

N. CLASS. M 620.1
CUTTER B732 d-32153
ANO/EDIÇÃO 2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
ALEX RIBEIRO BORGES

DISPOSITIVOS A PROVA DE ERROS UTILIZADOS EM PROCESSOS DE
MÁQUINAS INJETORAS

Varginha

2014

ALEX RIBEIRO BORGES

**DISPOSITIVOS A PROVA DE ERROS UTILIZADOS EM PROCESSOS DE
MÁQUINAS INJETORAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira.

Varginha

2014

ALEX RIBEIRO BORGES

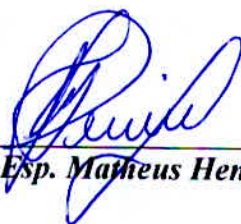
**DISPOSITIVOS A PROVA DE ERROS UTILIZADOS EM PROCESSOS DE
MÁQUINAS INJETORAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do centro Universitário do Sul de Minas Gerais – UNIS, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /



Prof. Me. Aginaldo Borba Pereira



Prof. Esp. Mateus Henrique Pereira

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela sabedoria e força dadas durante todo o período de graduação, a minha família pelo apoio moral, paciência e incentivo nesta etapa de minha vida e a minha namorada pelo apoio dado durante o desenvolvimento deste trabalho teórico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram a elaborar este trabalho, agradeço aos professores pelo conhecimento transmitido, aos companheiros de trabalho, principalmente o Sr. Robinson Clemente de Souza pelo grande conhecimento repassado durante o início de minha vida profissional na área de engenharia, e a minha namorada por estar presente me dando forças e apoio nos momentos mais difíceis.

“Cada sonho que você deixa pra trás, é um
pedaço do seu futuro que deixa de existir.”
Steve Jobs

RESUMO

O presente trabalho aborda o tema “Dispositivo a prova de erros utilizados em processos de máquinas injetoras”. Tal abordagem se justifica pela importância da redução de produtos com anomalias e a segurança do operador. O objetivo desta pesquisa é apresentar a ação do dispositivo Poka-Yoke sobre o processo de injeção de uma máquina injetora, demonstrando sua implementação e resultados. Foram utilizadas pesquisas bibliográficas e pesquisas de campo para a realização deste trabalho, que norteou para verificação da importância de um dispositivo Poka-Yoke no auxílio durante a fabricação de produtos considerados passíveis em ocorrer anomalias, pois após definição de máquina injetora e seu funcionamento percebe-se que em determinados produtos são utilizados sistemas a prova de erros a pedido do cliente ou através de melhorias contínuas. Para utilização deste sistema é preciso realizar a definição do Poka-Yoke, estudando a melhor maneira de se utilizar o dispositivo, qual método ele irá trabalhar para assim ele obter melhores resultados em sua atuação de prevenir produtos com defeitos.

Palavras - chave: Máquina injetora. Poka-Yoke. Sistema a prova de erros.

ABSTRACT

This paper addresses the issue foolproof devices used in processes of injection molding machines. Such an approach is justified by the importance of reducing products with anomalies and operator safety. The objective of this research is to bring a brief introduction of injection machine, define Poka-Yoke devices, demonstrate some examples and describe the process of implementing a device in the company. Literature searches and field surveys were used for this work, which served to verify the importance of Poka-Yoke device in aid during manufacturing of products considered insusceptible anomaly occurs because after setting injection machine and its operation percebe- that in certain systems products are used foolproof on request or through continuous improvement. To use this system you must perform to define Poka-Yoke, studying the best way to use the device, which method will work for him so he best results in its operations to prevent product defects.

Key - words: *Machine injector. Poka-Yoke. System foolproof.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Unidade de fechamento e injeção de máquinas injetoras.....	12
Figura 02 – Robo utilizado em uma máquina injetora.....	13
Figura 03 – Como funcionam os dispositivos Poka-Yoke	15
Figura 04 – Produto posicionado corretamente no berço de montagem.....	18
Figura 05 – Bócula.....	19
Figura 06 – Sensor fotoelétrico.....	19
Figura 07 – Dispositivo pronto para cravar a bócula no produto	19
Figura 08 – Produto pronto para receber o cravamento das bóculas	20
Figura 09 – Acionando o dispositivo para o cravamento das bóculas.....	20
Figura 10 – Botoeira óptica	20
Figura 11 – Alerta de ausência de bócula no dispositivo	21
Figura 12 – Barreira de segurança	21
Figura 13 – Robô acoplado produto no dispositivo.....	22
Figura 14 – Robô auxiliando no processo de verificação do produto	22
Figura 15 – Pistão e sensor de presença.....	23
Figura 16 – Botão de reset	23
Figura 17 – Demonstração das possibilidades de peça coelho	24
Figura 18 – Trava central com falha de injeção.....	25
Figura 19 – Croqui do dispositivo	26
Figura 20 – Layout.....	31
Figura 21 – Robô em processo de posicionamento da peça no dispositivo.....	31
Figura 22 – Produto acoplado no dispositivo Poka-Yoke	32
Figura 23 – Produto em teste no dispositivo Poka-Yoke.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MÁQUINAS INJETORAS.....	11
3 DISPOSITIVOS A PROVA DE ERROS (POKA-YOKE).....	14
3.1 Definição de Poka-Yoke	14
3.1.1 Inspeção.....	14
3.1.2 Métodos.....	16
4 APLICAÇÃO DE DISPOSITIVOS POKA-YOKES EM MÁQUINA INJETORAS .	18
4.1 Exemplo de um dispositivo de cravamento	18
4.2 Exemplo de um dispositivo de leitura de presença das travas.....	22
4.2.1 Liberação do dispositivo Poka-Yoke (Peça coelho).....	23
5 DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO POKA-YOKE	25
5.1 Situação antes de utilizar o dispositivo	27
5.2 Situação depois de utilizar o dispositivo	28
5.2.1 Gráficos que medem a eficiência de melhoria no cliente.....	29
5.3 Como funciona o dispositivo	30
6 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda os dispositivos a prova de erros e sua importância em um processo de injeção auxiliando na prevenção de refugos. Observa-se que o dispositivo Poka-Yoke se subdivide em métodos, e para a sua implementação deve-se atentar a qual maneira atenderá a necessidade para a aplicação de tal dispositivo.

O escopo geral desta pesquisa é apresentar a ação do dispositivo Poka-Yoke sobre o processo de injeção de uma máquina injetora, demonstrando sua implementação e seus resultados. Os objetivos específicos são definir máquina injetora, identificar a importância do dispositivo à prova de erros, exemplificar alguns dispositivos em funcionamento e demonstrar o desenvolvimento de um dispositivo Poka-Yoke em uma empresa.

O tema Poka-Yoke é de exalta importância a ser estudado por futuros engenheiros, pois, o mesmo é utilizado com frequência, porém não percebido, um exemplo seria o pen drive, o mesmo não consegue ser encaixado em algum dispositivo a não ser da forma correta. Observando tal exemplo, pode-se perceber como estes dispositivos a prova de erros são aplicados constantemente no dia-a-dia.

Nesta pesquisa o foco foi investigar a utilização de sistemas Poka-Yoke em máquinas injetoras em uma empresa. Isso se justifica pela necessidade de reduzir produtos com anormalidades e de proporcionar ao operador a segurança necessária para desempenhar seu trabalho.

Espera-se atingir este propósito através de revisão bibliográfica e por pesquisa de campo. O trabalho foi organizado em capítulos. Após o primeiro capítulo, a introdução que trouxe os objetivos e justificativas do tema, o segundo capítulo apresentará uma breve definição de máquina injetoras e seu funcionamento. O capítulo subsequente definirá o que é dispositivo a prova de erros. O quarto e último capítulo ampliará a pesquisa de campo observando a aplicação de Poka-Yoke em máquinas injetoras na empresa.

2 MÁQUINAS INJETORAS

A partir da moldagem de metais (fundição em molde) foram criadas as máquinas de injeção e moldagem. No ano de 1878 foi utilizado um dos primeiros equipamentos para injeção pelo jovem tipógrafo John Wesley Hyatt da cidade de Starkey EUA. A máquina continha um cilindro de aquecimento com câmaras a vapor, um bico que descarregava o material de um êmbolo, que era acionado hidráulicamente para realizar pressão no material fundido. Era utilizado o material nitrato de celulose, tal material foi desenvolvido por Hyatt. Devido o material desenvolvido por Hyatt não ser instável, ele acoplou uma prensa hidráulica vertical do lado de sua máquina, por onde era despejado o material fundido com o molde fechado (RIBEIRO, 2009).

“Aproximadamente em 1940, a injeção de plásticos era utilizada apenas em peças pequenas, porém atualmente com a alta aplicabilidade torna-se possível produzir peças de quase todos os tamanhos e complexidades.” (PIAZERA et al, 2014, p. 11).

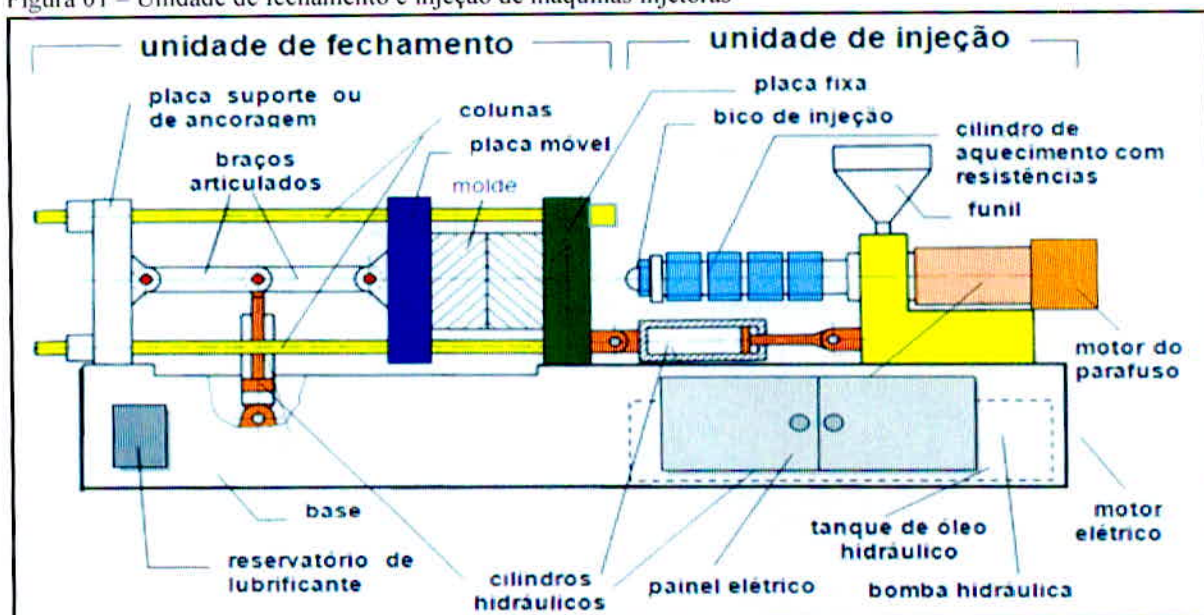
Por meio desta evolução, várias áreas foram beneficiadas, pois, produtos como eletrodomésticos e peças para área automobilística, utilizam a injeção de plástico, tornando-se mais econômico e também dinâmico.

Para a produção de peças moldadas no processo de injeção são utilizados materiais termoplásticos podendo citar alguns exemplos, como: ABS (Acrinolitrla Butadieno Estireno), PP (Poli Propileno), PC (Poli Carbonato), PVC (Poli Cloreto de Vinila), PA (Poli Amida) entre outros. Os materiais termoplásticos são inseridos em um funil sendo direcionados a rosca da máquina injetora, onde encontram-se resistências elétricas que realizam o processo de fundição do material, este material é injetado para as cavidades do molde através de pressões determinadas.

As máquinas injetoras são compostas por duas unidades, a de fechamento e a de injeção (Figura 1). A unidade de fechamento possui duas partes, a móvel (Na qual é fixada uma metade do molde) e a fixa (Prendendo a outra metade do molde), a parte fixa recebe a injeção do material plástico pelo bico de injeção, já a parte móvel aplica uma pressão de fechamento determinada para que não ocorra defeitos no produto.

“O sistema de fechamento é responsável por abrir e fechar o molde sendo uma parte fixa e outra móvel, também é responsável por segurar o molde fechado durante a pressão de material no momento da injeção.” (SENADOR, 2013, p. 23).

Figura 01 – Unidade de fechamento e injeção de máquinas injetoras



Fonte: RIBEIRO, 2009.

Na unidade de injeção é por onde é processado o material plástico, recebendo as temperaturas necessárias através de resistências elétricas para transformações de estado sólido até o estado líquido.

A unidade recebe o material no estado sólido em forma de grânulos ou pó e transporta até a ponta da rosca, durante o percurso, o material recebe aquecimento externo proveniente de resistências elétricas e um esforço de compressão e cisalhamento devido o movimento da rosca. (SENADOR, 2013, p. 26).

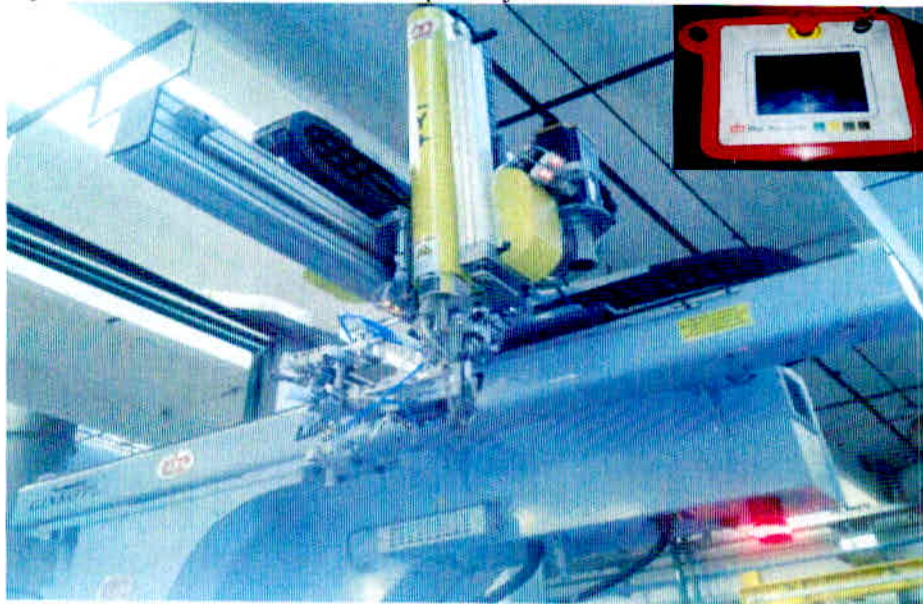
Uma máquina de injeção de plásticos é constituída por vários equipamentos auxiliares, dando ênfase aos principais, que são:

- a) Dispositivo de retirada de peças (Robô) – Este equipamento auxilia na retirada de peças do molde e armazenamento nos dispositivos ou bancadas de verificação, onde substituem determinadas operações que seriam realizadas pelo colaborador, evitando situações de risco ou ações extremamente repetitivas, com isso a aplicação do robô gera um aumento de produtividade, sem que exponha o colaborador a riscos desnecessários, assim pode-se ganhar um aumento de mão de obra.

O robô atualmente substitui algumas operações realizadas por operadores em situações de risco ou extremamente repetitivas, nestes casos a adequação do robô é fundamental para aumentar a produtividade, sem que o operador corra riscos desnecessários, podendo o mesmo ser direcionado a outras atividades mais interessantes. Com a utilização de robôs no processo de injeção temos ciclo contínuos sendo possível saber exatamente a quantidade de peças a ser produzida além de uma melhor estabilização do processo evitando manchas ou outros

problemas que comprometam o acabamento do produto final. (FIALHO, 2005 apud SENADOR, 2013, p. 57).

Figura 02 - Robô utilizado em uma máquina injetora



Fonte: O autor

- b) Painel da máquina (IHM – Interface Homem Máquina) – Onde se acessa e visualiza todos os parâmetros e controles de qualidade do produto que está sendo produzido.
- c) Desumidificadores – Onde é retirada a umidade do material higroscópico (Material que absorve umidade) evitando anormalidades no produto.
- d) Moldes para injeção de termoplásticos – Ferramenta que se divide em duas partes, onde se encontra as cavidades (Macho e fêmea). A refrigeração deve ser ideal para a qualidade do produto, ela deve ser elaborada antes da construção do molde.

3 DISPOSITIVOS A PROVA DE ERROS (POKA-YOKE)

O primeiro dispositivo considerado a prova de erros foi criado e utilizado por Sakichi Toyoda no início do século XX no Japão, sendo aplicado em uma máquina de tear para detectar o rompimento de fios ou a finalização de uma produção de tapete, onde este dispositivo parava a máquina automaticamente, e com isso ele ganhou mão de obra, pois um operador era capaz de controlar vários teares e isso para época resultou em uma vantagem competitiva.

Segundo Correia, Ribas e Ghinato ([1998?], p. 2)

O conceito de dispositivos capazes de 'detectar uma anormalidade no processamento' foi, anos mais tarde, aplicado e difundido na Toyota Motor Company por Taiichi Ohno. Shigeo Shingo, consultor da Toyota durante muitos anos, encarregou-se de aprimorar este conceito e disseminá-lo em indústrias do mundo inteiro.

3.1 Definição de Poka-Yoke

Poka-Yokes são dispositivos ou procedimentos criados em produtos, processos ou sistemas na intenção de evitar falha humana, cercando possíveis anomalias ou defeitos, evitando a montagem errada de componentes, alertando a falta de componentes em peças que serão montadas e com isso previne o cliente de receber produtos com a qualidade não aceitável.

Desta forma, Poka-Yokes são mecanismos ou procedimentos utilizados para prevenir erros em produtos, sistemas ou processos, idealizados e desenvolvidos primeiramente pelo engenheiro Shigeo Shingo, a fim de proteger a produção industrial da Toyota, de erros banais que pudessem vir a se transformar em produtos defeituosos. (TSOU; CHEN, 2005 apud LEPRE, 2008, p. 16).

“Resumindo o Poka-Yoke é um termo japonês onde Yokeru significa ‘Prevenir’ e Poka ‘erros por desatenção’. Sendo um dispositivo ou sistema Poka-Yoke com a função de prevenir falhas humanas por falta de atenção que resultem defeitos no produto.” (DESIDÉRIO, 2012).

3.1.1 Inspeção

Segundo Shingo (1992 apud CALARGE; DAVANSO, 2003, p. 10)

O conceito do Poka-Yoke foi concebido [...] verificando que as características de controle em um determinado produto eram conduzidas, fundamentalmente, por meio de três técnicas baseadas em inspeção: inspeção por julgamento, inspeção informativa e inspeção na fonte.

As inspeções serão descritas a seguir:

- a) Inspeção por julgamento: Os produtos após passarem por um processo de inspeção através de amostragem são segregados e separados entre bons e ruins, podendo ser revelados alguns defeitos antes da entrega ao cliente, mas não diminuindo o índice de anomalias detectadas.
- b) Inspeção informativa: Através de pesquisas buscando a causa raiz dos defeitos encontrados, são gerados resultados e informações que são transmitidas a equipe destinada para realizarem as medidas necessárias para diminuir os defeitos. Porém estes resultados e informações demoram a chegar na causa raiz do problema, onde estes defeitos continuarão a ser produzidos.
- c) Inspeção na fonte: Atua na causa raiz do processo, onde se obtém um resultado rápido e este tipo de inspeção evita que erros se tornem defeitos.

Na empresa os dispositivos Poka-Yoke, tem suas principais funções voltadas à paralisação de um ciclo produtivo (Máquina, linha de montagem, etc); estas funções têm como finalidade prevenir defeitos, evitando que ocorra novamente e se caso ocorrer seja detectada no momento que ocorra a falha.

A figura 03 mostra detalhadamente, como trabalha os dispositivos Poka-Yoke.

Figura 03 - Como funcionam os dispositivos Poka-Yoke



Fonte: O autor

3.1.2 Métodos

Para a elaboração de um dispositivo Poka-Yoke, é necessário definir qual método será utilizado e qual a sua importância na empresa.

Segundo Calarge e Davanso (2003), existem seis tipos de métodos que são:

- a) Método de controle: No momento em que ocorrem as anomalias, a operação é paralisada evitando a repetição de erros.
- b) Método de alerta: Perante anormalidades, são ativados sinais de luz ou som, indicando a precisão de intervenções, mas não paralisa o processo.
- c) Métodos de posicionamento: É elaborado um dispositivo onde a montagem do produto só ocorre quando posicionado de forma correta, sendo impedida a montagem inadequada.
- d) Métodos de contato: Baseia-se na liberação de determinada operação a partir da liberação de sensores indicando que a operação anterior foi finalizada corretamente.
- e) Métodos de contagem: Quando ocorre a verificação de anomalias é interrompido o fluxo da operação sendo verificado as peculiaridades do conjunto por meio de contagem dos elementos.
- f) Métodos de comparação: Através de dispositivos que comparam grandezas físicas (temperatura, pressão, torque, etc.), impossibilitam que a operação não continue quando detectado a anomalia.

Após a definição do método a ser utilizado, esse mecanismo a prova de erros passa por um processo de aceitação e validação e também passa por um processo de escolha de responsabilidades no acompanhamento do dispositivo criado, sendo assim a equipe designada para implementação do mesmo, deverá construir um protótipo e realizar os devidos testes para sua validação.

A validação de um dispositivo é feita através de cem verificações de peças, sendo que devem ser consideradas, de forma aleatória, 10% de verificações em conformidade e 90% de verificações em não-conformidade com as características estabelecidas. Assim, considera-se um dispositivo Poka-Yoke válido se ele conseguir detectar a totalidade de peças em não-conformidade, impedindo que o erro se manifeste em defeito, em vez de atuar sobre as peças que estão em conformidade com as características controladas. Caso o dispositivo falhe nesse controle, o processo de validação é interrompido, faz-se uma análise para a detecção da causa da falha e a solução do problema, e se realiza outra validação do dispositivo (CALARGE; DAVANSO, 2003, p. 14)

Nesta implementação há necessidade de definir responsabilidades. No caso de melhoria contínua, a equipe tem como responsabilidade desenvolver, instalar e validar o

dispositivo Poka-Yoke, e a engenharia da qualidade tem como obrigação o controle de codificações e preenchimento de registros. Já no caso de o produto estar em desenvolvimento deve-se tomar os mesmos procedimentos já citados e também a engenharia de manufatura deverá deixar o Plano da Qualidade, Instruções de Processo e PFMEA atualizados.

4 APLICAÇÃO DE DISPOSITIVOS POKA-YOKES EM MÁQUINA INJETORAS

Os dispositivos desenvolvidos e aplicados em máquinas injetoras são de extrema importância para a empresa, uma vez que reduzem a produção de produtos fora da qualidade ideal e coagem o operador fixar a atenção total no produto que está sendo fabricado, pois em uma máquina injetora, a produção de peças é constante e com isso o operador deve estar sempre atento a possíveis anomalias ou falhas no processo e utilizando o dispositivo Poka-Yoke ele tem um controle destas possíveis anormalidades, assim gerando uma proteção para a empresa, além de evitar movimentos repetitivos os dispositivos asseguram a integridade física do operador, uma vez que ele não tem um contato direto com o molde.

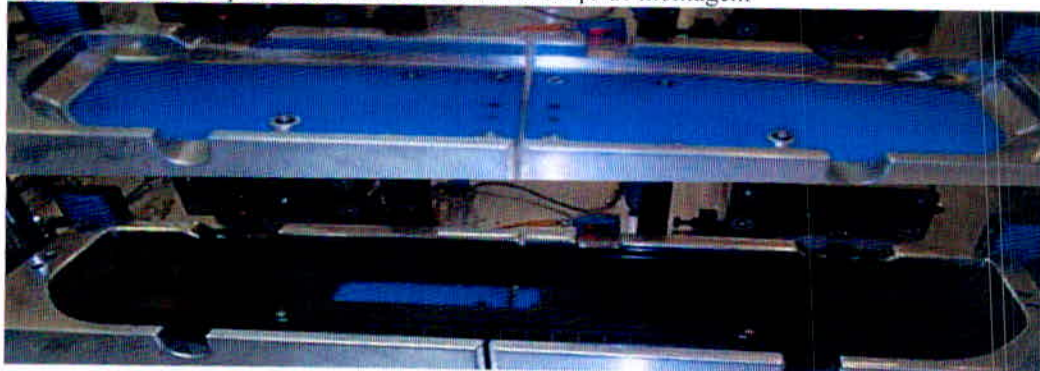
“O que podemos identificar na aplicação do Poka-Yoke é que temos uma ferramenta potencial para o atendimento aos procedimentos de uma determinada linha de produção, a sua utilização auxilia neste atendimento de requisitos conforme as especificações do produto.” (DESIDÉRIO, 2012).

4.1 Exemplo de um dispositivo de cravamento

Este dispositivo foi desenvolvido junto à criação do produto, ou seja, ele não foi criado por falhas decorrentes de produção ou por melhoria contínua, foi idealizado no desenvolvimento do produto, nele encontram-se dois métodos já citados ao decorrer deste trabalho, sendo eles: Método de posicionamento e método de contato.

Para se iniciar o processo de cravamento das bóculas no produto, o operador deverá posicionar corretamente o produto no berço de montagem (Figura 04). Bóculas são anéis metálicos que auxiliam na montagem do produto quando a mesma receber seu destino final, portanto é de extrema importância a presença das mesmas (Figura 05).

Figura 04 – Produto posicionado corretamente no berço de montagem



Fonte: O autor

Figura 05- Bócula,



Fonte: O autor

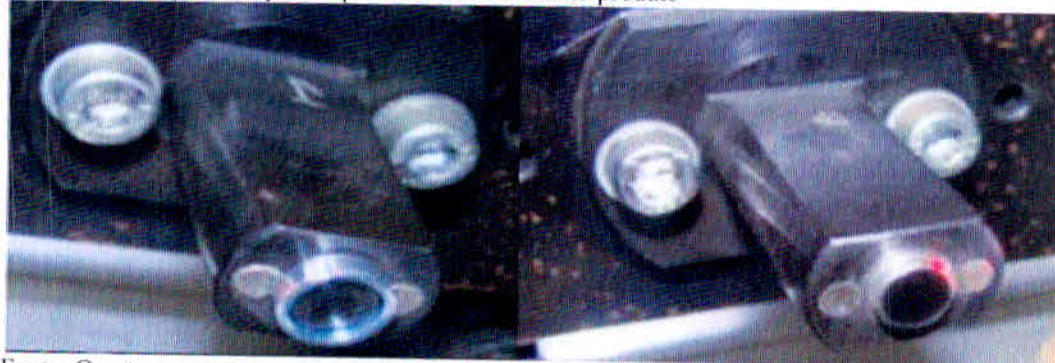
Tal dispositivo é baseado na liberação dos sensores através da presença das bóculas posicionadas corretamente pelo operador no dispositivo (Figura 06, 07 e 08), esta liberação indica que a operação inicial foi concluída com sucesso e que o operador já poderá dar o start no dispositivo, fazendo com que não ocorra o risco de anormalidades durante o processo de fixação das bóculas no produto (Método de contato). Essas bóculas auxiliarão na montagem do produto quando a mesma receber seu destino final. E para o posicionamento correto delas o dispositivo foi elaborado com as dimensões ideais para que a montagem de tais bóculas no dispositivo não ocorra de maneira errada (Método de posicionamento).

Figura 06 – Sensor fotoelétrico



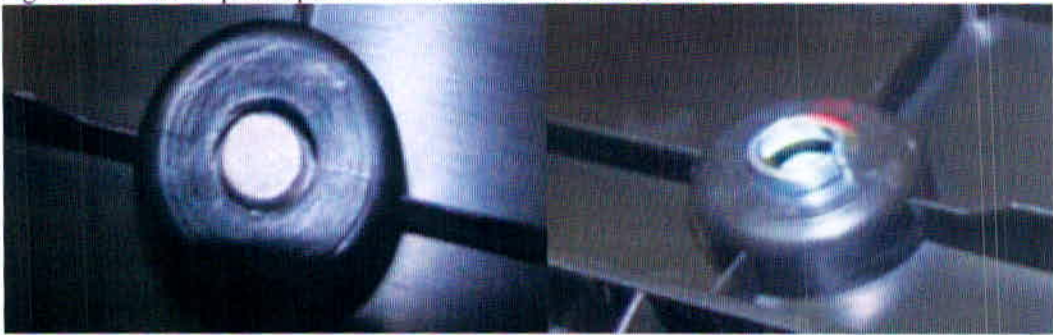
Fonte: O autor

Figura 07 – Dispositivo pronto para cravar a bócula no produto



Fonte: O autor

Figura 08 – Produto pronto para receber o cravamento das bóculas



Fonte: O autor

Depois de realizado o procedimento de encaixe das bóculas no dispositivo, o operador acionará a máquina por meio do comando bi-manual (Figura 09 e 10).

Figura 09 – Acionando o dispositivo para o cravamento das bóculas



Fonte: O autor

Figura 10 - Botoeira óptica



Fonte: O autor

No caso de falta de bôculas ou posicionamento errado da peça no berço de montagem, o dispositivo não será acionado e em seu painel irá surgir um alerta de onde o procedimento não está conforme para o cravamento ideal da bôcula no produto (Figura 11).

Figura 11 - Alerta de ausência de bôcula no dispositivo



Fonte: O autor

Este dispositivo também possui um sensor de proteção chamado barreira de segurança (Figura 12) que evita o operador retirar a peça antes do ciclo concluído, prevenindo acidentes de trabalho. Caso haja a invasão pelo operador é parado automaticamente o processo.

Figura 12 – Barreira de segurança



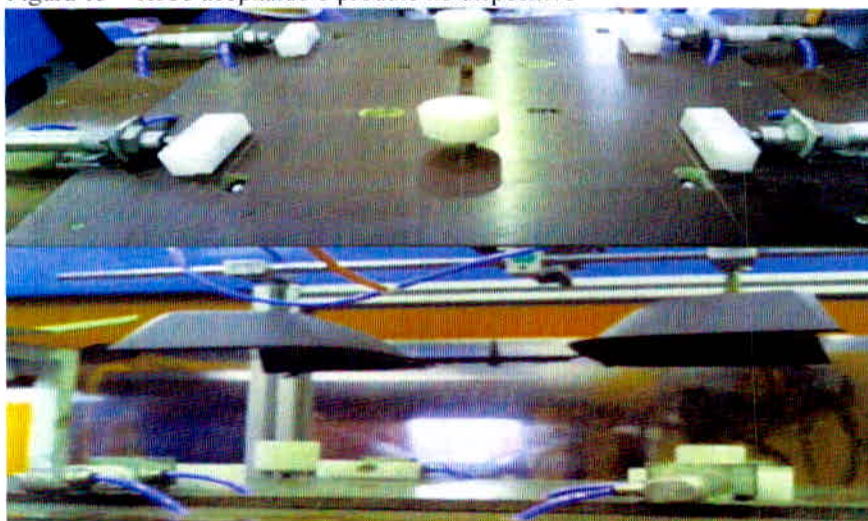
Fonte: O autor

4.2 Exemplo de um dispositivo de leitura de presença das travas

Este dispositivo foi desenvolvido devido a uma proposta de melhoria contínua utilizando o método de alerta.

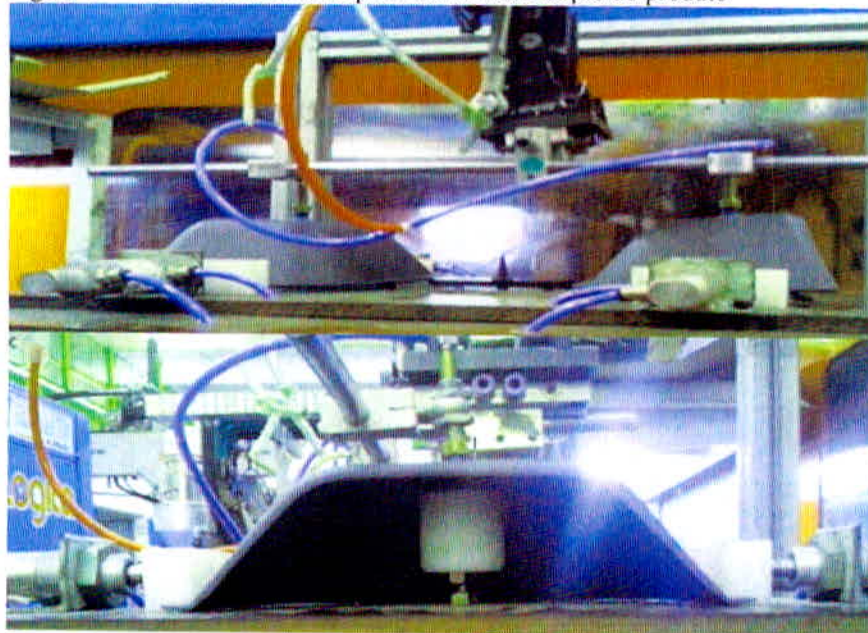
O produto é retirado do molde por auxílio de um robô, onde o mesmo realiza o depósito da peça no dispositivo (Figura 13), auxiliando até o final do ciclo, após o posicionamento da peça são acionados os pistões por meio de ar-comprimido (Figura 14), onde este pistão avança e prende a peça no dispositivo em posição correta para a leitura das travas por meio de sensores de presença (Figura 15).

Figura 13 – Robô acoplando o produto no dispositivo



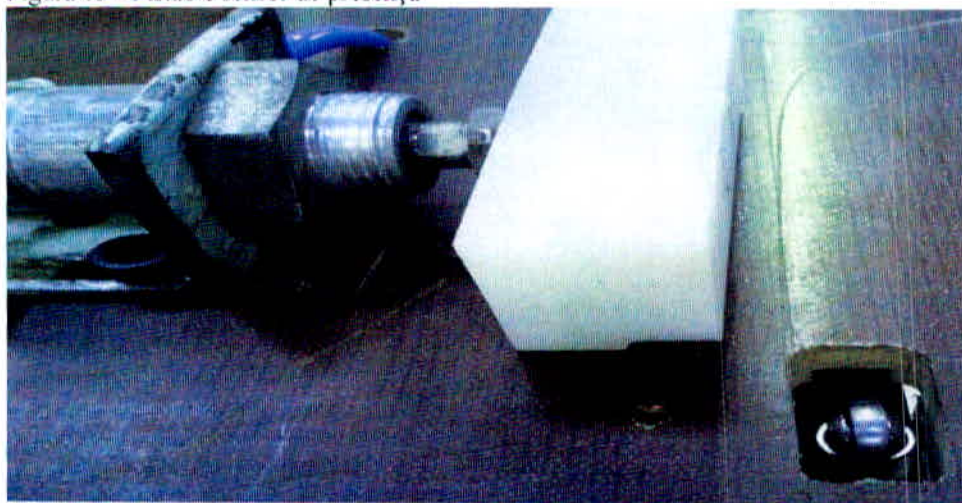
Fonte: O autor

Figura 14 – Robô auxiliando no processo de verificação do produto



Fonte: O autor

Figura 15 - Pistão e sensor de presença



Fonte: O autor

No caso de falta de travas ou falha de injeção, o dispositivo permanecerá com os pistões avançados e emitirá um sinal sonoro, onde a peça não será liberada até que o operador execute o *reset* do dispositivo (Figura 16), no ato da anormalidade o operador deve realizar o descarte da peça com defeito. A peça não apresentando nenhuma anormalidade os pistões recuam e o robô transporta o produto até a bancada do operador, onde ele realizará o teste de inspeção visual para evitar defeitos como manchas, e assim dar continuidade no processo.

Figura 16 - Botão de reset



Fonte: O autor

4.2.1 Liberação do dispositivo Poka-Yoke (Peça coelho)

Para a realização da liberação de um dispositivo Poka-Yoke, deve se levar em conta todas as possibilidades de anomalias que poderão acontecer no produto fazendo uma comparação com o processo aprovado.

Exemplo: No caso de uma peça com dois parafusos as peças coelho deverão representar as possibilidades de erro conforme figura 17.

Figura 17 - Demonstração das possibilidades de peças coelho



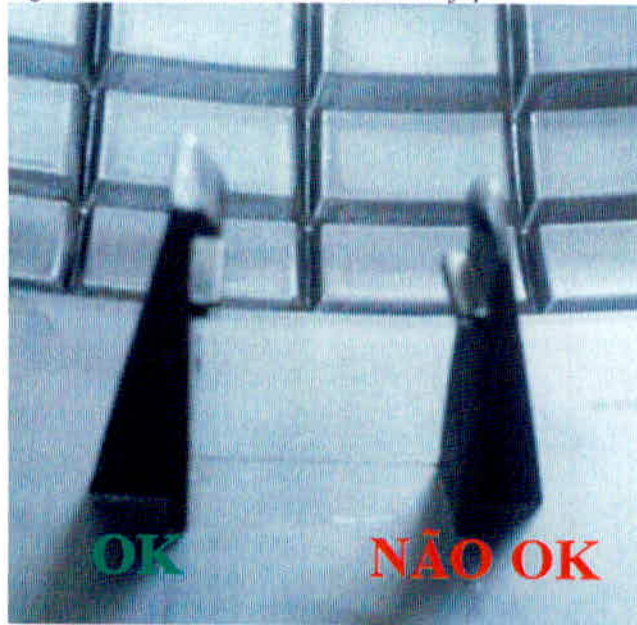
Fonte: O autor

Este procedimento sinaliza e evita a produção de peças com falta de componentes, é de extrema importância à aplicação desta liberação em todos os dispositivos Poka-Yoke para não ocorrer o envio de peças danificadas ao cliente, assim evitando reclamações ou paradas na linha de produção.

5 DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO POKA-YOKE

A necessidade para a criação deste dispositivo aconteceu quando a empresa foi notificada por meio de uma reclamação de um cliente, onde o mesmo mostrou sua insatisfação ao receber algumas peças com falhas de injeção nas travas centrais (Figura 18). As peças com falha de injeção ao serem utilizadas na montadora, não foram aprovadas devido apresentarem folga durante a sua montagem em outros componentes.

Figura 18 – Trava central com falha de injeção.



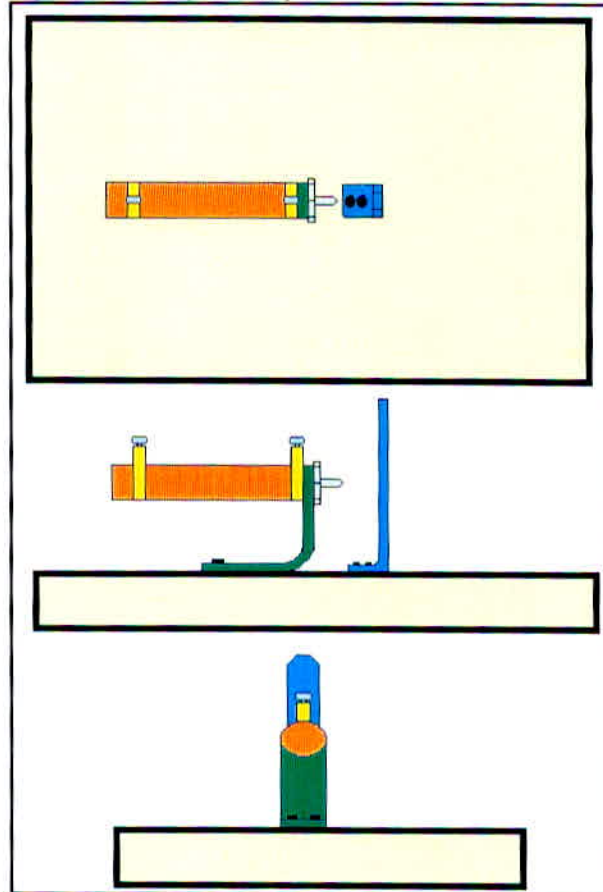
Fonte: O autor

Devido à concepção do produto as travas centrais são os últimos pontos de preenchimento da peça, estes pontos são difíceis de serem visualizados pelo operador devido sua localização, por esse motivo foi realizado um trabalho para a criação de um dispositivo que detecta a falha de injeção nessas travas, onde as peças com falha de injeção são expulsas pelo pistão e caem em uma caixa vermelha identificando assim a peça com falha, e as peças conforme a qualidade aprovada permanecem fixas no dispositivo.

Por meio de uma reunião da equipe direcionada para a criação e implementação de dispositivos na empresa, foi definido que seria necessário um dispositivo de baixo custo que detectasse possíveis falhas de injeção e fosse eficaz na sua detecção. Nesta reunião foi definido que seria dedicada uma máquina injetora para a produção desta peça, onde tal máquina deveria contar com um equipamento auxiliar na retirada de peças (Robô), eliminando assim a opção de injetar a peça em máquinas diferentes, com isso foi possível padronizar o processo de injeção deste produto. Após esta primeira definição, foi decidido que

o método utilizado para este dispositivo seria o método de contato e foi realizado o croqui do dispositivo (Figura 19), e realizado o orçamento junto a equipe de manutenção para verificar os custos da construção do dispositivo.

Figura 19 – Croqui do dispositivo.



Fonte: O autor

Após uma prévia, como a ideia inicial era criar um dispositivo eficaz e de baixo custo, foi verificado que seria utilizado apenas peças reaproveitadas, onde seriam retiradas de dispositivos que já não eram utilizados, e a partir deste levantamento o dispositivo foi aprovado e liberado para construção, sendo utilizadas as seguintes peças reaproveitadas:

- a) Placa Celeron – R\$ 521,00 reais (Utilizado um pedaço de 300 x 250 mm);
- b) Cantoneira – R\$ 18,00 reais a peça (Utilizado uma peça);
- c) Barra Chata – R\$ 27,00 reais (Utilizado um pedaço de 250 mm);
- d) Pistão – R\$ 301,00 reais (Utilizado um pistão);
- e) Reguladores de fluxo – R\$ 58,00 reais a peça (Utilizado dois reguladores);
- f) Mangueiras de ar – R\$ 8,28 reais o metro (Utilizado 08 metros);
- g) Conexões Pneumáticas – R\$ 7,19 reais (Utilizado 02 conexões);
- h) Parafuso Allen 8 mm – R\$ 0,20 reais (Utilizado 6 parafusos);

i) Porca – R\$ 0,05 reais (Utilizado 6 porcas);

Devido à reutilização de peças de dispositivos que não são mais utilizados, foi produzido um dispositivo eficaz para o modo de falha em questão, não houve a necessidade de gastar algum dinheiro comprando peças para a montagem deste dispositivo, caso fosse necessário realizar a compra destas peças o dispositivo ficaria em R\$ 1065,12 reais.

Após o término da construção do dispositivo, o mesmo entrou em fase de testes para verificar sua eficácia. Através dos testes foi verificado que eram necessários alguns ajustes nos parâmetros do robô através do painel IHM, para que o dispositivo trabalhasse sincronizado com o robô, depois deste período de testes, onde tudo ocorreu da maneira esperada, o dispositivo foi liberado para atuar no auxílio de detecção nas travas centrais.

Como procedimento de engenharia, todo dispositivo aprovado é necessário à modificação de documentações que direcionam, validam e medem a eficiência do Poka-Yoke.

Documentos como: FMEA (Análise de Tipos de Falhas e seus Efeitos), DFP (Diagrama Fluxo Processo), Plano de Controle, Auto Controle, PCF (Processo de Controle e Fabricação) e FTP (Ficha Técnica de Processo), que foram atualizados pela equipe técnica.

5.1 Situação antes de utilizar o dispositivo

Antes da aplicação do dispositivo na produção deste produto, todas as peças eram verificadas pelo operador visualmente, seguindo o autocontrole (documento que contém todas as informações da qualidade que a peça deve apresentar), antes do início do turno o inspetor de qualidade aprovava uma peça padrão, para que o operador seguisse os padrões de qualidade da mesma. Porém como é uma região de difícil visualização, algumas peças acabaram sendo liberadas pelo operador com falha de injeção nas travas centrais, onde a empresa foi notificada via SAC (Solicitação de ação corretiva). SAC é um documento onde o cliente demonstra sua insatisfação com produtos enviados fora do padrão de qualidade exigida e através desta reclamação são tomadas todas as ações necessárias para corrigir a anormalidade em questão. Como procedimento é respondido a SAC, Ishikawa e os Cinco Porquês, onde se reuni toda a equipe técnica para resolver o mais rápido possível este defeito e enviar uma resposta ao cliente das modificações que serão feitas para que o problema não volte a acontecer.

Cada vez que a empresa recebe uma notificação, a mesma é informada com um débito de pontuação de classificação de fornecedores, e dependendo da gravidade há necessidade de pagamento de garantia. Com isso quanto mais a empresa for pontuada, menor será a sua

chance de disputar com outras empresas, sendo minimizada a chance de fornecer novos produtos. Por meio destas reclamações há um aumento de auditorias do cliente na empresa, onde eles verificam a implementação de novos postos de verificação, assim gerando um aumento de gastos com mão de obra.

Foi enviado ao cliente um total de 26 peças com falha de injeção nas travas centrais, nas seguintes datas 23/04/2013, 16/09/2013 e 13/11/2013. Respectivamente 15 peças, 8 peças e 3 peças.

Nestas datas foram recebidas reclamações e em cada uma delas foi realizada uma ação. As duas primeiras ações que foram advindas das reclamações dos dias 23/04/2013 e 16/09/2013, não foram eficazes para garantir a padronização e qualidade do produto, sendo a primeira ação no fluxo da máquina injetora, onde foi modificado o local de descarte das peças; A segunda ação foi a utilização de um marcador industrial evidenciando o local da falha de injeção, na terceira reclamação realizada pelas peças defeituosas enviadas no dia 13/11/2013 observou-se a necessidade da criação do dispositivo.

5.2 Situação depois de utilizar o dispositivo

Com a aplicação do dispositivo na máquina injetora auxiliando na verificação das travas centrais, o colaborador agora tem uma ferramenta que verifica e quando necessário cerca peças com anormalidades, no início de cada turno o inspetor continua passando na máquina e assinando uma peça padrão, onde o operador segue os padrões de qualidade da peça liberada. O operador ganhou segurança, uma vez que ele não precisa ficar abrindo e fechando a máquina em cada ciclo para retirada de peças do molde, o operador fica em sua bancada esperando o teste ser realizado, logo após o teste, o robô deposita a peça em uma bancada determinada, se a peça não estiver com preenchimento completo a mesma cairá em uma caixa de produtos não conformes, onde o operador no ato da detecção encaminhará a peça com anormalidade para a área destinada a refugos.

Devido a esta melhoria no processo de inspeção o colaborador tem mais tempo para verificar outros pontos importantes do produto, conforme necessidades apontadas pelos controles exigidos da qualidade.

Com tal aplicação, desde o dia 22/11/2013 não foi detectada nenhuma reclamação do cliente devido a tal falha, pelos seguintes motivos: Foi dedicado o processo somente em uma máquina injetora, padronização dos parâmetros de injeção, padronização operacional e layout definido.

Houve um ganho no ciclo do processo de injeção devido à melhoria de detecção referente à falha de injeção, passando de 60 segundos de ciclo que corresponde a 60 peças por hora, para 50 segundos de ciclo que corresponde 72 peças por hora.

5.2.1 Gráficos que medem a eficiência de melhoria no cliente

Como mencionado anteriormente, para toda reclamação deve ser apresentado um conjunto de documentos que esclarecem o tipo da anomalia encontrada, documentos como a SAC, Ishikawa e os Cinco Porquês. A SAC é um documento que identifica a causa raiz do problema, onde contém o que será feito com as peças em estoque que serão enviadas ao cliente, qual a ação deverá ser tomada para que o problema não volte a acontecer e uma ação evitando recorrência. O Ishikawa é respondido através de um Brainstorming (Tempestade de ideias) onde demonstra a ligação entre um efeito e as causas possíveis que podem estar cooperando para que ela aconteça. Os cinco porquês é uma ferramenta que detecta a causa raiz do problema e não a fonte de problemas. Estes documentos dão suporte para o preenchimento do FMEA.

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo (TOLEDO; AMARAL, p.2).

E por meio do preenchimento do FMEA conseguimos preencher o RPN onde é gerada uma pontuação de risco para medir a eficiência do FMEA antes e depois das ações tomadas (quadro 1 e gráfico 1).

Segundo Santos (2009, p. 25)

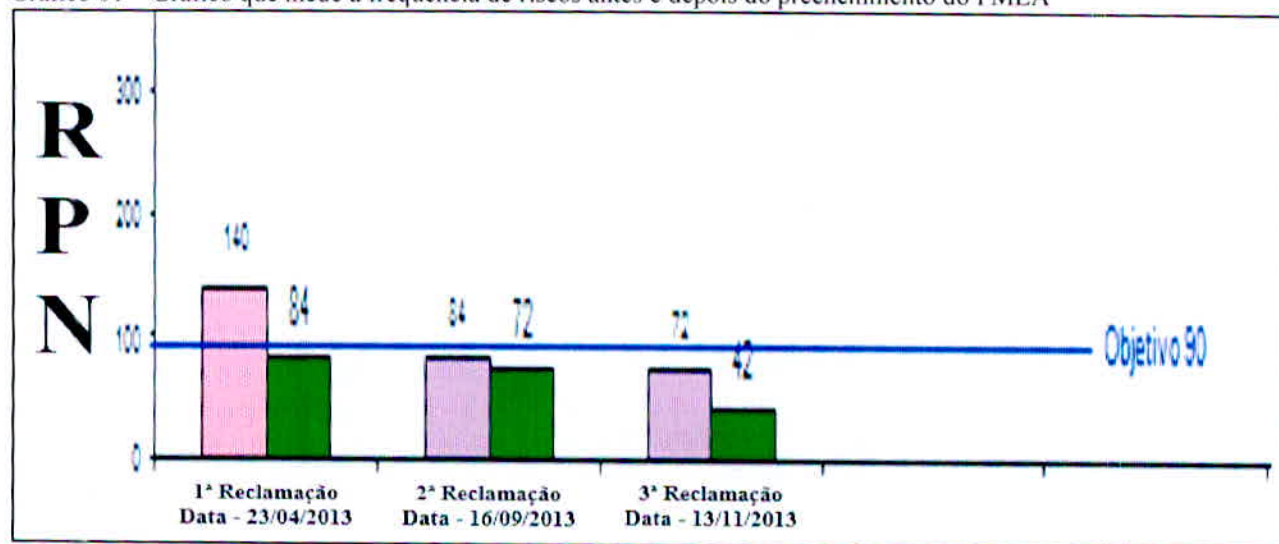
Para a apostila do treinamento Seis Sigma da ThyssenKrupp Metalúrgica Campo Limpo (2006), o RPN (número de prioridade de risco) é um cálculo do risco relativo para uma falha particular. Traduz-se em no produto da seriedade de um efeito particular (Severidade), com a probabilidade que uma causa criará a falha associada com o efeito (Ocorrência) e com a facilidade em detectar a falha antes que ela chegue ao cliente (Detecção).

Quadro 01 – Controle RPN

Controle RPN's - Processo de Injeção Termoplástico									
FMEA	Processo	Modo	Causa	RPN	Ação	Responsável	Data	RPN Previsto	Risco Previsto
Já atualizado- FMEA E PCF	PCF corrigido e instruções de trabalho.	Falha de injeção em região de difícil visualização Operador não se atentou nas travas.	Peças com falha de injeção.	140	Modificação do layout da máquina injetora	Robinson	26/4/2013	84	😊
Já atualizado- FMEA E PCF	PCF corrigido e instruções de trabalho.	Falha de injeção em região de difícil visualização Operador não se atentou nas travas	Peças com falha de injeção.	84	Marcar travas com marcador industrial	Thiago Miguel	20/9/2013	72	😊
Já atualizado- FMEA E PCF	PCF corrigido e instruções de trabalho.	Falha de injeção em região de difícil visualização Operador não se atentou nas travas.	Peças com falha de injeção.	72	Colocado dispositivo de controle sobre a região da falha de injeção, para detectar possíveis falhas	Robinson / Alex	22/11/2013	42	😊

Fonte: O autor.

Gráfico 01 – Gráfico que mede a frequência de riscos antes e depois do preenchimento do FMEA



Fonte: O autor.

5.3 Como funciona o dispositivo

Para manter o fluxo do processo de injeção, o produto é retirado do molde por um robô, que é um dispositivo auxiliar na retirada de peças. O robô deposita a peça no dispositivo Poka-Yoke (Figura 22), após o posicionamento da peça um pistão é acionado por meio de ar comprimido (Figura 23), onde este pistão através de impacto realiza o teste na peça, se caso a peça estiver com falha de injeção nas travas, a peça cairá em uma caixa de produtos não conformes, onde a mesma deverá ser descartada imediatamente pelo operador, e se após o teste a peça não cair do dispositivo a mesma estará aprovada para a próxima operação, e o

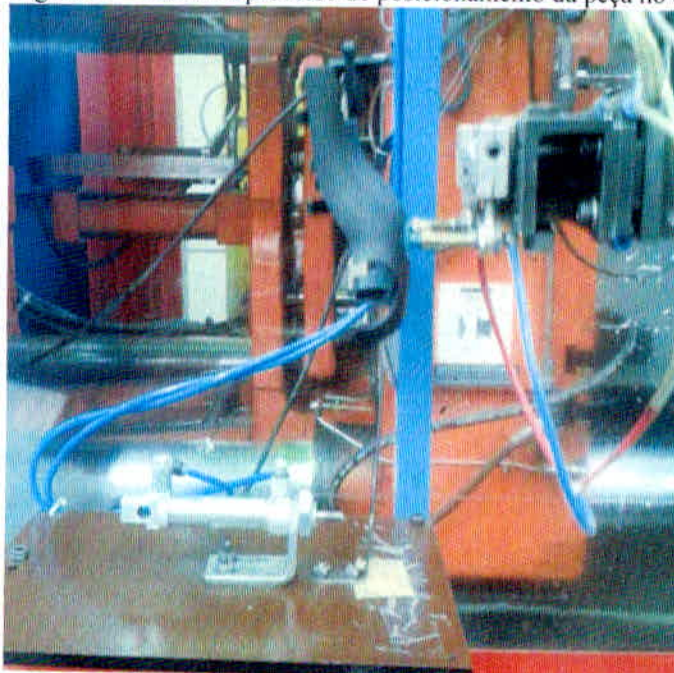
operador deverá realizar a retirada da peça para dar seguimento no processo de inspeção visual e todas as peças aprovadas ou não, são marcadas no ato do teste pelo próprio dispositivo.

Figura 20 – Layout



Fonte: O autor

Figura 21 – Robô em processo de posicionamento da peça no dispositivo



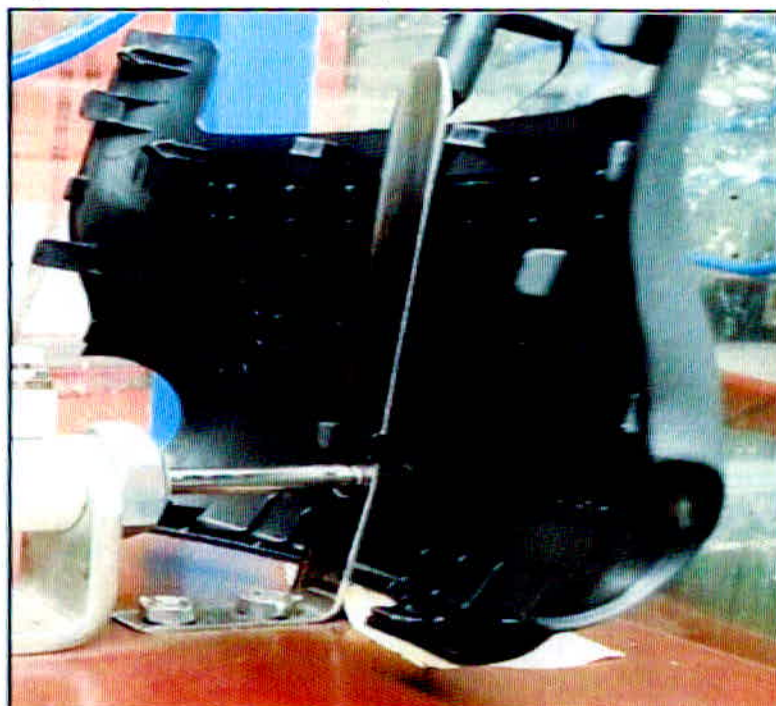
Fonte: O autor

Figura 22 - Produto acoplado no dispositivo Poka-Yoke



Fonte: O autor

Figura 23 - Produto em teste no dispositivo Poka-Yoke



Fonte: O autor

6 CONCLUSÃO

Observou-se que os dispositivos a prova de erros é uma ferramenta que auxilia na prevenção de produtos com anormalidades, e que são utilizados em melhorias contínuas ou quando solicitado pelo cliente.

Percebe-se também que para criar este dispositivo é necessário análise do melhor método a ser utilizado para auxiliar em uma produção de qualidade. Cada método possui características singulares que se enquadram de acordo com cada tipo de produção.

Ao decorrer da pesquisa nos dispositivos citados, foi possível observar que os mesmos foram desenvolvidos também para assegurar a integridade física do operador.

A partir do dispositivo implantado pode-se perceber uma maior satisfação advinda do cliente, uma vez que as falhas acabaram. A empresa ganhou em produtividade sem custo algum, pois a equipe destinada para implementação de dispositivos, desenvolveu o mesmo com peças reaproveitadas.

Com o desenvolvimento da pesquisa foi possível verificar a importância de tais dispositivos em processo de máquinas injetoras, onde é uma ferramenta que auxilia de maneira significativa na produção evitando e detectando anormalidades que poderiam não ser notadas pelos operadores.

REFERÊNCIAS

- CARLEGE, Felipe Araújo; DAVANSO, José Carlos. Conceito de dispositivos à prova de erros utilizados na meta do zero defeito em processos de manufatura. **Revista de ciência e tecnologia**, v. 11, 2003, p. 9-17. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/editora/revistaspdf/ret21.pdf>> Acesso em: 15 maio 2014.
- CORREIA, Luís Cláudio; RIBAS, Wladimir J.; GHINATO, Paulo. **Uma proposta para disseminação dos dispositivos Poka-Yoke através dos CCQs**: Universidade Federal de Pernambuco, [1998?], p. 2-3. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F19698351%2F968203246%2Fname%2FPOKA%2BVOKE%2B2.pdf&ei=8cLFU7CEJHhsASd-4GoCw&usq=AFQjCNGdoG0497q1ufXo6oSnTfzjOcPriQ>>. Acesso em: 01 jun. 2014.
- DESIDÉRIO, Zafenate. **Os benefícios do poka yoke**. 2012. Disponível em: <http://www.qualidadebrasil.com.br/noticia/os_beneficios_do_poka_yoke>. Acesso em: 09 mar. 2014.
- IMAGEM no trabalho de conclusão de curso. **Evolução Tecnológica e Automação das Máquinas Injetoras**: São Paulo. Centro Paula Souza, 2009, p.18. Disponível em: <<http://fateczl.edu.br/TCC/2009-1/tcc-113.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2014.
- LEPRE, Priscila Ramalho. **Diretrizes para aplicação de dispositivos poka-yoke no design de mobiliário**: Uma Estratégia para o Design Sustentável. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008, p. 16. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/18444/Priscilla_Ramalho_Lepre_disertacaoPPGDESIGN2008.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 maio 2014
- PIAZERA, Alessandra et al. **Processo de Produção do Controle Remoto**. Jaraguá do Sul: Centro Universitário de Santa Catarina, 2014. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/verdesign/etapa-produo>>. Acesso em: 09 maio 2014.
- RIBEIRO, Leandro dos Santos. **Evolução Tecnológica e Automação das Máquinas Injetoras**: São Paulo. Centro Paula Souza, 2009, p. 16-18. Disponível em: <<http://fateczl.edu.br/TCC/2009-1/tcc-113.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2014.
- SANTOS, Ronildo Xavier dos. **Aplicação do FMEA no projeto de moldes para injeção de materiais termoplásticos**: São Paulo. Centro Paula Souza, 2009, p. 14 – 25.
- SENADOR, Diogo de Souza. **Injeção de Termoplásticos**. Varginha: Centro Universitário do Sul de Minas, 2013, p. 23-29; p. 57.
- TOLEDO, José Carlos de; AMARAL, Daniel Capaldo. **FMEA – Análise do tipo e efeito de falha**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, [20??]. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2014.