. D. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 7. Ed., Rio de Janeiro: Campus, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

Carta de Controle acesso ao site:

<http://pt.slideshare.net/lcbj/sixsigma-presentation> - Six Sigma MSc. Luiz Barboza – Consultado no dia 22/02/2017.

Diagrama de Causa e efeito acesso ao site:

<http://www.blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-ishikawa> - Consultado no dia 22/02/2017.

Gráfico de Pareto acesso ao site:

<http://bibliodigital.unijui.edu.TCCArianeStahlhoferSchumann.pdf> – Consultado no dia 25/03/2017.

Gráfico de Dispersão acesso ao site:

<http://marketingfuturo.com> – Consultado no dia 28/03/2017.

Gráfico de Dispersão Correlação acesso ao site:

<http://slideplayer.com.br/slide/1807929> - Consultado no dia 02/04/2017.

Folha de Verificação acesso ao site:

<http://www.blogdaqualidade.com.br/folha-de-verificacao> - Consultado no dia 22/02/2017.

Matriz de Causa e efeito acesso ao site:

<http://www.blogdaqualidade.com.br/matriz-de-causa-e-efeito> - Consultado no dia 22/02/2017.

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor.

Elaine das Graças Xavier

Taubaté, 07 de abril de 2017.