

**ESTUDO DE CASO
EM UMA FÁBRICA DE AMORTECEDORES
NA BUSCA DA ELIMINAÇÃO DO DEFEITO**

**STUDY OF CASE IN A SHOCK
ABSORBER FACTORY WITH THE PURPOSE OF
ELIMINATING A DEFECT**

MARCELO GUELBERT
Mestrando em Engenharia de Produção/
UFRGS

RESUMO

A busca constante das empresas pela garantia da qualidade inspirou este trabalho, no qual um estudo de caso foi realizado em uma indústria de amortecedores automotivos. Utilizando-se conceitos do sistema Toyota de Produção, como as sete perdas, é elaborado um método para a escolha do mecanismo apropriado para a conquista do zero defeito em uma máquina pertencente ao processo produtivo.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção; Poka-Yoke

1. Introdução

Este artigo tem como estudo a elaboração de um modelo para avaliar alternativas de mecanismos para eliminar o defeito numa máquina, em um
PUBLICATIO UEPG - Exact and Soil Sciences, Agrarian S. and Engineering, 8 (1): 79 - 89, 2002.

ambiente que exige alta demanda de qualidade, em uma indústria fabricante de amortecedores, sendo os clientes montadoras automobilísticas situadas na área metropolitana de Curitiba.

Líder mundial no segmento em que atua a empresa é uma associação entre uma indústria espanhola e uma sediada no Japão. Muitas técnicas do *Kaisen* já são utilizadas em seu parque fabril, a filosofia de melhoria contínua está enraizada nessa organização possibilitando sempre novas técnicas e adaptações em suas máquinas, tendo sempre em mente a satisfação dos clientes.

2. Em busca do zero defeito

O controle de qualidade zero defeito (CQZD), segundo Cabral (1998), surgiu em 1962, nos Estados Unidos, e foi posteriormente melhorado pelos japoneses, que o tornaram um método racional e científico, capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação das causas.

Basta um defeito para tornar o produto defeituoso, Mayer (1992) salienta a importância de não confundir defeito com defeituoso. Defeituoso é o artigo que não consegue alcançar os requisitos da especificação. Cada artigo defeituoso, entretanto, pode ter um ou mais defeitos.

O *Baka-yoke* assim denominado por Ohno (1997), (posteriormente chamado de *Poka-yoke*), é uma técnica que tem por objetivo a fabricação de produtos de qualidade 100% através de inovações nos instrumentos e equipamentos através de dispositivos para a prevenção de defeitos. O *Poka-yoke* é uma ferramenta importante para a conquista do CQZD, cuja inspeção é de 100% dos produtos fabricados na fonte, ou seja, a inspeção é aplicada geralmente na própria máquina que está produzindo a etapa de fabricação, detectando assim anormalidades e impedindo a execução de uma operação irregular. O *feedback* do *Poka-yoke* é imediato, possibilitando uma ação corretiva e conseqüentemente impedindo que o produto transite por outras etapas do processo com algum defeito. O processo fabril, utilizando esta ferramenta, faz com que haja o reconhecimento de que os trabalhadores não são infalíveis.

3. Conceitos do sistema Toyota de produção

Segundo Ohno (1997), “a necessidade é a mãe da invenção”; necessidades e oportunidades estão sempre presentes. Devemos apenas nos esforçar para encontrar aquelas que são práticas.

O *just-in-time* e a automação são os dois pilares do sistema Toyota de produção. O *just-in-time* é a possibilidade de se adquirir produtos na hora e na quantidade necessárias; o desperdício e a irregularidade podem ser eliminadas e a eficiência, aperfeiçoada. Automação é uma máquina automatizada, com um toque humano que acoplada a um dispositivo permite a parada automática do equipamento. Esse conceito foi aplicado pela primeira vez em uma máquina de tecelagem, onde um dispositivo parava automaticamente a máquina quando notava um fio esgaçar ou arrebitado no processo.

Na ótica de Ohno (1987), para que a automação seja eficaz, precisamos implantar um sistema no qual as máquinas “sintam” a ocorrência de uma anormalidade e parem por si próprias. Em outras palavras, precisamos dar às máquinas automatizadas um toque humano – inteligência suficiente para fazer com que sejam automatizadas e levem a “poupar operários” ao invés de “poupar mão-de-obra”.

O modelo proposto por Ohno (1987) ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção. Esse sistema iniciou-se no pós-guerra na empresa automobilística japonesa *Toyota Motor Company* e seus fundamentos foram difundidos para o ocidente após a crise do petróleo na década de 70. Ohno (1987) desenvolveu um modelo de produção baseado na eliminação de desperdícios, para capacitar a Toyota a competir em um ambiente turbulento, de demandas diferenciadas e com crescimento econômico lento.

Segundo Ford apud Ohno (1987), referente à busca por uma definição de padrões, o pensamento de Ford se estende ao futuro das empresas privadas e da indústria:

A condição da indústria não é a de um mundo padronizado, automático, na qual as pessoas não necessitarão de cérebros. Sua condição é a de um mundo no qual as pessoas terão a chance de usar o seu cérebro, pois elas não estarão ocupadas da manhã a noite na busca da sua sobrevivência. O verdadeiro fim da indústria não é o de moldar as pessoas todas no mesmo formato; não é de elevar o trabalhador a uma falsa posição de supremacia - a indústria existe para servir ao público do qual o trabalhador faz parte. O verdadeiro fim da

indústria é o de libertar a mente e o corpo do trabalho cansativo da existência, fornecendo ao mundo produtos bem feitos, de baixo custo. Até onde estes produtos podem ser padronizados é uma questão, não para o estado, mas para o fabricante individual.

Soares (1998) diz que perda pode ser entendida como tudo que agrega custo e não é estritamente necessário ao processo. Ohno e Shingo conceituaram sete perdas, cuja constante perseguição é a base do Sistema Toyota de Produção (STP). Elas devem ser atacadas simultânea e articuladamente, mas sempre visando a redução de custo. As sete perdas são:

- Perdas por superprodução:

Essas são as piores perdas, por terem a propriedade de esconderem as demais perdas e pela dificuldade de serem eliminadas.

A perda por superprodução pode ser por produzir mais que o necessário ou produzir antecipadamente.

- Perdas por Transporte:

Relaciona-se com as atividades de movimentação de materiais que gera custo e não agrega valor. A melhoria do layout é uma das ferramentas mais importantes para combater esse desperdício.

- Perdas no processamento em si:

É o excesso do processamento em uma atividade. A engenharia e a análise de valor são importantes ferramentas para minimizar esse desperdício, que pode ser eliminado sem alterar as funções básicas do produto.

- Perdas por fabricação de produtos defeituosos:

Os produtos defeituosos, ou seja, fora das especificações de produção, são responsáveis pelo surgimento de técnicas como o *Poka-yoke* (mecanismos à prova de falha humana). Goldratt (1986) sugere em sua obra, a inspeção dos produtos antes dos gargalos de produção, porque a perda na fabricação de produtos defeituosos, nesse caso, restringe a capacidade fabril nominal.

- Perdas no movimento:

Relativa às perdas por movimentos desnecessários realizados pelos operadores de máquinas na execução de uma operação.

Uma ferramenta importante utilizada para combater essa perda é o estudo de tempos e movimentos.

Pela crescente evolução dos equipamentos e dispositivos através da

automação as operações manuais podem cada vez mais ser transferidas para a máquina, mas isto só é recomendado depois de terem sido esgotadas todas as possibilidades de melhoria na movimentação do operário e nas rotinas das operações.

· Perdas por espera:

A multifuncionalidade, ou seja, o aprendizado e a operação de vários postos de trabalho pelos funcionários contribuem para a minimização das perdas por espera, que consistem na parada de um processo por um operador ao longo do tempo, embora seus custos horários continuem sendo dispendidos.

As perdas podem ser de três tipos: a espera do operador pela máquina, que ocorre geralmente quando a máquina está processando a peça, a quebra de equipamento e a espera das máquinas, que ocorre por falta ou atraso da matéria-prima, por desbalanceamento da produção e tempo de *set-up*.

A Troca Rápida de Ferramentas, desenvolvida por Shingo (1996) e a técnica Kanban para a sincronização da produção são algumas das ferramentas utilizadas para eliminação das perdas por espera.

· Perdas por estoque:

O excesso de estoques gera custo financeiro, pois os dividendos empregados em sua aquisição, transporte e armazenagem poderiam estar investidos em áreas mais rentáveis ou mais carentes de recursos na empresa.

O balanceamento da produção, melhorias no layout, fabricação em pequenos lotes e técnicas de troca rápida de ferramentas minimizam essa perda.

4. Estudo de caso

4.1. Descrição do setor

O processo produtivo neste estudo consiste e uma etapa na fabricação de amortecedores para veículos. O produto final, por fazer parte dos componentes de segurança do automóvel, cujo processo de montagem junta-se com várias outras peças para formar um automóvel pronto para o cliente, necessita de um controle rígido de qualidade. Daí surge a necessidade da garantia do processo, buscando maximizar a qualidade e

eliminar o retrabalho e as perdas de material. No processo fabril, o retrabalho se traduz não somente em perda de tempo e de mão-de-obra, mas sua ocorrência coloca em perigo todo um processo de controle de qualidade total.

Está sendo projetada uma máquina que será responsável por fixar um clip e uma arruela no eixo do amortecedor, através de um cabeçote hidráulico puncionador.

4. 2. Descrição do problema

A máquina em estudo será chamada de prensa puncionadora. O processo é o seguinte: o operador pega o eixo principal do amortecedor e, com suas sub-montagens vindas do processo anterior, encaixa-o em um suporte no corpo da máquina; posteriormente pega a arruela e o clip, montando-os pela ponta do eixo, nessa ordem.

A arruela confeccionada em aço, mostrada na figura 1, tem um lado certo de montagem. Caso o operador troque o lado da arruela na montagem, a máquina aciona um sistema de segurança, e o percurso não é completo, obrigando o operário a destravar a máquina pelo painel, e desvirar manualmente a peça para a continuação do processo. O clip é confeccionado em aço mola, e seu desenho esquemático está representado na figura 2; a montagem independe do lado de encaixe. O problema na garantia da qualidade está no fato do operador não colocar uma das peças, ou seja:

- a) Colocar somente o clip;
- b) Colocar somente a arruela.

Nas possibilidades “a” e “b” a máquina não avisa ao operador do problema ocorrido e a peça defeituosa corre sério risco de continuar na linha de produção, dependendo somente da percepção do erro no momento em que o operário retira a peça da máquina.

Figura 1 - Arruela

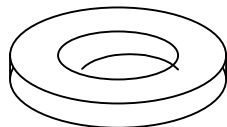


Figura 2 - Clip



4. 3. Alternativas propostas

Foram criadas quatro possíveis soluções utilizando conceitos *Poka-yoke*. São elas: caixa com sensores, uso de gabarito, máquina teste, e utilização de sistema pneumático acoplado à máquina.

As alternativas foram elaboradas com o cuidado de não haver muita discrepância com relação ao tempo e custo de implantação, apesar de serem itens de grande peso em uma escolha, serão julgados em momento oportuno.

O primeiro *Poka-yoke* é um sistema concebido com duas caixas apresentadas com fundo inclinado (para facilitar o “ato de pegar” quando há poucas peças) para colocação do clip e da arruela, havendo várias peças de cada tipo em cada recipiente. As caixas serão posicionadas lado a lado à frente da máquina, em altura ergonomicamente correta, com dimensões que não ultrapassem a largura frontal do equipamento. A dimensão da “boca” do recipiente tem que ser suficiente para passar apenas uma mão do operador, que irá acionar um sensor na caixa da arruela, que por sua vez, eletricamente “avisará” a máquina. Após esse sinal a máquina esperará o acionamento do sensor da caixa do clip, que, como na primeira caixa, acionará o sensor pelo rompimento do feixe de “luz” ocasionado pela mão do operador. Somente após os dois sinais recebidos nessa ordem a máquina habilita ao operador o seu acionamento.

Como segunda alternativa o gabarito é uma peça cilíndrica que obriga o operador a encaixar a arruela e o clip em seu corpo para depois encaixá-las no eixo. Através de um pequeno sistema de eixos e molas, se as duas peças (arruela e clip) estiverem encaixadas corretamente com relação ao seu orifício, abre-se o furo inferior, possibilitando o encaixe desse aparelho com o eixo no momento da montagem.

A máquina teste é o terceiro sistema que utiliza conceitos *Poka-yoke*, que localizada logo após a punçionadeira no sentido do fluxo de produção, recebe o eixo com a arruela e o clip já prensados, e com o acionamento de um pistão pneumático pressiona a arruela contra o eixo, testando-o quanto à presença dos dois componentes através da resistência do sistema.

A última alternativa proposta é a utilização da pneumática acoplada à máquina, o que é parecido com o sistema anterior, mas necessita de algumas adaptações na punçionadeira. O sistema consiste na localização da arruela e o do clip, perfeitamente presos, em um micro-cilindro instalado logo abaixo do assento da arruela, o que pode ser feito de duas formas: fura-se a máquina

para a fixação do cilindro e passagem da pequena haste pelo assento até o encontro com a arruela, ou projeta-se um braço para levar o cilindro até a parte inferior da arruela. É necessário ainda outro cilindro pneumático, que acionado, trava o eixo, impossibilitando que a arruela se mova para cima junto com o eixo quando o cilindro menor empurra o conjunto.

5. Comparação entre alternativas

Para a escolha entre as alternativas foi constituído um processo de analogia, utilizando os conceitos das sete perdas propostos por Ohno (1987).

O processo de adaptação das sete perdas aqui aplicado recai sobre a perda por transporte, a perda por produtos defeituosos, a perda por movimento e a perda por espera. A perda por superprodução, a perda por processamento em si e a perda por estoque não serão aqui aplicadas pela dificuldade de mensuração em uma máquina específica. Seriam melhor aplicadas em um processo envolvendo uma série de máquinas ou um processo mais complexo.

Os quatro sistemas *Poka-yoke* têm por objetivo identificar e posteriormente eliminar os produtos defeituosos na etapa de fabricação, porém, a escolha deverá cair sobre aquele que obtiver menos perdas comparando-se com o método atualmente utilizado.

Será utilizado o método de ponderação linear, que é uma forma prática em termos de análise multicritério. Consiste apenas em multiplicar o julgamento das alternativas pelo peso de cada critério. Aquela alternativa que possuir o menor valor, conseqüentemente terá a menor perda e deverá ser a escolhida.

O peso 1 é aplicado à perda inexistente ou nula, o peso 3 refere-se a baixa perda, o peso 5 é uma perda de grandeza média, o peso 7 é considerado perda alta, e o peso 9 é considerada perda máxima, como mostra a figura 3.

Figura 3 - Pesos

Nula		Baixa		Média		Alta		Máxima
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Considerações para aplicação dos pesos:

- O sistema de caixa não possui perda por transporte, pois o processo ocorrerá na própria máquina mas não permite a eliminação de perda por produtos defeituosos, pois o operador pode pegar as peças da caixa e simplesmente não colocá-las no eixo. A perda por movimento será considerada baixa, pois o operador terá que acrescentar apenas o movimento de “pegar” as peças na caixa. A perda por espera é nula.

- O sistema utilizando gabarito, como o sistema por caixa, não possui perda por transporte mas também não garante a eliminação do defeito, pois o operador pode simplesmente não utilizar o gabarito para encaixar as peças e há excesso de perda por movimento, considerando-se a dificuldade de encaixar as peças no dispositivo. Não há perda por espera.

- A Máquina teste apresenta uma perda baixa por transporte, pois nesse caso há a necessidade de uma máquina a mais no processo, em comparação com as outras alternativas, que são executadas na própria máquina. A perda por produtos defeituosos é nula, pois o sistema garante a localização do defeito. Há média perda por movimento e por espera, considerando-se que o operador terá que colocar a peça no dispositivo, esperar a atuação do cilindro pneumático e depois retirá-lo do sistema para passar à próxima máquina.

- O sistema utilizando a pneumática acoplada à própria máquina apresenta perda por produtos defeituosos nula, permitindo a localização de todas as peças defeituosas. Não possui perda por transporte, por estar a pneumática fixada na própria máquina. Como o sistema é inteiramente automatizado não há perda no movimento, mas há perda por espera, pois o operador aguardará que o *Poka-yoke* funcione através do acionamento dos cilindros.

A tabela 1 resume a avaliação das principais perdas encontradas nas quatro alternativas.

Tabela 1- Avaliação das principais perdas.

Perdas Altern.	Perda por Transporte	Perda Prod. Defeituosos	Perda no Movimento	Perda por Espera	Multiplicação
Caixa	1	9	3	1	27
Gabarito	1	6	9	1	54
Máq. Teste	3	1	3	6	54
Pneum. Acop.	1	1	1	6	6

6. Conclusões

Este trabalho apresentou um modelo cujo objetivo foi avaliar as alternativas de mecanismos para a conquista do zero defeito em uma máquina pertencente ao processo produtivo de uma fábrica de amortecedores.

A escolha do mecanismo apropriado para operação zero defeito ficará a cargo do desenvolvimento da quarta idéia gerada, ou seja, um sistema pneumático adaptado à máquina, por apresentar a menor pontuação na somatória total conforme demonstrado na tabela 1.

Em relação ao tempo de implantação e ao custo de construção, a alternativa escolhida requer tempo de parada de máquina maior que as outras opções, talvez tendo que ser implantada em um final de semana para não prejudicar a produção, e seu custo de implantação é seguramente o segundo maior, ficando abaixo somente da máquina teste, porém, o ganho gerado pela ausência do defeito através da implantação do sistema é o que faz sentido no aprofundamento constante do estudo da filosofia zero defeito.

Recebido para publicação em 08/02/02.

Aceito para publicação em 03/05/02.

ABSTRACT

This work presents a model to evaluate the best technical alternative for the elimination of production defects in a machine belonging to a production process of shock absorbers for vehicles.

Key words: Toyota Production System; Poka-yoke

Endereço para contato: guelbert@bol.com.br

REFERÊNCIAS

1 CABRAL, R. H. Q.; ANDRADE, R. S. **Aplicação do Pensamento Enxuto**, Artigo publicado no ENEGEP, 1998.

2 GOLDRATT, E. M.; COX J. **A Meta**. IMAM. São Paulo, 1986.

PUBLICATIO UEPG - Ciências Exatas e da Terra, C. Agrárias e Engenharias, 8 (1): 79 - 89, 2002.

- 3 MAYER, R. R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1992.
- 4 OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala**. Bookman, Porto Alegre, 1997.
- 5 SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção - Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- 6 SOARES, C. R. D. S. **TOC, STP e TQC: Uma Abordagem Conjunta**. Porto Alegre: UFRGS -PPGEP, 1998.