

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA

GUILHERME FUKUOKA VIEIRA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA
SOLUÇÃO DE PROBLEMA NO SETOR
AUTOMOBILÍSTICO**

Taubaté – SP

2018

**JOÃO PAULO DE OLIVEIRA
GUILHERME FUKUOKA VIEIRA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA
SOLUÇÃO DE PROBLEMA NO SETOR
AUTOMOBILÍSTICO**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

**Taubaté – SP
2018**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

O482a Oliveira, João Paulo de
Aplicação da metodologia Seis Sigma na solução de problema no setor
automobilístico / João Paulo de Oliveira; Guilherme Fukuoka Vieira. -- 2018.
38 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.

Orientação: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos, Departamento de
Engenharia Mecânica.

1. DMAIC. 2. Qualidade. 3. Seis Sigma. I. Título. II. Vieira, Guilherme
Fukuoka. III. Graduação em Engenharia Mecânica.

CDD – 658.562

**JOÃO PAULO DE OLIVEIRA
GUILHERME FUKUOKA VIEIRA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA SOLUÇÃO DE
PROBLEMA NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **"GRADUADO
EM ENGENHARIA MECANICA"**

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Me. FÁBIO SANTEJANI

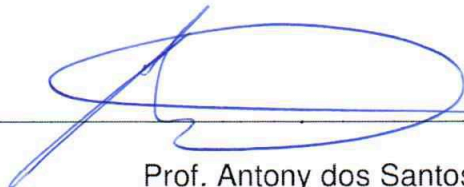
Coordenador de Trabalho de Graduação

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Antony dos Santos

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

22 de novembro de 2018

Dedico este trabalho aos nossos pais, José Marcelo de Oliveira, Silvana Carvalho de Oliveira, Luiz Gonzaga Vieira da Cruz e Dina Fukuoka Vieira, esposa Cássia Dayane Salgado Sales e filha Micaela de Oliveira.

AGRADECIMENTOS

A nosso Deus pai por ter nos concedido saúde, determinação e força para lutar e superar todas as dificuldades enfrentadas durante o curso.

Aos nossos pais José Marcelo de Oliveira, Silvana Carvalho de Oliveira, Luiz Gonzaga Vieira da Cruz e Dina Fukuoka Vieira por todo apoio, incentivo e paciência.

A Cássia Dayane Salgado Sales por apoiar e acreditar durante todo este período, com carinho e incentivo.

Aos companheiros de curso, por toda ajuda e companheirismo.

Ao nosso orientador e amigo, Prof. Me. Ivair Alves dos Santos por toda atenção, incentivo, motivação e aprendizado passado durante a orientação deste trabalho e durante todo o curso.

Aos professores por todo conhecimento e orientações de carreira transmitidos.

E por fim, agradecemos a todos que direta e indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

“Sem dados, você é apenas uma pessoa qualquer
com uma opinião.”
(WILLIAM EDWARDS DEMING)

RESUMO

Nos dias atuais as empresas convivem com vários problemas diários de manufatura, estes devidos problemas geram um custo não previsto e a insatisfação do cliente. Este Trabalho apresenta um estudo de caso, com base em um ambiente industrial, onde uma não conformidade apresentada pelo cliente é corrigida através da aplicação da metodologia Seis sigma. A proposta deste projeto é apresentar e empregar a metodologia a fim de solucionar ou reduzir a não conformidade para níveis aceitáveis. Para tal propósito, foram utilizados o ciclo DMAIC e algumas ferramentas estatísticas da qualidade.

Palavras-chave: DMAIC, qualidade, seis Sigma.

ABSTRACT

Nowadays, companies deal with several daily manufacturing problems, these problems generate an unplanned cost and customer dissatisfaction. This paper presents a case study, based on an industrial environment, where a non-compliance presented by the client is corrected through the application of the Six sigma methodology. The proposal of this project is to present and use the methodology in order to solve or reduce the nonconformity to acceptable levels. For this purpose, the DMAIC cycle and some statistical quality tools are used.

Keywords: DMAIC, quality, Six Sigma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da Metodologia DMAIC	16
Figura 2 - Pirâmide Seis Sigma.	17
Figura 3 - Fonte de dados	23
Figura 4 - Cálculo DPMO Inicial.....	24
Figura 5 - Mapeamento do processo	25
Figura 6 - Tensionador da Corrente sem o Plug Protetor.....	25
Figura 7 - Inexistência de réguas guia de nylon no transportador	26
Figura 8 - Cronograma de Manutenção Preventiva dos Transportadores com Proteção de Nylon.....	29
Figura 9 - Auxílio Visual para verificação dos possíveis defeitos superficiais na região do tensionador.....	29
Figura 10 - Plug protetor adaptado ao cabeçote	30
Figura 11 - Placas guia de nylon.....	31
Figura 12 - DPMO atual do processo.....	32
Figura 13 - DPMO antigo do processo	32

LISTA DE GRÁFICOS

Grafico 1 - Riscos e batidas na face do tensionador apresentou redução significativa no Indicador de Desempenho da linha de usinagem de cabeçotes.....	27
Grafico 2 - Riscos e batidas na face do tensionador apresentou redução significativa no Indicador de Desempenho da linha de montagem	27
Grafico 3 - Riscos e batidas na face do tensionador apresentou redução significativa no Indicador de Desempenho da linha de montagem	28

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
VOC	Voice of the Customers
SIPOC	Supplier-Input-Process-Output-Customer
DPMO	Defeitos por milhão de oportunidades

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	14
1.3	RELEVÂNCIA DO ESTUDO	14
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	16
2.1	SEIS SIGMA E SUA IMPORTÂNCIA À QUALIDADE	16
2.2	METODOLOGIA DMAIC	18
2.2.1	Fase Definir	19
2.2.2	Fase Medir	19
2.2.3	Fase Analisar	20
2.2.4	Fase Melhorar	20
2.2.5	Fase Controlar	20
2.2.6	Tensionador da corrente no cabeçote	20
2.2.7	Importância do uso correto do óleo no motor	21
3	METODOLOGIA	22
3.1	EMPRESA ESTUDADA	22
3.2	UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA	22
3.3	PREPARAÇÃO DO ESCOPO	22
3.4	Medir	23
3.5	Analisar	24
3.6	Melhorar	26

3.7	Controlar	28
4	RESULTADOS	30
4.1	Ações de melhoria implementadas no processo	30
4.2	Análise de dados obtidos no software minitab.....	31
5	CONCLUSÃO.....	33
6	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais as empresas convivem com vários problemas diários de manufatura, estes devidos problemas geram um custo não previsto, uma metodologia criada para reduzir e eliminar estas não conformidades é o Seis Sigma.

Este trabalho foi elaborado no cenário atual anteriormente mencionado 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 solução de problemas na indústria.

A 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.

A metodologia Seis Sigma é um conjunto de ferramentas da qualidade, que tem como objetivo principal otimizar e maximizar os processos de uma empresa, eliminando seus defeitos e reduzindo-os na medida do possível.

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.

Um problema grave no processo de manufatura de peças automobilísticas são os vazamentos de fluidos, como por exemplo óleo, água, aditivo e etc.

O problema abordado neste projeto se trata de um vazamento de óleo no tensionador da corrente do motor, ocasionando custo da má qualidade e insatisfação do cliente. O vazamento de óleo no cabeçote do motor é um problema comum na rotina de quem possui veículo para transporte. Porém, não deve ser esquecido, pois pode provocar complicações mais graves com o tempo. O óleo do motor tem a função de lubrificar todas as peças do veículo sejam corretamente. A falta dele pode surgir desde problemas simples, como um grande atrito entre as peças, desgastes, até mesmo algum problema bem mais sério ao cabeçote e suas peças.

Este estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa automobilística localizada no Vale do Paraíba. 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.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como foco solucionar uma não conformidade utilizando a metodologia seis sigma e aplicando a ferramenta DMAIC, visando eliminar e solucionar o problema do furo do tensionador da corrente de comando do motor, assim aumentando a qualidade e a satisfação do cliente.

1.1.2. Objetivos Específicos

Mostrar o quão importante e aplicação da metodologia seis sigma e a ferramenta DMAIC em um processo fabril, confirmando a sua eficiência e relevância no uso da mesma.

1.2. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Foi desenvolvido em uma empresa automobilista do vale do paraíba, após reuniões realizadas no setor responsável, foi apontado a utilização da ferramenta DMAIC para o levantamento e a solução dos problemas indicados.

1.3. RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A importância deste estudo de caso, é apresentar a eficiência da metodologia Seis sigma aplicada na empresa, reduzindo custos da má qualidade, reclamação do cliente e solucionado problemas de processo diários que surgem na manufatura.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em capítulos e subcapítulos. O capítulo 1, mostra a importância e o porque do estudo, contendo o escopo, objetivos e metodologia usada.

No capítulo 2 está a relação literária sobre qualidade e o DMAIC.

No capítulo 3 expõe a metodologia adotada no estudo, apresentando como foi o apontamento de dados e como foi direcionada a pesquisa.

No capítulo 5 coloca as considerações finais e a conclusão do estudo.

Ao final, são apresentadas as referências usadas neste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Nosso trabalho abrange a utilização da metodologia DMAIC, utilizando e especificando suas fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar conforme a Figura 1, dentro dos processos de manufatura nas empresas automobilísticas, envolvendo a qualidade, requisito importante para o fabricante destacar-se no mercado global automobilístico.

Figura 1 - Etapas da Metodologia DMAIC



Fonte: Bridge Consulting (2013)

2.1. SEIS SIGMA E SUA IMPORTÂNCIA À QUALIDADE

Segundo Santos (2018), o mercado industrial atual, exige um alto nível de qualidade e satisfação do cliente, e as empresas cada vez mais buscam melhorias em seus processos de manufatura, todas buscam sair na liderança. Uma metodologia que está sendo implementada nas empresas é o Seis Sigma, com objetivo de solucionar problemas internos e reduzir custos ao máximo. Sendo cada vez mais importante a Qualidade como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Pirâmide Seis Sigma.

Fonte: Bridge Consulting (2010)

Empresas que aderem a metodologia DMAIC agregam valor altíssimo na redução de custos, estando sempre à frente das empresas que decidem não utilizar esta metodologia, sendo comprovado por estudos e teses, alavancando as margens de lucros e sucesso com seus clientes, segundo Harry e Schroeder (2000). Para se obter o sucesso desejado é necessário um investimento no início, mas no final de qualquer projeto seis sigma a solução de problemas e retorno financeiro economizado pelas empresas são de alto valor, de acordo com (SCATOLIN, 2005).

Segundo Hoerl (2001), por organizações de grande porte implementar a metodologia DMAIC, o mercado global acredita que se popularizar a metodologia irá ter projetos bem-sucedidos, como por exemplo a Motorola e IBM. Uma empresa que se destacou e recebeu o prêmio Malcolm Baldrige de Qualidade foi a Motorola em 1988 (BREYFOGLE III ET AL. 2001).

A consagração da Metodologia DMAIC tem como base redução de custos e melhoria do processo produtivo, através de apontamento de dados e controle de não conformidades, obtendo maior balanceamento na produtividade (BISGAARD e FREIESLEBEN, 2001).

Segundo Sanders e Hild (2001) o DMAIC tem como fundamento o fato de que a variação na qualidade dos processos e produtos exerce influência nos tempos e nos custos de fabricação, sendo ligado diretamente a satisfação dos clientes.

O seis sigma é uma metodologia que está em alta, sendo empregado nos mais diversos setores do ramo empresarial, procurando sempre a melhora da qualidade e aumento da lucratividade. Uma vez a metodologia aplicada realiza-se

estudos detalhados do processo para a obtenção da causa raiz do problema, quando encontrado e sugerido a melhoria (DAMBHARE ET AL. 2013).

A metodologia DMAIC quantifica a variação existente entre processo e procedimento usando indicadores estatísticos, a metodologia Seis Sigma é classificada por uma escala, que transforma a quantidade de defeitos por milhão, segundo (WERKEMA, 2013).

A escala sigma é definida por, quanto maior o valor nessa escala, maior será seu grau de qualidade. Obtendo o grau de defeitos por milhão de oportunidades de falhas que possivelmente podem acontecer, com estes dados as empresas podem de preparar ao mercado e concorrentes. Como meta das empresas diminuir uma porcentagem de 20% em suas perdas e problemas é o necessário para suprir a necessidade de se manter-se na briga no mercado industrial (SANTOS, 2018).

Segundo Antony e Banuelas (2002) para as indústrias obterem maior rendimento lucrativo e fundamental a aplicação da ferramenta DMAIC, seu resultado deve ser satisfatório financeiramente, reduzindo o processo de retrabalho e visando a melhoria geral da produção.

2.2. METODOLOGIA DMAIC

A Metodologia DMAIC é definida em cinco etapas definir, medir, analisar, implementar e controlar (KUAN, 2012). Segundo Mandal, (2012) cada etapa é sistemática a outra e não independentes.

Segundo Santos (2018), com o acompanhamento nos planos de ações adaptados de acordo com o escopo da empresa, a implementação da metodologia DMAIC irá obter sucesso no final.

A correção dos problemas é apontada pela implementação do DMAIC, assim a melhora do processo e solução de problemas é apresentada pelo Seis Sigma. Com base em indicadores e informações, a metodologia DMAIC é vista como um modelo de aprendizagem, por abordar etapas (estudos de processo), porem com o objetivo de executar as atividades de melhoria (MIN, 2014).

Segundo Jaglan (2012), caso a metodologia de resolução de problemas não for capaz de resolver o problema, existe grande probabilidade de a solução ser ineficaz e conseqüentemente surgirá novamente o problema detectado com o passar do tempo.

A seguir será apresentado e explicado cada fase que compõe a metodologia DMAIC (Seis Sigma).

2.2.1. Fase Definir

Segundo Mim (2014), durante a etapa definir, a determinação da equipe e suas atribuições, o escopo do projeto, a finalidade, o cronograma e as informações financeiras devem ter prioridades e ser bem escolhidas.

O objetivo principal desta etapa é identificar e definir o problema, o processo ou oportunidade de melhoria a ser trabalhada.

Os dados que serão obtidos nesta etapa serão responsáveis pela origem de resultados insatisfatórios, como por exemplo: problemas internos e reclamações de clientes, custos de mão de obra acima do planejado, alto índice de scrap, custos de não qualidade, etc (CARVALHO;PALADINI, 2005).

Segundo Jaglan (2012), definir o problema é definir o que o cliente exige.

2.2.2. Fase Medir

Segundo Lin et al. (2013), o sentido desta parte é estabelecer métodos para apontamento de dados sobre o panorama geral do setor. A coleta é feita quantitativamente e qualitativamente por meio de indicadores de desempenho etc.

Segundo Kuan. (2012). E nesse processo que as características críticas da qualidade em desbalanceamento do processo são estabelecidas.

Os dados apontados têm como característica mostrar as oportunidades de melhoria. Como identificação principal vale os aspectos que anteriormente não foram destacados, exigindo uma forte atenção para eles, pois é a fase onde se pode identificar um problema que anteriormente não teve relevância.

Estes dados serão determinativos para a validação e a quantificação da não conformidade ou oportunidade, tendo como base tomar decisões de prioridade nesse problema (LIN ET AL. 2013).

2.2.3. Fase Analisar

A fase de analisar aponta não conformidades ou variáveis para o processo. Devido a isso os dados são coletados a partir de métodos estáticos para que seja o máximo preciso essa coleta (JAGLAN 2012).

2.2.4. Fase Melhorar

Após analisar todos os dados e potenciais problemas identificados, determina-se a maneira de intervenção com intuito de reduzir os níveis de defeito do processo.

De acordo com Santos (2006), uma certificação está totalmente relacionada a eliminação do problema ou uma solução mais apta, prevendo de que se haja reincidência.

2.2.5. Fase Controlar

O reconhecimento da implementação da melhoria, e a análise dos ganhos feitos se dá a última fase do DMAIC, onde ferramentas de controle são implantadas (MATOS, 2003).

2.2.6. Tensionador da corrente no cabeçote

Uma peça importante para um bom funcionamento do motor é o tensionador da corrente no cabeçote, que tem como função esticar a correia na medida correta, existe o tensionador mecânico e o automático, trabalhando sempre lubrificado por óleo, a tensão correta da corrente varia de cada modelo de veículo (Bridge Consulting 2010).

A devida manutenção periódica nada mais é do que a troca do lubrificante, por a corrente ser metálica é lubrificada pelo óleo do motor e o tensionador por ser hidráulico necessita da pressão correta do sistema para ajustar a corrente de forma certa (Bridge Consulting 2010).

O tensionador precisar estar corretamente ajustado, caso não esteja, panes no tensinador acabam com a corrente de comando se tornando um grande problema (Bridge Consulting 2010).

Vários problemas podem surgir com a folga na corrente como: ruído interno no motor, motor fora de eixo, baixo rendimento de desempenho e consumo alto de gasolina ou etanol. Podendo até piorar com tempo, o pistão poderá atropelar válvulas do cabeçote em funcionamento (Bridge Consulting 2010).

2.2.7. Importância do uso correto do óleo no motor

Para o correto funcionamento do tensionador leva-se em consideração a lubrificação indicada, agindo diretamente na vida do motor e seus componentes e deve ser feita na rotina de manutenção. A função do óleo com base em sua viscosidade é evitar atrito entre as peças metálicas do motor, impedindo que se danifiquem ou até parem o motor. Por este motivo, a troca deve ser feita semestralmente, pois aos poucos o óleo vai perdendo sua viscosidade e aderência, prejudicando o motor e o funcionamento do tensionador (Bridge Consulting 2010).

3 METODOLOGIA

3.1. EMPRESA ESTUDADA

O caso foi estudado e realizado por meio de apontamento de dados, com o acompanhamento diário da produção e indicadores de desempenho. Foi utilizado ferramentas capazes de aportar dados uteis ao andamento do estudo.

A metodologia e o estudo do caso foram realizados em uma grande empresa automobilística do vale do Paraíba, onde a mesma tem como foco a montagem e a usinagem de peças que compõe o motor, o objetivo principal foi apontar e solucionar as eventuais não conformidades.

Para manter a liderança no mercado e a satisfação do cliente é sem dúvida manter a altíssima qualidade em seus processos e fabricações. Para manter essa qualidade são necessários ferramentas e indicadores capazes de analisar e apontar as causas raízes das não conformidades (HILLMANN 2014).

3.2. UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA

O capítulo tem como objetivo mostrar o andamento da metodologia DMAIC, apresentada e detalhada conforme os parâmetros do projeto apontados nesse trabalho. Serão mostrados e detalhados os processos definir, medir, analisar, melhorar e controlar com foco na solução do vazamento do tensionador da corrente do cabeçote.

3.3. PREPARAÇÃO DO ESCOPO

Como ponto inicial constituímos a parte de definir onde temos como foco a causa do vazamento de óleo no tensionador, deve-se analisar e mostrar as especificações de qualidade e requisitos do cliente.

Para o embasamento de dados foram apontadas possíveis causas do problema do tensionador, a ferramenta usada para essa parte do projeto foi por meio do VOC (Voice of the Customers).

O SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Customer) traduzindo para português como Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas e Clientes, foi aplicado

para a facilitação e a visualização mais aberta sobre o processo. Após um “Brainstorming” com todos os integrantes do projeto foi gerado um diagrama de Ishikawa, apontando graficamente as possíveis causas do vazamento.

Com o diagrama foram mensuradas e indicadas as causas mais importantes. O resultado da matriz causa e efeito gerou um gráfico de Pareto.

3.4. MEDIR

Nesta etapa foi executada a coleta de dados e informações necessárias do projeto a ser estudado, via indicadores e medições que atuavam diretamente no processo de fabricação e rendimento.

Foram coletados todos dados que poderiam estar influenciando no defeito, através do brainstorm foram definidos e obtidos uma fonte de dados conforme Figura 3.

Para identificar os desvios padrões de processo e limites de especificações, calculamos o nível sigma através do DPMO (Defeitos por milhão de oportunidades) conforme Figura 4.

Figura 3 - Fonte de dados

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
	Vazamento de óleo do tensionador da corrente do motor zetec rocam	Batimento do Fuso	Falta de precisão	Furação mal direcionada	Medidas incorretas definidas pelo projeto	Transporte da peça
Dados Existentes	Reclamação do cliente sobre o vazamento de óleo do motor	Manutenção Preventiva				
Dados Necessários			Implementação de relógios comparadores para verificação de medidas dos eixos	Manutenção Preventiva	Revisão do Projeto	Planejamento para melhor forma de transporte da peça

Fonte: O Próprio Autor

Figura 4 - Cálculo DPMO Inicial

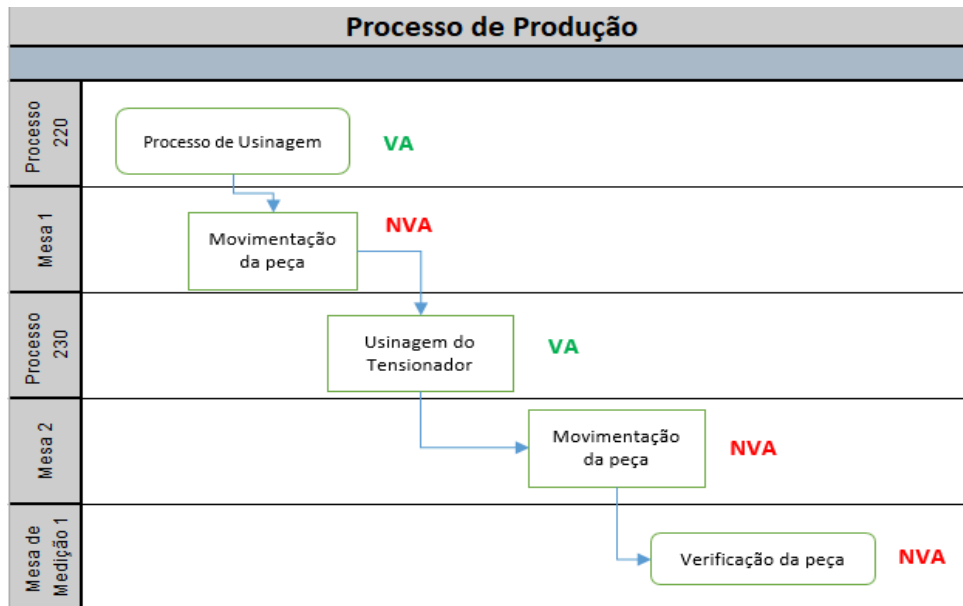
Amostragem	291281	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	1221	Unidades
Total de oportunidades	291281	Erros
Rendimento	99,5808	%
Rejeição	0,41918	%
DPU	0,00419	
DPO	0,004192	
DPMO	4191,83	
NIVEL SIGMA	2,64	LONGO PRAZO
	4,14	CURTO PRAZO

Fonte: O Próprio Autor

3.5. ANALISAR

Após serem analisadas todas informações coletadas e feito o mapeamento de processo conforme Figura 4, a equipe responsável constatou a variável que mais prejudicava e mais contribuía para o modo de falha era nas áreas de estoque de peças e de transporte da peças onde não existia um plug de proteção, conforme a Figura 6, com finalidade em evitar batidas na região de alojamento do tensionador da corrente e evitar riscos. Constatou-se também a inexistência das régua guia de nylon Figura 7 as quais têm como função proteger as peças no processo de transporte.

Figura 5 - Mapeamento do processo



Fonte: O Próprio Autor

Figura 6 - Tensionador da Corrente sem o Plug Protetor



Fonte: O Próprio Autor

Figura 7 - Inexistência de réguas guia de nylon no transportador



Fonte: O Próprio Autor

3.6. MELHORAR

Foi elaborado um plano de ação pela equipe responsável pelo estudo para a variável que mais contribuía para esse modo de falha:

- a) Ação 1: Implantação do plug de proteção no cabeçote a fim de evitar riscos e batidas na região de alojamento do tensionador da corrente;
- b) Ação 2: Implantação de réguas guia de nylon as quais têm como função proteger as peças no processo de transporte evitando possíveis defeitos superficiais.

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 dos cabeçotes conforme Gráfico 01;

Eficácia da Ação 2: Redução de riscos e batidas na face do tensionador na linha de montagem conforme Gráfico 02;

Eficácia da Ação 3: Redução de riscos e batidas na face do tensionador no estoque de peças conforme Gráfico 03.

Grafico 1 - Riscos e batidas na face do tensionador apresentou redução significativa no Indicador de Desempenho da linha de usinagem de cabeçotes



Fonte: O Próprio Autor

Grafico 2 - Riscos e batidas na face do tensionador apresentou redução significativa no Indicador de Desempenho da linha de montagem



Fonte: O Próprio Autor

Grafico 3 - Riscos e batidas na face do tensionador apresentou redução significativa no Indicador de Desempenho da linha de montagem



Fonte: O Próprio Autor

3.7. CONTROLAR

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

Implementação de um cronograma de manutenção preventiva dos transportadores com proteção de nylon conforme Figura 8;

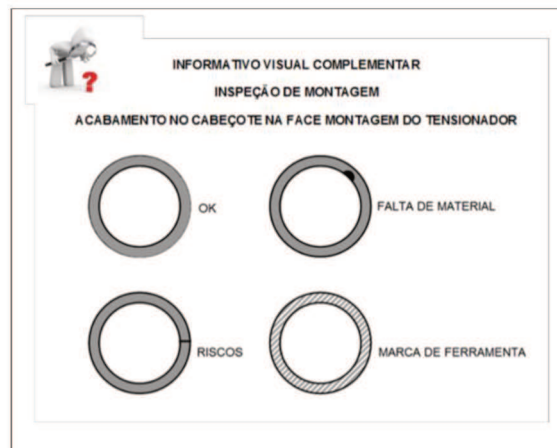
Elaboração de um auxílio visual para verificação de defeitos superficiais na região do tensionador conforme Figura 9.

Figura 8 - Cronograma de Manutenção Preventiva dos Transportadores com Proteção de Nylon

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	
Restrigger 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
		PADRÃO ESPERADO:	0
	10.00	1. NYLONS DE APOIO DOS CABEÇOTES DA SAÍDA DA LAVADORA DEVEM ESTAR EM BOM ESTADO.	
		2. NÃO DEVE HAVER DESGASTE EXCESSIVO. SE NECESSÁRIO, SOLICITAR COMPRA.	
		ORIENTAÇÕES BÁSICAS:	0
		1. TRAVAR FONTES DE ENERGIA, SE NECESSÁRIO.	
	20.00	2. VERIFICAR ESTADO GERAL DOS NYLONS DE APOIO. VERIFICAR SE HÁ DESGASTE EXCESSIVO.	
		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 PARTÍCULAS VOLANTES - USAR ÓCULOS DE SEGURANÇA	
	30.00	4. EXPOSIÇÃO A RUÍDO ELEVADO - USAR PROTETOR AURICULAR ADEQUADO	

Fonte: O Próprio Autor

Figura 9 - Auxílio Visual para verificação dos possíveis defeitos superficiais na região do tensionador



Fonte: O Próprio Autor

4 RESULTADOS

As ações de melhoria implementados neste estudo de caso a fim de corrigir a possível não conformidade no processo é apresentada nesta etapa do trabalho, apresentando resultados e dados estatísticos do estudo.

4.1. AÇÕES DE MELHORIA IMPLEMENTADAS NO PROCESSO

Através dos dados obtidos e planos de ações planejados, foi possível implementar melhorias no processo com objetivo de reduzir ou eliminar as possíveis peças descartadas por possíveis impactos e batidas na região de alojamento do tensionador no cabeçote. O plano de ação implementado nesta não conformidade foi a adaptação de um plug de plásticos no alojamento do tensionador da corrente conforme Figura 10.

Figura 10 - Plug protetor adaptado ao cabeçote



Fonte: O Próprio Autor

A segunda melhoria adaptada ao processo foi a implementação de placas guia feitos de nylon, na lateral do trilho de transporte das peças conforme Figura 11, com objetivo de eliminar batidas e riscos na área do alojamento do tensinador da corrente.

Figura 11 - Placas guia de nylon



Fonte: O Próprio Autor

4.2. ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS NO SOFTWARE MINITAB

Implementado as melhorias no processo foi possível efetuar um novo cálculo de Defeitos por milhão de oportunidade a fim de medir novamente o nível sigma do processo estudado. Através de novos indicadores, foi obtido no minitab O DPMO atual do processo informando que na escala sigma o nível final atingiu 5,90 a longo prazo conforme Figura 12, lembrando que o nível sigma anterior as melhorias era de 2,64 conforme Figura 13. O atual nível sigma apresentou o resultado esperado no processo corrigindo a não conformidade e elevando o nível de qualidade.

Figura 12 - DPMO atual do processo

Amostragem	56155	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	0,0001	Unidades
Total de oportunidades	56155	Erros
Rendimento	100,0000	%
Rejeição	0,00000	%
DPU	0,00000	
DPO	0,000000	
DPMO	0,00	
NIVEL SIGMA	5,90	LONGO PRAZO
	7,40	CURTO PRAZO

Fonte: O Próprio Autor

Figura 13 - DPMO antigo do processo

Amostragem	291281	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	1221	Unidades
Total de oportunidades	291281	Erros
Rendimento	99,5808	%
Rejeição	0,41918	%
DPU	0,00419	
DPO	0,004192	
DPMO	4191,83	
NIVEL SIGMA	2,64	LONGO PRAZO
	4,14	CURTO PRAZO

Fonte: O Próprio Autor

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a aplicação da metodologia Seis Sigma em um processo que apresentava uma não conformidade, causando o descarte de peças defeituosas, insatisfação do cliente e prejuízo financeiro. Utilizando cada etapa do DMAIC, software de cálculo e indicadores, foi possível identificar a causa raiz da não conformidade, sendo então possível implementar melhorias e otimização do processo.

Neste estudo de caso foi possível solucionar o vazamento de óleo no tensionador da corrente do cabeçote, onde concluímos que:

É altamente eficaz a aplicação da ferramenta DMAIC, tendo contribuído para a resolução da não conformidade, aumentando a satisfação do cliente, reduzindo gastos e retrabalho. Observou-se uma melhora significativa nos indicadores de rejeitos por vazamento e avaliação de qualidade dos clientes.

A metodologia é recomendada a ser aplicada em todos processos possíveis afim de eliminar qualquer problema identificado, sendo uma ferramenta chave para a melhoria contínua do processo.

6 REFERÊNCIAS

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.

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.

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

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

DAMBHARE, SUNIL **Productivity Improvement of a Special Purpose Machine Using DMAIC Principles: A Case Study** Journal of Quality and Reliability Engineering, 2013.

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

KUAN, Chuen-Sheng Cheng Chi-Ming (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

SANTOS, A. C.; COPPINI, L. N. **Aplicação da metodologia DMAIC na usinagem automobilística**. Novas Edições Acadêmicas, 2018.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. **Contribuições do Seis Sigma**: estudo de caso em multinacionais. Produção, v.20, n.1, jan./mar. 2010.

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.

SCATOLIN, A. C. **Aplicação da metodologia seis sigma na redução das perdas de um processo de manufatura**. São Paulo: [s.n.], 2005.

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