

Artículo No. 09: Trevisan, M. y Ten Caten, C. (2015). A implementação do método seis sigma contribuindo para a satisfação do cliente e o aprimoramento do sistema de direção hidráulica: um estudo de caso em indústria automotiva. *Semilleros*, 2 (3), 113-128.

A implementação do método seis sigma contribuindo para a satisfação do cliente e o aprimoramento do sistema de direção hidráulica: um estudo de caso em indústria automotiva

The implementation of the method Six Sigma contributing to customer satisfaction and the improvement of the power steering system: a case study in the automotive industry

Márcia Ethur dos Reis Trevisan¹,
Carla Schwengber Ten Caten²

Resumo. O presente estudo tem como tema a metodologia Seis Sigma, tendo como objetivo a implementação do programa Seis Sigma no processo de fabricação de uma caixa de direção, componente do sistema hidráulico de direção de um veículo. Neste estudo, conclui-se que o programa Seis Sigma pode agregar grandes benefícios ao processo de produção da caixa de direção, com redução do número de defeitos e, consequentemente, um aumento da uniformidade dos produtos. Os resultados da aplicação do programa Seis Sigma proporcionaram melhorias no processo, no que diz respeito à melhoria contínua, contribuindo para o aumento da qualidade do produto final e a redução do número de retrabalhos, sucata externa e retorno de garantia de clientes.

Palavras-chave: DMAIC, Seis Sigma, Qualidade, Processo produtivo, Indústria automotiva

Abstract. This study has as its theme the Six Sigma methodology , with the objective of implementing Six Sigma in the manufacturing process of a steering gear , hydraulic system component direction of a vehicle. In this study, it is concluded that Six Sigma program can add large benefits to the production process of the steering box , reducing the number of defects , and consequently an increase in the uniformity of the product . The results of applying Six Sigma provided improvements in the process, with respect to the continuous improvement contributing to increased quality of the final product and reduction of rework , scrap and external clients warranty returns.

Key Words: DMAIC , Six Sigma , Quality, Production Process , Automotive

¹PPGEP / Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. marcia_ethur@yahoo.com.br

²PPGEP / Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. tencaten@producao.ufrgs.br

INTRODUÇÃO

De acordo com as necessidades impostas pela globalização e para se adaptarem a um meio cada vez mais competitivo, inúmeras empresas estão buscando novas formas de aprimoramento de seus processos e produtos (Ariente et al., 2005). A competitividade no ambiente industrial automotivo cresceu consideravelmente e, como consequência disso, a incansável busca por técnicas de qualidade diferenciadas para a obtenção de melhores desempenhos em todos os processos, tem sido uma das preocupações maiores das indústrias interessadas em solidificar sua presença no mercado mundial (Fernandes; Turrioni, 2007).

A indústria automotiva é uma indústria no qual está fortemente direcionada com o processo, desenvolvimento de produtos e fabricação de automóveis. Esse universo sofre exigências de normas do sistema da qualidade por parte de grandes montadoras do mundo inteiro. Devido a grande competitividade, a qualidade acaba sendo uma presença constante no fator decisivo da concorrência do mercado (Haro; Silva; Caten, 2001).

O conceito de qualidade inicia com o objetivo de correção de defeitos, evoluindo até o estágio onde as causas dos modos de falhas são identificadas com a finalidade de corrigir os processos. A era da qualidade coexiste com um fator social, que envolvido nesse cenário, traz às indústrias novas exigências, onde, destacam - se a globalização, a realização de esforços relativos ao padrão de qualidade de produtos e/ou serviços ofertados (Sartorelli, 2003).

A adoção de programas de qualidade, entre as décadas de 70 a 90, sob influência do modelo de trabalho japonês, contribuiu para que as empresas, principalmente, do setor automotivo, estabelecessem de diretrizes e consequente racionalização

dos processos, com diminuição do tempo para sua execução e com os custos envolvidos (Stefano; Neto; Godoy, 2008). Os métodos de gestão da qualidade evoluíram no sentido de aprimorar a organização para o mercado, visando antecipar às necessidades dos clientes. A evolução dos métodos de qualidade requer uma integração tanto vertical (diretrizes) quanto horizontal (processos e atividades) da organização. Os pilares da gestão da qualidade são os objetivos estratégicos das indústrias e a satisfação do cliente. Contudo, a gestão da qualidade dos produtos se preocupa com a visão e a missão organizacional, alcançando os objetivos e atingindo as metas. Tudo isso satisfazendo o interesse dos *stakeholders* (Alves & Viegas, 2007).

Assim, como foco, as empresas para ganhar mercado com competitividade, adotam ferramentas já consagradas como fortes armas para vencer a concorrência (Eckes, 2001). O desempenho Seis Sigma diminui os custos pela redução/eliminação de atividades que não agregam valor ao processo e, aumenta a qualidade dos processos e produtos. Outra característica importante do Seis Sigma, focado nos processos, é a mudança cultural introduzida na empresa, exigindo melhoria contínua com sua aplicação.

Do ponto de vista estratégico, o foco do Seis Sigma é alinhar a organização com as necessidades e requisitos de mercado e obter melhorias reais de qualidade e rentabilidade. Operacionalmente, o objetivo é colocar o produto ou serviço de acordo com os requisitos críticos do cliente, reduzindo as variações dos processos (Ariente et al., 2005).

Segundo Juran (1992), qualidade é definida como “desempenho do produto que resulta em satisfação do cliente; livre de deficiências do produto, o qual evita a

não satisfação do cliente”. Contudo, pode-se definir qualidade de várias formas, é possível atribuir que é um diferencial no mercado competitivo, ou “um produto ou serviço com qualidade é aquele que atende sempre perfeitamente e de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente” (Falconi, 2004, p.1). Para tanto, o controle da qualidade é fundamental para fabricação de produtos conformes os quais asseguram as expectativas e a confiança do cliente e, assim, aumenta a produtividade da indústria, possibilita a entrada do produto no mercado, melhora de modo geral o processo contínuo da fabricação do produto final e, principalmente reduz custos internos de fabricação e custos externos de que retornam de garantia.

Tendo em vista, o objetivo geral deste trabalho é apresentar a importância da qualidade como fator decisivo no mercado automotivo, implementando conceitos do Seis Sigma, juntamente com o método de aplicação na redução de defeitos dentro de uma organização fornecedora de componentes automotivos para montadores de veículos. Ainda, como objetivos específicos, tem-se: (i) apresentar metodologia DMAIC, objetivos, foco, delimitações para a implantação, vantagens e desvantagens deste estudo de caso; (ii) avaliar o Seis Sigma no processo de mudança organizacional, abordando os resultados e impactos que sua implementação à empresa; e (iii) apresentar perdas do processo ocasionadas pelas não conformidades.

A justificativa para o desenvolvimento deste trabalho surge da necessidade de reduzir defeitos/rejeições dentro da organização e, assim buscar melhores resultados na fabricação do componente automotivo caixa de direção hidráulica, favorecendo o processo de montagem

deste produto, diminuindo refugos e retrabalhos com o auxílio do método Seis Sigma. Contudo, manter a competitividade da indústria no mercado automobilístico.

Este trabalho está subdividido em cinco seções. Na seção 1 é apresentada uma introdução ao trabalho, a qual aborda considerações iniciais e o objetivo do estudo. Na seção 2, é apresentado o referencial teórico, onde são abordados os conceitos do Seis Sigma, utilização da estatística no estudo de caso e benefícios da utilização da ferramenta para melhorar a qualidade do processo. Na seção 3, é apresentado método de trabalho proposto DMAIC. Na seção 4, é apresentado um estudo de caso, utilizando os conceitos do Seis Sigma aplicado no estudo da fabricação do componente caixa de direção, e os resultados obtidos na melhoria do processo. Na seção 5, são apresentadas as conclusões e considerações finais deste trabalho.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Programa Seis Sigma de Qualidade

As ferramentas e técnicas de qualidade apresentada como Seis Sigma, assim chamada primeiramente pelo engenheiro Bill Smith, foi desenvolvida, na década de oitenta pela Motorola, um fabricante tradicional de componentes, equipamentos e sistemas, com o objetivo de reduzir a taxa de falhas em seus produtos eletrônicos manufaturados (Mota, 2007). Na primeira etapa, o Seis Sigma foi aplicado em processos de manufatura, porém na década de 90 passou também a ser utilizada por outras empresas da área de serviços (Haussen; Berlitz, 2005). Contudo, a idéia do programa de qualidade do Seis Sigma tomou dimensões cada vez maiores com o sucesso divulgado pela General Eletric (GE), onde se propagou pelo mundo inteiro afirmando ser um programa de excelência devido aos

grandes resultados rentáveis acumulados até então por essas duas corporações empresariais (Santos; Martins, 2002).

Um projeto Seis Sigma visa reduzir a variabilidade e aumentar a capacidade dos processos. Sua implementação está vinculada ao uso de métodos estatísticos que buscam facilitar a interpretação de relações de causa e efeito que afetam diretamente processos críticos para o negócio.

Na estrutura do programa Seis Sigma, os projetos são catalisadores de um sistema, que permitem o *feedback* operacional e, sobretudo, o *feedback* estratégico que auxilia na revisão e/ou redirecionamento de metas de médio e longo prazo. Por isso, seus resultados influenciam significativamente na tomada decisão, tanto em nível estratégico, como em nível tático e operacional. Seus resultados implicam em ganhos significativos e tangíveis sobre algumas dimensões/categorias de desempenho predefinidas na composição do sistema de medição de desempenho organizacional (Santos; Martins, 2005).

O programa Seis Sigma foi elaborado com o grande desafio do desempenho livre de defeitos em processos e, como principais objetivos o aprimoramento da confiabilidade do produto final e a redução

de sucata e garantia de clientes. Segundo Blakeslee (2000), esta é uma iniciativa que visa analisar, a partir da coleta de dados, as principais causas originais dos problemas gerados no fluxo de produção e a partir daí, solucionar estes através da ligação das saídas do processo atendendo as necessidades do mercado, diminuindo sucata e satisfazendo clientes. A figura 1, ilustra exatamente a sequencia de implementação do método Seis Sigma para melhorias dos negócios. Contudo, segundo site da TBM Consulting Group, onde referencia a história do Seis Sigma, um dos pilares do Sistema Toyota de Produção é o Jidoka, um sistema que permite detectar defeitos/falhas e condições anormais na produção fazendo com que haja uma interrupção automaticamente na linha para que os problemas de qualidade possam ser abordados e resolvidos rapidamente. Assim, o Seis Sigma foi considerado uma resposta forte a concorrência japonesa. Tão pouco, os produtos japoneses apresentavam alta qualidade associada aos baixos custos. Logo, a Motorola verificou através de contatos com os clientes que uma melhoria da qualidade e redução dos problemas de campo e garantia, poderia, sim, aumentar de forma expressiva os pedidos (Perez-Wilson, 1999).

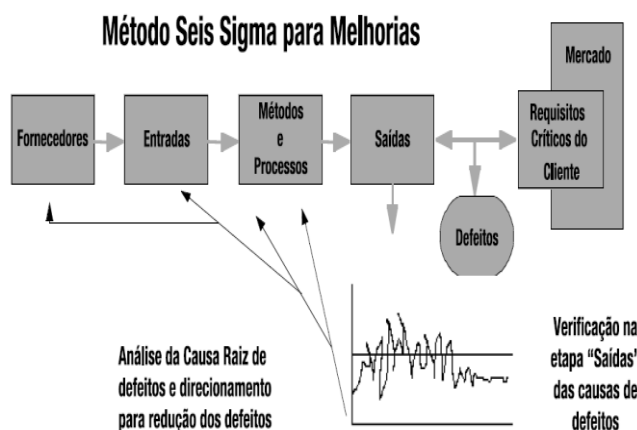


Figura 1.- Método Seis Sigma para melhorias (Blakeslee, 2000).

O Seis Sigma pode ser definido como um nível otimizado de performance que se aproxima a zero defeito em um processo de fabricação de um produto ou serviço, e, assim, indica a obtenção e a manutenção de uma performance de alto nível. O Seis Sigma é a implementação rigorosa e altamente eficaz de princípios e várias técnicas de qualidade. A visão Seis Sigma constitui uma nova ferramenta para conjugar qualidade de desempenho de processos à gestão de custos (Haussen;

Berlitz, 2005). A filosofia do programa Seis Sigma enfatiza um controle estatístico da qualidade que procura definir padrões com foco na excelência operacional. Assim, essa filosofia esforça-se para alcançar operações com não mais de 3,4 defeitos por um milhão, conforme tabela 1. O Seis Sigma é orientado para prevenção, tornando-se um dos principais impulsos para a melhoria contínua e para a fixação de níveis referenciais competitivos (Ruthes; Ceretta; Sonza, 2006).

Tabela 1.- Tabela de Conversão Entre ppm e Seis Sigma

± Nível sigma do limite de especificação	(%) Distribuição Centralizada	*DPMO Distribuição Centralizada	(%) Distribuição 1,5 Sigma	*DPMO Distribuição 1,5 Sigma
1	68,2689480	317310,520	30,232785	697672,15
2	95,4499876	45500,124	69,122979	308770,21
3	99,7300066	2699,934	93,318937	66810,63
4	99,9936628	63,372	99,379030	6209,70
5	99,9999426	0,574	99,976733	232,67
6	99,9999998	0,002	99,999660	3,4

*DPMO: Defeitos por milhão de oportunidades.

Fonte: Adaptada de Breyfogle. (2003, p. 1090-1091).

É um sistema flexível bastante amplo para alcance, sustentação e maximização do sucesso do negócio, é unicamente orientado pelo entendimento dos requisitos dos clientes, com o uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas, e pela atenção na melhoria e reinvenção dos processos (Trad; Maximiano, 2009). Para Arient *et al.* (2005), outra característica importante do Seis Sigma, focado nos processos, é a mudança cultural introduzida na empresa, existindo melhoria com sua aplicação. Empresas que investem nessa ferramenta buscam um desempenho livre de erros no processo. (Pyzdek, 2003). Observa-se que não há uma única definição conceitual para Seis Sigma.

Para Mudambi (2002), desde 1999, no Brasil, percebe-se um aumento no interesse pelo programa cultural Seis Sigma, isto se deve ao resultado obtido por indústrias cuja aplicação intensa na produção promoveu uma redução drástica na variação dos processos e, conseqüentemente, na redução do número de defeitos e de falhas em todos os níveis, no qual promove a qualidade como um fator competitivo e estratégico e, não mais, como um resultado a ser obtido, portanto, qualidade passa a ser palavra de ordem para a alta administração das organizações que almejam melhorias e estabilização nos processos e retornos financeiros. Assim, começou a troca de conceitos e conhecimentos entre empresas nacionais e

multinacionais, que implantaram esta metodologia, e começaram a transmiti-la para suas filiais, como, AmBev, Votorantim, Telemar, Johnson & Johnson entre outras.

Sigma é um letra grega, σ , muito utilizada na estatística matemática para representar o desvio padrão de uma determinada distribuição. A figura 2 ilustra um processo com qualidade Seis Sigma e indica a probabilidade do processo produzir uma peça fora das especificações de engenharia em relação ao limites superior e inferior de especificação. Na estatística matemática, letras simbolizadas

em grego significam que há uma representação de parâmetros, e seus valores são sempre desconhecidos, assim, o valor de sigma é sempre desconhecido, mas é estimado calculando-se o desvio padrão de uma amostra representativa (Perez-Wilson, 1999). Segundo Mota (2007), sigma (seis) é na verdade uma medição numérica de qualidade, do ponto de vista industrial em processos de manufatura, no qual significa a capacidade em apenas produzir 3,4 defeitos/milhão. Portanto, desempenho de uma empresa é medido pelo nível sigma de seus processos (Pyzdek, 2003).

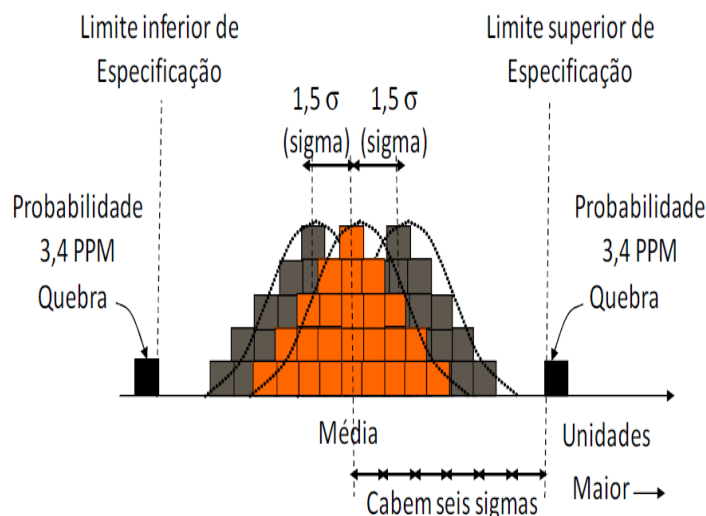


Figura 2 – Processo com qualidade Seis Sigma . **Fonte:** Adaptado de Montgomery (2005)

Abordagens e definições

Um dos aspectos importantes para o sucesso da implementação do programa Seis Sigma é o foco numa abordagem quantitativa disciplinada para melhoria de métricas definidas nos processos de manufatura, de serviços e financeiros que consiste num o ciclo de melhoria de cinco fases: o “DMAIC”. Cada letra dessa sigla tem um significado bem definido, os quais são, respectivamente, Definição (D), Medição (M), Análise (A), Melhoria (I) e Controle (C). Segundo Pande et al. (2001),

apontam que o DMAIC é um modelo de melhoria que guia a implementação de qualquer projeto de melhoria de processo ou projeto/reprojeto. Algumas características foram resumidas e compiladas de diversas literaturas para descrever os objetivos e definições de cada uma das fases do DMAIC. Segue síntese abaixo:

Definição (D): Nesta fase focalizam-se as metas e os objetivos estratégicos através de projetos que representam oportunidades de melhorias de alto potencial e que sejam

dirigidos às características críticas ao cliente, sem deixar de priorizarem requisitos importantes para o crescimento da empresa, através de ganhos mensuráveis e sustentáveis no processo.

Medição (M): Prioriza-se a identificação das métricas válidas e confiáveis que auxiliarão no desenvolvimento de uma infraestrutura de medição. Além de definir o que deve ser medido, nesta fase é importante criar um plano de coleta de dados eficiente que possibilite ter uma visão geral de: quem coletará e/ou compilará os dados; quais formulários serão necessários; quantas observações ou itens serão necessários; com que frequência será preciso realizar medições; onde estão os dados e informações necessárias; quanto de recurso será necessário para obter os dados; como serão treinadas as pessoas; como o processo de medição será monitorado; e o que deve ser mudado ou adaptado para facilitar a sistemática da medição. A existência e de um sistema de medição de desempenho estruturado é um ponto crucial nesta fase do ciclo.

Análise (A): A ênfase é a análise dos dados coletados, estratificação, e determinação da raiz das causas de defeitos e oportunidades de melhoria, identificando *gaps* entre desempenho real e meta de desempenho, bem como fontes de variação. As atividades nesta fase destinam-se a caracterização do nível sigma e a identificação das oportunidades para melhoria, juntamente, com objetivos quantitativos para cada oportunidade.

Melhoria (I): Visa-se a determinação de como se deve intervir nos processos em

busca de uma redução significativa do nível de defeitos. A melhoria do processo alvo é obtida por projetos que englobam soluções criativas para fixar e prevenir problemas.

Controle (C): Procura-se pelo controle dos processos em um novo patamar de desempenho, recorrendo a constantes medidas das variações e a um plano de monitoramento que possibilite ações corretivas e previna a reversão a um estado de desempenho inferior.

Estrutura do Seis Sigma

A estrutura Seis Sigma é composta por cinco tipos de participantes:

Champion: são os gestores no qual definem a direção que o Seis Sigma irá tomar e que possuem a responsabilidade de apoiar os projetos e remover possíveis barreiras para o seu desenvolvimento;

Master black belts: profissionais que atuam em tempo integral como mentores dos *Black Belts* e que assessoram os *Champions*;

Black belts: profissionais que lideram as equipes na condução dos projetos Seis Sigma;

Green belts: profissionais que participam das equipes lideradas pelos *Black Belts* na condução dos projetos Seis Sigmas;

Yellow belts: profissionais de nível operacional da empresa, que são treinados nos fundamentos do Seis Sigma para que possam dar suporte aos *Green Belts* e *Black Belts* na implementação dos projetos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados e fatos apresentados neste trabalho são resultados de um levantamento de indicadores internos da não qualidade do processo e, também,

reclamações de garantia de clientes. O objetivo principal é a aplicação do Seis Sigma com um contexto específico, no qual, através de uma aplicação prática do

método, visa solucionar melhorias em um processo de incidências e reclamações de clientes ao problema de vazamento externo em caixas de direção, produto fabricado em um indústria do ramo automotivo, figura 3.

O estudo visa analisar o processo de implementação na empresa X e os resultados obtidos com o Seis Sigma na empresa analisada. Hoje, a empresa estudada é a maior fabricante especialista em sistemas de direção da América Latina. Está estruturada dentro dos mais modernos padrões industriais, tecnologicamente preparada para projetar, desenvolver, comercializar, produzir e prestar serviço pós-venda a sistemas de direção para aplicação em veículos automotores e aplicações náuticas. A matriz situa-se em Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul, centro geográfico do Mercado Comum estabelecido entre Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai e com abrangência para toda América Latina. Para a organização, classifica-se, o tema como inovador, principalmente para a realidade podendo, portanto, trazer benefícios organizacionais às empresas, uma vez que a implementação desse método foca em mudanças de todo o processo organizacional, segundo Ariento *et al* (2005).



Figura 3 – Componente estudado. Caixa de direção hidráulica. **Fonte:** Empresa (2013)

Pode-se classificar esta pesquisa como sendo **Aplicada** e tecnológica. Segundo Yin (2008), uma pesquisa pode ser

considerada aplicada quando o estudo realizado apresenta uma aplicação prática. Com base na abordagem do problema, pode-se caracterizá-la como quantitativa, pois se coletam dados referentes a quantidades de peças defeituosas e o tipo de teste aplicado. O artigo foi desenvolvido através de um estudo de caso, que permite aplicar a teoria do Seis Sigma com o auxílio das etapas do método DMAIC (definir, medir, analisar, aprimorar, controlar). Assim, tipicamente, um processo Seis Sigma possui os seguintes cinco estágios do DMAIC (Mota, 2007) conforme já mencionado anteriormente.

Definir

A primeira etapa de implementação da metodologia consistiu em definir qual ruído (evento que faz a saída de um processo ser diferente daquela proposta quando as entradas estão devidamente controladas) no qual deveria ser eliminado, com base nas principais reclamações de clientes.

Neste momento, buscou-se ouvir a voz do cliente e desempenho de processos internos. Então, analisaram-se dados de campo (oriundos de garantia), figura 4. De maneira simples e subjetiva, as primeiras ideias de melhorias foram compreendidas, tão logo, os motivos do alto índice de reclamações, as necessidades de padronização e alterações nos processos, dentre outros, foram essenciais para a formação da equipe engajada e multidisciplinar. Por fim, os objetivos, metas e prazos foram acordados. Assim, tão pouco, definiu-se o problema da seguinte forma: *“o custo elevado de reparos / trocas de caixas de direção em garantia decorrente de vazamentos externo é em torno de R\$ 949.989,00/ ano e custo de sucata R\$ 449.428,00/ ano, portanto, requer ações capazes de*

identificar as origens deste modo de falha no processo interno e corrigi-lo”.

Contudo, o objetivo foi lançado, uma redução de 50% no alto índice de reprovação e despesas devido à quantidade de peças retornadas de garantia e sucata

interna, assim, reduzindo o ppm no processo de fabricação. O cronograma de implementação foi estimado em seis meses, conforme figura 5, gráfico de Gantt.

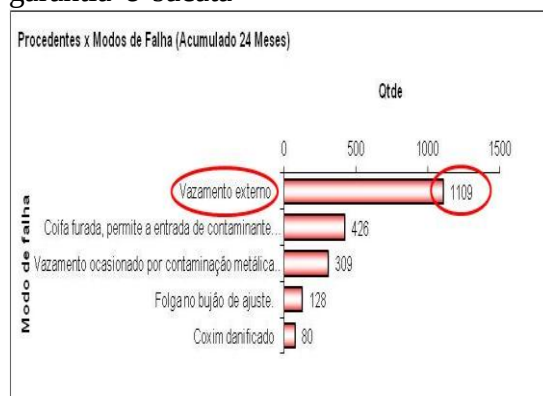


Figura 4 – Gráfico de quantidade de caixas procedentes em reclamação de vazamento externo. **Fonte:** Empresa (2013)



Figura 5 – Gráfico de Gantt. Cronograma de implementação do projeto. **Fonte:** Empresa (2013)

Medir Mapeamento do processo e definição de variáveis críticas A segunda fase do trabalho iniciou com a elaboração de um mapeamento no processo, no qual permitiu mensurar o desempenho da fabricação da caixa de direção. No entanto, possibilitou o time a conhecer através de encontros frequentes à fábrica todos os processos envolvidos. Logo, foram observados pelo time os seguintes processos de manufatura: vedações, alojamento das vedações, pré-montagem de tampas e gaxetas, célula de usinagem e montagem de cremalheiras, célula de lavadoras, montagem de todos os componentes presentes na caixa de direção

e, por fim, testes funcionais. O mapa de processo, figura 6, representa todos os processos críticos de fabricação de usinagem e montagem dos componentes integrantes da caixa de direção. Através desse mapeamento, variáveis de entradas foram observadas, assim como, fornecedores e clientes dos processos críticos e variáveis de saída investigadas. Com auxílio do time envolvido, um *brainstorming* complementou o fluxograma, onde classificou-se as entradas e saídas como sendo ruído (R) ou críticas (C) para o problema a ser solucionado de vazamento.

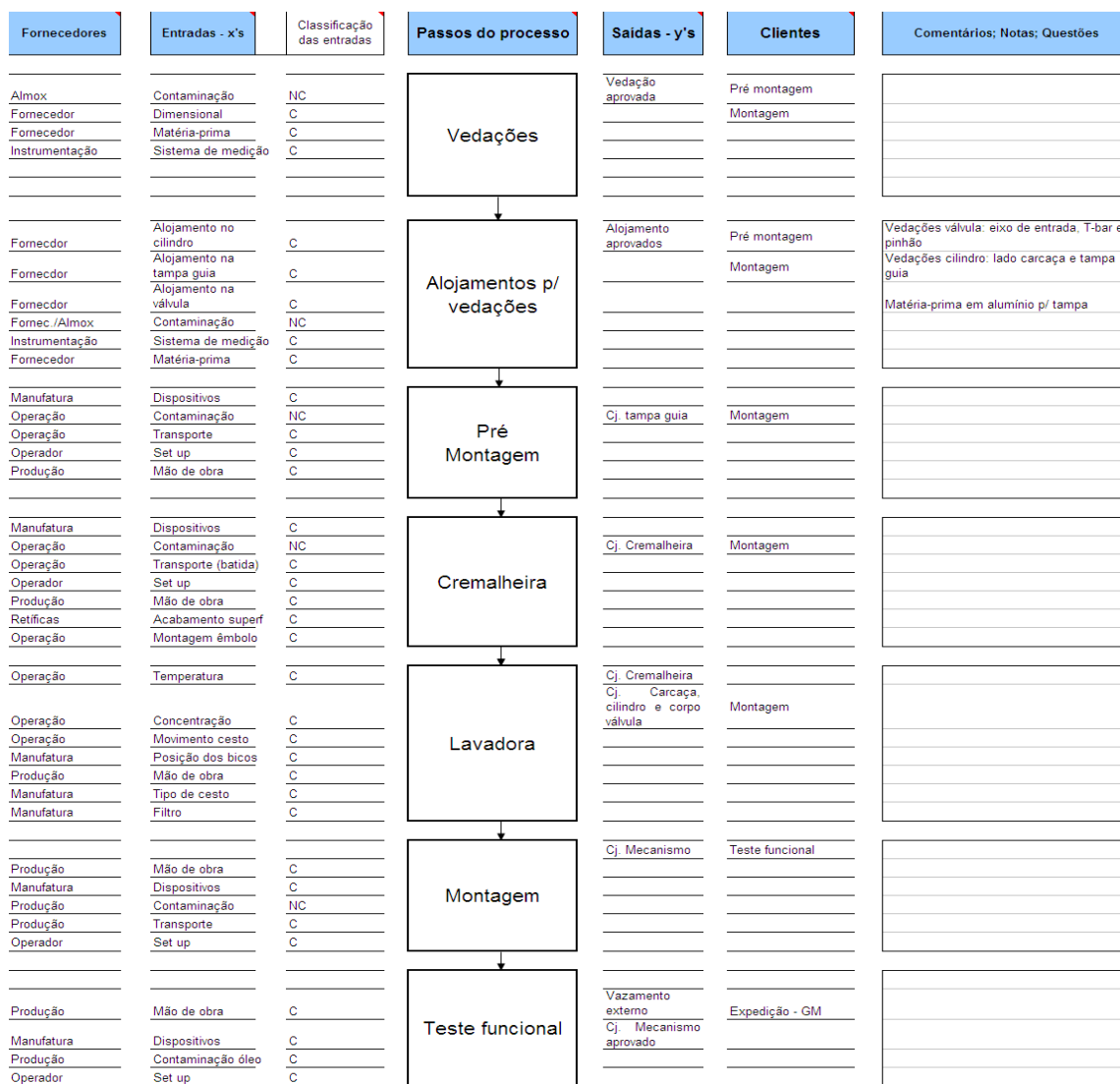


Figura 6 – Fluxograma de todos os processos críticos mapeados pelo time. **Fonte:** Empresa (2013)

Elaboração da matriz de causa e efeito

Com as entradas definidas e estruturadas, elaborou-se uma matriz de causa e efeito a partir das observações com 60 variáveis de entrada, possíveis de ocasionar vazamento externo do produto. Com o time

envolvido, o preenchimento da matriz de causa e efeito iniciou através de pontuações para cada entrada crítica mapeada anteriormente no fluxograma. Utilizou-se a seguinte simbologia, com a respectiva pontuação: (1) relação fraca; (3) relação média e (9) relação forte, figura 7.

Classificação segundo a importância para o cliente (interno ou externo)		1			
		1	2	3	
	Saídas do processo	Vazamento externo			
					Total
	Etapas do processo	Variáveis de entrada do processo			
	Vedações	Contaminação	9		9
		Dimensional	1		1
		Matéria-prima	1		1
		Sistema de medição	1		1
		Ausência do inserto de nylon da gaxeta	3		3
		Ausência da mola	1		1
	Alojamento p/ as vedações	Dimensional no cilindro lado carcaca (gaxeta)	1		1
		Presença de rebarba no alojamento no cilindro lado carcaca (gaxeta)	1		1
		Acabamento no alojamento no cilindro lado carcaca (gaxeta)	1		1
		Dimensional alojamento na tampa guia (gaxeta)	1		1
		Dimensional alojamento no cilindro (o-ring)	9		9
		Presença de rebarba no alojamento no cilindro (o-ring)	9		9
		Presença de marcas e batidas	3		3
		Dimensional alojamento da gaxeta inferior da válvula	1		1
		Dimensional alojamento da gaxeta superior da válvula	1		1
		Alojamento da vedação entre eixo de entrada e t-bar da válvula	3		3

Figura 7 – Matriz de causa e efeito para as variáveis mapeadas como críticas. **Fonte:** Empresa (2013)

Assim, por ora, inúmeras vezes foi elencado pelo time multifuncional, a contaminação como variável de alto impacto para vazamento externo apresentando pontuação máxima na matriz como 9. Ainda na fase Medir, definiu-se três variáveis extremamente críticas que contribuíam para elevar os índices de rejeição por vazamento: anel o-ring da tampa dianteira cortado, riscos na cremalheira e contaminação metálica. Logo, aproveitou-se o mapeamento do processo para montar a base do FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falhas).

FMEA de Processo (PFMEA)

Com auxílio da ferramenta do FMEA, o time do projeto de seis sigma, reuniu-se para elaboração. Representantes das partes interessadas compareceram para a complementação, uma vez que, as principais variáveis já tinham sido mapeadas na priorização. Assim, definiram-se as pontuações elencando algumas ações para atendimento do objetivo principal do trabalho: vazamento externo. Contudo, algumas ações foram planejadas, são elas:

- a) Alteração do suporte de saída da máquina de polimento externo da cremalheira (politriz);
- b) Alterar a retífica da cremalheira com redução de 0,04mm no diâmetro externo;
- c) Retífica entre pontos com redução de 0,07mm no diâmetro da cremalheira;
- d) Medição da contaminação na carcaça;
- e) Alteração de Engenharia: chanfro da tampa guia, ângulo de prensagem do corpo de válvula.

Analisar

Na fase anterior Medir, foram consideradas áreas críticas que contribuíram para os elevados índices de vazamento externo nas caixas de direção, como a pré-montagem de tampas dianteiras e o processo de manufatura de cremalheiras, principais pontos do processo priorizados após a realização do PFMEA. Logo, o time identificou as principais causas do problema de vazamento estava relacionado com contaminação metálica, exemplos nas figuras 8 e 9, respectivamente.

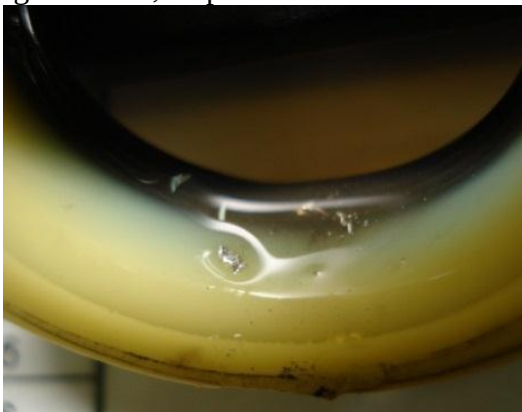


Figura 8 – Contaminação metálica encontrada na gaxeta.

Fonte: Empresa (2013)

Em decorrência de tais evidências diversas análises foram verificadas nos processos de pré-montagem e processo de manufatura de cremalheiras.



Figura 9 – Contaminação metálica encontrada na carcaça. **Fonte:** Empresa (2013)

Avaliação da alteração do suporte de saída da máquina de polimento externo da cremalheira (politriz)

Na fase anterior, durante a construção do PFMEA, algumas ações foram discutidas e levantadas como possíveis de minimizar ou eliminar as perdas por vazamento externo, consequentemente, contaminação metálica. Assim, uma alteração no suporte de saída da máquina de polimento externo do produto cremalheira foi realizada, figura 10. O objetivo consistia em evitar que as cremalheiras no final do processo batessem e ocasionassem riscos. Riscos na região, conforme foto 11, geram vazamento. Essa correção no suporte foi realizada.



Figura 10 – Suporte da máquina de polimento externo. As cremalheiras batem uma na outra. **Fonte:** Empresa (2013)



Figura 11 – Cremalheira com risco, marca de batida. **Fonte:** Empresa (2013)

Alteração de Engenharia: chanfro da tampa guia, ângulo de prensagem do corpo de válvula.

Com o objetivo de eliminar as causas principais de contaminação, estudou-se a

hipótese de realizar uma alteração no desenho dos produtos, tampa guia (alteração do convite da tampa) e corpo de válvula (chanfro/ângulo), conforme apresentado anteriormente. Figuras, 12 e 13, respectivamente.



Figura 12 – Tampa guia.



Figura 13 – Corpo de válvula. **Fonte:** Empresa (2013)

Melhorar

Algumas alterações foram realizadas antes da fase Melhorar do DMAIC, devido à facilidade e ao baixo custo envolvido, algumas melhorias foram executadas ao final da fase Medir. Nesta etapa do projeto, retornou-se ao FMEA anteriormente elaborado para revisão. A revisão incluiu a verificação dos itens priorizados durante a fase Medir quanto às pontuações para ocorrência, severidade e detecção. O objetivo consistiu em apreciar se os itens priorizados realmente contribuíram a melhorias efetivas ou se necessitariam novas intervenções. Ainda na fase Melhorar, utilizou-se da ferramenta 5W1H para estimar as ações em forma de plano de ação com prazos e responsáveis definidos, sem utilizar de custos envolvidos.

Controlar

Como ainda há algumas ações de melhorias no qual não foram efetivamente implementadas pelo time, logo, no momento a etapa controlar ainda há pontos a serem fechados. Assim, foi desenvolvido apenas um planejamento do controle a ser realizado quando as ações forem concluídas. Contudo, esta etapa consistirá da utilização de gráficos de controle de rejeição para o índice de reprovações por contaminação, para o índice de defeitos e o indicador de trocas em garantia, sendo

estabelecidos os limites de máximo que, se ultrapassados, deverão indicar a necessidade de tomada de ações nos processos para diminuir as perdas e gastos envolvidos por vazamento.

DISCUSSÃO DOS DADOS

Todas as análises envolvidas durante este estudo de caso leva-nos a crer que as principais causas para o efeito vazamento externo da caixa de direção, é a contaminação encontrada no produto e processo, a contaminação que corta o anel *o'ring* de vedação e, por fim a contaminação que gera riscos na cremalheira. Estes dados foram analisados em diversas partes do processo. Estudou-se os dados de garantia, no qual permitiu a organização de forma estratégica a realizar este trabalho de Seis Sigma.

Por fim, como trata-se de análises no qual os dados de entrada foram de custo de garantia e a satisfação de clientes, para verificarmos a total eficácia das ações tomadas, é necessário um prazo de maturação em campo:

Data de fabricação até venda do veículo: 44 dias em média

Data da ordem de serviço até análise na empresa: 80 dias em média

Período de garantia: 365 dias

Prazo de maturação: 489 dias (01 ano e 04 meses) em média.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude dos fatos mencionados, este trabalho buscou enfatizar as oportunidades e os benefícios obtidos com a implementação da metodologia Seis Sigma em processo de manufatura do produto caixa de direção. Foram relatadas as contribuições e as vantagens da utilização do Seis Sigma no processo de melhoria das etapas DMAIC, com o objetivo de garantir as conquistas obtidas

com o programa. Esses benefícios podem ser traduzidos na forma de aumento da satisfação de clientes e, consequentemente, no impacto financeiro com a redução de custos elevados em caixas trocadas em garantia e sucata dos processos internos.

Atualmente, o mercado exige uma dedicação maior das empresas em relação à qualidade dos produtos. Assim, a

combinação da metodologia Seis Sigma associado com a expectativa do cliente, oferece às empresas uma oportunidade de estruturar processos enxutos com perdas mínimas e a continuar a competir em um mercado cada vez mais impulsionado pela qualidade. Contudo, a iniciativa Seis Sigma implementada com sucesso, as empresas podem esperar melhorias relacionadas à excelência de seu produto e perceber significativos ganhos. Logo, houve a preocupação de demonstrar que o uso do programa Seis Sigma proporciona um significativo auxílio para a melhoria dos índices de rejeições em garantia de caixas retornadas por vazamento externo.

Assim, foi possível avaliar, os impactos financeiros obtidos pela redução de contaminação nos processos da pré-montagem de tampas dianteiras e usinagem e montagem de cremalheiras, entretanto, conseqüentemente, a redução nos dados de campo e satisfação dos clientes.

A busca pela perfeição exige tempo e comprometimento. Um programa Seis Sigma não mudará os negócios de forma imediata. De fato, é uma iniciativa que requer investimento a longo prazo de tempo e esforço da organização, particularmente da gerência.

Referências Bibliográficas

Alves, O. A.; Viegas, P. Gestão da Qualidade. 2007 Recuperado dia 27 de março de 2013 <http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivos/13080/materialqualidade.ppt>.

Gestão Da Qualidade. Acesso em: 27 de Março de 2013.

Ariente, M; Casadei, M. A.; Giuliani, A. C.; Spers, E. E, Pizzinatto, N. K. Processo de mudança organizacional: estudo de caso do Seis Sigma. Revista da FAE, Curitiba, v.8, n.1, p.81-92, jan./jun. 2005.

Blakeslee Jr., J.A. Achieving Quantum Leaps in Quality and Competitiveness: Implementing the Six Sigma Solution in Your Company. In: ASQ's 53rd Annual Quality Congress Proceedings, p 486-496, 2000.

Boer, R. L.; Borchardt, M.; Júnior, J.;. Aplicação do Seis Sigma em Recursos Humanos: Um caso em uma empresa eletro-eletrônica. ABEPRO. ISSN 1676 - 1901 / v. 10, n. 2, jun. 2010. UFSC. Campos, Vicente Falconi. TQC: Controle da Qualidade Total: no estilo japonês. Nova Lima, MG, Indg tecnologia e serviços LTDA, 2004, p. 2.

Eckes, George. A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros. Rio de Janeiro: Campos, 2001, p. 15.

Fernandes, Marcelo; TURRIONI, João Batista. Seleção de projetos Seis Sigma: aplicação em

uma indústria do setor automobilístico. 17ed. São Paulo: Produção, 2007, p. 579-591.

Figueiredo, Thiago Gomes. Metodologia seis sigma como estratégia para redução de custos: estudo de caso sobre a redução de consumo de óleo sintético na operação de usinagem. Monografia de graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, Minas Gerais, 2006.

Haro, Daniel Garcia; Silva, Sílvia Ceroni; Caten, Carla S.ten. Sistemas da Qualidade na Indústria automobilística: Uma proposta de Auto-Avaliação Unificada In: ENEGEP, 2001, Salvador. Anais.

Hoerl, R.W. Six Sigma and the Future of the Quality Profession. Quality Progress v.31, n 6, June 1998.

Montgomery, D. Introduction to statistical quality control. Hoboken: John Wiley & Sons.

Mota, D.O.; Aplicação de Ferramentas de Qualidade (Six Sigma) em um Projeto de Balanceamento de Produção. ENEGEP 2007, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de Outubro.

Mudambi, Ram. Knowledge Management in Mutinational Firms – Journal of International Management 1-9, 2002.

Perez-Wilson, Mario. Seis Sigma: Compreendendo o conceito, as implicações e os

desafios. 1ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999, p. 145.

Reis, Alfredo dos R. Flemming. Seis Sigma: um estudo aplicado ao setor eletrônico. Mestrado Universidade profissionalizante em engenharia UFRGS, 2003.

Ruthes, Sidarta; Ceretta, Paulo Sérgio; Sonza, Igor Bernardi; Seis Sigma: Melhoria da Qualidade Através da Redução da Variabilidade. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Curitiba – Brasil Revista Gestão Industrial, 2006.

Santos, Adriana Barbosa; Martins, Manoel Fernando. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. Revista Gestão e Produção, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56, jan.-abr. 2008.

Sartorelli, L. E. Análise crítica da implantação da ISO 9001/1994 com alguns requisitos da ISO 9001:2000 à luz dos principais autores da qualidade

: Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). São Paulo: Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica, 2003.

Stefano, Nara; Neto, Alexandre Chapoval; Godoy, Leoni Pentiado. Seis Sigma, ISO 14000 e Quality Function Deployment (QFD) Ferramentas Gerenciais nas Organizações para Melhoria da Qualidade e Produtividade. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Rio de Janeiro, RJ, Brasil, outubro/2008.

Trad, S.; Maximiano, A. C. A.; Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação. Curitiba, v. 13, n. 4, art. 7, pp. 647-662, Out./Dez. 2009.

Yin R. K.; Case Study Research: Design and Methods Sage Publications. 4.ed. London: SAGE, 2008.