

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**FERNANDA CONCEIÇÃO PIRES DA SILVA**  
**THAÍS CLEMENTE DIAS**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS E**  
**FERRAMENTAS NA ADMINISTRAÇÃO DA ENGENHARIA**

**Taubaté – SP**  
**2017**

**Fernanda Conceição Pires da Silva**

**Thaís Clemente Dias**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS E  
FERRAMENTAS NA ADMINISTRAÇÃO DA ENGENHARIA**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia de Produção Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica da  
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Engenharia de  
Produção Mecânica

Orientador: Prof. Msc. Ivair Alves dos Santos

**Taubaté – SP**

**2017**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

D541a Dias, Thaís Clemente  
Análise da utilização de técnicas e ferramentas na  
administração da engenharia. / Thaís Clemente Dias, Fernanda  
Conceição Pires da Silva. - 2017.

46f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia de Produção  
Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2017

Orientador: Prof. Me Ivair Alves dos Santos, Departamento  
de Engenharia Mecânica e Elétrica.

1. DMAIC. 2. Seis sigma. 3. Processo produtivo. 4.  
Melhoria contínua. I. Título.

**FERNANDA CONCEIÇÃO PIRES DA SILVA**

**THAÍS CLEMENTE DIAS**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS E FERRAMENTAS NA  
ADMINISTRAÇÃO DA ENGENHARIA**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia de Produção Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica  
da Universidade de Taubaté.

Data: 31/10/2017

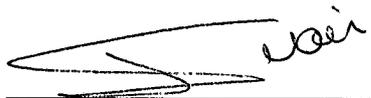
Resultado: APROVADO

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Msc. Ivair Alves dos Santos

Universidade de Taubaté

Assinatura

  
\_\_\_\_\_

Prof. Msc. Fábio Henrique Fonseca Santejani

Universidade de Taubaté

Assinatura

  
\_\_\_\_\_

*Dedicamos este Trabalho de Graduação a todos os professores do Curso de Engenharia, ao nosso querido Orientador Professor Ivair Alves dos Santos, aos nossos familiares, amigos e todos aqueles que de certa forma contribuíram para a realização deste trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades presentes no decorrer do curso.

Aos nossos pais Laércio José da Silva, Maria Antônia Pires da Silva, José Aloísio Dias e Patrícia Carla Clemente Dias pelo amor, incentivo, paciência e apoio incondicional.

Aos nossos irmãos Giovana Pires, Thalita Dias, Thiago Dias e Vinícius Dias por estarem sempre do nosso lado, mesmo quando estávamos chatas, estressadas como vocês viviam falando.

Aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado em especial ao nosso orientador e grande amigo Ivair Alves dos Santos por todo conhecimento repassado.

A toda comunidade acadêmica da Universidade de Taubaté que contribuíram até o final desse ciclo de maneira satisfatória.

Enfim, agradecemos a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado, amamos vocês.

*“Quando tudo tiver parecendo ir contra você, lembre-se que o avião decola contra o vento, e não a favor dele”.*

*Henry Ford*

## RESUMO

A metodologia Seis Sigma é uma iniciativa adotada atualmente por muitas empresas com o intuito de diminuir os custos organizacionais, aumentar significativamente a qualidade e a produtividade dos produtos e serviços, ter acréscimo e retenção de clientes, eliminação de atividades que não agregam valor entre outras mudanças significativas. Mas para que isso ocorra é necessária uma mudança na cultura da empresa, que haja um envolvimento e comprometimento da alta administração, priorização e seleção de projeto, foco no cliente e principalmente a colaboração de todos os envolvidos no processo a ser melhorado. Para implementação do Seis Sigma na empresa é necessário a aplicação de diversas técnicas e ferramentas umas delas é o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) o qual auxilia na definição do problema, mensura e investiga as relações de causa e efeito, analisa os dados e o mapeamento, melhora e otimiza o processo e controlar o futuro estado de processo obtendo de forma rápida e exponencial, elevar o desempenho financeiro e qualitativo de uma empresa.

**Palavras-chave:** DMAIC, Seis Sigma, Processo Produtivo, Melhoria Contínua.

## **ABSTRACT**

The Six Sigma methodology is an initiative currently adopted by many companies with the intent to reduce the organizational costs, significantly increase the quality and productivity of products and services, increase the number of customers and retain them, eliminate activities that don't add value among other significant changes. But for it to take place it is necessary to change the culture of the company, and to have an involvement and compromise from the high management, prioritization and selection of the project, focusing on customers and principally the collaboration of all the people involved in the process which needs to be improved. For the implementation of Six Sigma in the company it is necessary to apply different techniques and tools one of them is DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) which helps to define the problem, measure and investigate the relation between cause and effect, analyses the dates and the mapping, improve and optimize the process and control the future status of the process getting to raise the financial and qualitative performance of the company rapidly and exponentially.

**Keywords:** DMAIC, Six Sigma, Productive Process, Continuous Improvement.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema ilustrativo das etapas do método DMAIC .....	26
Figura 2 - a) Tensionador da corrente do Cabeçote e b) Alojamento do Tensionador da corrente .....	27
Figura 3 - Espinha de Peixe .....	28
Figura 4 - Gráfico de Pareto .....	30
Figura 5 - Cálculo DPMO Inicial .....	31
Figura 6 - a) Tensionador da Corrente sem o Plug Protetor e b) Plug protetor a ser fixado no tensionador .....	31
Figura 7 - Inexistência de réguas guias de nylon no transportador .....	32
Figura 8 - Processo Atual da Perpendicularidade .....	33
Figura 9 - Estudo da Perpendicularidade do Furo em Relação a Face.....	33
Figura 10 - Riscos e batidas na face do tensionador .....	34
Figura 11 - Riscos e batidas na face do tensionador .....	35
Figura 12 - Riscos e batidas na face do tensionador .....	35
Figura 13 - Cronograma de Manutenção Preventiva.....	36
Figura 14 - Auxílio Visual para verificação .....	36
Figura 15 - Inclusão do Plug Protetor no cabeçote .....	37
Figura 16 - Inclusão das Réguas guia de Nylon.....	38
Figura 17 - Layout para modificação do design do furo do tensionador a) Processo Atual b) Layout Proposto .....	38
Figura 18 - Análise da Variação do Processo Antigo x Novo Processo .....	39
Figura 19 - Comparativo DPMO Inicial x DPMO - Final Linha Usinagem.....	40
Figura 20 - Comparativo DPMO Inicial x DPMO Final - Linha Montagem.....	40
Figura 21 - Comparativo DPMO Inicial x DPMO Final Scrap .....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - SIPOC .....	28
Tabela 2 - Matriz causa e efeito .....	29

## LISTA DE ABREVIATURAS

DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidades
DPU	Defeitos por Unidade
DPO	Defeitos por Oportunidade
SIPOC	Fornecedores Entradas Processo Saídas Clientes ( <i>Suppliers Inputs Process Outputs Customer</i> )

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 OBJETIVO.....	15
1.1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos .....	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	15
1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	16
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	16
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	17
2.1 QUALIDADE.....	17
2.2 POR QUE IMPLEMENTAR A METODOLOGIA SEIS SIGMA.....	18
2.3 DMAIC.....	19
2.3.1 Fase Definir.....	19
2.3.2 Fase Medir.....	20
2.3.3 Fase Analisar.....	20
2.3.4 Fase Melhorar .....	21
2.3.5 Fase Controlar .....	21
2.4 GERENCIAMENTO DE FERRAMENTA DE USINAGEM .....	21
2.5 GERENCIAMENTO DE USINAGEM E CUSTOS DE PRODUÇÃO.....	22
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA.....	24
3.1.1 De acordo com a abordagem .....	24
3.1.2 De acordo com o objetivo .....	24
3.1.3 De acordo com os procedimentos técnicos.....	25
4 DESENVOLVIMENTO.....	26
4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	26

4.2 APLICAÇÃO DO DMAIC .....	27
4.2.1 Definir o Escopo .....	27
4.2.2 Medir e Mapear a Situação Atual.....	30
4.2.3 Analisar.....	31
4.2.4 Melhorar.....	34
4.2.5 Controlar.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
5.1 AÇÕES REALIZADAS.....	37
5.2 ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO PROCESSO .....	39
5.3 DEFEITOS POR MILHÃO DE OPORTUNIDADES (DPMO) .....	39
6 CONCLUSÃO .....	42
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	43
REFERENCIAS.....	44

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, em um ambiente fabril cada vez mais competitivo devido a globalização, as indústrias nas quais possuem grande demanda de seus produtos, procuram sempre se renovar frente à concorrência, buscando sempre aperfeiçoar seu processo com novos métodos e ferramentas para que não ocorra à falta de controle sobre aspectos que ficam ocultos na rotina da produção.

No setor de Usinagem, a criticidade é ainda mais agravante, visto que ao fabricar peças com qualidade, os responsáveis deste processo, presumem ter alcançado seus objetivos. Entretanto, nessa fase final é que são negligenciados problemas que a usinagem oculta.

Como pode ser observado na publicação de Pires e Diniz (1997), os resultados devem ser analisados por meio de um levantamento de dados durante o processo produtivo habitual de uma indústria.

As grandes empresas constantemente subcontratam fornecedores de ferramentas, os quais se instalam no interior das contratantes, ambientes de fornecimento comercial destas. O objetivo é dispor da ferramenta em momentos cruciais e de maneira mais eficaz possível dentro dos conceitos de flexibilidade e, no caso contrário, dentro do conceito de “Just in Time”, que segundo OHNO, (1997) há necessidade das empresas em aplicar conceitos de fluxo para o processo, obtendo como meta controlar os seus itens produtivos, de uma maneira eficiente. No entanto, estes fornecedores de ferramentas desejam vendê-las, mas de modo geral, não precisam se preocupar em identificar pormenores que dependam de levantamentos de resultados da produção, relacionados com o desempenho do processo. Frequentemente os fornecedores de ferramentas tem como meta o preço imposto pela Empresa contratante, dentro de uma conduta técnico/comercial.

Este trabalho foi inspirado no cenário mencionado anteriormente e tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre a aplicação da metodologia Seis Sigma, comprovando como está abordagem pode ser surpreendentemente eficaz na introdução de melhorias no processo de usinagem, ao invés de contar apenas com o controle realizado pelos fornecedores de ferramentas.

Resoluções de problemas com princípios e metodologia Seis Sigma vinculado com a ferramenta DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) é uma das

técnicas empregadas por empresas para melhorar a qualidade de seus produtos e serviços.

O conceito de aplicação da metodologia DMAIC junto com seus inúmeros recursos estatísticos tem como finalidade atingir níveis satisfatórios de qualidade, de forma confiável, no tempo certo às necessidades do cliente, diminuindo o índice de perdas e com o menor custo possível transformando a organização mais competitiva no mercado.

## **1.1 OBJETIVO**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um estudo de caso utilizando a metodologia DMAIC na gestão e estratificação dos diferentes incidentes que podem ocorrer com ferramentas durante o processo de usinagem visando maximizar a produção, aumentar a qualidade do produto final e minimizar os custos de fabricação de produtos usinados.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

O objetivo específico deste trabalho, consiste em aplicar a metodologia Seis Sigma (DMAIC) aos processos de uma empresa de Usinagem, comprovando como esta abordagem pode ser extremamente eficaz para possibilitar vantagem competitiva à organização que a executa.

## **1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO**

Este estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa automobilística localizada no Vale do Paraíba. A empresa possui processos de usinagens nesta planta há mais de 30 anos, sempre tendo como principais peças o bloco do motor, virabrequim e cabeçotes.

Após reuniões realizadas com os setores envolvidos no processo e análise dos indicadores de qualidade foi evidenciado a necessidade de aplicação da metodologia DMAIC na identificação de fatores que influenciam na qualidade do produto fabricado nas linhas de usinagens da mesma.

### **1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO**

O tema abordado neste trabalho tem como princípio a aplicação da metodologia Seis Sigma (Método DMAIC) para análise e solução de problemas, visando à melhoria da produtividade e custos de usinagem pela racionalização do uso das ferramentas de corte. Tal metodologia foi baseada na aplicação dos conceitos de DMAIC. Com a aplicação destes conceitos foi possível identificar, qualificar e quantificar os fenômenos ocorridos para quebras de ferramentas de usinagem.

Este trabalho delimita-se ao estudo e aplicação da metodologia DMAIC em uma empresa automotiva situada na cidade no Vale do Paraíba, visando aprimorar a qualidade do produto, aumentar a produtividade e reduzir os custos.

### **1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho está estruturado em capítulos e subcapítulos.

No capítulo 1, são expostos a justificativa do estudo, o escopo do trabalho, os objetivos e a metodologia adotada.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre qualidade e o DMAIC.

O capítulo 3 explica a metodologia adotada na pesquisa, apresentando como foi feita a coleta, obtenção dos dados e como foi conduzida a pesquisa na empresa automotiva.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais, conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências utilizadas neste trabalho.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Este capítulo aborda a utilização da metodologia DMAIC, descrevendo suas fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, com suas definições e modelo dentro do processo de Usinagem, envolvendo a qualidade que o mercado, nos dias de hoje, exige para o fabricante se manter em uma posição de destaque.

### **2.1 QUALIDADE**

Com a competição global, a performance do processo de fabricação nas linhas de usinagem tornou-se alvo de acompanhamento dos gestores das empresas do ramo, uma vez que o custo do produto final é impactado. Segundo Harry e Schroeder (2000), existem estudos que afirmam que com a implantação da metodologia DMAIC, ocorreu uma redução de custo bem mais rápido que as empresas que não aderiram ao modelo. Além de conseguir alcançar margens de lucros bem mais elevados e maior satisfação de seus clientes. Para Scatolin (2005), é necessário um investimento inicial, porém o retorno gerado é bem maior do que o investido. De acordo com Hoerl (2001), a metodologia DMAIC vem se popularizando graças às aplicações bem sucedidas em grandes organizações mundiais como, por exemplo, a IBM e Motorola. Graças aos resultados obtidos, a Motorola recebeu o Prêmio Malcolm Baldrige de Qualidade em 1988 (BREYFOGLE, CUPELLO e MEADOWS, 2001).

O sucesso da Metodologia DMAIC está fundamentado na redução de custos e melhoria da produtividade através do levantamento de dados, controle de defeitos e maior estabilidade do sistema produtivo (BISGAARD e FREIESLEBEN, 2001).

Segundo Sanders e Hild (2001) o DMAIC conceitua o fato de que a variação na qualidade dos produtos e no desempenho dos processos exerce influência nos tempos e nos custos de fabricação, intervindo diretamente na satisfação dos clientes.

Para Dambhare et al. (2013), o Seis Sigma é uma das metodologias mais populares empregada nos mais diversos setores das empresas, buscando melhorar a qualidade e aumentar a produtividade. Na aplicação da metodologia realizam-se

análises detalhadas dos processos para determinar as possíveis causas do problema. Uma vez encontrado, propõe-se um melhoramento.

De acordo com Werkema (2013) o DMAIC utiliza uma escala Sigma que é uma medida estatística que quantifica a variação existente entre processo e procedimento, aplicada para medir o nível de qualidade relacionado a um processo, transformando a quantidade de defeitos por milhão. Quanto maior o valor nessa escala, melhor será seu nível de qualidade. O nível Sigma alcançado através de defeitos por milhão de oportunidades de falhas a virem acontecer, proporcionam a comparação e posicionamento de uma empresa em relação aos seus competidores.

A maioria das empresas acredita que diminuindo em 10% ou 20% seu nível de perdas já é o suficiente para competir no mercado atual. Por meio da medição do Nível Sigma, constata-se o tamanho da oportunidade que se tem e até que ponto isso é possível de maneira econômica. As melhores empresas apresentam níveis abaixo de 4 (quatro) Sigma (WERKEMA 2013).

Antony e Banuelas (2002) citam que para a organização obter sua maximização dos lucros, é necessário aplicar o DMAIC e seus resultados devem ser atrativos financeiramente, obtendo redução dos indicadores de rejeitos, diminuindo o processo de retrabalho, sempre visando melhoria no processo e conseqüentemente o aumento de produção.

## **2.2 POR QUE IMPLEMENTAR A METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Segundo Rotondaro (2002), os principais objetivos do Seis Sigma são:

- reduzir a variação dos processos, principalmente dos mais críticos;
- reduzir os custos eliminando as atividades não pertinentes ao processo;
- potencializar a qualidade do produto final, buscando alcançar lucros em níveis ótimos;
- suprimir as principais causas de “variação” para reduzir os “defeitos” nas operações diárias.

Dessa forma, os principais benefícios que o Seis Sigma oferece para as empresas são:

- maior rapidez e aumento da produtividade;
- aperfeiçoamento e redução dos processos internos;

- eliminação de defeitos;
- menor custo de transações (menor necessidade de conferências e reparos);
- redução dos custos de Má Qualidade dos processos;
- maior satisfação dos clientes.

## **2.3 DMAIC**

Segundo Mim (2014), na abordagem Seis Sigma, o modelo DMAIC aponta como os problemas devem ser corrigidos, originando um método padrão de resolução das anomalias e melhora no processo. A metodologia DMAIC é vista como um modelo de aprendizagem, mesmo tendo como propósito “agir” (ou seja, executar atividades de melhoria), da mesma forma que aborda abundantemente a coleta de dados atuais antes de realizar qualquer melhoria.

Para Jaglan (2012), caso a metodologia de resolução de problemas não for abrangente o suficiente, existe grande probabilidade de a solução ser ineficaz e conseqüentemente o problema detectado ressurgira com o passar do tempo.

Para que a implementação do DMAIC ocorra de maneira satisfatória é imprescindível que haja acompanhamento por meio de planos de ações, adaptando de acordo com o escopo da empresa (SANTOS 2010).

O DMAIC é uma metodologia preestabelecida e segmentada em cinco passos padronizados definir, medir, analisar, implementar e controlar (KUAN, 2012). Averiguando estes passos, observa-se que as cinco etapas não são independentes. Cada etapa tem um efeito residual sobre a posterior (MANDAL, 2012).

As etapas que constituem a metodologia DMAIC, são apresentadas nos próximos itens.

### **2.3.1 Fase Definir**

Definir o problema é definir o que o cliente exige (JAGLAN, 2012).

A etapa Definir começa com a determinação da equipe bem como suas atribuições, o escopo do projeto, o cronograma, a finalidade e o impacto financeiro estimado (MIM, 2014).

O andamento inicia-se em identificar e definir o processo, o problema ou a oportunidade de melhoria a ser resolvida.

Nesta etapa recomenda-se apontar os processos críticos responsáveis pela origem de resultados insatisfatórios, tais como: Reclamações internas e de clientes, altos custos de mão de obra, custos de não qualidade, alto índice de scrap, etc (CARVALHO; PALADINI, 2005).

### **2.3.2 Fase Medir**

Segundo Lin *et al* ( 2013), o propósito desta fase é estabelecer técnicas para coleta de dados sobre o desempenho atual do setor em análise. A coleta é feita por meio de análises qualitativas e quantitativas por meio de indicadores de desempenho, análises de sistema de medição, entrevistas, etc.

É nesta etapa que os aspectos críticos para a qualidade, em variável de processo, são definidos (KUAN, 2012).

Os dados a serem coletados devem levar às informações que destaquem as oportunidades de melhorias. Vale ressaltar que aspectos do processo nunca constatados anteriormente se destacam, exigindo um cuidado especial já que no passado não foi identificado como uma possível falha.

Os dados recolhidos serão indispensáveis para autenticar e quantificar o problema e/ou a oportunidade, visando determinar as prioridades e as tomadas de decisões (LIN *et al* 2013).

### **2.3.3 Fase Analisar**

A finalidade da fase analisar, indica variáveis que podem intervir nos indicadores de processo. Por esse motivo, investigam-se os dados coletados por intermédio de ferramentas estatísticas que contribuem para a realização das análises (JAGLAN, 2012).

A meta dessa fase é determinar a causa raiz do problema, sendo de extrema importância elaborar um plano de ação que intervenha diretamente na causa real, e não somente nos possíveis efeitos (MIM, 2014).

### **2.3.4 Fase Melhorar**

Após analisar todas as informações e possíveis problemas identificados, determina-se a maneira de intervenção com intuito de reduzir os níveis de defeito do processo.

De acordo com Santos (2006), a certificação de melhoria do processo está relacionada a uma solução apta a fim de eliminar e prevenir a ocorrência de problemas.

### **2.3.5 Fase Controlar**

A última fase do processo DMAIC é reconhecida a implantação da melhoria, a solução dos problemas, a confirmação dos benefícios, conquistado modificações necessárias no processo em geral e implantando ferramentas de controle (MATOS, 2003).

## **2.4 GERENCIAMENTO DE FERRAMENTA DE USINAGEM**

Segundo Walker (2000) os produtos fabricados tanto diretamente quando indiretamente dependem da usinagem em alguma fase de sua fabricação.

As indústrias metalúrgicas investem estrategicamente em tecnologias de ferramentas e máquinas para fabricação de peças usinadas (ZONTA, 2008).

Para Zonta (2008), antes da implantação das máquinas de CNC, utilizavam-se apenas as convencionais, que por sua vez eram gerenciadas ao longo da execução de uma tarefa. Com a instauração das máquinas de Comando Numérico Computadorizado, entre outras tecnologias no ramo da Usinagem, diminui-se o tempo gerando um aumento significativo na produtividade. Dessa forma, as empresas expandiram a utilização de novos ferramentais, acarretando um aumento de informações a serem administradas.

Conforme cita Boehs e Castro (2008) com o progresso das ferramentas da Usinagem houve um crescimento avantajado dos itens a serem controlados, acarretando no aparecimento de vários problemas, tais como gerenciamento de estoque. Com o intuito de solucionar os problemas mencionados, surgiu a necessidade de utilizar um sistema computacional capaz de realizar o controle das ferramentas de usinagem.

Uma vez que gerenciamos as ferramentas, contribuímos na redução de custos e variabilidade de problemas ocasionados durante o processo de usinagem (FAVARETTO, 2005).

Em empresas onde existe uma grande variação de peças para a montagem final do produto exige um controle maior dos itens por meio de um sistema computacional, visto que ter inúmeras peças para usinar requer inúmeros tipos de ferramentas, dispositivos, acessórios, entre outros (HILLMANN, 2014).

Segundo Hillmann *et al* (2014), é imprescindível a utilização de ferramentas capazes de analisar os indicadores e detectar as possíveis causa raiz do problema. A formação de parcerias com instituições capazes de administrar ferramentas torna-se mais fácil a difícil tarefa de dispor as ferramentas requisitadas pela produção. De acordo com Castro (2004), contratar empresas capazes de auxiliar no gerenciamento de ferramentas tem sido uma ótima estratégia.

## **2.5 GERENCIAMENTO DE USINAGEM E CUSTOS DE PRODUÇÃO**

Para Castro (2004) o foco do gerenciador é buscar eficiência na aplicação das ferramentas de corte bem como a melhoria no processo produtivo na usinagem, definindo a escolha correta dos parâmetros do processo, impedindo o desgaste da ferramenta, paradas de máquinas não programadas e principalmente a ausência da mesma devido a quebras no processo.

O gasto efetivo com ferramentas de corte, de acordo com Castro (2004) pode retratar uma parcela que varia entre 3% a 5% do custo total do processo de fabricação de um produto final. Os 95% restantes equivalem à utilização de forma eficiente das ferramentas de corte que uma vez utilizada conscientemente tem uma intervenção direta no custo da fabricação.

Quando tratamos de melhorias, devemos considerar o valor agregado ao produto, visto que o gerenciamento de ferramentas facilita e identifica em que aspectos o DMAIC pode atuar a fim de minimizar estes custos. A vantagem na aplicação da metodologia consiste em levantar práticas empíricas com o propósito de aumentar a competitividade das empresas, reduzindo o prazo, o custo e aumentando a qualidade (SÁNCHEZ; PÉREZ, 2001). Os indicadores de processos normalmente são baseados no custo médio e no tempo de ciclo, acarretando ocasionando disfunções por não considerarem as variações inerentes no processo.

Segundo Sanders, Hild (2001), o Seis Sigma enfatiza as variações dos processos e dos produtos, os quais afetam o tempo de fabricação, o custo e a qualidade impactando diretamente na satisfação do cliente.

Segundo Slack (2009) existe uma concorrência acirrada das empresas em relação aos preços e custos ligados a produção. Tal afirmação conclui-se que quanto menor o custo na fabricação do produto ou serviço, menor será o preço final pago pelo consumidor.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA**

De acordo com Gil (1991), uma pesquisa pode ser definida como um procedimento racional e sistemático que tem como intuito possibilitar argumentos aos problemas apresentados. Um trabalho científico inicia-se quando não possuímos informações satisfatórias e será necessário levanta-las para resolver o problema ou então as informações existem, porém precisam ser organizadas antes de analisadas.

A pesquisa é desenvolvida através de um processo com diversas fases, desde o início na formulação do tema a ser investigado até a apresentação dos resultados e conclusões (SILVA; MENEZES, 2005).

Optamos pelo método estudo de caso para elaboração deste trabalho, pois o mesmo examina e propõe respostas de “como” e “porque” de situações mais complexas, onde possibilita investigar o progresso do cenário atual baseando-se em fontes de dados já computadas tanto do caso analisado em questão como também do ambiente em que se encontra. Yin (2003).

##### **3.1.1 De acordo com a abordagem**

Uma vez que foi definido o problema a ser estudado, a próxima etapa deve ser a escolha do modelo de pesquisa que encaminhará as posteriores ações. Referente a abordagem do problema, esse modelo de pesquisa pode ser classificado como qualitativo ou quantitativo conforme Gil (1991).

Consideramos a pesquisa como quantitativa, onde os problemas podem ser mensuráveis em busca de análises e soluções, através da utilização de técnicas estatísticas e ferramentas da qualidade (SILVA; MENEZES, 2005).

##### **3.1.2 De acordo com o objetivo**

De acordo com os objetivos, as pesquisas podem ser classificadas em Pesquisa Exploratória, Pesquisa Descritiva e Pesquisa Explicativa (GIL, 1991).

Segundo Gil (1991) as pesquisas exploratórias têm como finalidade promover maior familiaridade com o problema e torna-lo concebível visto que o mesmo pode ser construído baseado em hipóteses ou intuições abrangendo levantamento bibliográfico, citações e exemplos que contribuam para a compreensão do assunto, além de entrevistas com pessoas que tiveram conhecimento prático com o problema pesquisado. Pesquisas bibliográficas e estudos de caso são muito aplicados nas pesquisas exploratórias, uma vez que utilizam muito a intuição do pesquisador.

A Pesquisa Descritiva tem como princípio descrever minuciosamente o objeto de estudo (população, fenômeno, problema) utilizando coleta e levantamento de dados qualitativos, mas principalmente quantitativos (GIL, 1991).

A pesquisa Explicativa busca identificar e explicar as causas de determinado problema a ser estudado, expondo a realidade ao explicar a razão das coisas. Costumam dar continuidade a pesquisas descritivas e exploratórias, uma vez que oferecem uma visão mais detalhada do assunto e do tema abordado.

### **3.1.3 De acordo com os procedimentos técnicos**

Segundo Gil (1991), os procedimentos técnicos são classificados em: Pesquisa Bibliográfica cuja qual é desenvolvida baseada em materiais já elaborados, composto principalmente por livros e artigos científicos; Pesquisa Documental, semelhante a bibliográfica, porém trata-se de materiais que ainda não foram avaliados criticamente; Pesquisa Experimental, consiste em estabelecer formas de controle e de observação dos resultados que a variável origina.

## 4 DESENVOLVIMENTO

### 4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O estudo de caso apresentado foi realizado por meio de um levantamento de dados através de acompanhamento da produção, reclamações de cliente, indicadores de desempenho, dentre outras ferramentas capazes de coletar todas as informações necessárias para a concepção do presente trabalho.

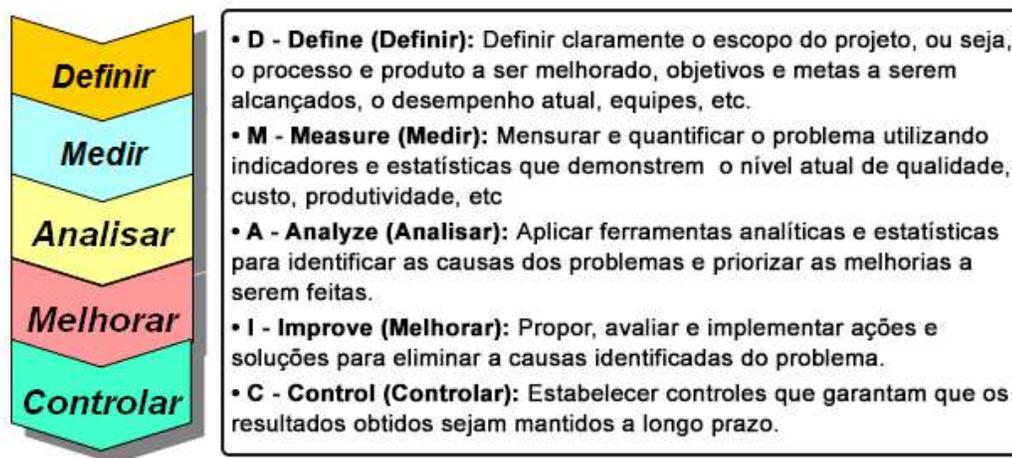
Esse projeto foi desenvolvido em uma empresa de grande porte situada na região do Vale do Paraíba a qual atua no ramo de produção de peças por usinagem e montagem de motores automobilísticos com o intuito de identificar as possíveis falhas e melhorias no processo.

De acordo com Hillmann (2014), para que as indústrias sejam consideradas bem sucedidas é imprescindível que seus processos de fabricação sejam de alta qualidade. Tal fato implica na necessidade de ferramentas capazes de analisar os indicadores da empresa, determinando as possíveis causas raízes dos problemas.

Devido ao alto custo no setor de usinagem foi determinado pelo time da qualidade da empresa a aplicação da metodologia DMAIC.

A Figura 1 tem como propósito reunir as cinco fases do DMAIC, já detalhadas anteriormente.

Figura 1 - Esquema ilustrativo das etapas do método DMAIC



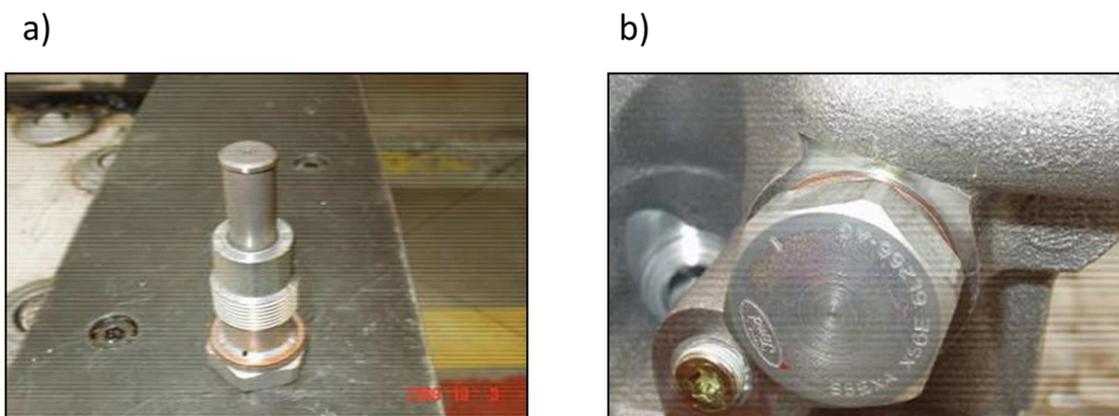
## 4.2 APLICAÇÃO DO DMAIC

Este capítulo tem como finalidade apresentar os passos da metodologia DMAIC, definida anteriormente e detalhadas de acordo com o projeto escolhido para desenvolvimento deste trabalho. A seguir serão descritas as etapas Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, com o propósito de eliminar o vazamento no tensionador da corrente do cabeçote.

### 4.2.1 Definir o Escopo

A primeira etapa da metodologia consistiu em definir qual o motivo do vazamento de óleo no tensionador da corrente do cabeçote (Figura 2) deveria ser eliminado, analisando as características para a qualidade e os requisitos do cliente.

Figura 2 - a) Tensionador da corrente do Cabeçote e b) Alojamento do Tensionador da corrente



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

Para a definição do escopo, foram levantados os possíveis problemas do tensionador da corrente através de indicadores de desempenho e por meio da VOC (Voice of the Customers).

Com o objetivo de facilitar a visualização dos membros da equipe do projeto e dispor de uma visão mais ampla do processo elaboramos um SIPOC (*Supplier-Input-*

*Process-Output-Customer*) que pode ser traduzir para português como Fornecedores, Entradas, Processo, Sidas e Clientes (Tabela 1).

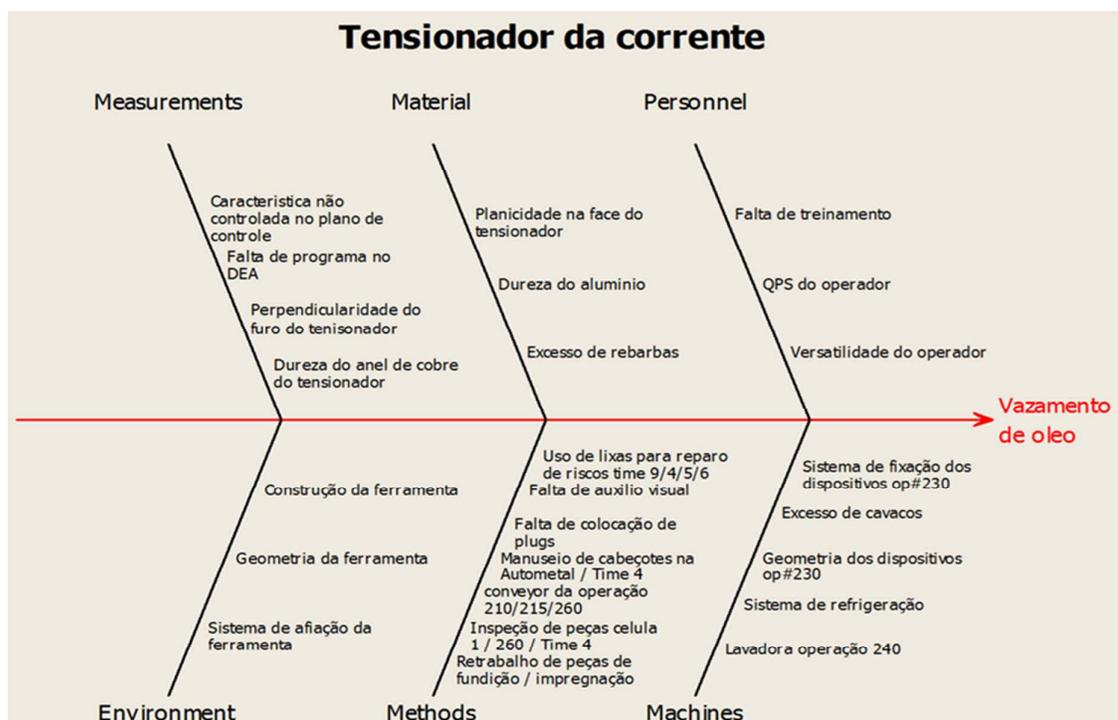
Tabela 1 – SIPOC

S (fornecedor)	I (entrada)	P (processo)	O (saída)	C (Cliente)
OP 220	Mesa de espera 1	OP 230	Mesa de espera 2	Posto de medição

Fonte: O Próprio Autor

Após uma dinâmica em grupo “*Brainstorming*” entre todos os envolvidos no projeto, fez-se um diagrama de causa e efeito, também chamado de Ishikawa, expondo graficamente potenciais causas do vazamento de óleo no tensionador da corrente, conforme Figura 3.

Figura 3 - Espinha de Peixe



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

Assim, foram medidas e ponderadas as causas mais relevantes que incidiram para o vazamento. Os resultados provenientes da “Matriz de Causa e Efeito” (Tabela 2) foram aplicados na execução de um gráfico de Pareto (Figura 4) onde detectou-se que as principais variáveis contribuidoras são:

X1: Área de estoque de peças de operação;

X2: Transporte da operação;

X3: Perpendicularidade de furo e face do cabeçote;

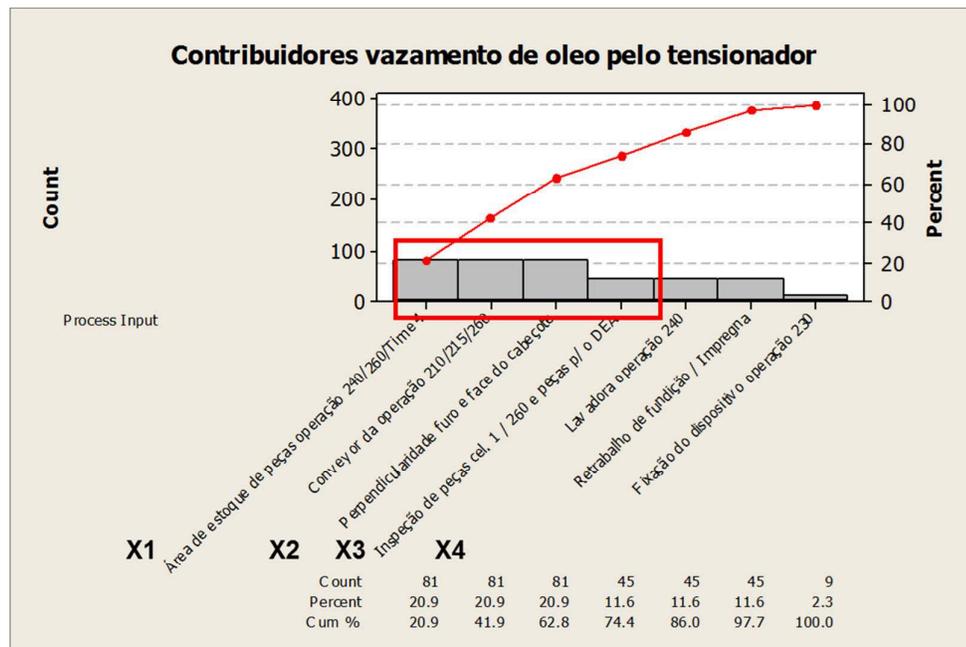
X4: Inspeção de peças.

**Tabela 2 - Matriz causa e efeito**

ÍNDICE DE IMPORTÂNCIA			9	
			1	
Critérios de pontuação: Baixa = 1 Média = 5 Alta = 9			Vazamento de óleo	Total
	Process Step	Process Input		
1	Processo	Transportadora da operação 210/215/260	9	81
2	Processo	Lavadora operação 240	5	45
3	Processo	Área de estoque de peças operação 240/260/Time 4	9	81
4	Processo	Inspeção de peças cel. 1/260 e peças p/ o DEA	5	45
5	Processo	Retrabalho de fundição/ Impregnada	5	45
6	Máquina	Fixação do dispositivo operação 230	1	9
7	Máquina	Perpendicularidade furo face do cabeçote	9	81
Total				387

**Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor**

Figura 4 - Gráfico de Pareto



#### 4.2.2 Medir e Mapear a Situação Atual

No decorrer dessa fase foi coletado o máximo de informações possíveis do projeto a ser estudado por meio de medições que impactavam diretamente na produtividade e no custo do processo de fabricação.

Com o objetivo de identificar o número de desvios padrões entre o centro do processo de fabricação do furo do tensionador e os limites de especificação mais próximos recorreremos ao nível sigma calculado através da DPMO (Defeitos por milhão de oportunidades) conforme Figura 5.

Figura 5 - Cálculo DPMO Inicial

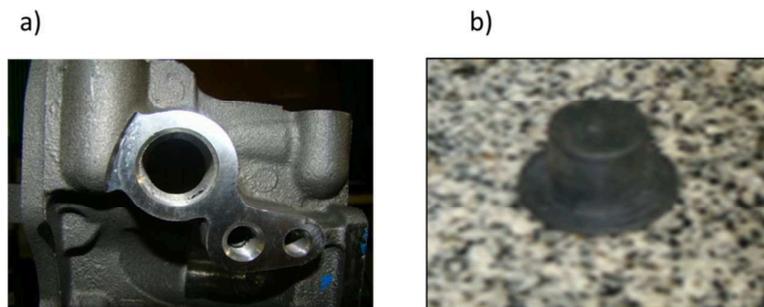
DPMO INICIAL PARA RETRABALHO TIME 09 Linha de Usinagem			DPMO INICIAL PARA RETRABALHO TIME 06 Linha de Montagem			DPMO INICIAL PARA SCRAP TIME 06 / 09 Linha de Montagem / Usinagem		
Amostragem	291.281	Unidades	Amostragem	291.281	Unidades	Amostragem	291.281	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades	Oportunidades de Erro	1	Oportunidades	Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	1221	Unidades	Unidades com Erro	262	Unidades	Unidades com Erro	133	Unidades
Total de oportunidades	291281	Erros	Total de oportunidades	291281	Erros	Total de oportunidades	291281	Erros
Rendimento	99,5808	%	Rendimento	99,9101	%	Rendimento	99,9543	%
Rejeição	0,41918	%	Rejeição	0,08995	%	Rejeição	0,04566	%
DPU	0,00419		DPU	0,00090		DPU	0,00046	
DPO	0,004192		DPO	0,000899		DPO	0,000457	
DPMO	419,83		DPMO	899,48		DPMO	456,60	
NIVEL SIGMA	2,64	LONGO PRAZO	NIVEL SIGMA	3,12	LONGO PRAZO	NIVEL SIGMA	3,32	LONGO PRAZO
	4,14	CURTO PRAZO		4,62	CURTO PRAZO		4,82	CURTO PRAZO

Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

#### 4.2.3 Analisar

Depois de serem analisadas as informações coletadas, observou-se que nas áreas de estoque de peças em operação e de inspeção havia a inexistência de um plug de proteção (Figura 6) cuja finalidade era evitar riscos e batidas na região de alojamento do tensionador da corrente. Verificou-se também a inexistência das régua guia de nylon (Figura 7) as quais têm como função proteger as peças no processo de transporte.

Figura 6 - a) Tensionador da Corrente sem o Plug Protetor e b) Plug protetor a ser fixado no tensionador



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

**Figura 7 - Inexistência de réguas guias de nylon no transportador**

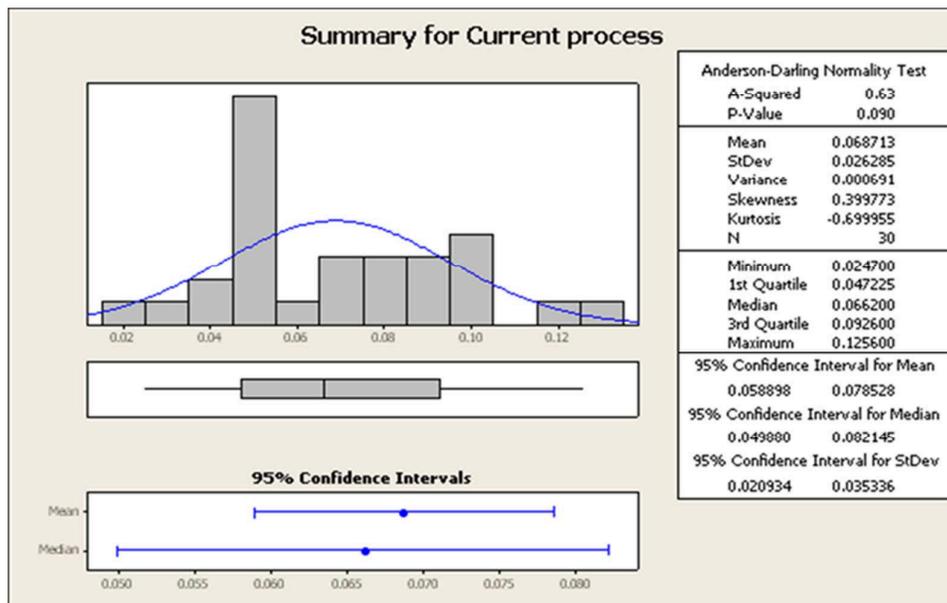


**Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor**

Evidenciou-se que as operações de furo e fresamento do tensionador eram realizadas em máquinas diferentes contribuindo para a perpendicularidade excessiva entre furo e a face de encosto além de causar uma falha de assentamento entre o anel metálico do tensionador e a face do cabeçote.

A Figura 8 tem como princípio exibir um estudo verificando a perpendicularidade do furo em relação a face.

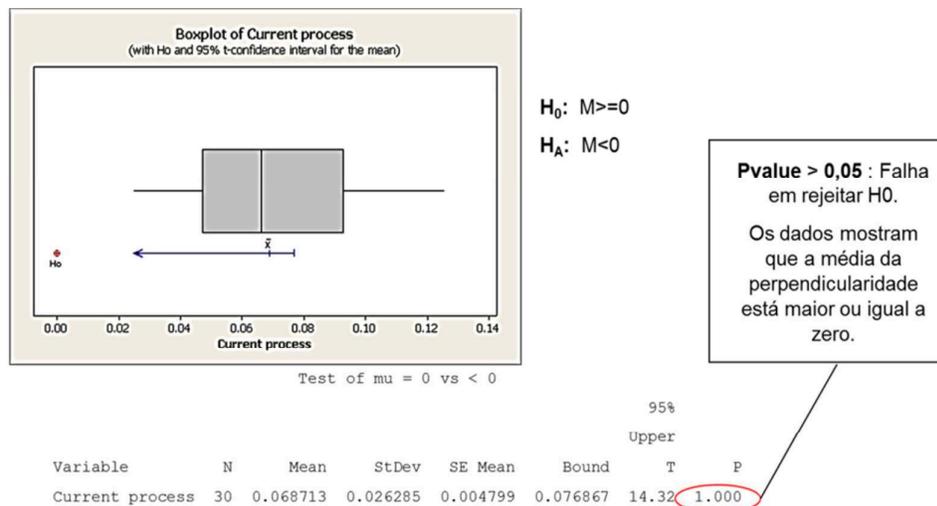
Figura 8 - Processo Atual da Perpendicularidade



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

Vale ressaltar que não existia uma especificação para a perpendicularidade máxima admitida, portanto o objetivo era que a perpendicularidade estivesse próxima a zero (Figura 9).

Figura 9 - Estudo da Perpendicularidade do Furo em Relação a Face



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

#### 4.2.4 Melhorar

A equipe encarregada em desenvolver o estudo em questão elaborou um plano de ação para as principais variáveis que contribuíram para esse modo de falha:

Ação 1: Implantação do plug de proteção no cabeçote a fim de evitar riscos e batidas na região de alojamento do tensionador da corrente;

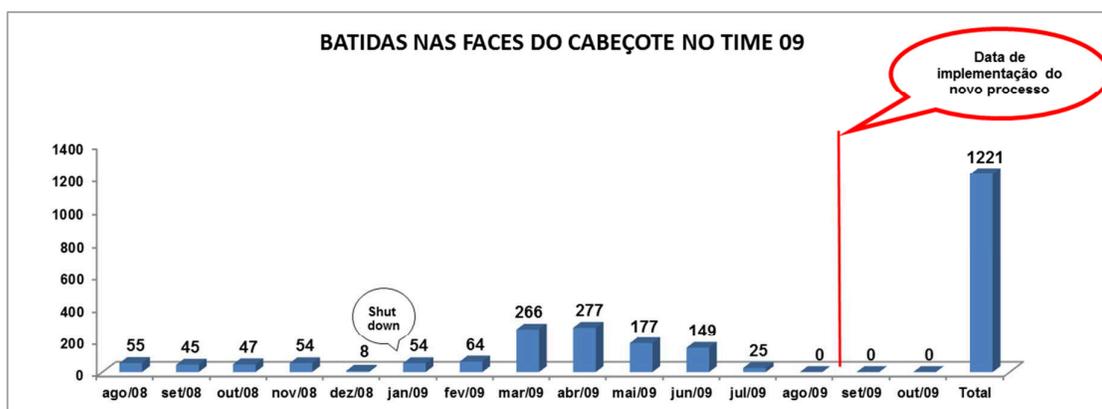
Ação 2: Implantação de réguas guia de nylon as quais têm como função proteger as peças no processo de transporte evitando possíveis defeitos superficiais;

Ação 3: Implantação de uma ferramenta conjugada que realizasse o furo e o fresamento da face de encosto do tensionador a fim de minimizar sua perpendicularidade.

Após implantações das ações mencionadas anteriormente, foi comprovada uma melhora significativa nos processos, conforme descrito a seguir:

Eficácia da Ação 1: Redução de riscos e batidas na face do tensionador na linha de usinagem do cabeçotes (Figura 10);

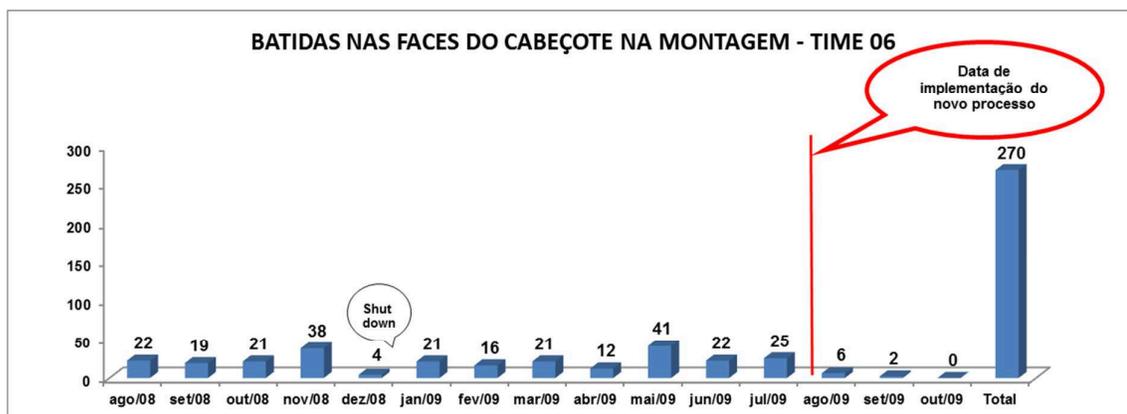
**Figura 10 - Riscos e batidas na face do tensionador**



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

Eficácia da Ação 2: Redução de riscos e batidas na face do tensionador na linha de montagem (Figura 11);

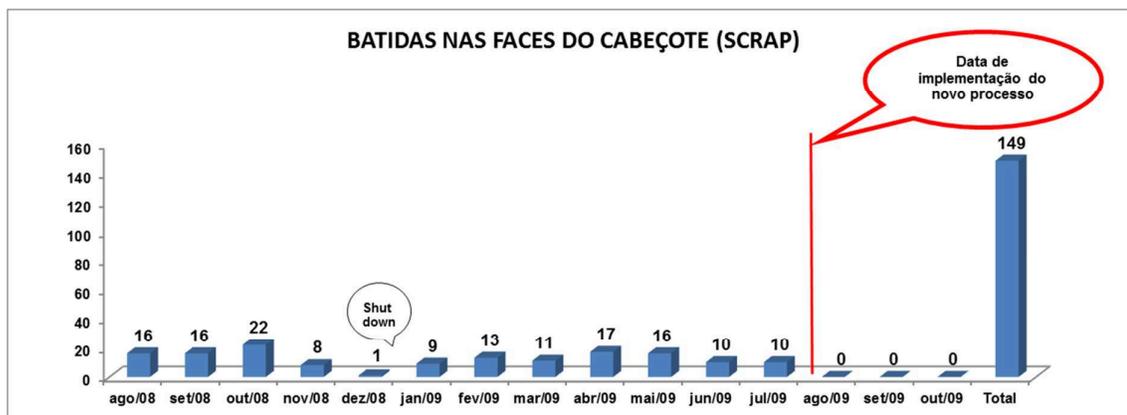
**Figura 11 - Riscos e batidas na face do tensionador**



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

Eficácia da Ação 3: Redução do índice de Scrap da linha de usinagem e montagem de cabeçotes (Figura 12).

**Figura 12 - Riscos e batidas na face do tensionador**



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

#### 4.2.5 Controlar

A sistemática de controle e sustentabilidade desenvolvida para eliminar o Vazamento no tensionador da corrente do cabeçote foi baseado nos seguintes documentos:

- Implementação da manutenção preventiva dos transportadores com proteção de nylon (Figura 13);

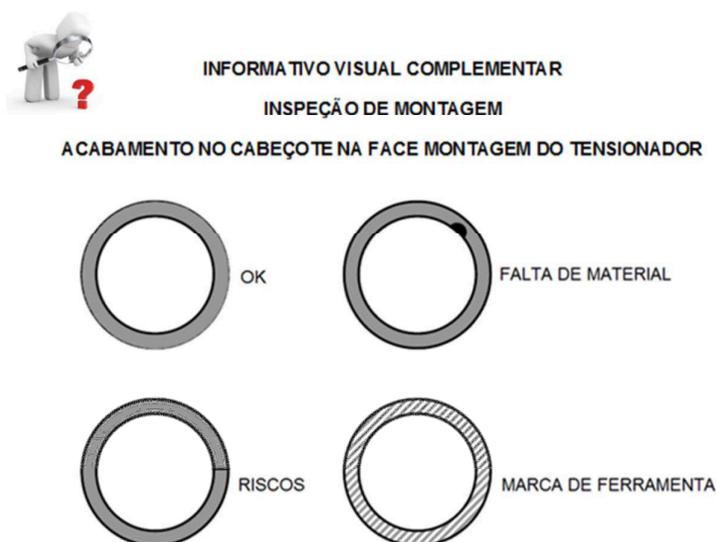
Figura 13 - Cronograma de Manutenção Preventiva

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS TRANSPORTADORES COM PROTEÇÃO DE NYLON			
Equipment: 6302-724365		Description: DURR OP#290	
Cycle Code: 21 Days		Next Due Date: 12/10/2009	
Retrigger Using Tgt. St. Date: Y		Downtime Rqrd: Y Priority: 3	
Job Plan#: 14653		Description: JP-MOT-CABEÇOTE - INSPECIONAR O DESGASTE DE NYLON DE APOIO	
Lead Craft: OP			
OP		Description	Hours
10.00		PADRÃO ESPERADO:	0
		1. NYLONS DE APOIO DOS CABEÇOTES DA SAIDA DA LAVADORA DEVEM ESTAR EM BOM ESTADO.	
		2. NÃO DEVE HAVER DESGASTE EXCESSIVO. SE NECESSÁRIO, SOLICITAR COMPRA.	
20.00		ORIENTAÇÕES BÁSICAS:	0
		1. TRAVAR FONTES DE ENERGIA, SE NECESSÁRIO.	
		2. VERIFICAR ESTADO GERAL DOS NYLONS DE APOIO. VERIFICAR SE HÁ DESGASTE EXCESSIVO.	
30.00		3. HAVENDO DESGASTE EXCESSIVO, ABRIR ORDEM DE SERVIÇO, SOLICITAR COMPRA.	
		RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA NPR24	0
		1. CONTATO COM ÓLEO/GRAXA - USAR LUVA NITRÍLICA OU QUÍMICA	
		2. EXPOSIÇÃO A FONTES DE ENERGIA - TRAVAR AS FONTES DE ENERGIA	
		3. PROJEÇÃO A PARTICULAS VOLANTES - USAR ÓCULOS DE SEGURANÇA	
	4. EXPOSIÇÃO A RUÍDO ELEVADO - USAR PROTETOR AURICULAR ADEQUADO		

Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

- Elaboração de um auxílio visual para verificação de defeitos superficiais na região do tensionador (Figura 14).

Figura 14 - Auxílio Visual para verificação



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo tem como finalidade discutir as ações realizadas e qual o objetivo de aplicação no estudo de caso.

### 5.1 AÇÕES REALIZADAS

1) Implementação do plug protetor (Figura 15) no cabeçote nas operações 240 e 260 para evitar batidas e riscos na área do alojamento do tensionador da corrente.

**Figura 15 - Inclusão do Plug Protetor no cabeçote**



**Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor**

2) Implementação de réguas guia de nylon nas laterais do transportador (Figura 16), revestimento com proteção de nylon nos roletes metálicos e revestimento dos stops da operação de verificação da face de combustão do cabeçote a fim de reduzir batidas e riscos na área do alojamento do tensionador da corrente.

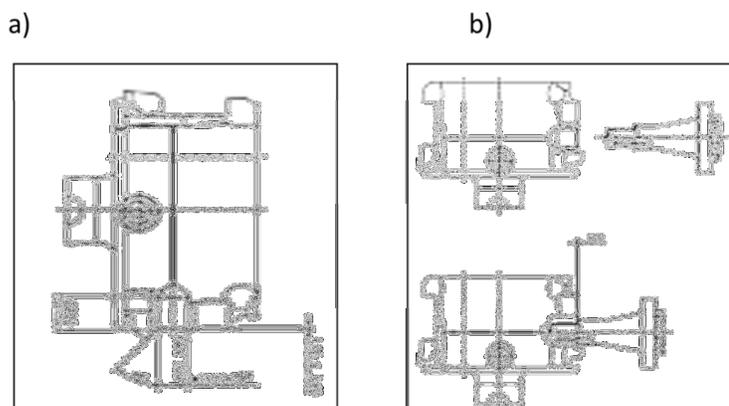
**Figura 16 - Inclusão das Réguas guia de Nylon**

Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

3) A usinagem do furo do tensionador da corrente é realizada em uma empresa terceira e a usinagem da rosca do furo do tensionador é executada na linha de usinagem do cabeçote em Taubaté.

Diante desse fato elaborou-se uma proposta para a modificação do design do furo do tensionador com o objetivo de minimizar o risco de vazamento pelo tensionador da corrente.

A modificação foi baseada em uma nova ferramenta para efetuar a usinagem conjugada do furo e a superfície da área de assentamento do tensionador da corrente. A seguir na figura 17 é ilustrado o Processo Atual e o Processo Proposto.

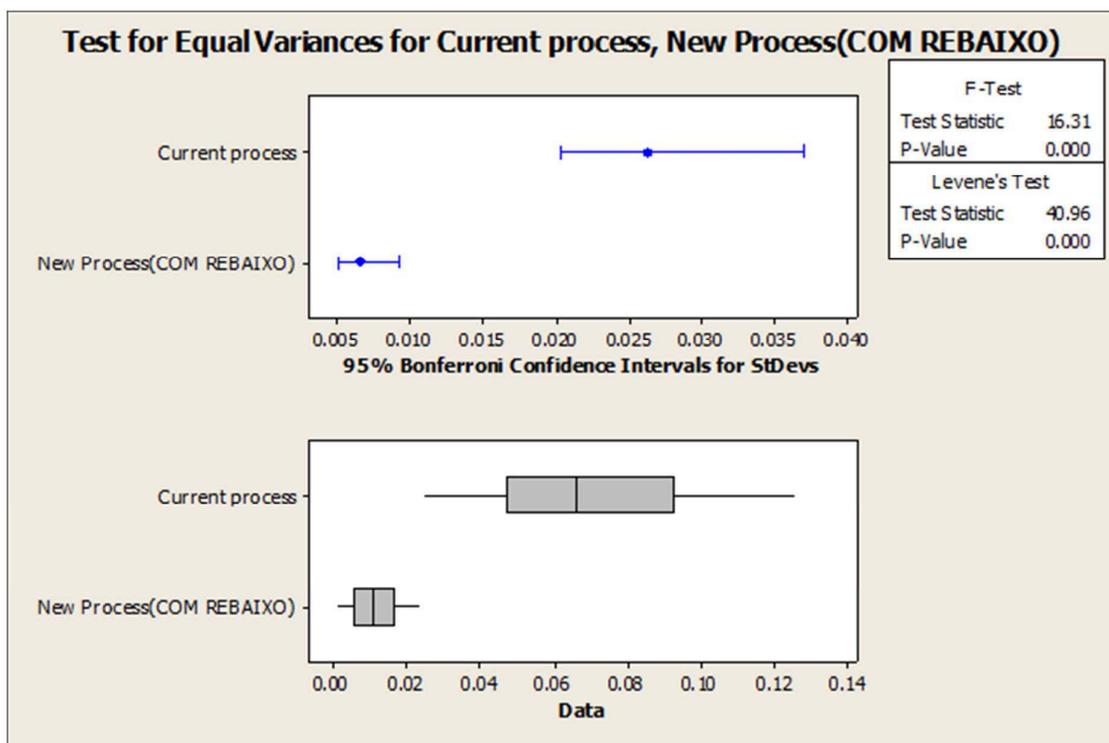
**Figura 17 - Layout para modificação do design do furo do tensionador a) Processo Atual b) Layout Proposto**

Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

## 5.2 ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO PROCESSO

Evidenciou-se que houve uma melhora significativa após implementadas as ações para redução da variação da perpendicularidade do furo em relação a face de encosto do tensionador. Visto que as medições antigas demonstravam uma variação aproximada de 0,020mm a 0,040mm. Já as medições após a melhoria apresentaram entre 0,005mm a 0,010, conforme ilustrado na Figura 18.

Figura 18 - Análise da Variação do Processo Antigo x Novo Processo



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

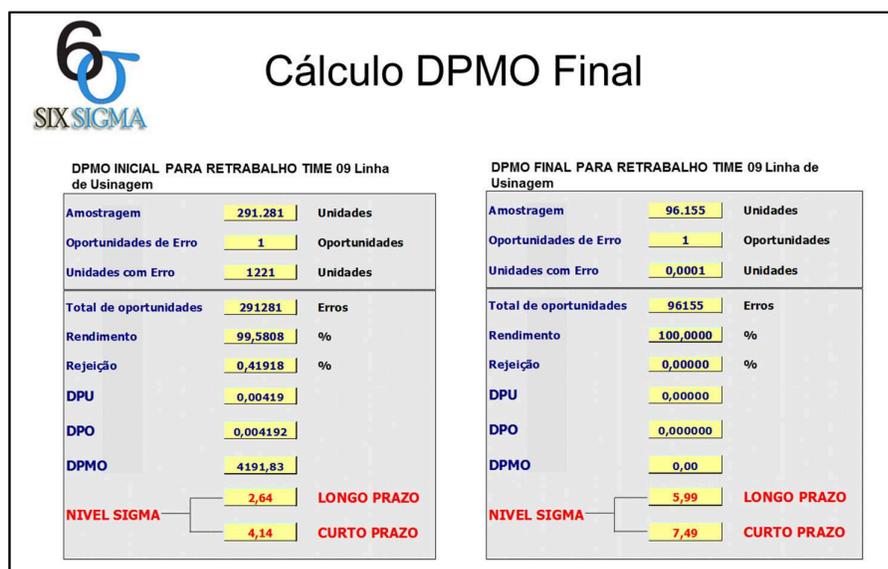
## 5.3 DEFEITOS POR MILHÃO DE OPORTUNIDADES (DPMO)

Com o DPMO calculado foi possível medir o nível de qualidade associado ao processo de usinagem estudado, isto é transformar o defeito por milhão em um número em escala sigma.

Por meio das figuras 18, 20 e 21 é possível constatar que o Nível Sigma final atingiu cerca de 5,99 a curto prazo.

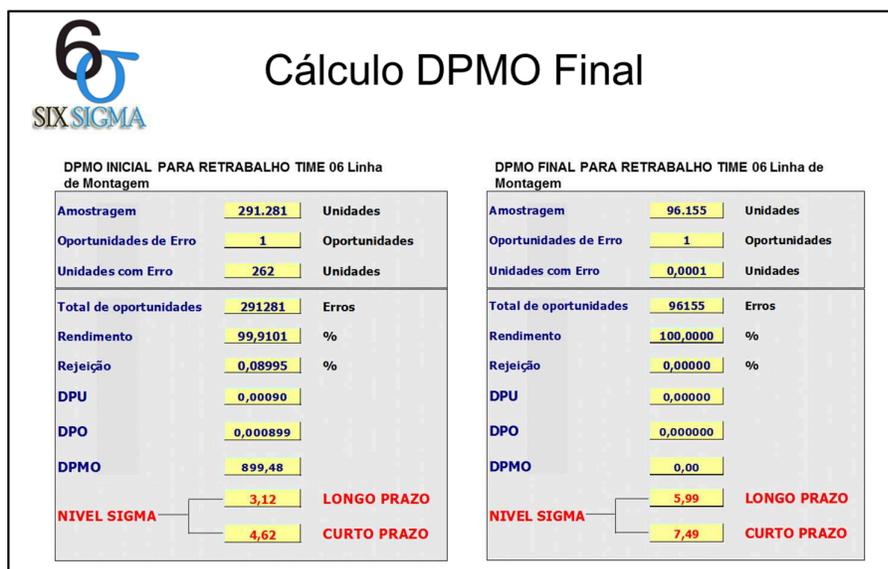
Vale ressaltar que quanto maior o valor alcançado na escala sigma, melhor o nível de qualidade.

Figura 19 - Comparativo DPMO Inicial x DPMO - Final Linha Usinagem



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

Figura 20 - Comparativo DPMO Inicial x DPMO Final - Linha Montagem



Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

Figura 21 - Comparativo DPMO Inicial x DPMO Final Scrap



## Cálculo DPMO Final

DPMO INICIAL PARA SCRAP TIME 06 / 09 Linha de Montagem / Usinagem			DPMO FINAL PARA SCRAP TIME 06 / 09 Linha de Montagem / Usinagem		
Amostragem	291.281	Unidades	Amostragem	96.155	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades	Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	133	Unidades	Unidades com Erro	0,0001	Unidades
<b>Total de oportunidades</b>	<b>291281</b>	<b>Erros</b>	<b>Total de oportunidades</b>	<b>96155</b>	<b>Erros</b>
Rendimento	99,9543	%	Rendimento	100,0000	%
Rejeição	0,04566	%	Rejeição	0,00000	%
DPU	0,00046		DPU	0,00000	
DPO	0,000457		DPO	0,000000	
DPMO	456,60		DPMO	0,00	
NIVEL SIGMA	3,32	LONGO PRAZO	NIVEL SIGMA	5,99	LONGO PRAZO
	4,82	CURTO PRAZO		7,49	CURTO PRAZO

Fonte: Santos (2009) - Adaptado pelo autor

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou a aplicação da metodologia Seis Sigma através das etapas do DMAIC buscando otimizar o processo de usinagem, reduzir etapas sem valor agregado ao produto e implementar melhorias onde requer mudanças.

Desta maneira realizou-se um estudo de caso a fim de investigar e eliminar o vazamento de óleo no tensionador da corrente do cabeçote permitindo chegar as seguintes conclusões:

- Verificou-se a necessidade de identificar de forma adequada que sempre quando há uma mudança de processo por mais que seja estudada existe a oportunidade de alguma variável surgir após sua implementação. Por isso é indispensável a fabricação de pequenos lotes pilotos antes da implementação final da mudança do processo;

- A aplicação da ferramenta DMAIC resultou em um aumento da satisfação do cliente interno como o externo, sendo que houveram evidencias da melhoria deste processo após a implementação da metodologia. Constatou-se uma melhoria significativa da melhoria nos indicadores de rejeito por vazamento nesta região da peça como também melhoria nos indicadores em relação à insatisfação do cliente nas concessionárias;

- O DMAIC mostrou ser eficiente e prático a fim de garantir resultados positivos além de gerar a possibilidade de exploração do conceito sobre melhoria contínua no processo de usinagem em planta fabril. A melhoria contínua é possível de ocorrer, porque sempre que um processo apresenta algum modo de falha existe a possibilidade de ser aplicada.

## **7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Este trabalho foi realizado por uma equipe de aplicadores da metodologia Seis Sigma em chão de fábrica da empresa em que trabalham. Por este motivo, é relativamente difícil sugerir trabalhos futuros. Assim mesmo, uma futura pesquisa pode ser sugerida no sentido de pesquisar fatores de falha no sistema mais ligados nos fenômenos de mudanças de processos e indicadores de scrap.

Entretanto, a experiência de aplicação da ferramenta DMAIC ficou registrada neste trabalho, de forma que o procedimento possa ser seguido por outros setores e por outras empresas.

Outra sugestão é a aplicação do DMAIC dentro da própria empresa em outros setores diferentes ainda não gerenciados por esta ferramenta de gestão.

## REFERENCIAS

ANTONY, J.; BANUELAS, R. **Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program:** *Measuring Business Excellence*, v. 6, n. 4, p. 20-27, 2002.

BISGAARD, S; FREIESLEBEN, J. **Economics of Six Sigma.** *Quality Engineering*. Monticello. New York: Marcel Dekker. V.13, n.2, p.325-331. 2000-01.

BOEHS, L.; CASTRO, P. R. A. . **Planejamento Técnico no Gerenciamento de Ferramentas - Estudos de caso em empresas do setor metal-mecânico brasileiro.** In: V - CONEM - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2008, Salvador. Anais -V - CONEM - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Rio de Janeiro : ABCM, 2008. v. 1. p. 1-10.

BREYFOGLE III F. W.; CUPELLO J. M.; MEADOWS, B. **Managing Six Sigma:a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success.**New York: John Wiley e Sons, Inc., 2001.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade:** teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CASTRO, P. R. A. **O que é exatamente o Gerenciamento de Ferramentas.**Revista Máquinas e Metais, Aranda Editora, p.108-110, mar. 2004.

FAVARETTO, A. S. **Estudo do Gerenciamento de Ferramentas de Corte na Indústria Automotiva de Curitiba e Região Metropolitana.** 201 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) PUC-PR. Curitiba, 2005.

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

HILLMANN, M. *et al.* **Improving small-quantity assembly lines for complex industrial products by adapting the Failure Process Matrix (FPM): a case study.** Graduate School of advanced Manufacturing Engineering. Stuttgart, Germany, 2014.

HOERL, R. **Six sigma Blak Belts: what do they need to know?** *Journal of Quality Technology*. Milwaukee, wi, v33, n.4, p.391-406, Oct 2001.

GIL, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª edição, São Paulo. Editora Atlas, 1991.

JAGLAN, Prabhakar Kaushik Dinesh Khanduja Kapil Mittal Pawan (2012), "**A case study**", The TQM Journal, Vol. 24 Iss 1 pp. 4 – 16

PIRES, J. R.; DINIZ, A. E. **Evitando o Desperdício de Ferramentas de Torneamento em uma Produção Não Automatizada**, III Congresso Iberoamericano de Ingenieria Mecanica, Cuba , 1, 1-6, 1997.

KUAN, C.S; C. C. (2012), "**Research on product reliability improvement by using DMAIC process**", Asian Journal on Quality, Vol. 13 Iss 1 pp. 67-76

LIN, C. *et al.* **Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology**. Robotics and Computers-Integrated Manufacturing, v.29, p. 93-103, 2013.

MATOS, J. L. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC**. Dissertação (Mestrado). UFRGS, 2003.

MIM, Ploytip Lirasukprasert Jose Arturo Garza Reyes Vikas Kumar Ming K. (2014), "**A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process**", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 5 Iss 1 pp. 2 – 21

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma estratégia gerencial para a melhoria dos processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002, p. 17-22.

SÁNCHEZ, A. M.; PÉREZ, M. P. **Lean indicators and manufacturing strategies**. International Journal of Operations e Production Management. Vol. 21, n. 11, p. 1433-1451, 2001.

SANDERS,D.; HILD, C. R. **Common myths About Six Sigma. Quality Engineering**. Monticello. N.Y.: Marcel Dekker. V.13, n.2, p.269-276, 2000-01.

SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma**: proposta e avaliação. Tese (Doutorado), UFSCAR, 2006.

SANTOS, A. I. **Projeto DMAIC - Vazamento pelo tensionador da corrente do cabeçote**, 2009.

SILVA E. L., MENEZES E. M., **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª edição revisada e atualizada, Florianópolis. UFSC, 2005.

SLACK, N. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009. 48,49 p.

WALKER, J. **Machining Fundamentals**. GW Publisher, USA: 2000.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

YIN, Robert K. **Estudo de caso – planejamento e métodos**. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.

ZONTA Jr. A. **Gerenciamento de ferramentas: muito além do controle logístico**. Revista O Mundo da Usinagem. Publicação Divisão Coromant Sandvik do Brasil. 53.2008, p.12-16, 2008.