

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
WENDER MASSAHUD

N. CLASS.....	M 914.1
CUTTER.....	M 914.1
ANO/EDIÇÃO.....	2013

**A APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE POKA YOKE NA DIVISÃO DE VÁLVULAS
DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA DO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES**

Varginha
2013

WENDER MASSAHUD

**A APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE POKA YOKE NA DIVISÃO DE VÁLVULAS
DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA DO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenheiro Mecânico, sob a orientação do Prof. Rullyan Marques Vieira.

**Varginha
2013**

WENDER MASSAHUD

**A APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE POKA YOKE NA DIVISÃO DE VÁLVULAS
DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA DO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenheiro Mecânico pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Rullyan Marques Vieira

Prof. Esp. Adilene Maria Soares Tirelli

Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus pais e minhas mães, meus irmãos e irmãs, meus avós, em especial aos meus avós maternos João Luiz (*in memoriam*) e minha linda Vó Gracinha que se dedicou incondicionalmente a mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade e àqueles que ofereceram um tempo de suas vidas a fim de ajudar em mais uma etapa de minha vida. Especialmente à minha namorada Elienai e a sua maravilhosa família, pela compreensão, paciência, incentivo e em todos os momentos a meu lado.

Agradeço aos professores por tudo que nos foi ensinado (conhecimentos profissionais e pessoais), também aos amigos de curso e colegas de trabalho pela ajuda, incentivo e informações cedidas.

“O pensamento positivo pode vir naturalmente para alguns, mas também pode ser aprendido e cultivado, mude seus pensamentos e você mudará seu mundo.”

Norman Vicent Peale

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a descrição da implementação do dispositivo Poka Yoke em uma empresa fabricante de válvulas. A fábrica tem como único produto válvulas, que são empregadas nos motores de combustão interna e atende a demanda do mercado de reposição e também de montadoras de automóveis. O problema ocorreu através de uma reclamação de um cliente desta empresa, devido a uma válvula que foi enviada com o diâmetro do canal fora do especificado. Através desta reclamação, aconteceu um estudo feito por uma equipe multidisciplinar, composta por Engenheiro da Qualidade, assistente de qualidade, supervisor de produção, assistente de produção e Engenheiro Mecânico, desenvolvendo um novo método de verificação que impediria que problemas semelhantes a este ocorressem novamente, evitando assim, um número grande de refugos, que novos desperdícios fossem gerados e que novas reclamações chegassem à empresa. O método utilizado foi um Estudo de Caso descritivo sobre o processo da prescrição da aplicação da ferramenta Poka-Yoke na divisão de válvulas de motores. Os resultados apontaram para reduções do *lead time*, redução de refugos e utilização da mão de obra que ficou melhor nivelada após a realização do trabalho. Há também uma análise das dificuldades encontradas durante o projeto na produção da válvula. Concluindo que a manutenção com a Ferramenta Poka-Yoke pode se feita de maneira preventiva com detecção anterior do possível problema, ou ainda, de maneira corretiva, com a solução do problema que gera desperdício de forma mais rápida, segura e bem sucedida.

Palavras-chave: Produção Enxuta. Válvulas. Desperdício. Refugo. Ferramenta Poka-Yoke.

ABSTRACT

This paper aims at describing the implementation of Poka Yoke device a manufacturer of valves. The factory has the sole product valves, which are used in internal combustion engines and meets the demand of the aftermarket as well as automakers. The problem occurred through a complaint from a customer of this company, due to a valve that came with the diameter of the channel outside the specified. Through this complaint , there was a study done by a multidisciplinary team consisting Quality Engineer, Quality assistant , production supervisor, production assistant and Mechanical Engineer, developing a new method of checking that would prevent problems like this occur again, thus avoiding a large number of rejects that new waste were generated and new complaints reached the company. The method used was a descriptive case study of the process of prescribing the application of Poka - Yoke tool division of engine valves. Results showed reductions in lead time, reduce waste and use of manpower that was better level after completion of the work. There is also an analysis of the difficulties encountered during the project in the production of the valve. Concluding that maintenance with tool Poka Yoke can be taken preventively with earlier detection of possible problem, or even corrective manner with the solution of the problem that generates waste more quickly, safely and successfully.

Keywords : *Lean Production. Valves. Waste. Scrap. Poka-Yoke Tool.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

01	A TRW Automotive em Três Corações.....	11
02	Fluxo de produção das principais válvulas fabricadas na TRW Automotive.	12
03	Funções do PY.....	24
04	Métodos de PY.....	26
05	Modelo de válvula a ser acabada pela Poka-Yoke.....	31
06	Modelo Poka-Yoke de Ferradura.....	32
07	A Ferramenta PY retirada para calibração.....	33
08	Blocos Padrões do PY.....	33
09	Vista do PY instalado após calibragem.....	34
10	Guia de Cabeça da Válvula.....	34
11	Visão do Diâmetro de Canal.....	35
12	Modelo Micrômetro de Ponteira Cônica	35
13	Calibração das Válvulas.....	36
14	Visão do Diâmetro de Canal.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1	TRW AUTOMOTIVE Ltda em Três Corações – Divisão de Válvulas.....	11
2.1.1	Fluxo de produção das principais válvulas da TRW de Três Corações.....	12
3	OS DESPERDÍCIOS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	13
3.1	A Função Produção.....	13
3.2	Tipos de Desperdícios	14
3.3	Ferramenta de Produção do Tipo FMEA.....	15
3.4	Ferramenta de Produção do Tipo QSB.....	16
4	DISPOSITIVO POKA-YOKE.....	21
4.1	Conceito de Poka-Yoke.....	21
4.2	Características da Metodologia PY.....	22
4.3	As Técnicas de Inspeção usadas pelo Dispositivo PY.....	22
4.4	Princípios do Dispositivo PY.....	23
4.5	Função do PY	24
4.6	Métodos de Atuação dos Dispositivos PY.....	25
4.7	O Peso do Erro Humano para Atuação Positiva do PY.....	26
5	ESTUDO DE CASO.....	28
5.1	Problemática.....	28
5.2	Objetivo Geral.....	29
5.3	Objetivos Específicos.....	29
5.4	Metodologia.....	30
6	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

É fato que os investimentos em ferramentas e sistemas de gerenciamento e rastreabilidade de processos vêm movimentando e motivando as empresas em busca de novas tecnologias e metodologias de trabalho, entre elas a ferramenta PokaYoke.

Como ferramenta voltada para prevenção de erros, eliminação de desperdícios, melhoria do fluxo produtivo e redução de tarefas de baixo valor agregado, a utilização de conceitos de Poka-Yoke cresceu extraordinariamente na indústria brasileira, em especial nas montadoras e nas fabricantes de autopeças.

Uma das organizações que tem obtido excelentes resultados é a TRW Automotive. Justamente porque seu principal objetivo está ligado aos resultados operacionais, ou seja, é a redução do tempo entre pedido e a entrega do cliente, obtida pela eliminação de desperdícios.

Na literatura especializada classifica-se como desperdício: máquinas paradas a espera de peças ou em manutenção, o transporte, os refugos, os estoques altos, etc. Neste contexto, o uso de dispositivos Poka-Yokes, tornou-se uma resposta a esta realidade que passa pela melhoria das operações internas realizadas por todos que queiram trabalhar nas indústrias nos dias de hoje, justamente por se tratar de uma ferramenta muito simples e de muitos benefícios se utilizadas de forma correta.

Para solucionar um problema existe na empresa TRW, decidiu-se implementar o processo Poka-Yoke (dispositivo passa ou não passa, com necessidade de acompanhamentos diários), que reduziu sensivelmente o número de peças refugadas.

Nessa perspectiva efetuamos um Estudo de Caso sobre o processo da prescrição da aplicação da ferramenta Poka-Yoke nessa indústria, especializada no setor de divisão de válvulas de motores, procurando demonstrar o uso de tal dispositivo apoiado em tecnologia, no investimento em ferramentas e sistemas de gerenciamento como meios de redução de erros mecânicos/manuais e na melhoria da produtividade. Tendo como segundo objetivo, além de descrever o processo de implementação do sistema na linha de montagem, fazer uma análise das dificuldades encontradas.

O Estudo de Caso está organizado em cinco capítulos. O capítulo 1 acerca do tema: TRW Automotive. O capítulo 2 introduz o tema desperdício e ferramentas FMEA e QSB, no capítulo 3 o assunto é Poka-Yoke, no capítulo 4 está descrita toda a problemática, os objetivos e metodologia da pesquisa utilizada. No capítulo 5 acontece a parte conclusiva do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TRW AUTOMOTIVE Ltda em Três Corações – Divisão de Válvulas

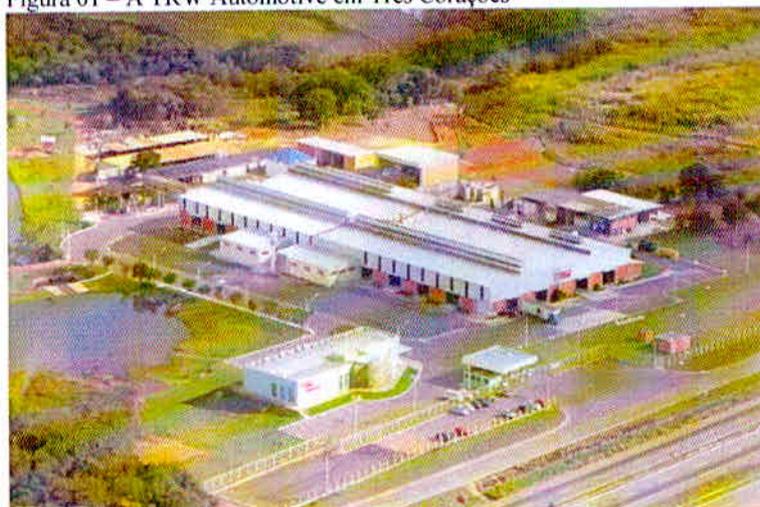
A trajetória da TRW Automotive no Brasil começou com o pioneirismo de Luís Varga e os filhos Emmanoel e Júlio em 1945 que iniciaram a fabricação de máquinas: as “Máquinas Varga”, posteriormente denominada “Freio Varga”, a primeira empresa brasileira a lançar peças de freios como cilindros de roda e cilindros-mestre. No ano de 2000, a Freio Varga foi adquirida pela TRW Automotive.

Com vendas de US\$ 1,9 bilhões em 2012, a TRW Automotive está entre os principais fornecedores mundiais da indústria automobilística. A companhia tem sede em Livonia, Michigan (EUA), possui mais de 63 mil colaboradores e 180 plantas (sucursais) em 26 países.

As fábricas da TRW Automotive brasileiras estão localizadas nos Estados de São Paulo e Minas Gerais e estão divididas de acordo com os produtos fabricados. Na unidade de Três Corações (MG) são produzidas válvulas bimetálicas para motores automotivos do mercado e detém a liderança mundial da tecnologia.

A TRW de Três Corações iniciou suas atividades em 24 de junho de 1991 com 13 funcionários, instalando-se em um prédio (galpão) de 1.500 m². Hoje totalizando 6.000 m² de área fabril e aproximadamente 400 funcionários (Figura 01).

Figura 01 – A TRW Automotive em Três Corações



Fonte: TRW Automotive, 2013

2.1.1 Fluxo de produção das principais válvulas da TRW de Três Corações

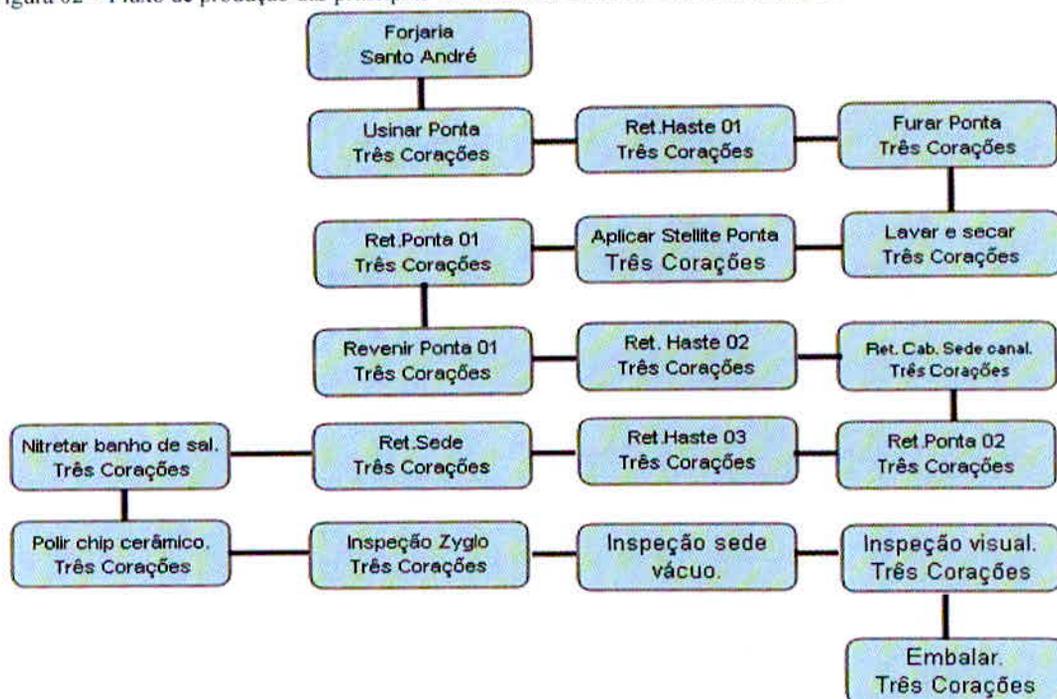
A fábrica tem como único produto válvulas, que são empregadas nos motores de combustão interna, e atende a demanda de fabricantes de motores e também as montadoras de automóveis, sendo que aproximadamente 65% da produção é exportada, e o maior importador é o Estados Unidos da América. Tendo como principais clientes Volkswagen, GM, Renault, Daimler, Scania, Honda e Maxion-Internacional.

A Divisão de Válvulas de Motores tem forte presença nas exportações da TRW Automotive e está presente além do mercado norte-americano, também no europeu e australiano como fornecedora, entre outras empresas, da Caterpillar, GM, Mack Trucks, Detroit Diesel Corporation, e Daimler-Chrysler AG.

E, seus produtos também atendem ao mercado de reposição nacional. Os maiores clientes nacionais são: GM, Honda, Volkswagen, Scania, Mercedes Benz e Yamaha, e como maiores clientes estrangeiros tem: GM, L850, Eston e Waukesha.

A TRW é líder mundial de tecnologia e fabricação de válvulas para motores de combustão interna com certificação ISO TS 16949 / ISO 14000 (Figura 02). Possuindo também posição de liderança no mercado de reposição.

Figura 02 – Fluxo de produção das principais válvulas fabricadas na TRW Automotive



Fonte: TRW Automotive, 2013

3 OS DESPÉRDÍCIOS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

3.1 A Função Produção

A Função Produção é entendida como o conjunto de atividades que levam à transformação de um bem tangível em um outro de maior utilidade (MARTINS; LAUGENI, 2005, p. 2).

A Função Produção na organização representa a reunião de recursos na produção de bens e serviços (SLACK *et. al.*, 2002, p. 32).

Segundo Martins; Laugeni (2005), a Função Produção afora seu desempenho básico de transformar produtos, serve também para que as metas empresariais sejam conseguidas desde que seus objetivos de desempenho estejam nitidamente determinados.

Martins; Laugeni (2005) ainda expressam que existem requisitos competitivos da manufatura, ou seja, o objeto de toda empresa é produzir produtos ou serviços os quais o cliente esteja disposto a pagar a empresa por eles.

Womack *et. al.* (2004) afirmaram que para que as regras da Produção funcionem de maneira adequada é necessário que as atividades, relações e fluxos de trabalho identifiquem os problemas automaticamente fazendo com que o sistema seja flexível e adaptável. E as maiores melhorias estão direcionadas para os detalhes, por isso, o trabalho é altamente especificado. As especificações estão presentes não só para os operadores, mas também para a alta administração.

Segundo os mesmos autores, fazem parte da cadeia de valor da Produção: a definição do produto, o gerenciamento de informações, desde o pedido até o planejamento detalhado da entrega e a transformação física dos materiais. Concluindo que o foco do sistema de Produção Enxuta é a eliminação total dos desperdícios. Citando como tipos de desperdícios mais comuns: sucatas, retrabalho, etapas não necessárias de produção, transporte interno, estoques, entre outros. Por este motivo, as etapas dos processos de produção devem ser desenhadas para ocorrer continuamente.

Womack *et. al.* (2004) anotaram que os desperdícios, de uma maneira dilatada devem ser acomodados em toda a cadeia de valor do produto ou família de produtos, para posterior supressão.

Com relação ao item desperdícios, Womack *et. al.* (2004) disseram que em sistemas de produção tenta-se buscar a perfeição o que nunca se atinge, porquanto, quando um desperdício é suprimido outro de menor importância surge, estabelecendo um ciclo de

melhoramentos ininterruptos.

Porém, Womack *et. al.* (2004) contaram que no fim da Segunda Guerra Mundial, Kiichiro Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, desenvolveram um sistema de produção na empresa japonesa Toyota, chamado de Sistema Toyota de Produção (STP), que vem sendo adotado desde então no mundo todo e que leva em consideração o processo de autonomia ou aquele que gera melhoria de qualidade, pois o trabalho é interrompido imediatamente após a ocorrência de uma falha.

3.2 Tipos de Desperdícios

Womack *et. al.* (2004) juntaram que os desperdícios baseados no Sistema de Produção Toyota, são: de superprodução; de tempo disponível (espera); em transportes; de processamento em si; de estoque disponível (estoque); de movimento; de produzir produtos defeituosos. E, que através da eliminação completa destes desperdícios é que se pode aumentar a eficiência dos processos reduzindo a linha do tempo até entrega ao cliente.

Conforme Ohno (1997), os desperdícios deparados em sistemas de produção podem ser dispostos em sete categorias:

- a) de superprodução; (é a produção de itens antes do necessário ou em maior quantidade que o necessário, resultando em excesso de estoque);
- b) de espera (longos períodos de inatividade de pessoas, materiais ou informação, resultando em interrupções no fluxo produtivo);
- c) de transporte (movimentações excessivas de materiais ou informações, gerando mais custos e esforço do que o necessário);
- d) do processamento em si (utilização de ferramentas ou procedimentos inadequados, ao invés de utilizar abordagens mais simples e eficientes);
- e) de estoque disponível (níveis de estoque maiores do que o necessário, gerando altos custos com armazenagem);
- f) de movimento (postos de trabalho com *layout* inadequado geram movimentações excessivas e ineficientes, resultando também em problemas ergonômicos)
- g) de produzir produtos defeituosos (problemas de qualidade do produto, gerando altos índices de refugo e retrabalho);

Segundo Hines, Taylor (2000), a identificação dos desperdícios é o primeiro passo na percepção do Processo de Produção. E, para alcançar esta empreitada existem algumas ferramentas que são aconselhadas dependendo do desperdício que se aspira aferir. Dentro das

ferramentas mais abordadas estão QSB, FMEA e Poka Yoke.

3.3 Ferramenta de Produção do Tipo FMEA

Segundo Toledo; Amaral (s/d), a metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que busca, a princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais (determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha) e a implantação de ações para aumentar a confiabilidade. Pode-se dizer que, com sua utilização, se está diminuindo as chances do produto ou processo falhar, ou seja, busca aumentar sua confiabilidade.

Conforme Toledo; Amaral (s/d), no contexto da qualidade, a confiabilidade, tem se tornado cada vez mais importante para os consumidores, pois, a falha de um produto, mesmo que imediatamente aperfeiçoada pelo serviço de assistência técnica e totalmente protegida por termos de garantia, causa, no mínimo, um desagrado ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo. Além disso, cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter consequências desagradáveis para o consumidor, tais como aviões e equipamentos hospitalares nos quais o mau funcionamento pode significar até mesmo um risco de vida ao usuário.

Os mesmos autores acrescentaram que, apesar de ter sido desenvolvida com um foco para projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua grande serventia, passou a ser consagrada de distintas maneiras. Assim, tem sido usada em aproveitamentos particulares, tais como nas análises de fontes de risco em engenharias.

Com relação aos tipos de FMEA, Toledo; Amaral (s/d) citaram que se tem:

- a) FMEA de Produto ou FMEA de Projeto: na qual são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto, como objetivo de evitar falhas no produto ou no processo, oriundas do projeto.
- b) FMEA de Processo: no qual são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo para evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto de acordo com as especificações do projeto.
- c) FMEA de Procedimentos Administrativos que analisa as falhas potenciais de cada etapa do processo com o mesmo objetivo que as análises anteriores, ou seja, diminuir os riscos de falha.

A base para a aplicação desta metodologia, de acordo com Toledo; Amaral (s/d), é um formulário padrão, denominado Formulário FMEA e o princípio dessa metodologia é o

mesmo, independente do tipo de FMEA. A aplicação é específica para cada necessidade, ou seja, se é FMEA de produto, processo ou procedimento e se é aplicado para produtos/processos novos ou já em operação.

Segundo Toledo; Amaral (s/d), o formulário FMEA é um documento ativo, do tipo que instrui que a análise para um produto/processo qualquer deve ser revisada sempre que ocorrerem alterações neste produto/processo particular. E, mesmo que não existam mudanças, deve-se regularmente avivar a análise confrontando as falhas possíveis e imaginadas pelo grupo de operadores, com as que realmente vêm ocorrendo no dia a dia do processo de produção e uso do produto. Para comportar a inclusão de falhas não presumidas e/ou reavaliar a aquelas já registradas com base em dados objetivos já previstos e detalhados pelo grupo.

Os autores explicam que esta análise versa sobre a formação de um grupo de pessoas que identificam para o produto/processo em questão: (a) suas funções, (b) os tipos de falhas que podem ocorrer, (c) os efeitos e (d) as possíveis causas desta falha. Após esta análise inicial, avaliam-se os riscos de cada motivo de falha por meio de índices para embasar as tomadas de ações necessárias para diminuir estes riscos que com certeza, aumentarão a confiabilidade do produto/processo.

Além das observações anteriores, Toledo; Amaral (s/d) consideraram que a metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa:

- a) uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos;
- b) melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos;
- c) ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua);
- d) diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas;
- e) o benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes.

3.4 Ferramenta de Produção do Tipo QSB

Segundo Bergamini Junior (2010, p. 36-50), o "*Quality System Basic*" ou Sistema Básico da Qualidade – SBQ, é um procedimento desenvolvido pela Fiat e aplicado aos fornecedores da mesma para precaver-se de problemas com a qualidade de seus produtos finais.

Para Bergamini Junior (2010), segundo o pensamento da Fiat, as empresas que possuem sistemas de gestão certificados devem melhorar os indicadores e a satisfação de clientes e outras partes envolvidas para garantir o efeito do sistema como um todo. E, que infelizmente as gestões enfatizam ações de natureza pontual ou circunstancial. Sobremaneira, as ações de produtos que não se colocam em conformidade, ações corretivas, ações preventivas e mesmo a análise feita pela direção, são empregadas pelas empresas apenas num aspecto de curto prazo, deixando de aproveitar as vantagens de uma abordagem gerencial e até mesmo estratégica, estruturada numa visão de longo prazo.

Segundo Bergamini Junior (2010), o melhoramento deve ser desenhado num modo mais responsável, como um conjunto de ações táticas e operacionais que visam um resultado posterior e um desenvolvimento mais determinado e gerenciado. A consequência disso é que a empresa terá foco na gestão, ou seja, as pessoas saberão quais são as preferências da organização e a gerência acompanhará o desenvolvimento consecutivo de seus valores pela qualidade e no investimento na implantação do Sistema. Objetivando por meio deste sistema preventivo, desenvolver e capacitar os operários a planejar a melhoria.

Bergamini Junior (2010) reforça que esta metodologia QBS é dividida em estratégias calcadas em 09 metodologias peculiares:

- a) A Resposta Rápida que consiste na ação de uma reunião diária os representantes dos diferentes setores da empresa para discutir os problemas ocorridos na fábrica e relacionados às peças de determinado;
- b) Controles de Produtos Não Conformes, que são os tratamentos dados às peças não conformes geradas no processo de fabricação quando detectadas em qualquer fase do processo ou sob reclamação do cliente. São aquelas atitudes que garantem que todas as peças suspeitas de estarem erradas sejam verificadas, identificadas e colocadas em local apropriado.

A garantia se dá por meio da identificação correta dos materiais usando as etiquetas vermelhas, amarela e através do isolamento das peças em local apropriado, uma sala de materiais não conformes e descarte apropriado nos postos de trabalho; o ponto de reintrodução deve ser obrigatoriamente um processo anterior ao qual o material foi retirado.

Deve ser adicionada uma etiqueta na embalagem contendo a operação a qual o material foi retirado.

Todas as peças que passarem por seleção ou retrabalho devem ser avaliadas e aprovadas pelo setor da qualidade antes da reintrodução no processo.

Durante a verificação interna, e se for constatado que parte do lote suspeito já tenha sido expedido deve-se informar o cliente o mais rápido possível e providenciar as ações de contenção.

- c) Reduções de RPN'(Redução de Produtos não Conformes) são procedimentos de melhoria contínua em que uma equipe multifuncional se reúne mensalmente para análise de dados (custos com refugos internos e problemas de qualidade), estabelecendo ações preventivas e corretivas.

Estas atitudes são divididas em duas partes: (a) Pró-ativa: consiste nos 5 maiores valores de RPN's dos FMEA's, ou seja, as ferramentas da qualidade que prevêm os riscos e falhas do produto e do processo de fabricação da peça e as classifica atribuindo valores correspondentes à gravidade do risco; (b) Reativa: nesta parte, a equipe deve estabelecer ações corretivas para as maiores falhas internas e externas.

- d) Treinamento Padrão do Operador, forma-se na metodologia que garante que todos os operadores sejam treinados da mesma forma e qualificados para a execução do trabalho que lhe foi designado.

O treinamento deve ser feito pelo líder imediato em cada operação/produto fabricado.

Este treinamento tem validade de três meses e um novo treinamento de reciclagem deve ser feito após este período. Entretanto, nos casos de reciclagem este procedimento é dispensado.

- e) Trabalho Padronizado é aquele em que não pode ser feito nada a mais nem a menos do que está documentado na instrução, tendo como objetivo reduzir ao máximo o potencial de falha humana e garantir que toda operação seja realizada da mesma forma independente do operador que estiver trabalhando com a peça.

Para isso foi estabelecido instruções de trabalho padronizadas que contem detalhadamente todas as tarefas que devem ser feitas pelo operador, incluindo as ferramentas utilizadas para acabamento, montagem etc. e equipamentos que devem ser utilizados, seqüência de trabalho e de montagem de cada componente e tempo de cada operação.

- f) Auditorias Escalonadas verificam se todas as exigências do cliente são atendidas no dia a dia, se não, uma ação corretiva deve ser planejada e executada.

Este procedimento envolve desde os operadores até a direção da empresa e devem ser realizadas em seu posto de trabalho a cada inicio de turno e/ou produção, conforme a lista de verificação impressa no verso do plano de controle.

Caso os itens verificados estiverem conformes ao plano de controle, os operadores deverão registrar que está correto no item correspondente do relatório de inspeção. Porém, se

algum problema for detectado, o operador deve anotar não conforme (NC), descrever o problema no diário de bordo e informar imediatamente o líder de produção para que seja providenciada uma ação corretiva imediata, registrando os prazos, responsáveis e fechamento da ação corretiva.

Em seguida os líderes de produção realizam *check-list*, verificando as auditorias realizadas pelos operadores, registrando os dados no relatório de inspeção e promovendo ações corretivas.

Ambas as auditorias devem ser feitas em todos os postos de trabalho. Já os supervisores de produção devem realizar auditorias semanalmente, verificando as demais auditorias e promovendo ações corretivas.

Por sua vez, o gerente da qualidade deve realizar auditoria mensal, verificando as demais auditorias e a direção da empresa deve realizar auditoria trimestralmente, verificando as demais auditorias e promovendo ações corretivas se necessário.

As auditorias dos supervisores, gerente e direção devem ser feitas por amostragem levando em consideração a criticidade, complexidade e maiores índices de RPN's

g) Verificação de Poka Yoke ou verificação com determinada frequência por meio de dispositivos, gabaritos, sensores de presença de componentes, sensores de descarte de peças não conformes e testes funcionais 100%, que impedem a montagem incorreta de uma peça ou do envio de uma peça não conforme para o cliente.

Cada início de turno e conforme frequência definida em plano de controle de processo, o operador deverá efetuar a verificação do dispositivo, registrando a verificação no relatório de inspeção.

Quando em conformidade ele deverá anotar "OK" no relatório de inspeção referente ao item. Quando não conforme, interromper a produção e informar imediatamente o líder de produção, devendo este, emitir um relatório de ação corretiva e a planilha de contenção, identificar todas as peças produzidas desde a última verificação do dispositivo e tratar este lote como material suspeito conforme procedimento de materiais não conformes e reportar ao grupo de resposta rápida.

h) CARE é uma inspeção 100% após o produto acabado, feita sempre que ocorre um problema de qualidade no cliente ou problema interno significativo em que há risco de envio de peça não conforme para o cliente.

Esta inspeção deve permanecer até que uma ação corretiva definitiva seja colocada em prática, e os dados obtidos pelos controles realizados mostrem que o problema foi corrigido.

Os problemas detectados pelo CARE devem ser discutidos nas reuniões diárias de resposta rápida.

- i) Lições Aprendidas. Este item se comporta como a um banco de dados contendo obrigatoriamente a descrição do problema, produto e ação corretiva aplicada com êxito na ocasião.

Este banco de dados estará disponível a todos os funcionários, devendo ser consultado para a resolução de problemas no dia a dia, encurtando o tempo e custo das análises para problemas similares e atuar preventivamente aplicando as experiências no desenvolvimento de novos produtos e processos.

Estes arquivos ficam disponíveis no setor do planejamento da qualidade e também na rede do sistema informatizado de maneira que qualquer funcionário possa acessar.

4 DISPOSITIVO POKA-YOKE

4.1 Conceito de Poka-Yoke

De acordo com Martins; Laugeni (2005), o Poka-Yoke foi criado pelo engenheiro industrial japonês Shigeo Shingo, que projetou o famoso sistema SMED (*single minute exchange of dies*) para redução do *set-up*.¹

Muitos dos defeitos produzidos na manufatura resultam da dependência desnecessária do julgamento humano ou da memória. Os mecanismos de Poka Yoke descobrem os erros e asseguram que eles não se tornarão defeitos.

Conforme Shingo (1996), o Poka-Yoke constitui uma ferramenta de melhoria de processos de fabrico baseado na detecção de erros. Inicialmente, foi considerado um dispositivo físico utilizado para impedir que os erros pudessem ocorrer. Hoje em dia, assume um significado muito mais abrangente, podendo ser definido como uma ferramenta anti-erro, uma técnica de controle da qualidade ou uma filosofia da qualidade. O princípio básico comum a estas vertentes é a prevenção de erros.

Poka-Yoke é uma palavra japonesa que significa "prevenção de defeitos". Surgiu no contexto da filosofia ZQC - Zero Quality Control, tendo sido desenvolvido e implementado por Shingo, em 1961, na *Toyota Motor Corporation*.

(NOGUEIRA, 2010, p. 03)

Para Nogueira (2010, p. 03), Shingo (1996) criou o sistema o Poka-Yoke como uma ferramenta de melhoria de processos de fabrico baseado na detecção de erros. Inicialmente, foi considerado um dispositivo físico utilizado para impedir que os erros pudessem ocorrer. Hoje em dia, assume um significado muito mais abrangente, podendo ser definido como uma ferramenta antierro, uma técnica de controle da qualidade ou uma filosofia da qualidade. O princípio básico comum a estas vertentes é a prevenção de erro.

¹**Single Minute Exchange of Die** ou **SMED** ou em tradução aproximada "troca rápida de ferramentas" é uma ferramenta elaborada inicialmente por Taiichi Ohno e, mais tarde, consolidada por Shigeo Shingo. É empregado na indústria para reduzir o tempo do processo de *setup* (preparação de máquinas, equipamentos e linhas de produção). Isto é conseguido através da otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e dispositivos de fixação de materiais. Shigeo Shingo desenvolveu o conceito realizando consultoria para diversas montadoras de automóveis japonesas que queriam eliminar os gargalos das linhas de prensas. Observou que os gargalos eram causados por longos e demorados processos de mudança das prensas que impactavam no tamanho dos lotes produzidos. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Single_Minute_Exchange_of_Die.

4.2 Características da Metodologia PY

Shingo (1996) acreditou e provou que o controle de qualidade ideal ou aquele com zero de defeitos, prende-se no princípio de que o controle deve ser efetuado sobre os erros responsáveis pelos defeitos, nas causas e não sobre os defeitos propriamente ditos, evitando-se, desta forma, produtos defeituosos e/ou os refugos.

Segundo Nogueira (2010, p. 05), Shingo (1996) concluiu que para a metodologia de controle de qualidade zero de defeitos, ser a melhor possível, deve observar quatro características fundamentais desta metodologia:

- a) reconhecimento de que os trabalhadores podem errar utilizando-se, por isso, dispositivos à prova de erro que efetuam a função de controle durante a execução dos produtos;
- b) utilização de inspeção na fonte, ou seja, as funções de controle são aplicadas na etapa onde os defeitos são originados; desta forma, o controle é aplicado na detecção de erros antes que eles se convertam em defeitos, eliminando-se os custos associados;
- c) utilização de inspeção a 100%, ou seja, todos os itens produzidos são inspecionados;
- d) redução do tempo decorrido entre a detecção de uma anomalia e a aplicação da ação corretiva.

O mesmo autor explica que Shingo (1996) juntou que é possível conseguir zero de defeitos ressaltando determinadas etapas na seguinte proporção: (a) 60% de inspeção na fonte; (b) 30% de inspeção a 100%, (c) 10% de ação imediata.

4.3 As Técnicas de Inspeção usadas pelo Dispositivo PY

Segundo Martins; Laugeni (2005), o controle da qualidade Poka-Yoke usa três tipos de técnicas de inspeção:

- a) Inspeção por julgamento: os produtos com defeito são separados dos bons após o processamento, em geral através de amostragem. Isto revela alguns dos defeitos antes da entrega, mas não diminui o índice de defeitos da empresa.
- b) Inspeção informativa: investiga estatisticamente as causas dos defeitos e transmite estas informações para os processos apropriados, de forma que se possa tomar medidas para reduzir os defeitos. No entanto, com muita frequência, estas informações demoram muito a chegar na origem do problema, enquanto isso, os defeitos continuam a ser produzidos.
- c) Inspeção na fonte: trabalha na fonte, dando retorno imediato, para evitar que os erros se transformem em defeitos. Operando durante o tempo limitado em que a peça está sendo

posicionada para uma operação, ou logo depois que ela sai da máquina.

Para Shingo (1996), quando se usa métodos de descoberta na fonte, todos os erros podem ser corrigidos antes que se transforme em defeitos. E, uma das maneiras de se conduzir uma metodologia de prevenção de erros na fonte do processo produtivo é através da utilização do dispositivo Poka - Yoke. Sua vantagem está por possuir técnicas e os mecanismos baratos detectores que possibilitam a inspeção 100% na fonte e a possibilidade de atingir o zero defeito na produção.

Martins; Laugeni (2005) colocam que o Poka-Yoke impede a montagem de peças erradas, falta de peças, desgaste de ferramentas, produção de peças defeituosas, quebra de ferramentas e máquinas. Garantindo vigor nos processos de produção, por ser meio efetivo de regular variações na qualidade e auxílio no aperfeiçoamento da qualidade, se concentrando na inovação, para melhorar mais o processo, o produto e a empresa como um todo.

4.4 Princípios do Dispositivo PY

Shingo (1996) esclareceu que os dispositivos à prova de erros podem ser aplicados segundo alguns princípios:

- a) Eliminação das atividades necessárias a um trabalho que o tornam predisposto a erros ou que suscitam uma restrição, tornando dispensáveis certas funções de memória, percepção, julgamento e movimento.
- b) Substituição dos métodos de utilização de memória, percepção, julgamento e movimento por outros mais confiáveis, fazendo com que o próprio processo alerte o operador.
- c) Simplificação no uso da memória, percepção, julgamento e movimento que o trabalho requer. Reduzindo erros humanos pela simplificação. Exemplos disto são símbolos grandes e fáceis de ver, dividir as peças grandes e pesadas tornando-as fáceis de transportar, armazenar as peças com a mesma especificação no mesmo lugar, utilizar código de cores para as peças.
- d) Detecção dos erros através do monitoramento, nos processos seguintes, para verificação de possíveis desvios em relação aos padrões estabelecidos, por meio de sensores que detectam a presença ou ausência de peças e as anormalidades de movimentos; arrumação das ferramentas em conjuntos, separadas à medida que forem sendo utilizadas, e verificação, ao final, se alguma delas continua no conjunto; dando forma às peças de maneira que seja impossível sua montagem de forma errada.

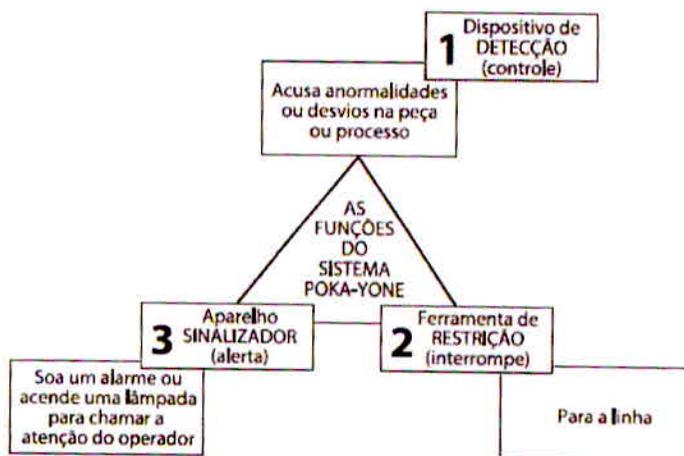
e) Atenuação, nada mais é do que organizar tarefas em paralelo, ou introduzindo dispositivos, protetores ou observadores de choque, para minimizar ou absorver os efeitos de erros que ocorrem.

4.5 Função do PY

Conforme Calarge; Davanso (2004, p. 07), os sistemas Poka-Yoke podem executar três funções básicas na prevenção de defeitos: aviso, controle e paragem.

Estas funções são executadas em situações diferentes: (a) o erro está para ocorrer e o Poka-Yoke avisa a ocorrência de uma anomalia; (b) o erro já ocorreu, mas não resultou em defeito e o Poka-Yoke controla; (c) o erro causou um defeito e o Poka-Yoke pára o processo, impedindo o fluxo de defeituosos, conforme Figura 03.

Figura 03 – Funções do PY



Fonte: Calarge; Davanso (2004, p. 07)

Dentre estas situações, os autores comentam que a função de aviso é uma função menos poderosa comparativamente com as outras funções, exigindo atenção do operador. Os mecanismos típicos de aviso, luzes e sons, são aplicados em situações em que o impacto das anomalias é ligeiro ou os fatores técnico-econômicos tornam a aplicação de métodos de controle muito difícil. As demais são as mais eficazes para impedir erros e conseqüentemente defeitos. Quando um erro é detectado, a operação é interrompida, impedindo que os defeitos ocorram; esta é a metodologia típica da fabricação japonesa que determina aos operadores a parar imediatamente a linha quando os erros são detectados para serem corrigidos o mais

rápido possível.

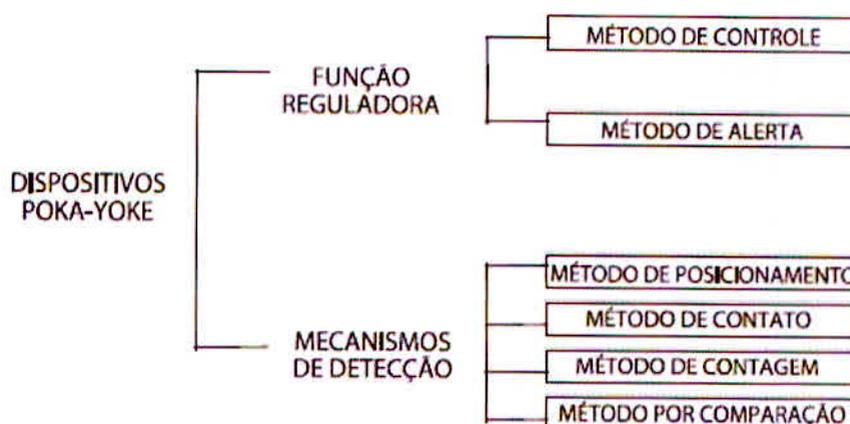
4.6 Métodos de Atuação dos Dispositivos PY

Calarge; Davanso (2004, p. 9 -10), um dispositivo Poka Yoke dentro da manufatura tem como funções básicas: (a) a paralisação de um sistema produtivo (máquina, linha, equipamento etc.); (b) o controle de características pré-estabelecidas do produto e/ou processo e, (c) a sinalização quando da detecção de anormalidades. Segundo os autores, tais funções básicas são utilizadas para prevenir um defeito, impedindo a sua ocorrência ou detectando-o após o seu evento, podendo, assim, serem classificadas como Função Reguladora ou Mecanismos de Detecção.

Em relação a essas funções, os dispositivos Poka-Yoke podem usar os métodos delineados na Figura 04, com os seguintes objetivos dentro de um sistema de manufatura:

- a) Método de Controle: são métodos que, na ocorrência de anormalidades, paralisam o equipamento ou interrompem a operação, evitando, assim, a ocorrência ou reincidência de defeitos;
- b) Método de Alerta: são métodos que, na ocorrência de anormalidades, ativam sinais luminosos ou sonoros de alerta, indicando a necessidade de providências sem, contudo, paralisar o equipamento ou interromper a operação;
- c) Métodos de Posicionamento: elaboração de dispositivos que permitem a condução da operação somente quando do posicionamento correto do conjunto de elementos nela envolvidos, impedindo fisicamente que o conjunto seja montado de forma inadequada;
- d) Método de Contato: estão baseados na liberação da condução de uma operação a partir do contato de sistemas de sensores que indicam condição adequada para operação;
- e) Método de Contagem: por meio da contagem de elementos, verificam as características de conformidade do conjunto, alertando no caso de detecção de anormalidades e impedindo a continuidade da operação;
- f) Método de Comparação: utilizando dispositivos que possibilitem comparação de grandezas físicas (temperatura, pressão, torque etc.), impedem a continuidade da operação quando da detecção de anormalidades.

Figura 04 – Métodos de PY



Fonte: Calarge; Davanso (2004, p. 10)

4.7 O Peso do Erro Humano para Atuação Positiva do PY

Conforme Nogueira (2010, p. 06), Shingo (1996) esclareceu que essa situação de inspeção significa a gravidade assumida pelos ambientes de produção no combate às situações de produção, envolvendo equipamentos e fases de trabalho, desenvolvendo dispositivos e procedimentos que garantam que as peças só sejam produzidas em conformidade com as especificações requeridas. O erro humano também tem sido uma grande preocupação no ambiente de trabalho e nos sistemas produtivos, englobando aspectos que vão desde a concepção desses sistemas até a sua operação.

Segundo Calarge; Davanso (2004), a maior parte dos estudos visando à confiabilidade de sistemas tem se pautado na análise de máquinas e seus componentes, preterindo a influência do homem. Os autores colocaram que o erro humano tem sido uma grande preocupação no ambiente de produção e nos sistemas produtivos em geral, pois engloba aspectos que vão desde a concepção desses sistemas até a sua operação, creditando ao erro humano 50 a 75% do total de falhas verificadas.

Calarge; Davanso (2004, p. 09), classificam os erros humanos em:

- a) Erros por inadvertência: são aqueles que, no momento em que são cometidos, não são percebidos, podendo ser divididos em: não intencionais, inconscientes e imprevisíveis. As soluções para esses tipos de erros por inadvertências envolvem, basicamente, concentração na execução das tarefas e redução de extensão da dependência humana;
- b) Erros técnicos: podem envolver várias categorias de erros relacionados, fundamentalmente, à falta de aptidão, habilidade e conhecimento para a execução de determinada tarefa, podendo ser divididos em: não intencionais, específicos, conscientes e inevitáveis. As soluções para eles envolvem, basicamente, treinamento, mudança tecnológica e melhorias no processo;

- c) Erros premeditados: podem assumir diversas formas, estando relacionados, basicamente, a questões de responsabilidade e comunicação confusas, podendo ser divididos em: conscientes, intencionais e persistentes. Algumas possíveis soluções para esse tipo de erro premeditado estariam relacionadas à delegação de responsabilidades e à melhoria de comunicação interpessoal.

Segundo Calarge; Davanso (2004, p. 14), como o erro é inevitável dentro da natureza humana, torna-se importante seguir uma abordagem que previna a sua passagem, impedindo que ele venha a se manifestar na forma de falha.

Os autores disseram que os pontos importantes que devem ser observados e seguidos para se obter sucesso na aplicação desses dispositivos à prova de falhas na busca do zero defeito.

- a) a questão do treinamento, que demonstrou ser um ponto fundamental para a implantação de dispositivos Poka-Yoke. Apesar de que não se pode esperar que, apenas com treinamento, todos os problemas sejam resolvidos. Ao mesmo tempo é necessária a averiguação da pujança dos treinamentos e se o problema a ser abordado é provável de ser concertado apenas com treinamento.

Calarge; Davanso (2004) acrescentaram que suas pesquisas concluíram que em algumas situações, devido à característica do problema ou da falha, não era possível a obtenção de 100% de acerto. Situação que ocorria, sobretudo, quando o trabalho era muito repetitivo.

- b) a questão do comprometimento e motivação. Tornando-se um aspecto de que, apesar de, muitas vezes, os dispositivos Poka-Yoke envolverem características eminentemente técnicas e relativas às especificidades das áreas, é fundamental o apoio dos níveis gerenciais na condução dos trabalhos, pois quanto maior o comprometimento existente por parte da gerência, maior o envolvimento e a motivação das equipes.

Calarge; Davanso (2004) asseguraram que também é importante a motivação individual e do time de trabalho.

5 ESTUDO DE CASO

O desenvolvimento do trabalho apresentado nesta dissertação foi realizado em ambiente industrial, mais precisamente na TRW Automotive. E, este capítulo apresenta o resultado do trabalho que realizei de auxiliar junto ao setor de controle de qualidade da mesma empresa.

5.1 A Problemática

A TRW é uma empresa que tem como lema a satisfação do cliente por meio da qualidade, confiança e tecnologia. Cabe a responsabilidade a cada profissional que atua na empresa e a qualidade é alcançada por meio de melhoria contínua em todos os processos.

O cliente de hoje, no Grupo TRW Automotive, deve ser também o de amanhã. Por isso são utilizados três conceitos: certo na primeira vez; certo sempre; melhoria contínua.

Segundo ele devemos entender profundamente as exigências dos clientes; sermos rigorosos no gerenciamento das mudanças e nas validações porque leva segundos para produzir um defeito e anos para recuperar a confiança do cliente. E os clientes exigem “Zero de Defeitos”.

Como a empresa é certificada pela ISO 9001², ela comporta entender seus processos de entrega de seus produtos/serviços a seus clientes. E, entre suas normatizações estão os equipamentos de monitoramento e medição de produto ou os diversos tipos de instrumentos e dispositivos utilizados num processo para auxiliar a manter a conformidade do produto. Nessa demarcação cabem paquímetros, relógios comparadores, micrômetros, dispositivos Poka-Yokes.

Quanto a instrumentos, diversos fatores, tais como: temperatura, posição, desgaste, destreza do operador etc., influenciam os resultados apresentados por eles. Isso significa que não há 100% de exatidão nas medições e que todo instrumento, por melhor que seja, apresenta erros. Neste contexto, a função básica da Metrologia é verificar e estabelecer esses erros num nível de confiabilidade aceitável, que normalmente deve ser de 95% de exatidão. Esse papel é chamado de calibração ou comprovação metrológica.

Como a empresa é certificada pela ISO, deve determinar o monitoramento e a medição a serem realizados pelo adequado equipamento de monitoramento e medição necessária para

² http://www.bsibrasil.com.br/certificacao/sistemas_gestao/normas/iso9001/

fornecer evidências da conformidade do produto com os requisitos determinados. A TRW deve estabelecer processos para garantir que o monitoramento e a medição possam ser cumpridos numa maneira sólida com os requisitos de monitoramento e medição.

O foco desse processo é o controle e rastreabilidade dos instrumentos utilizados na produção, mais precisamente os que possam interferir na qualidade do produto. E, quando necessário para assegurar resultados válidos, o equipamento de medição deve ser calibrado ou verificado, ou ambos, a espaços nomeados, ou antes, do uso, ajustado ou reajustado, quando necessário.

Todas as calibrações, internas ou externas, devem ter seus resultados registrados e arquivados para manter um histórico do instrumento. Através de um histórico obtido pelo cruzamento de informações, são conseguidos dados sobre os produtos possivelmente afetados por uma medição irregular ocorrida por falha ou desgaste no equipamento.

Como a empresa tinha recebido alerta por causa de uma não-conformidade externa decorrente da reclamação de um cliente (montadora), que o diâmetro do canal da válvula produzida nesta sucursal e que lhes fora entregue, estava fora do especificado por ela, não dando montagem ao motor que produzia e gastando tempo para acabamentos na mesma válvula.

O modelo utilizado não era satisfatório, pois gerava perda de tempo porque a máquina ficava parada. Justamente porquanto acontecia a troca de válvulas (*setup*), o operador retirava o Poka-Yoke e a máquina em que ele estava não poderia funcionar sem ele.

O operador pegava esta ferramenta levava para sala de medidas para regulagem correta, somente depois da calibração e regulagem renovada era devolvida para a máquina e seguia-se o trabalho.

A questão é que por muitas vezes a demora era muito grande, pois a sala de regulagem estava sendo utilizada para outro fim e não estava a disposição para regulagem.

5.2 Objetivo Geral

O objetivo geral é demonstrar a importância da utilização de um modelo específico da ferramenta Poka-Yoke (Modelo Micrômetro).

5.3 Objetivos Específicos

- Demonstrar o que é um Poka-Yoke, e qual é a sua função dentro da empresa;

- Mostrar as vantagens sobre a aplicação de um determinado dispositivo Poka-Yoke sobre outro, em determinado momento do processo de produção;
- Estabelecer a diferença da sistemática para regulagem do calibrador “não Passa” para diâmetro de cabeça e de Canal.
- Demonstrar a aplicação deste dispositivo à prova de erro, onde e de que maneira pode ser utilizado dentro da empresa na busca de o mínimo de defeito, objetivando a redução de custo e aumento da qualidade em seus produtos e serviços.

5.4 Metodologia

O processo de fabrico a seguir descrito tem como produto final produto válvulas, que são empregadas nos motores de combustão interna e atende a demanda de fabricantes de motores e também de montadoras de automóveis.

Normalmente, o ciclo de uma válvula é de 5 a 7 segundos, dependendo da variação da máquina, que tem por obrigação fazer o topo da válvula e delinear bem seus canais. Entretanto, as peças fabricadas sofrem algumas variações em suas dimensões, devido ao processo ter algumas variáveis que interferem no processo de fabricação, nas ferramentas usadas entre outros, tais como: operador que controla os comandos do processo, a vida útil da máquina e todo o processo de metalurgia do material.

Devido a estas variações, são criados aparelhos para que não se produza ou confeccione produtos com defeitos, tais como os dispositivos reguladores de medida de uso dos operadores, como os relógios comparadores que são dispostos nos postos de trabalho para que o operador não se perca durante seu turno, confeccionando produto não conforme.

A equipe do controle de qualidade entrou em ação para resolver a questão e desenvolver novos métodos de verificação para impedir que problemas semelhantes a este fossem ocorridos. Evitando assim a produção de peças não conforme ou até mesmo evitando que novos desperdícios fossem gerados e que novas reclamações chegassem ao cliente final.

Após reunião multidisciplinar com: supervisor, engenheiro e auxiliar de qualidade, técnicos da sala de medidas (metrologia) e o gerente da qualidade do Brasil das Plantas das sucursais de Três Corações e Santo André, decidiram após auditoria nas válvulas enviadas e naquelas em linhas de fabricação, que o modelo não estava sendo útil, porque a análise das causas do defeito gerado, em termos de quantidade e conseqüentemente de custos, mostrou que este era originado devido aos operadores não estarem regulando constantemente a PY, justamente pelo fato de que essa regulagem atrasava muito a produção. E, devido a constante

pressão pelos resultados de aumento da produção.

Concluindo que havia uma quantidade refugo muito maior do que o permitido pela fábrica e a utilização era inadequada.

Durante os estudos foram desenvolvidos vários modelos de Poka-Yoke (com base nas ferramentas QSB e FMEA)³, mas apenas um modelo foi realmente aprovado, satisfazendo o problema e não interferindo de alguma forma no processo.

O passo seguinte consistiu em projetar um sistema Poka-Yoke que impedisse a falha do operador da máquina de errar novamente ao fazer o topo da válvula e delinear os canais, pois, mesmo com a ferramenta PY de Ferradura, o defeito ocorria. Mostrando que este tipo de dispositivo não satisfazia.

O modelo escolhido, o qual iremos discorrer o estudo de caso, se trata de um dispositivo Poka-Yoke que se dá pela função reguladora do método de controle e o mecanismo de detecção usado é o método de comparação. Para tanto, escolheu-se o modelo PY de Diâmetro de Canal com micrômetro de ponta fina para válvulas automotivas.

As figuras a seguir, provam todo o processo dos tipos Poka-Yokes de Ferradura e de Micrômetro, usados na fase de conhecimento e reconhecimento dos defeitos. Elas demonstram as diferenças de processo de calibração do modelo PY de Diâmetro de Canal das válvulas automotivas, pela quantidade e diferença de etapas e o tempo de demora para calibragem.

Figura 05 – Modelo de válvula a ser acabada pela Poka-yoke

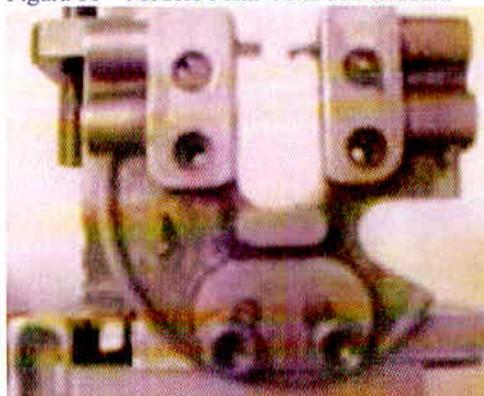


Fonte: O Autor

³ O primeiro modelo piloto desenvolvido, a primeira vista satisfazia, mais após testes e análises mais criteriosas, foram feitas algumas modificações no modelo (composto apenas por um PY de diâmetro de canal, devido a sua confecção e treinamento na utilização do mesmo pelo operador).

No caso de uma Válvula com mais de 1 canal, o Poka-Yoke deve ser regulado no último canal em relação ao topo. Como exemplo, a Figura 05 mostra uma peça com 3 canais.

Figura 06 – Modelo Poka-Yoke de Ferradura



Fonte: O Autor

Dispositivo à prova de erro para diâmetro de canal, este dispositivo era apelidado de “Ferradura” (Figura 06) devido a seu formato ser semelhante ao de uma ferradura de cavalo.

Era confeccionada uma chapa de ferro em formato de meia lua que tinham um determinado espaço entre elas e duas ponteiras para conferir se realmente as peças estavam saindo dentro do especificado.

Este dispositivo tinha uma significativa demora em relação a sua calibração, já que o funcionário teria que soltar o dispositivo e levar para sala de metrologia, com fito de realizar a regulagem.

Após a calibração na sua distância entre as duas ponteiras, era necessário seu ajuste devido ao comprimento da haste da válvula, pois este também dependia se a válvula tinha 3 ou apenas 1 canal, já que o próprio processo de fabricação da empresa garante que se o último canal (Figura 05), estiver dentro do especificado todos os outros canais também estariam.

Durante a inspeção visual final do processo, percebia-se o erro, ou seja, percebia-se que o canal da válvula não estava da medida especificada ou a peça já estava morta era refugo, pelos motivos de não se fazer a calibração por causa da pressa na produção ou descuido do operador⁴ com o período de checagem.

A regulagem do PY é feita de acordo com o tipo de válvula fabricada, há um modelo de válvula para cada marca de carro, ou seja, existe um tipo de válvula específico e único para cada motor de cada carro.

⁴ É próprio operador que faz a regulagem. Sendo que quem opera este tipo de máquina, geralmente tem 2º grau. Alguns operadores até possuem algum tipo de curso técnico (Mecânica Industrial, Logística entre outros).

Toda vez que se fazia a regulagem do PY verifica-se as ponteiras que verificavam os canais. Se encontrado o defeito em alguma ponteira, se solta as ponteiras do PY, examina se existe desgaste, e se necessário providencia-se a troca das mesmas. Para isso deve-se retirar o Poka-Yoke do transportador de válvula e enviá-lo à sala de regulagem do dispositivo. Neste ambiente confere-se o desgaste das ponteiras e a necessidade de sua troca.

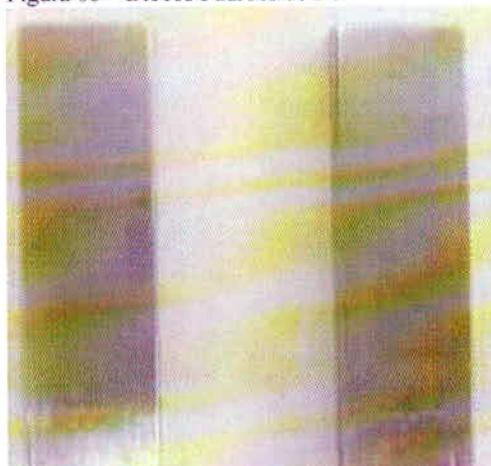
Após regulagem da abertura entre as ponteiras do PY, a ferramenta é novamente instalada no transportador para sua devida funcionalidade (Figura 07).

Figura 07 – A Ferramenta PY retirada para calibração



Fonte: O Autor

Figura 08 – Blocos Padrões do PY



Fonte: O Autor

A regulagem na sala de medidas é feita Utilizando blocos padrões. Deve-se regular a abertura das ponteiras deixando 0,05mm acima da medida máxima especificada em desenho operacional (Figura 08).

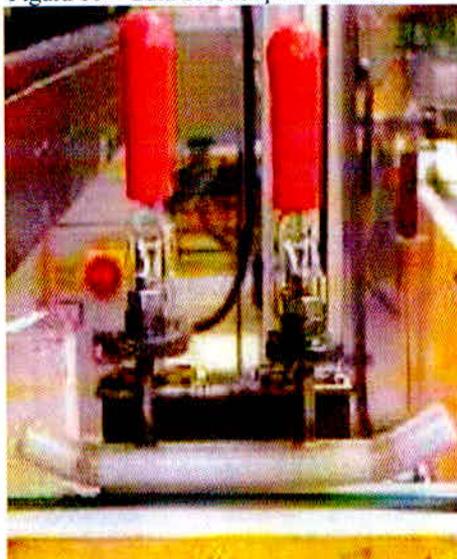
Figura 09 – Vista do PY instalado após calibragem



Fonte: O Autor

O passo seguinte é colocar o Poka-Yoke no transportador de válvulas (Figura 09).

Figura 10 – Guia de Cabeça da Válvula



Fonte: O Autor

Procura-se ajustar a altura e a centralização do PY no transportador, pois dependendo da válvula ela pode ser maior ou menor que no comprimento de sua haste. Ajusta-se a guia de cabeça deixando o mínimo de folga possível para que a válvula passe livremente (conforme Figura 10). Fato devido para na hora que a válvula vem no transportador se não colocar alguma coisa guiando a cabeça dela ela saltará e/ou encurvará.

O PY é constituído de duas pontas que vão medir o diâmetro do canal da válvula

(peça que tem um, dois ou três rebaiços – como se fosse um anelzinho no topo da válvula). Essa ponteira vai ser medida e passar dentro desse rebaixo. Se não tiver nas metragens e dimensões corretas, vai pular, passar por cima do PY e escorregar para fora. Por este motivo a guia deve estar regulada para que não perca sua função, que é medir o diâmetro do canal ajustando à guia. Neste ponto da metodologia verifica-se a calibração utilizando o padrão “não-passa”. Ou seja, a peça “ruim” fica agarrada e a boa passa no PY e está pronta a calibração (Figura 11).

Figura 11 – Visão do Diâmetro de Canal



Fonte: O Autor

Figura 12 – Modelo Micrômetro de Ponteira Cônica



Fonte: O Autor

O modelo PY Micrômetro (Figura 12) é formado por um suporte com ajuste fino e um micrômetro de ponteira cônica fina, que são instalados no transportador para medir a válvula.

Nesse caso o operador não precisa tirar o PY do transportador para fazer a regulagem, toda vez que troca o modelo de válvula. E, apenas uma vez por turno tem que ver se o padrão esta regulado. Este dispositivo é usado também como método para garantir a calibração correta. Caso o operador troque a fabricação de modelo de válvula duas vezes no turno de trabalho, terá de passar o padrão especificado duas vezes e conferir o PY.

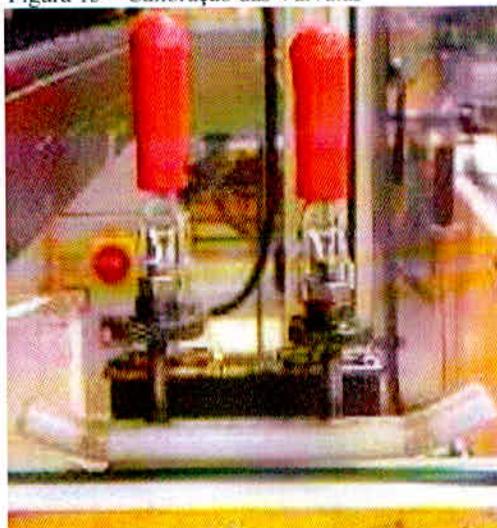
Os operadores receberam treinamento apropriado de como usar micrômetro pelos técnicos da metrologia

Mesmo nesse processo é preciso verificar possível desgaste das pontas e se necessário, providenciar a troca das mesmas.

De igual forma, utilizando peça acabada, regula-se a abertura das ponteiras deixando 0,05mm acima da medida máxima especificada em desenho operacional.

A regulagem adequada significa a posição onde o micrômetro deve medir, conforme figura da ponta da válvula (Figura 13).

Figura 13 – Calibração das Válvulas



Fonte: O Autor

O passo seguinte é ajustar de guia de cabeça deixando o mínimo de folga possível para que a válvula passe livremente. Verifica-se igualmente a calibração utilizando o padrão “não-passa” (Figura 14).

Figura 14 –Visão do Diâmetro de Canal



Fonte: O Autor

Um dos principais desafios das empresas é fabricar produtos conformes com requisitos e normas de modo a garantir lugar num mercado cada vez mais competitivo. Assim sendo, uma das prioridades das empresas é o desenvolvimento de metodologias de melhoria do desempenho dos processos de fabrico, baseadas em mecanismos que garantam maior eficiência e menos não-conformidades.

O refugo permitido da linha de montagem da TRW Automotive Três Corações era em torno de 2,5%. Com respeito a este defeito, o refugo girava em torno de 11% de todo o refugo da linha. Considerado muito alto. E, após a correta aplicação deste dispositivo, o refugo abaixou para cerca de 3 a 4% do refugo da linha toda.

Para este estudo de caso, foi usada apenas uma máquina da linha de produção. A máquina em que geralmente é instalado este dispositivo PY se chama 14R, ela tem a função dentro do processo de retificar os canais e o topo da válvula. Máquina que produz em torno de 4.000 peças/dia.

O histórico da porcentagem deste defeito nos apresenta quanto este dispositivo foi importante para atingir tais resultados. Os dados do ano de 2012 nos mostram o quanto se gastava com este tipo específico de defeito e o quanto de desperdício/refugo acontecia.

A fábrica de Três Corações chegou a gastar em torno de R\$ 32.500,00/ano com este tipo de defeito, algo em torno de R\$ 2.708,00/mês. Além de uma quantidade em torno de 798 peças/mês, algo em torno de 9.576 peças / ano.

Já do início do ano de 2013 até o presente momento, foram gastos em torno de R\$ 17.000,00, R\$ 5.430,00/mês. Uma quantidade de 4.500 peças / ano e 450 peças/mês. Uma diferença de R\$ 15.000,00 ao ano, cerca de R\$ 1.200,00 ao mês e redução para 350 peças perdidas por mês.

6 CONCLUSÃO

Esta ferramenta é muito útil para que se evite que produza ou monte algum produto de forma, equivocada ou intencional. Utilizando alguns métodos de identificação dos erros, os mais comuns são, advertência e contato.

O método de contato se dá a partir da identificação do erro ou anomalia na peça bloqueando o processo, evitando assim que se produzisse peças defeituosas como é o caso do Poka-Yoke de diâmetro de canal.

E também outro método muito utilizado é por advertência, onde o dispositivo aprova de erros emite um sinal sonoro ou visual, informando ao operador que algo de errado está acontecendo no processo, ou seja, se o operador por qualquer motivo que seja não estiver atento no processo ele continuará a produzir refugo.

Esta ferramenta vem sendo implantada na empresa que foi desenvolvido o estudo de caso a cerca de 10 anos, sua implantação começou através de estudos para evitar que problemas chegassem aos clientes, o que é prejudicial para uma empresa na qual se preza tanto a qualidade de seus produtos.

Acreditamos nesta ferramenta, pois sua aplicação de forma correta, com acompanhamento e integração de toda a fábrica, demonstrando o quanto é importante sua utilização. Pois, da forma como foi aplicada, os resultados foram positivos.

Garantindo assim, que este tipo específico de defeito não ocorrerá mais desde sua implantação no piso de fábrica.

Auxiliando na produtividade e qualidade do produto.

Evitando perda de tempo do operador calibrando o dispositivo por muito tempo, o funcionário teria que fazer inspeção visual em 100% do lote, perdendo tempo de produção e revisando todo o trabalho.

O Sistema Poka-Yoke desenvolvido baseia-se na aplicação de um micrômetro com ponta fina.

O desenvolvimento deste sistema exigiu a frequência de uma ação de formação na qual foram analisadas a capacidade técnica, o modo de funcionamento e os requisitos de aplicação das válvulas.

Apesar de todas as dificuldades encontradas, como: contato com o fornecedor que desenvolveu o suporte; por se tratar de uma peça nova, que requeria todos os cuidados de manuseio e porque se trata de um dispositivo que iria trabalhar com extrema precisão.

Conclui-se ser possível a aplicação deste sistema no processo em causa, por controlar

dimensionalmente o produto, melhorar a Qualidade através de Sistemas Poka-Yokes, detectar erros e avisar o operador que pode parar o processo de maquinação sem prejuízo a produção e ao cliente.

Estes dispositivos, considerados “ferramentas de segurança de qualidade” para as empresas trata de dispositivos, cujo objetivo principal é evitar que se produza algo de forma equivocada, desatenta ou intencional.

Valendo ressaltar, a dificuldade de instalação de alguma cultura nova dentro da empresa, ou qualquer forma nova de trabalho que modifique as tratativas dos operadores, comprovando o acentuado receio ou rejeição por parte dos mesmos num primeiro instante.

Foi necessário mostrar o lado positivo da implantação do sistema, os benefícios que o sistema irá trazer como a melhoria no controle da qualidade do produto pelo setor de qualidade; a detecção do refugo e redução de sua taxa, assim como, redução ao tempo parado operador/máquina com relação ao *setup's*, comodidade do operador, pois não tem que ir tanto à sala de medidas e para o setor de metrologia que fica com tempo maior para outras funções.

Completamos que a troca foi benéfica, eficiente, racional e produtiva, o que levou a gerência elogiar a evolução do dispositivo, pois nas demais máquinas 14R's existentes no processo de fabrico também foram instalados estes modelo de dispositivo.

A melhora significativa na qualidade do produto por meio desta ferramenta permitiu uma dinâmica muito grande em relação ao *setup's* realizados durante o processo de experimento e agora de atuação direta.

REFERÊNCIAS

BERGAMINI JUNIOR, Silvio. **QSB: quality system basic**. Implementação da ferramenta e estudo de caso (Comparativo de resultados). Apostila do Curso de Polímeros da FATEC– Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, 2010. p. 36-50

CALARGE, Felipe Araújo; DAVANSO, João Carlos. Conceito de dispositivos à prova de erros utilizados na meta do zero defeito em processos de manufatura. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v.11, n.21, p.7-18, 2004.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean: a guide to implementation**. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Center, 2000.

MARTINS, Petrônio; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

NOGUEIRA, Lúcio José Martins. **Melhoria da qualidade através de Sistemas Poka-Yoke**. 2010. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Inapal Plásticos S.A. Disponível em: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59614/1/000141304.pdf>. Acesso em: 17 de abril de 2013.

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

SHINGO, SHIGEO. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 291 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS/ Grupo Unis. – Varginha, UNIS, 2012. 128 p.

TOLEDO, José Carlos de; AMARAL, Daniel Capaldo. **FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha**. GEPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade DEP - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Disponível em: <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>. Acesso em: 17 de abril de 2013.

TRW AUTOMOTIVE. Disponível em: <http://www.trw.com.br/>. Acesso em: 17 de abril de 2013.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo do Massachussets Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.