

Seis Sigma e ferramentas da qualidade: projeto de melhoria na diminuição dos índices de defeitos de guarnições automotivas

Six Sigma and quality tools: project to improve the decrease of defect indexes in automotive trims

Linda Catarina Gualda Gualda 

Fatec Itapetininga
lindacatarina@hotmail.com

Lucas Sttevan Ramos Dores 

Fatec Itapetininga
lucas.dores@fatec.sp.gov.br

Gustavo Pinto Petrechen 

Fatec Itapetininga
gustavo.petrechen@fatec.sp.gov.br

Lucas Kiyoharu Otaki 

Fatec Itapetininga
lucas.otaki@fatec.sp.gov.br

Mauro Sergio Ferreira 

Fatec Itapetininga
mauro.ferreira@fatec.sp.gov.br

RESUMO

A metodologia Seis Sigma tem por objetivo a redução das variações de processos, eliminando possíveis causas e ocorrências de defeitos. Composta por cinco passos, os quais são sintetizados na sigla DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), a metodologia almeja otimizar o controle de qualidade e a estabilidade do processo em um sistema de gestão. Nesse sentido, o trabalho apresenta um projeto de melhoria realizado em uma empresa fabricante de autopeças na cidade de Itapetininga/SP em 2021. Ao analisar o processo de moldagem por injeção de guarnições de Etileno-Propileno-Dieno Monômero (EPDM) automotivas, foi constatado um alto índice de defeitos. A partir da sequência DMAIC do Seis Sigma, juntamente das ferramentas da qualidade folhas de verificação e os diagramas de Pareto e de Ishikawa, realizou-se o levantamento dos grupos de causas, a fim de implementar ações de melhoria. Dessa forma ao constatar as não conformidades recorrentes e suas causas, foi elaborado um projeto de melhoria o qual dividiu-se em ações objetivando a otimização e eficiência do processo. Após a realização de tais ações, verificou-se que os objetivos de redução de defeitos foram alcançados impactando na lucratividade da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologia Seis Sigma. Melhoria de Processos. Gestão de Processos. Controle de Qualidade.

ABSTRACT

Six Sigma methodology aims to reduce process variations, eliminating possible causes and occurrences of defects. Composed of five steps which are summarized in the acronym DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), the methodology aims to optimize quality control and process stability in a management system. In this sense, the work presents an improvement project carried out in an auto parts manufacturer in the city of Itapetininga/SP in 2021. When analyzing the injection molding process of automotive Ethylene-Propylene-Diene Monomer (EPDM) gaskets, it was found a high rate of visual defects in the trims. Based on the Six Sigma methodology, the DMAIC sequence and quality tools as check sheets, Pareto and Ishikawa diagrams, the group of causes were surveyed, to implement improvement actions. That way, upon finding the recurring non-conformities and their causes, an improvement project was prepared which was divided into action aiming at the optimization and efficiency of the process. After carrying out such actions, it was found that the defect reduction objectives were achieved, impacting the company's profitability.

KEYWORDS: *Six Sigma Methodology. Processes Improvement. Processes Management. Quality Control.*

INTRODUÇÃO

A metodologia Seis Sigma (*Six Sigma*) é uma ferramenta internacionalmente reconhecida e largamente adotada por empresas para identificar e implementar melhorias nos processos internos de uma determinada companhia garantindo, dessa forma, otimização das atividades processuais, diminuição nos custos de operação e, conseqüentemente, aumento dos lucros. Tal metodologia foca na redução das variações de processos, eliminando possíveis causas e ocorrências de defeitos, objetivando minimizar os erros de medição (ULUSKAN; ERGINEL, 2017, *apud* BIAZETTO; CHIROLI; GLAVAM, 2019).

Para isso, a metodologia apresenta uma sequência para execução de um projeto de melhoria denominada DMAIC, que corresponde ao acrônimo dos termos em inglês *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*, que em português significa: 1) Definir: determinar o que se espera do projeto; 2) Medir: obtenção de dados sobre o processo; 3) Analisar: identificar as causas raízes do problema; 4) Melhorar: propor uma solução para cada causa raiz e 5) Controlar: monitorar os resultados alcançados.

Utilizando ferramentas específicas em cada etapa como, por exemplo, as Folhas de Verificação, o Diagrama de Ishikawa e o Diagrama de Pareto (ZÁRATE; ALEJANDRO, 2018), a ferramenta almeja otimizar o controle de qualidade e a estabilidade do processo em um sistema de gestão.

A metodologia é quantitativa, estruturada e disciplinada. Quantitativa, pois trabalha com estatística baseada em dados. Estruturada, pois utiliza a sequência DMAIC. Disciplinada, pois exige um tempo mínimo de dedicação em função de um bom resultado. Essa metodologia trabalha com três grandes objetivos, que são: redução de custos, otimização de produtos e processos e incremento da satisfação do cliente (COUTINHO, 2020, p.2)

Na indústria automobilística, as guarnições são peças que funcionam para vedar, proteger e facilitar a montagem em certas partes específicas de um automóvel. Em linhas gerais, são feitas de borracha Etileno-Propileno-Dieno Monômero (EPDM), um material que deve resistir ao intemperismo, a fadiga e ao desgaste a que são submetidas. Sabe-se que o processamento das guarnições ocorre por moldagem por injeção (ARAÚJO, 2014). Dessa forma, na montagem de veículos, um problema comum é o descolamento das guarnições em pontos específicos. A fim de minimizar os índices de defeitos de guarnições de EPDM em uma fabricante de autopeças, cujos clientes são grandes montadoras, exigindo elevado padrão de qualidade, foi proposto um projeto de melhoria, ou seja, um estudo de caso da aplicação da sequência DMAIC juntamente com as ferramentas Folha de Verificação, Diagrama de Pareto e Diagrama de Ishikawa.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 SEIS SIGMA: SURGIMENTO E IMPORTÂNCIA

O surgimento do Seis Sigma se deu na década de 1980, mais precisamente no ano de 1987, pela empresa Motorola, fabricante de eletrônicos desde 1928, com o objetivo de se tornar uma empresa mais competitiva, produzindo produtos mais baratos e de melhor qualidade. No ano seguinte à implementação do programa (1988), a Motorola foi premiada com o Prêmio Nacional de Qualidade *Malcolm Baldrige*, um importante prêmio reconhecido mundialmente na indústria. Desta forma, o programa de melhoria Seis Sigma se tornava popular tendo a empresa Motorola como a responsável pelo seu início (ROVETA, 2013).

A metodologia evoluiu muito desde seu surgimento, sendo aplicada em diversas áreas do conhecimento, na medida em que engloba tanto processos produtivos mais industriais, como também processos administrativos (*Lean Office*), logísticos (*Logística Lean*) e relacionados à área de saúde (*Lean Healthcare*). Mediante essa evolução, aumentou-se o número de ferramentas que a metodologia Seis Sigma utiliza considerando, atualmente, a revolução tecnológica e os diversos *softwares* disponíveis para análise de dados estatísticos.

Nesse sentido, “a metodologia Seis Sigma é uma estratégia gerencial, na qual você define como vai ser sua rotina e como você vai desenvolver um trabalho de melhoria nos seus processos, na sua empresa” (COUTINHO, 2020, p.2). Para um processo alcançar o chamado padrão Seis Sigma significa produzir 99,9997% em conformidade, ou seja, apenas 3,4 defeitos são gerados por milhão de oportunidades (ECKES, 2001 *apud* ARANTES, 2014).

1.2 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DMAIC

A sigla DMAIC diz respeito a uma sequência de cinco fases, a saber: 1) Definir: busca identificar as necessidades e requisitos junto aos clientes, associando-os aos objetivos estratégicos da empresa para, então, se definir processos críticos que deverão se tornar projetos de melhoria que possam beneficiar a organização; 2) Medir: aplicação de ferramentas estatísticas para traçar o estado atual dos processos a serem trabalhados, estabelecendo-se metas de aprimoramento e resultados; 3) Analisar: verificar detalhadamente o processo a fim de determinar variáveis, causas e consequências que levam a ocorrência das variações e defeitos a partir do uso de ferramentas específicas; 4) Melhorar: realizar ações corretivas e preventivas, atuando nos principais fatores que influenciem nas causas das variações e nas fontes de defeitos para melhoria do processo alvo e, por fim, 5) Controlar: aplicação de ferramentas com intuito de manter as melhorias alcançadas e torná-las resolutivas de forma padrão (CARVALHO *et al.*, 2005 *apud* SOUZA; DEMÉTRIO, 2012).

A sequência DMAIC tem como foco a solução de problemas nos quais as etapas são constituídas utilizando diversas ferramentas, trazendo resultados confiáveis e o controle na qualidade dos processos (WERKEMA, 2013 *apud* CABRAL, 2019), conforme está representado no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Ferramentas do DMAIC

Fase	Atividades	Possíveis Ferramentas
Definir	Definir com precisão o escopo do projeto;	Mapa de raciocínio; Termo de Abertura; Gráfico Sequencial; Carta de Controle; Métricas do Seis Sigma; SIPOC.
Medir	Determinar a localização ou foco do problema;	Avaliação sistema de medição; Estratificação; Carta de controle; Histograma; Boxplot; Folha de Verificação; Índice de Capacidade.
Analisar	Determinar as causas fundamentais do problema prioritário associado a cada uma das metas definidas na etapa anterior;	Fluxograma; Mapa de Processo; Mapa de Produto; Brainstorming; Diagrama de causa-efeito; Teste de hipóteses; Matriz de Priorização; Diagrama de causa-efeito;
Melhorar	Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário;	Brainstorming; Diagrama de Causa e Efeito; Matriz de Priorização; Plano de ação: 5W1H.
Controlar	Garantir que o alcance da meta seja mantido em longo prazo.	Métricas Seis Sigma; Gráfico sequencial; Gráfico de Pareto; Carta de Controle; Avaliação sistema de medição; OCAP;

Fonte: Adaptado de WERKEMA (2013)

1.3 FERRAMENTAS DE QUALIDADE: FOLHAS DE VERIFICAÇÃO

Também conhecida como lista de verificação, *checklist*, ou lista de recolhimento de defeitos, é um formulário utilizado para padronizar e facilitar a coleta de dados, além de uniformizar a verificação e execução de processos. É um formulário planejado para coletar dados, portanto, é uma ferramenta que serve como primeiro passo no início da maioria dos controles de processo ou esforços para solução de problemas. Na indústria, dados registrados em folhas de verificação ajudam a entender se os produtos possuem as especificações exigidas. Por exemplo, é comum folhas de verificação para: Localização de defeito, Existência de determinadas condições, Causas de efeitos, Causas de defeitos, entre outros. Os parâmetros descritos, os resultados e a leitura dos dados escritos nestes formulários devem ser simples e objetivos para aquele que realizar o preenchimento poder identificar corretamente onde e como preencher cada dado (MAICZUK; JÚNIOR, 2013).

Um exemplo desta ferramenta utilizada com o objetivo de apresentar os defeitos com maior recorrência dentro de um processo pode ser observada na Lista 1.

Lista 1: Folha de Verificação para falhas em um processo

Lista de Verificação		
Problema:		
Estágio de Verificação:		Data:
Produto:		Seção:
Total Inspeccionado:		Inspetor:
Lote:		Turno:
Tipo de Defeito	Contagem	Subtotal
Arranhão	□□□	
Trinca	□□	
Revestimento Inadequado	□□□□	
Mancha	□	
Acabamento inadequado	□	
Outros		
		TOTAL
Total Rejeitado		

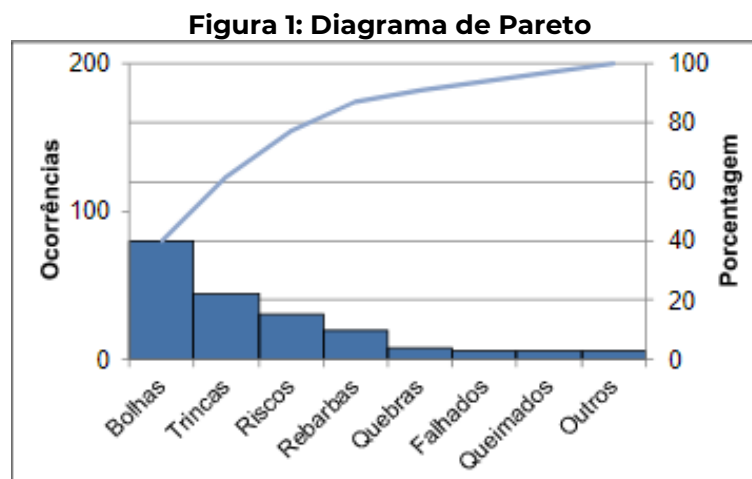
Fonte: Coutinho (2017)

Segundo Lobo (2013) *apud* Fujimoto (2017), a ferramenta Folha de Verificação é vantajosa pela facilidade de uso por qualquer pessoa, efetividade no registro de ocorrências, garantia de dados relevantes e uniformização dos registros.

1.4 DIAGRAMA DE PARETO

O Princípio de Pareto foi formalizado no século XIX por Vilfredo Pareto, um economista italiano que desenvolveu métodos para estudar e descrever a distribuição desigual das riquezas no país. Basicamente, o Diagrama de Pareto é um gráfico utilizado para identificar quais são os fatores mais significativos, indicando os itens que devem ser priorizados e, assim, auxiliando na tomada de decisão. Originalmente, o diagrama foi criado para estudar perdas na indústria, organizando-as por ordem de frequência, por isso é comum dizer que o Diagrama de Pareto ajuda a estabelecer prioridades por mostrar a ordem em que as causas das perdas devem ser sanadas de acordo com sua frequência. Entretanto, também pode ser utilizado em várias outras situações, como por exemplo, na implantação de melhorias (PEREIRA; OLIVEIRA; SOUZA, 2018).

O Diagrama Pareto tem o objetivo de compreender a relação ação-benefício, ou seja, prioriza a ação que trará o melhor resultado. O diagrama é composto por um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências em ordem decrescente e permite a localização de problemas vitais e a eliminação de futuras perdas.



Fonte: Batalha (2008) apud Pereira; Oliveira; Souza, (2018).

Segundo Camargo (2018), para o Diagrama de Pareto ser aplicado, faz-se necessário seguir seis passos básicos: 1) determinar o objetivo do diagrama, ou seja, que tipo de perda será investigada; 2) definir o aspecto do tipo de perda, ou seja, como os dados serão classificados; 3) em uma tabela, ou folha de verificação, organizar os dados com as categorias do aspecto definido; 4) fazer os cálculos de frequência e agrupar as categorias que ocorrem com baixa frequência sob a denominação “outros”; 5) calcular também o total e a porcentagem de cada item sobre o total e o acumulado e 6) traçar o diagrama.

1.5 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

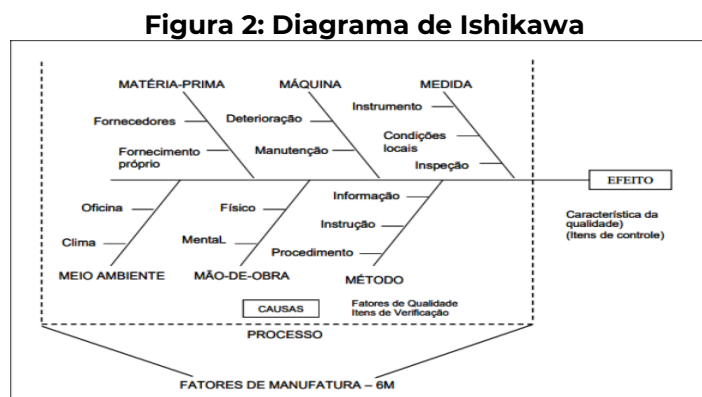
Através do Diagrama de Ishikawa é possível entender a relação entre o efeito e as possíveis causas de um problema em um processo (RODRIGUES, 2010 apud PEREIRA; SILVA, 2017). O diagrama é uma ferramenta gráfica que levanta hipóteses de potenciais causas de variação de processos ou da ocorrência de um fenômeno, interagindo entre si (WILLIAMS, 1995 apud SILVA; TROMBINE; CORREA, 2019). Para construção do gráfico é preciso seguir 6 etapas (SILVA; TROMBINE; CORREA, 2019):

- a) Etapa 1: Definir e delimitar um problema a ser analisado.
- b) Etapa 2: Convocar uma equipe multifuncional que tenha competência e envolvimento para analisar o problema e definir um método como o *Brainstorming*, por exemplo, para realização da análise.

- c) Etapa 3: Definir as principais categorias, como as 6Ms (Máquina, Materiais, Mão de obra, Meio-ambiente, Método, Medição) e buscar levantar as possíveis causas com a equipe, coletando o máximo de sugestões.
- d) Etapa 4: Construir um diagrama no formato “espinha de peixe”, agrupando as causas nas categorias previamente definidas de acordo com a melhor adequação ao problema analisado.
- e) Etapa 5: Detalhar cada causa identificada e preenchida no diagrama.
- f) Etapa 6: Analisar e identificar no diagrama as causas mais prováveis que resultam no problema para que seja elaborado um plano de ação.

A elaboração do diagrama deve ocorrer juntamente com uma equipe multifuncional envolvida com o processo em que o problema analisado está inserido. Além de contribuir para uma solução, o diagrama proporciona motivação no trabalho em equipe e envolve os membros de vários setores em um único objetivo organizacional (SILVA; TROMBINE; CORREA, 2019).

A Figura 2 apresenta um Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Campos (1992) *apud* Schenknecht (2018)

1.6 GUARNIÇÕES AUTOMOTIVAS: DEFINIÇÃO E APLICAÇÃO

As guarnições na indústria de automóveis são peças protetoras que separam as partes móveis, frágeis ou que precisam de proteção extra. Além de responsáveis por resistência aos impactos da chuva ou de outras condições como o vento, a poeira, essas peças, de forma geral, devem resistir a diversos ciclos de estresse mecânicos envolvidos no abrir e fechar de compartimentos e das ações de torção e flexão que ocorrem no automóvel enquanto se

movimenta. Além disso, devem resistir a ciclos de intemperismo e desgaste, muitas vezes incluindo ação de diferentes mecanismos com materiais adicionais como poeira, lama, areia e folhas em decomposição (ARAÚJO, 2014).

1.7 AS BORRACHAS ETILENO-PROPILENO-DIENO (EPDM)

Na produção de guarnições automotivas, de modo geral, a borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM) é a mais utilizada devido à combinação de suas propriedades de processamento, de elasticidade e de grande resistência a ciclos de fadiga mecânica e a ações de intemperismo (GOMES, 2013).

A borracha EPDM é vulcanizada formando ligações cruzadas com enxofre e aditivos, que são acrescentados. A temperatura de vulcanização ocorre acima dos 150 °C resultando em um material com boa resistência ao calor e ao envelhecimento, assim como com boa capacidade de resistir a baixas temperaturas e luz solar. Além disso, apresenta boa elasticidade, bom poder isolante e alta durabilidade (GOMES, 2013 apud REZENDE, 2013).

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo foi realizado em uma empresa fabricante de autopeças situada na cidade de Itapetininga/SP de junho a outubro de 2021, a partir da análise do processo de moldagem por injeção de guarnições automotivas para identificação de defeitos e proposição de melhorias. Foram realizadas pesquisa bibliográfica sobre o assunto por meio de literatura especializada, visitas técnicas à fábrica, além do acompanhamento da produção com o objetivo de serem levantadas não conformidades recorrentes e suas possíveis causas. A partir desses dados, à luz da Metodologia Seis Sigma, da sequência DMAIC e das ferramentas de qualidade supracitadas, propôs-se a implementação de um projeto de melhoria.

Do ponto de vista da natureza de estudo, a pesquisa se caracterizou aplicada, pois, através dos conhecimentos levantados, objetivou-se encontrar uma solução para um problema em específico, envolvendo verdades e interesses locais (GERHARDT; SILVEIRA, 2009 *apud* ESTELAI, 2018). Em relação aos procedimentos, a pesquisa bibliográfica foi essencial na etapa inicial para compreensão e embasamento do tema estudado. Após essa etapa, o estudo de caso foi gerado pela pesquisa com enfoque no tema em um setor da empresa em que o projeto ocorreu

(ZAMMAR, 2020). Para compreensão dos objetivos, o estudo tratou de uma pesquisa explicativa pois, a ocorrência de um fenômeno foi identificada, determinada e contribuída para sua explicação e entendimento de sua razão e porque (GIL, 2008 *apud* ESTELAI, 2018).

Como supracitado, o projeto de melhoria foi planejado seguindo a sequência DMAIC da metodologia Seis Sigma, que envolveram as etapas e suas ações:

Definir: com o auxílio do time de melhoria da empresa, foram identificadas as linhas de moldagem por injeção das guarnições automotivas em que ocorriam os maiores índices de não conformidades. A etapa de identificação dos problemas e suas variáveis foram discutidas com os envolvidos com o processo. Índices de produção foram analisados por meio do resultado de medições de eficiência do processo, tais como: quantidade de peças produzidas por dia e quantidade de refugos. Realizada essa análise e com os números quantificados apresentados dentre todos os defeitos gerados nos processos produtivos foi identificado o processo em que seria esperado maior impacto de um projeto de melhoria.

Medir: As informações coletadas permitiram que fosse possível para o time de melhoria focar por processos e setores específicos para que, ao final do estudo, fosse alcançado o máximo de redução obtendo os melhores resultados de melhoria em pelo menos um dos indicadores, a saber: Quantidade de peça produzida; Quantidade de refugos. Nesta etapa, dados de produção e defeitos foram coletados utilizando folhas de verificação preenchidas pelos inspetores de produção durante um período de 9 dias.

Analisar: os dados foram analisados assim como as não conformidades de maior ocorrência a fim de que suas causas fossem apuradas a partir da elaboração de um diagrama de Ishikawa.

Melhorar: Após a identificação de todas as variáveis que contribuíram na ocorrência do problema, determinou-se os potenciais pontos e ações. Estes impactariam na diminuição da ocorrência do problema e a consequente melhoria do processo.

Controlar: após implementação das ações propostas, os dados de produção e não conformidades foram acompanhados a partir de folhas de verificação objetivando que as ações de melhoria do processo fossem efetivas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas visitas às linhas de produção da empresa, observou-se um alto índice de defeitos diversos, tais como: peça mordida, falha na solda, descolamento, peça deformada etc., gerando

refugos em duas linhas de moldagem de guarnições automotivas. Um exemplo dessas não conformidades pode ser observado a seguir.

Figura 3: Guarnição com descolamento



Fonte: Elaboração Própria (2021)

O descolamento das juntas ocorre quando a guarnição começa a apresentar ruptura na região de união entre os perfis termoplásticos vulcanizados. Esse defeito somado à falha na solda correspondeu a mais de 73% das ocorrências. Com o defeito a atuar no projeto de melhoria definido (deslocamento das guarnições), os dados de peças com descolado foram coletados durante o período de 13/08/21 a 26/08/21 através das Folhas de Verificação. Estas eram preenchidas diariamente pelos operadores das duas linhas de moldagem por injeção, sendo uma das linhas para a Guarnição Dianteira Direita (G-035) e a outra linha para Guarnição Dianteira Esquerda (G-036). Os dados obtidos da produção somente destas duas linhas, neste período, são apresentados na Tabela 1 abaixo:

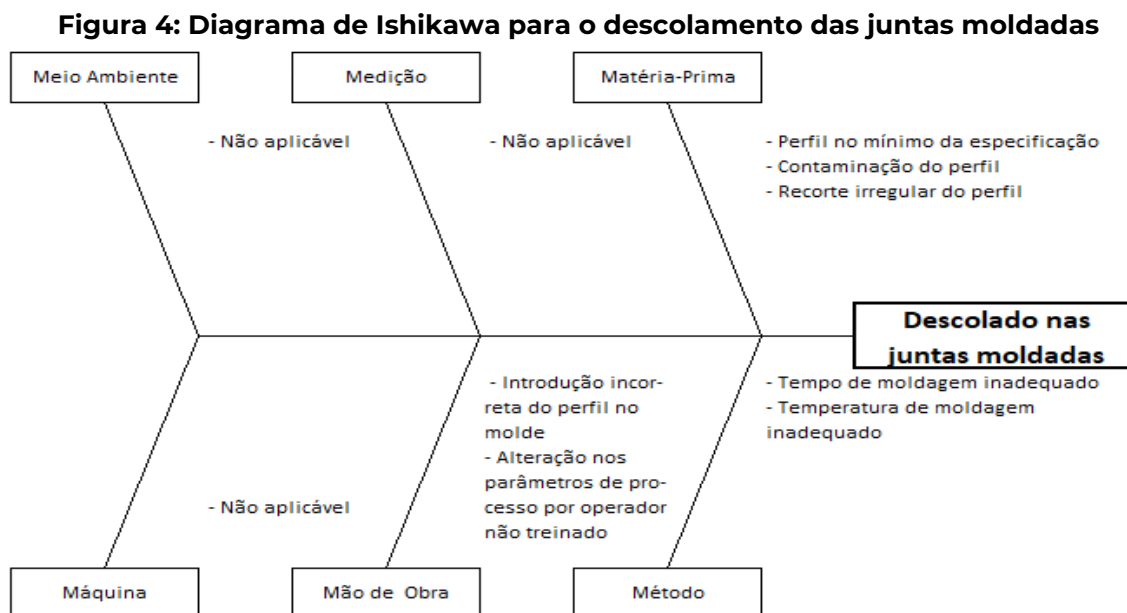
Tabela 1: quantidade do defeito “descolado”

AGOSTO	DIAS	13/08/2021	14/08/2021	15/08/2021	16/08/2021	20/08/2021	21/08/2021	22/08/2021	23/08/2021	26/08/2021	
G-035	PRODUÇÃO	84	126	126	126	112	168	112	126	238	MÉDIA
	DEFEITOS	68	27	41	30	19	29	51	47	65	
	%	80,95%	21,43%	32,54%	23,81%	16,96%	17,26%	45,54%	37,30%	27,31%	
G-036	PRODUÇÃO	56	154	154	154	112	140	140	140	238	MÉDIA
	DEFEITOS	37	46	39	38	29	17	47	43	60	
	%	66,07%	29,87%	25,32%	24,68%	25,89%	12,14%	33,57%	30,71%	25,21%	
TOTAL		73,51%	25,65%	28,93%	24,24%	21,43%	14,70%	39,55%	34,01%	26,26%	32,03%

Fonte: Elaboração Própria (2021)

Utilizando estes valores como referência para um estado atual da geração de defeitos de “descolamento”, foi possível prosseguir para a próxima etapa: a análise das causas do defeito nestas linhas. Para isso, elaborou-se o Diagrama de Ishikawa, juntamente com os responsáveis

e especialistas técnicos do processo, a fim de determinar as causas e suas variáveis dos defeitos nas peças. O resultado obtido é mostrado na figura abaixo.



Fonte: Elaboração Própria (2021)

Após discutir os diversos pontos e possibilidades, verificou-se que os grupos de variáveis Meio-Ambiente, Medição e Máquina não eram relevantes para avaliação das causas devido a não influenciarem neste tipo de defeito. Desta forma, foram considerados apenas os grupos de causas Matéria-Prima, Mão de Obra e Método.

Quanto ao primeiro grupo, foram identificadas as seguintes causas:

Perfil no mínimo da especificação: perfis termoplásticos vulcanizados extrudados que apresentam comprimento próximo das especificações de engenharia, por exemplo, um perfil que tenha que medir 500 mm podendo ter uma variação de ± 10 mm, medir 490 mm estando próximo da mínima variação permitida.

Contaminação do perfil: quando o perfil não é armazenado corretamente, contaminando a superfície das pontas dos perfis, por conta do pó que acumula durante o armazenamento no estoque intermediário entre Extrusão e Moldagem.

Recorte irregular do perfil: Durante o processo de corte dos perfis no processo prévio de extrusão, a faca pode estar desalinhada, gerando um perfil cortado de forma irregular.

A respeito do grupo de causas Mão de Obra foi identificada a introdução incorreta do perfil no molde, ou seja, a inserção inadequada dos perfis na máquina, com posicionamento incorreto e/ou não inserção até o curso final demarcado no molde, ocasionando injeção indevida

do composto de união, resultando em descolamento. Finalmente, acerca do grupo de causas Método determinou-se que tempo e/ou temperatura de moldagem inadequados, em outras palavras, parâmetros de processo da injetora ajustados incorretamente podem gerar deslocamento da guarnição.

Após o levantamento e análise dos grupos de causas, elaborou-se o projeto de melhoria o qual dividiu-se em ações descritas a seguir.

Ação 1: Ajustar e fixar o perfil de temperatura da injetora: foi apurado que a temperatura do molde era aquecida mais rapidamente e propôs-se a alteração da temperatura nominal da máquina injetora de 220°C para de 200°C permitindo variar entre 180°C a 220°C. Além disso, devido os operadores frequentemente alterarem a temperatura do molde, determinou-se ainda que não seria mais permitida mudança nos parâmetros de injeção por operadores que não tivessem conhecimento técnico para realizar tais alterações.

Ação 2: limpeza e armazenamento dos perfis em sacos plásticos. A limpeza dos perfis foi realizada com o solvente de limpeza DSP e água, a fim de evitar contaminação na região a ser moldada. O armazenamento destes em sacos plásticos objetivou evitar qualquer tipo de contaminação externa a fim de comprometer a moldagem dos perfis.

Após a realização de tais ações e a implementação do projeto de melhoria, verificou-se redução nos defeitos do processo impactando na lucratividade da empresa. Para confirmar esta redução, foi realizado um acompanhamento da produção na etapa “Controlar”, da sequência DMAIC. Desta forma, uma nova coleta de dados de defeitos por descolamento da junta foi realizada nas linhas G-035 e G-036 no período de 13/09/2021 até 23/09/2021 com o intuito de verificar se as melhorias propostas e verificadas se mantem controladas. Esses dados são mostrados na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Dados após implantação das melhorias

SETEMBRO	DIAS	13/09/2021	14/09/2021	15/09/2021	16/09/2021	17/09/2021	20/09/2021	21/09/2021	22/09/2021	23/09/2021	
G-035	PRODUÇÃO	336	322	322	322	322	308	322	336	294	MÉDIA
	DEFEITOS	8	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	2,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
G-036	PRODUÇÃO	336	322	322	322	322	308	322	336	294	MÉDIA
	DEFEITOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
TOTAL		1,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,13%

Fonte: Elaboração Própria (2021)

Ao final da implementação do projeto de melhoria e com o acompanhamento, verificou-se que os objetivos de redução de defeitos e aumento na lucratividade das linhas na empresa foram alcançados. Quanto ao primeiro, as não conformidades foram reduzidas de 45,26%, antes

do projeto de melhoria para 0,26% após sua implementação. A respeito do incremento na rentabilidade, estima-se que em um único mês esta tenha sido de R\$ 86.275,00.

Sabendo que mesmo após a implementação da melhoria o processo pode sofrer variações e apresentar novos defeitos, como forma de manter os resultados foram propostas instruções estritas para os operadores. Também foram implementados mecanismos de checagem em relação as condições que poderiam levar aos defeitos anteriormente identificados. Assim, o processo foi controlado através dos métodos de controle e registros que foram propostos como ação após resultados obtidos no projeto. Desta forma, após a etapa “Controlar” a sequência DMAIC finalizou o projeto de melhoria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O foco de desenvolvimento desse trabalho foi a utilização da sequência DMAIC, da metodologia Seis Sigma e das ferramentas de qualidade para redução de defeitos em uma linha de produção de guarnições automotivas em uma empresa do ramo localizada no interior de São Paulo.

Verificou-se que antes do projeto de melhoria, as duas linhas de moldagem por injeção em que as guarnições eram montadas, e onde o projeto foi implementado, apresentavam índices de 45,26% de peças perdidas por descolagem, índices muito acima do esperado, haja vista que a empresa tinha a taxa de 2,0% por mês como meta. Os principais fatores que contribuíam para tal ineficiência estavam relacionados à contaminação do perfil, temperatura do molde e alteração dos parâmetros de processos por operadores não capacitados.

Baseado nessas causas identificadas, foram propostas e implementadas ações de melhoria no processo, as quais envolveram o acerto e fixação do perfil de temperatura da injeção, a implementação da limpeza dos perfis antes da moldagem e a proteção com sacos plásticos para o armazenamento dos perfis no estoque intermediário do setor de extrusão antes de entrar no processo de moldagem.

Após a implantação de todas as etapas da sequência DMAIC, o objetivo foi atingido, diminuindo a porcentagem de perda de peças por esse defeito de 45,26% antes da implementação das melhorias para 0,26%, após. Isso mostrou que as ações implementadas foram capazes de eliminar a causa raiz do problema.

A economia gerada em decorrência dessa melhoria foi estimada em um único mês em R\$ 86.275,00. Para o ano, essa implementação pode gerar ganhos de aproximadamente

R\$ 1.035.300,00, que é um valor expressivo. Desta forma, é possível realizar novos investimentos para o crescimento da companhia.

Por fim, é importante mencionar que a utilização das ferramentas e técnicas para análise dos dados foi de grande utilidade e a sequência DMAIC se mostrou um conjunto de etapas organizadas e eficazes a serem seguidas na implementação de um projeto de melhoria.

REFERÊNCIAS

ARANTES, C. R. **Considerações sobre a sequência DMAIC em projetos lean Seis Sigma: uma revisão bibliográfica** (Monografia Escola de Engenharia de Lorena – EEL-USP Graduação Engenharia Química) – 2014, p. 24
<<https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2014/MEQ14005.pdf>> Acesso em: 03 de ago. 2021.

ARAÚJO, D. C. **Sistema de Vedação Automotiva: variação na carga de compressão apresentada na guarnição de porta malas de EPDM** (Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Mecânica) – Centro Universitário do Sul de Minas UNIS/MG, Bacharelado em Engenharia Mecânica, Varginha, Minas Gerais, p. 10 2014.
<<http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1179>> Acesso em: 28 de jul. 2021.

BATALHA, M.O. Introdução à Engenharia de Produção. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. Acesso em: 27 de ago. 2021

BIAZETTO, F., CHIROLI, D. M. G., GLAVAM, R. B. (2019), Prática da metodologia Seis Sigma para redução de perda na transferência da soja em uma unidade beneficiadora de grãos. In: **Exacta**, 17(3) 35-60. <<https://doi.org/10.5585/ExactarEP.v17n3.8398>.> Acesso em: 26 de jul. 2021.

CABRAL, P. J. M. **Aplicação da Metodologia Seis Sigma na análise da recuperação metalúrgica em uma mineradora de Itabira**. (Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Produção – Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP) – Ouro Preto, 2019, p. 24
<https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1847/8/MONOGRAFIA_Aplica%C3%A7%C3%A3oMetodologiaSeis.pdf> Acesso em: 19 de ago. 2021.

CAMARGO, R. Diagrama de Pareto. In: **Revista de Gestão de Projetos**. Outubro de 2018. Disponível em <https://robsoncamargo.com.br/blog/Diagrama-de-Pareto-o-que-e-e-quando-voce-deve-usa-lo> Acessado em janeiro de 2022.

COUTINHO, T. Folha de verificação: saiba tudo sobre essa ferramenta da qualidade. In: **Artigos Voitto**, 2017. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/folha-de-verificacao>> Acesso em: 21 ago. 2021.

COUTINHO, T. Aprenda como a Metodologia Seis Sigma impulsiona a melhoria nos resultados das empresas. In: **Artigos Voitto**. Novembro, 2020. Disponível em <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/metodologia-seis-sigma>. Acessado em janeiro de 2022.

ESTELAI, A. S. **Aplicação da sequência DMAIC para redução de refugo em uma indústria de embalagens flexíveis**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018. Disponível em:
<<http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2143>> Acesso em: 07 de set. 2021.

FUJIMOTO, D. Y. **A importância das ferramentas na qualidade das indústrias**. Monografia para Conclusão de Curso Especialização em Gestão Estratégica e Qualidade – UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - AVM. Rio de Janeiro, 2017
<http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/posdistancia/53152.pdf> Acesso em: 22 de ago. 2021.

GOMES, M. M. **Rubber Pedia**, 2013. Disponível em:
<<http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-epdm.php>> disponível em: 04 de nov. 2021.

MAICZUK, J., Júnior, P. P. A. **Qualitas Revista Eletrônica: Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso**. **Qualit@s Revista Eletrônica** ISSN 1677 4280 Vol.14 No1(2013) Disponível em:
<<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/1599/924>> Acesso em: 21 de ago. 2021.

PEREIRA, K. DE C., OLIVEIRA, M. L. DE, SOUZA, F. A. DE. (2018). Levantamento das reclamações de uma indústria de autopeças por meio da aplicação do diagrama de Pareto. **Revista Produção Industrial & Serviços**, 4(1), 102-112. Recuperado de Disponível
<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/rev_prod/article/view/52369> Acesso em: 23 de ago. 2021.

PEREIRA, T. L., SILVA, N. C. F. **Melhoria da qualidade no processo de extrusão: em uma indústria de cabos elétricos** (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção - FEPESMIG) – Minas Gerais, 2017.
<<http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/780>> Acesso em: 26 de ago. 2021.

REZENDE, A. V. **Estudo de dois tipos de aços para usinagem e construção de matrizes de extrusão de borracha para aplicações automotivas**. (Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecânica - Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas – FEPESMIG) – Varginha, 2013 <<http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1674>> Acesso em: 03 de set. 2021.

ROVETA, M. C. **O Programa Lean Seis Sigma: uma visão plena de uma empresa no setor de Mineração** (XXXIII ENCONTRA NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – A Gestão dos Processo de Produção e as Parcerias Globais para Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos) – Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de Outubro de 2013. p. 2
<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_178_015_22542.pdf> Acesso em: 28 de jul. 2021.

SCHENKNECHT, V. S. **Aplicação da Metodologia PDCA para redução de custos com produtos químicos em uma estação de tratamento de efluentes industriais alimentícios.** (Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Química – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa) Ponta Grossa, Paraná, 2018.

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10489/1/PG_COENQ_2018_2_24.pdf> Acesso em: 29 de ago. 2021.

SILVA, B. C. D. C., TROMBINI, J. D. C., CORREA, R. S. **Aplicação das ferramentas Diagrama de Ishikawa e 5W2H: um estudo de caso em uma microempresa de móveis no Sul de Minas** (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção - FEPESMIG) – Minas Gerais, 2019. <<http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1199>> Acesso em: 27 de ago. 2021.

SOUZA, R. C., DEMÉTRIO, T. V. **O ciclo PDCA e DMAIC na melhoria do processo produtivo no setor de fundição: um estudo do caso da empresa DELUMA indústria e comércio LTDA.** (Artigo – Faculdade Anchieta de Ensino Superior do Paraná - FAESP - Curso de Administração) – Paraná, 2012, p. 5
<http://engwhere.com.br/empreiteiros/ciclo_PDCA_e_DMAIC.pdf> Acesso em: 15 de ago. 2021.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. Acesso em: 05 de nov. 2021

ZAMMAR, L. **Melhoria de processo em uma linha de montagem de uma indústria automobilística através da aplicação da sequência DMAIC** (TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – PG – Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná) – PONTO GROSSA, 2020. Disponível em:
<<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24091>> Acesso: 07 de set. 2021.

ZÁRATE, S., ALEJANDRO, O. **Método de implementação de Lean Seis Sigma baseado na abordagem Toyota Kata** (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, p. 9. 2018. <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/198372>> Acesso em: 26 de jul. 2021.