

**RODRIGO VIEIRA DO ROZÁRIO**

517

**Aplicação da metodologia FMEA em uma linha de montagem durante a  
fase de desenvolvimento de novos projetos na indústria de autopeças.**

São Paulo  
(2015)

**RODRIGO VIEIRA DO ROZARIO**

60

**Aplicação da metodologia FMEA de processo em uma linha de montagem durante a fase de desenvolvimento de projetos na indústria de autopeças.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Gestão e Engenharia da Qualidade.

Orientador: Prof. Adherbal Caminada Netto

São Paulo  
(2015)

**RODRIGO VIEIRA DO ROZARIO**

**Aplicação da metodologia FMEA de processo em uma linha de montagem durante a fase de desenvolvimento de projetos na indústria de autopeças.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Gestão e Engenharia da Qualidade.

Orientador: Prof. Adherbal Caminada Netto

São Paulo  
(2015)

A minha família e a minha noiva Laís que, mesmo distantes, sempre me apoiaram em todas as decisões

## AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar.

A família que me entendeu e apoiou minhas escolhas, mesmo que as mesmas me levassem pra longe.

A minha noiva Laís pela paciência e ter sempre uma palavra sensata de encorajamento nos momentos de dificuldade.

A Raissa e Janaina que contribuíram com divertidas caronas e que generosamente dividiram experiências e conhecimento nesse período de aprendizado.

## RESUMO

As seguidas quedas de venda da indústria automotiva nacional em relação aos mesmos períodos de anos anteriores tem gerado cada vez mais pátios cheios nas montadoras, fazendo com que consequentemente o foco em relação a qualidade do produto final aumente não somente na montadora como também na percepção do cliente final ao adquirir um novo automóvel.

Uma vez que as margens de lucro das indústrias de autopeças são reduzidas devido à grande concorrência e aos preços fixados pelas montadoras, incidências de defeitos somadas à baixa de vendas podem trazer consequências desastrosas para os resultados financeiros de qualquer empresa.

Em função disso e também devido a necessidade de lançamentos cada vez mais frequentes, com prazos de desenvolvimento ainda menores, a utilização de ferramentas para antecipar possíveis falhas se tornam fundamentais para a competitividade da organização, principalmente no que diz respeito a novos projetos: quando uma grande parte de recursos é dispendida sem lucro imediato e que qualquer falha pode trazer consequências durante toda a produção do item.

Este trabalho busca apresentar os resultados da aplicação da técnica FMEA de processo, desde a fase de pré-projeto (utilizando informações do DFMEA) até a vida série de um veículo, em uma indústria de autopeças localizada em São Bernardo do Campo.

Palavras-Chave: autopeças, DFMEA, PFMEA.

## ABSTRACT

The frequent drops in sales of the automotive industry in relation to the same periods from previous years have generated an increasingly number of yards full of cars in the OEMs, consequently shifting the industry focus to the final customer.

Once the profit margins from the auto part industry got tightened due to high competition and price definition by the OEMs, defects incidence combined with low sales can bring disastrous financial results to any company.

As a result, also due to the need of new and more frequent releases, with tighter due dates, the use of tools to anticipate possible failures become fundamental to the organization competitiveness, mainly with regard to new projects when a big part of the resources is spent with no immediate profit and any failure can bring consequences during the production of the item.

This study seeks to present the results of applying process FMEA technique, since the pre-project phase (utilizing DFMEA information) until the life series of a vehicle, in an auto parts industry located in São Bernardo do Campo.

Keywords: auto parts, DFMEA, PFMEA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de diagrama de blocos.....	18
Figura 2: Exemplo de DFMEA .....	19
Figura 3: Exemplo de PFMEA .....	20
Figura 4: Simbologia Geral para Fluxogramas .....	25
Figura 5: Tabela de pontuação para severidade .....	27
Figura 6: Tabela de pontuação para ocorrência .....	28
Figura 7: Tabela de pontuação para detecção .....	29
Figura 8: Exemplo de diagrama de Pareto .....	32
Figura 9: ciclo PDCA.....	33
Figura 10: Fase <i>Plan</i> .....	34
Figura 11: Fase <i>Do</i> .....	34
Figura 12: Fase <i>Check</i> .....	35
Figura 13: Fase <i>Action</i> .....	36
Figura 14: Fluxograma do processo de montagem operação.....	40
Figura 15: Item e requisito da operação de montagem .....	41
Figura 16: Simbologia utilizada para definição de classe .....	45
Figura 17: Pontuação para severidade no estudo de caso.....	46
Figura 18: Causas potenciais no estudo de caso .....	49
Figura 19: Pontuação para ocorrência no estudo de caso.....	52
Figura 20: Pontuação para detecção no estudo de caso.....	54
Figura 21: NPR resultante .....	55
Figura 22: plano de ação inicial .....	57
Figura 23: plano de ação 16/03/2015 .....	60
Figura 24: Plano de ação 30/03/2015 .....	63
Figura 25: NPR após fechamento de todas as ações.....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ANFAVEA</b>	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
<b>DFMEA</b>	<i>Design Failure Mode and Effect Analysis</i>
<b>PFMEA</b>	<i>Process Failure Mode and Effect Analysis</i>
<b>PPAP</b>	<i>Production Part Approval Process</i>
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>TS</b>	<i>Technical Specification</i>
<b>IATF</b>	<i>International Automotive Task Force</i>
<b>IQA</b>	Instituto da Qualidade Automotiva
<b>BOM</b>	<i>Bill of Material</i>
<b>NPR</b>	Número de Priorização de Risco
<b>PDCA</b>	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
<b>DV-P</b>	<i>Design Validation Plan</i>
<b>SOP</b>	<i>Start of Production</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO.....</b>	<b>14</b>
2.1 A ISO-TS e o FMEA.....	14
2.1.1 Confiabilidade.....	15
2.1.2 A Conceito de FMEA de Projeto.....	16
2.2 Informações para a construção do DFMEA .....	16
2.3 A Conceito de FMEA de Processo.....	19
2.4 Informações para a construção do PFMEA.....	21
2.4.1 Fluxograma .....	24
2.4.2 Priorizando os Maiores Riscos .....	26
2.4.2.1 Índice de severidade .....	26
2.4.2.2 Índice de Ocorrência .....	27
2.4.2.3 Índice de Detecção.....	28
2.4.2.3.1 <i>Poka-yoke</i> .....	30
2.4.2.3.2 <i>Análise de Pareto</i> .....	31
2.4.3 Elaborando o plano de ação utilizando PDCA.....	32
2.4.3.1 Etapas do PDCA .....	33
<b>3 CASO REAL DA APLICAÇÃO DO FMEA DE PROCESSO.....</b>	<b>37</b>
3.1 Histórico da empresa .....	37
3.2 Características da empresa .....	37
3.3 Produtos.....	37
3.4 Aplicação do PFMEA em uma operação de montagem.....	37
3.4.1 Índice de severidade .....	43
3.4.2 Índice de ocorrência .....	50
3.4.3 Índice de detecção .....	53
3.4.4 Índice de NPR (número de prioridade de risco) .....	55
3.4.5 Plano de ação .....	56
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade nas empresas tem se mostrado um diferencial competitivo seja no fornecimento de produtos ou serviços. Clientes estão a cada dia mais exigentes e têm dado uma maior preferência para empresas que buscam adequar os seus processos aos conceitos de qualidade e de melhoria contínua sem que haja aumento significativo no preço de seus produtos.

A indústria automotiva brasileira, que até a década de 1990 contava apenas com quatro grandes montadoras de automóveis no país, sendo duas delas integrantes da *joint-venture* Autolatina segundo Franscischini e OTA (2003) é um grande exemplo nesta busca da melhoria da qualidade devido a sua importância no mercado industrial nacional.

As montadoras brasileiras da década de 90 ofereciam um pequeno número de modelos, contudo produziam veículos tecnologicamente atrasados em comparação aos países desenvolvidos à um custo elevado para o padrão nacional. A abertura do mercado aliada à instalação de novas montadoras que trouxeram *know-how* e tecnologia idêntica às utilizadas em suas matrizes, proporcionou uma melhoria significativa na qualidade dos veículos produzidos.

De acordo com o Anuário da Indústria Automobilística Brasileira de 2014 da ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2014), a indústria automotiva incluindo autopeças representa 21% do PIB industrial e 5% do PIB total brasileiro gerando 1,5 milhões de empregos diretos e indiretos com um faturamento líquido em 2012 de mais de 93 bilhões de dólares no Brasil.

No atual cenário de queda nas vendas frente a um mercado tão lucrativo e com clientes cada vez mais exigentes, antecipar e evitar falhas se tornou uma questão de sobrevivência. Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso da utilização do FMEA de processo para evitar falhas em um processo de montagem de peças de um painel de instrumentos do veículo “A”, produzidas na unidade de São Bernardo do Campo da empresa Beta, e seus resultados.

O trabalho está estruturado conforme segue abaixo:

1. O capítulo 2 apresenta uma revisão de literatura com sobre a técnica FMEA de desenvolvimento e de processo, conceito de confiabilidade e as ferramentas da qualidade fluxograma e diagrama de Pareto.
2. O capítulo 3 apresenta o estudo de caso da aplicação da técnica FMEA na linha de montagem de uma empresa de autopeças e a pontuação referente a análise da equipe multifuncional.
3. O capítulo 4 apresenta as conclusões obtidas ao aplicar a técnica FMEA e o que não foi identificado pela equipe multifuncional.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO

### 2.1 A ISO-TS e o FMEA

De acordo com Slack at al. (1999) erros são inevitáveis e parte da vida, portanto, ao se fabricar um produto ou prestar um serviço, é sabido que parte das operações serão realizadas de forma incorreta. Para entender a procedência do erro e mensurar o impacto do mesmo no resultado final, as organizações precisam registrar as diferentes ocorrências de falhas e se atentar especialmente para as incidências que são consideradas críticas (como itens que afetam a segurança do usuário) ou pelo prejuízo que podem levar ao resto da produção (uma liberação de processo incorreta, por exemplo).

Slack at al. (1999) descrevem os possíveis tipos de falhas e as separa de acordo com sua procedência:

- Falhas de Projeto;
- Falhas de Instalações;
- Falhas de Pessoal;
- Falhas de Fornecedores;
- Falhas de Clientes.

A utilização da técnica FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis* – não é novidade para os fornecedores da cadeia automotiva, uma vez que a apresentação do estudo faz parte da lista de documentos mínimos necessários para a submissão de aprovação de produto, mais conhecida como *PPAP – Production Part Approval Process*, conforme exigência da norma ISO/TS 16949:2009.

Segundo o prefácio da Normativa ISO/TS 16949:2009, a ISO é uma federação mundial de organizações de normalizações que prepara suas normas internacionais com comitês técnicos formados por entidades membros interessadas, já a ISO/TS é um requisito específico para a aplicação da ISO 9001 cuja especificação técnica é voltada para a produção automotiva e organizações de peças e serviços que são pertinentes à mesma.

Esta especificação técnica foi preparada pela IATF (*International Automotive Task Force*) apoiada pelo comitê ISO/TC 176 (*Quality management and quality assurance*). A norma estabelece que a organização deve utilizar uma abordagem multidisciplinar na criação e manufatura do produto, incluindo o desenvolvimento das análises de modo e efeitos de falha.

Segundo Kaminski (2012) o FMEA é uma metodologia de análise sistemática capaz de evidenciar, ainda em fase de projeto, potenciais falhas no produto, podendo também ser aplicada no processo produtivo. Para Slack et al. (1999), o FMEA pode ser descrito como “um meio de identificar falhas antes que aconteçam, através de um procedimento de lista de verificação (check-list)”.

O IQA (Instituto de Qualidade Automotiva), cita na 4<sup>a</sup> Edição do manual de FMEA que o mesmo é dividido em *Design FMEA* ou DFMEA e *Process FMEA* ou PFMEA, ou seja, a metodologia deve ser aplicada na etapa de desenvolvimento do produto (buscando redução de falhas na fase de projeto) e na manufatura (buscando redução de falhas no processo produtivo).

O IQA também cita que ambas análises utilizam uma abordagem comum para avaliar falhas e consequências potenciais, bem como potenciais causas e modos de falha, além de nível e redução de risco. Embora não exista um único processo de desenvolvimento para o FMEA, os elementos supracitados são comuns.

### 2.1.1 Confiabilidade

Segundo Kaminski (2012) confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições estipuladas durante um período de tempo considerando a quantificação da confiabilidade, a definição do desempenho desejado e os possíveis ambientes de operação do produto.

Da mesma maneira Slack et al. (1999) cita que a confiabilidade mede a habilidade de desempenho de um sistema, produto ou serviço como esperado durante o tempo e que a importância de qualquer falha é determinada parcialmente pelo seu efeito no desempenho de toda a produção ou sistema.

Já para Falconi (2004) um produto nunca é perfeito, por melhores que sejam as condições de trabalho, sempre parte da produção não atender as especificações. Além disso, sob o ponto de vista da estatística, defeito zero é impossível, ele também diz que um produto de alta confiabilidade é aquele que tem baixa probabilidade de conter imperfeições.

### 2.1.2 A Conceito de FMEA de Projeto

De acordo com a 4<sup>a</sup> edição do manual do FMEA (IQA, 2008), o DFMEA é uma ferramenta que apoia o desenvolvimento de um projeto na busca pela redução do risco de falhas auxiliando na efetiva avaliação do projeto, incluídos os requisitos funcionais. O aumento da probabilidade dos potenciais modos de falha e seus efeitos serem considerados na fase de desenvolvimento do projeto, se deve a confecção da lista ordenada dos modos de falha potenciais e seus efeitos no cliente, possíveis incidências de ocorrências, a criticidade da falha e método de detecção da mesma. Através da coleta destas informações também é possível uma lista de ações.

O DFMEA é um documento vivo que deve ser iniciado mesmo antes da conclusão do conceito do produto, e atualizado em decorrência de alterações ou no caso da obtenção de informações adicionais. Ele deve ser completado antes da realização do projeto do processo e pode ser utilizado como uma fonte de lições aprendidas para novos projetos.

### 2.2 Informações para a construção do DFMEA

Dada a breve descrição sobre o que é FMEA, a próxima etapa deve ser o início do desenvolvimento de uma análise em um projeto.

O *input* para a construção do DFMEA é a definição do cliente. É considerado como cliente não apenas o usuário final do produto, mas também todos os níveis que serão afetados em algum momento pelo produto, como por exemplo, o

responsável pelas definições do processo, a área de montagem de produção onde se agregarão peças ao produto em questão ou ainda a assistência técnica, que por muitas vezes é deixada de lado devido a alguns produtos serem desenvolvidos sem que a manutenção seja levada em consideração.

O FMEA deve ser desenvolvido e gerenciado por uma equipe multifuncional com membros de todas áreas afetadas e também com os responsáveis pelas operações anterior e posterior à montagem do subsistema, como por exemplo, a logística, pois questões como acondicionamento podem afetar a qualidade do produto e devem ser consideradas.

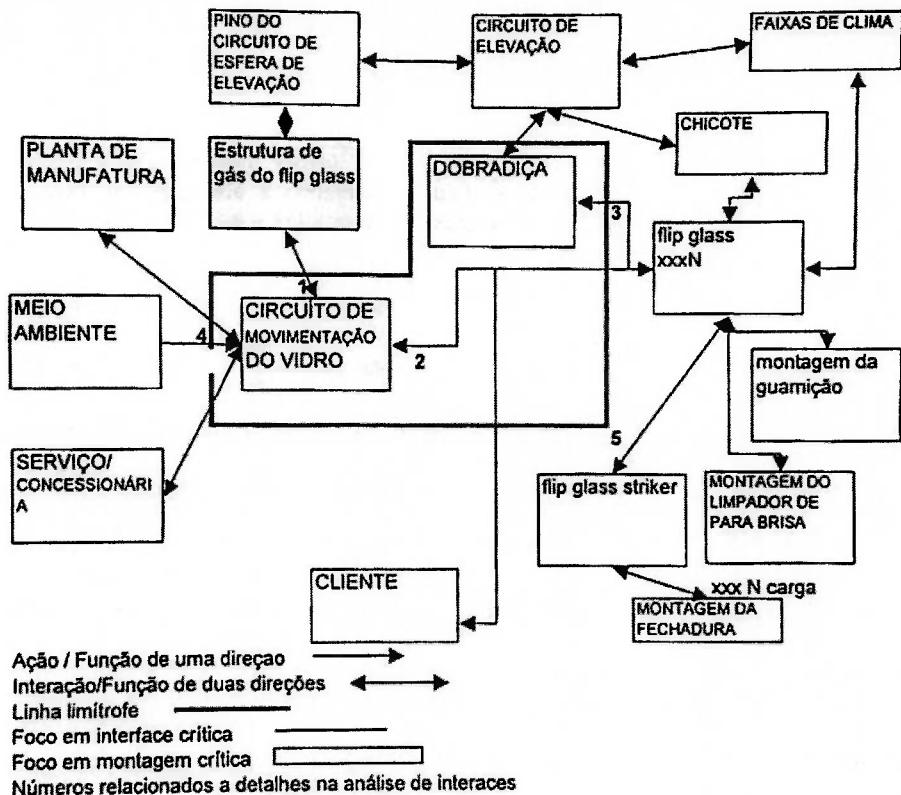
Uma vez que o time foi estabelecido, o mesmo deve definir as entradas para o FMEA de desenvolvimento, tais como:

- a) interfaces do produto com os processos, componentes ou sistemas;
- b) funções ou aspectos do produto que afetam outros componentes ou sistemas;
- c) desempenho das funções do produto que são afetadas por outras entradas provenientes de outros componentes ou sistemas;
- d) detecção ou prevenção de subsistemas caso os mesmos estejam relacionados.

Para realizar essas considerações de forma completa, é necessária anteriormente a obtenção de alguns documentos chaves como: lista de materiais também conhecida como *BOM-Build of Material*, desenhos dos componentes e conjuntos ou subconjuntos, matrizes de interação, diagrama de blocos, sendo que este último, o diagrama de blocos de um produto, tem por objetivo mostrar como os componentes se relacionam física e logicamente e também a interação dos componentes com os subsistemas.

Existem várias maneiras de se desenvolver um diagrama de blocos, seja por meio de caixas conectadas por linhas, onde cada caixa corresponde a um componente, por linhas de produtos ou ainda por tecnologia, como visto na figura 1, tal definição fica a critério do time.

Figura 1: Exemplo de diagrama de blocos



Fonte: IQA (2008)

A 4<sup>a</sup> edição do manual do FMEA apresenta alguns exemplos sugeridos de formulários para a aplicação do DFMEA conforme figura 2.

**Figura 2: Exemplo de DFMEA**

The screenshot shows a Microsoft Word document titled "EFETOS DE FALHA POTENCIAIS DO PROJETO (FMEA DE PROJETO)". The header includes fields for "DFMEA Número", "Página", "Preparado por", and "DFMEA Data ( Orig )". Below the title, there are sections for "Sistema", "Sub-sistema", "Componente", "Modelo Ano(s) Programa(s)", and "Core Team". The main table has a header row with columns: "Item / Função", "Requisitos", "Modo de Falha Potencial", "Efeito(s) Potencial da Falha", "Severidade", "Classificação", "Causa(s) Potencial (s) da Falha", "Ocorrência", "Controles atuais do Projeto Prevenção", "Controles atuais do Projeto Detecção", "Detecção", "R P N", "Ação Recomendada", "Responsabilidade e data alvo", and "Resultados das ações". The body of the table is empty.

Fonte: IQA (2008)

O estudo real será a respeito do PFMEA que será que, segundo o manual do FMEA 4<sup>a</sup> edição.

### 2.3 A Conceito de FMEA de Processo

Segundo o manual do FMEA 4<sup>a</sup> edição (IQA, 2008), o PFMEA é uma ferramenta que apoia o desenvolvimento do processo de manufatura na busca pela redução do risco de falhas através da efetiva avaliação do processo, incluído os requisitos funcionais da produção e consequentemente aumentando a probabilidade dos potenciais modos de falha e seus efeitos serem detectados antes do início do processo de manufatura e montagem.

Além de identificação das potenciais ocorrências, também é possível aumentar a detecção da condição de falha através do foco nos controles de processo de acordo com o efeito no cliente. O único item que deve ser descrito, contudo não há como trabalhar na redução posterior é a Severidade, que descreve a

gravidade do efeito no cliente e depende exclusivamente da pontuação descrita na tabela do manual do FMEA.

Assim como o DFMEA, o PFMEA também é um documento vivo e deve ser iniciado anteriormente a fase de viabilidade do ferramental para produção. O PFMEA deve ser atualizado em toda incidência de alteração, incluindo os processos e operações de manufatura para a montagem de componentes individuais.

Na figura 3 podemos ver um exemplo de PFMEA.

**Figura 3: Exemplo de PFMEA**

ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FAILHA POTENCIAL (FMEA DE PROCESSO)												FMEA Número _____ Página _____ de _____ Preparado por _____ FMEA Data ( Orig ) _____					
Itens Modelo Ano(s) Programa(s) Equipe				Responsável pelo Projeto _____ Data chave _____													
Etapa do Processo Função	Requisitos	modo(s) de Failha Potencial	Efeito(s) Potencial da Failha	Savvidade Classificação	Causa(s) Potencial (is) da Failha	Ocorrência	Controles atuais do Projeto Prevenção	Controles atuais do Projeto Defecção	Deteção	R P N	Ação Recomendada	Responsabilidade e data alvo	Resultados das ações				
													Ações tomadas e data efetiva	Savvidade ocorrida	Detectab.	R P N	

Fonte: IQA (2008)

## 2.4 Informações para a construção do PFMEA

O FMEA de processo assim como o de projeto deve ser desenvolvido e gerenciado por uma equipe multifuncional com as áreas afetadas. Essa equipe deve assumir que o projeto do produto atinge os objetivos estabelecidos no projeto.

Conforme visto na figura 3 existem diversos campos a serem preenchidos no FMEA, sendo eles:

Na parte superior do formulário é encontra-se o cabeçalho, onde serão descritos os seguintes ítems:

- a) número do FMEA (o número do PFMEA deve ser preenchido com o número de controle interno de documentação ou qualquer numeração que permita localizá-lo facilmente depois para consulta e atualização);
- b) nome e número do sistema, subsistema ou componente (deve ser preenchido conforme o escopo definido pelo time, ou seja, se o time decidiu separar por componentes, então deve-se colocar neste campo o nome do componente analisado neste estudo específico);
- c) nome do responsável pelo projeto (nome do fabricante do componente, fornecedor, departamento ou grupo);
- d) ano de desenvolvimento;
- e) modelo do produto ou nome do projeto (nome do programa ou o título do projeto);
- f) data inicial e data de revisão;
- g) equipe que o preparou (nomes e departamentos de cada membro do time envolvido na elaboração do documento);
- h) “preparado por” (deve ser preenchido com o nome, telefone e empresa da pessoa responsável pela preparação deste estudo PFMEA).

Na parte inferior do formulário são descritos os seguintes itens:

1. A coluna Item deve ser preenchido levando em consideração a relação com requisitos do cliente e outras terminologias utilizadas em documentos relacionados.
2. A coluna requisitos deve ser preenchida com a listagem com o processo ou operação que está sendo analisada.

3. A coluna modo de falha potencial deve ser preenchido com a maneira como o processo poderia falhar em atender os requisitos.  
Deve-se assumir que a falha pode ocorrer, por isso é um modo de falha potencial e a análise pode ser feita baseada em operações similares em que os defeitos já ocorreram no passado.
4. A coluna efeito de falha potencial deve ser preenchida com o efeito pelo qual o modo de falha potencial é percebido pelo cliente. Se este modo impactar na segurança ou em alguma legislação deve estar identificado neste campo. Esse impacto deve ser colocado independentemente de haver um dispositivo à prova de erros ou qualquer controle. Entre os exemplos de efeito estão ruído alto, esforço alto, operação intermitente, problemas de aparência, entre outros e pode derivar do DFMEA.
5. A coluna severidade é um valor associado a um efeito causado por um modo de falha, o manual de FMEA 4<sup>a</sup> edição sugere uma tabela de pontuação que pode ser vista na figura 05.
6. A coluna de classificação deve ser preenchida com a característica especial (segurança e/ou regulamentação) do produto ou processo, como, por exemplo, os itens com severidade 9 ou 10.
7. A coluna causa potencial da falha deve ser preenchida com a descrição de como a falha pode ser gerada, essa definição pode ser uma fragilidade do projeto ou processo que gera um modo de falha.
8. A coluna ocorrência deve ser preenchida com a probabilidade da causa ocorrer. Essa avaliação é relativa e pode por vezes não refletir a probabilidade real da falha ocorrer. Deve-se usar dados de produtos ou processos similares se os mesmos estiverem disponíveis. O manual de FMEA 4<sup>a</sup> edição sugere uma tabela de pontuação que pode ser vista na figura 06.
9. A coluna controle de processo pode ser separada em prevenção e detecção, sendo que a prevenção deve ser preenchida com controles que buscam prevenir a causa das falhas ou reduzir sua ocorrência enquanto que a detecção deve ser preenchida com controles que buscam detectar uma falha evitando que a mesma chegue ao cliente. É

sempre preferível desenvolver controles de prevenção para evitar retrabalhos e perda de produtividade.

10. A coluna detecção deve ser preenchida com a pontuação associada ao nível de controle que o processo ou produto possui. Para diminuir essa pontuação deve-se buscar a melhoria de um controle existente ou desenvolvimento de novos controles, o manual de FMEA 4ª edição sugere uma tabela de pontuação que pode ser vista na figura 07.
11. A coluna NPR deve ser preenchida com o resultado do produto entre as pontuações de severidade, ocorrência e detecção, ou seja,  $NPR = \text{Severidade} \times \text{Ocorrência} \times \text{Detecção}$ , mesmo sendo adotado pela maioria das montadoras estabelecer um limite de NPR não é uma prática recomendada no manual.
12. A coluna ações recomendadas deve ser preenchida com ações que buscam reduzir o índice de risco.
13. A coluna responsável e prazo deve ser preenchida com um responsável que pode ser o líder do processo ou da equipe responsável e uma data prevista para finalizar a ação.
14. A coluna ações tomadas e data da efetivação da ação deve ser preenchido após a finalização da ação e deve conter um breve resumo das ações executadas.
15. As colunas severidade, ocorrência e detecção resultante devem ser preenchidas com o resultado dos índices após implementação e validação pelo time de FMEA.
16. A última coluna deve ser preenchida com o resultado do novo NPR.

A primeira entrada para a construção do PFMEA é o fluxograma de processo, essa ferramenta tem como função ajudar a estabelecer onde será realizada a análise.

#### 2.4.1 Fluxograma

Segundo Araujo e Redi (1997), este é um importante recurso que identifica pontos em que existe decisão, gargalos ou estrangulamento dentro do fluxo de trabalho utilizando figuras que representam os processos.

De acordo com Seleme e Stadler (2008), fluxograma é uma representação visual do processo desenvolvida para detalhar o fluxo por meio de figuras e símbolos cada um com seu significado, permitindo assim identificar e atuar em pontos que podem ocorrer problemas.

Seleme e Stadler (2008) também citam que há símbolos que auxiliam os gestores na identificação do fluxo e no reconhecimento de problemas no processo, eles representam situações em áreas específicas, podemos ver exemplos desta simbologia na figura 4.

**Figura 4: Símbologia Geral para Fluxogramas**


Fonte: Seleme e Stadler (2008)

Já Paladini (1997), descreve sua utilização e eficiência na área de qualidade para a localização de operações críticas, pois permite uma visão global de todo o processo pelo qual se passa determinado produto e define claramente o fluxo de operações.

Dentre os principais objetivos do fluxograma, estão a facilitação de leitura e entendimento, a padronização na representação dos procedimentos, maior rapidez na descrição dos métodos, maior flexibilidade, facilitação da localização da

informação e identificação dos aspectos mais importantes a serem observados, além da melhoria do grau de análise por parte do gestor. (Seleme e Stadler, 2008).

## 2.4.2 Priorizando os Maiores Riscos

A análise do FMEA deve ser realizada levando em consideração o produto da multiplicação de 3 fatores, também conhecido como NPR (Número de Prioridade de Risco), sendo o primeiro fator a Severidade (S) seguido da Ocorrência (O) e Detecção (D), ou seja,  $NPR = S \times O \times D$ .

### 2.4.2.1 Índice de severidade

Cada fator segue uma pontuação de 1 à 10. Uma classificação 10 corresponde a um efeito muito grave, ou seja, modos de falha que não atendem exigências de segurança ou reguladoras, e no outro extremo pontua-se com classificação 1 uma falha onde não há efeito perceptível.

Na figura 5 é possível observar cada um dos critérios para classificação da pontuação de severidade.

**Figura 5: Tabela de pontuação para severidade**

Efeito	Critério: Severidade do efeito - Cliente	Classif.
Falha em atender aos requisitos de segurança e legais.	Modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental, sem aviso prévio.	10
	Modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental, com aviso prévio.	9
Perda ou degradação da função primária	Perda da função primária (veículo inoperante, mas não afeta a operação segura do veículo).	8
	Degradação da função primária (veículo operante, mas com nível de desempenho reduzido)	7
Perda ou degradação da função secundária	Perda da função secundária (veículo operante, mas funções de conforto/conveniência inoperantes).	6
	Degradação da função secundária (veículo operante, mas funções de conforto/conveniência com níveis reduzidos de desempenho).	5
Aborrecimento (prejuízo)	Acabamento ou Barulho, veículo operante, item não conforme é observado pela maioria dos clientes (mais de 75%).	4
	Acabamento ou Barulho, veículo operante, item não conforme é observado por 50% dos clientes.	3
	Acabamento ou Barulho, veículo operante, item não conforme é observado por determinados clientes (menos de 25%).	2
Nenhum	Sem efeito notado.	1

Fonte: IQA (2008)

#### 2.4.2.2 Índice de Ocorrência

Assim como no índice de Severidade, a ocorrência é pontuada de 1 à 10, sendo a pontuação 10 para uma probabilidade de falha muito alta, onde a chance da erro acontecer é igual ou maior de 1 falha para cada 10 peças produzidas.

Na figura 6 observa-se cada um dos critérios para classificação da pontuação de Ocorrência.

**Figura 6: Tabela de pontuação para ocorrência**

Probabilidade de falha	Critério de causa de ocorrência (incidentes por item/veículos)	Índice
Muito alta	$\geq 100$ em 1000 - $\geq 1$ em 10	10
Alta	50 em 1000 - 1 em 20	9
	20 em 1000 - 1 em 50	8
	10 em 1000 - 1 em 100	7
Moderada	2 em 1000 - 1 em 500	6
	0,5 em 1000 - 1 em 2.000	5
	0,1 em 1000 - 1 em 10.000	4
Baixa	0,01 em 1000 - 1 em 100.000	3
	$\leq 0,001$ em 1000 - 1 em 1.000.000	2
Muito baixa	Falha é eliminada através de controles preventivos	1

Fonte: IQA (2008)

#### 2.4.2.3 Índice de Detecção

O fator de Detecção tem é também avaliado com pontuações variando de 1 à 10, sendo que a classificação 10 se refere a um modo de falha cuja detecção é quase impossível, ou seja, não existe um controle para aquele processo corrente ou ainda o modo de falha não permite uma detecção.

Na figura 7 verifica-se cada um dos critérios para classificação da pontuação de ocorrência.

**Figura 7: Tabela de pontuação para detecção**

Oportunidade de detecção	Criterio: probabilidade de detecção pelo controle de processo	Índice	Probabilidade de detecção
Sem oportunidade de detecção	Não há controle de processo, não se pode detectar ou não é analisado.	10	Quase impossível
Não possível de detecção em qualquer estágio	Modo de falha e/ou erro (causal) não é facilmente detectado (exemplo: auditorias aleatórias).	9	Muito remota
Detectão do problema, após o processamento	A detecção do modo de falha, após o processamento, pelo operador, através de meios visuais, táticos ou auditivos.	8	Remota
Detectão do problema, na fonte	A detecção do modo de falha, na estação, pelo operador, através de meios visuais, táticos ou auditivos ou, após o processamento, através do uso de dispositivos (passa-não passa, chave de verificação de torque manual, etc).	7	Muito baixa
Detectão do problema, após o processamento	A detecção do modo de falha, após o processamento, pelo operador, através do uso de dispositivos de medição por variáveis ou, na estação, através do uso de dispositivos (passa-não passa, chave de verificação de torque manual, etc)	6	Baixa
Detectão do problema, na fonte	A detecção do modo de falha ou erro (causal), na estação, pelo operador, através do uso de dispositivos de medição por variáveis ou, por controles automáticos, na estação, que detectarão a peça não conforme e notificarão o operador (luz, buzina, etc). O dispositivo é executado no setup e na verificação da primeira peça (somente para causas de setup).	5	Moderada
Detectão do problema, após o processamento	A detecção do modo de falha, após o processamento, pelos controles automáticos, que detectarão a peça não conforme, bloqueando a peça, para prevenir o processamento posterior.	4	Moderadamente alta
Detectão do problema, na fonte	A detecção do modo de falha, na estação, pelos controles automáticos, que detectarão a peça não conforme, bloqueando a peça na estação, para prevenir o processamento posterior.	3	Alta
Detectão do erro e/ou prevenção do problema	A detecção do erro (causa), na estação, por controles automáticos, que detectarão o erro e preverão que a peça discrepante seja feita.	2	Muito alta
Detectão não aplicável, prevenção do erro	Prevenção do erro (causa), como o resultado de projetos de fixadores, máquina ou peça. As peças discrepantes não podem ser feitas por causa de itens a prova de erro, feitos através de projetos do produto ou processo.	1	Quase certo

Fonte: IQA (2008)

Conforme o manual do FMEA 4ª edição (IQA, 2008), uma vez completada a classificação de NPR o time deve decidir quais esforços serão necessários para reduzir os riscos.

O foco inicial deve ser nos modos de falha com maior classificação de severidade, quando a mesma for 9 ou 10 é imperativo que o time assegure a presença de controles ou ações recomendadas para tais ações.

Muitas empresas decidem se será tomada ou não ação preventiva/corretiva de acordo com o número de NPR, contudo o manual ainda cita que não deve ser assumido um NPR de corte em substituição da priorização da severidade 9 e 10.

É importante ressaltar que o índice de severidade 9 e 10 não pode ser reduzido apenas com ações corretivas, sem que haja uma revisão do projeto.

Sendo assim as empresas buscam meios de reduzir o índice de detecção, nesse contexto, reduzir o índice de detecção significa melhorar os controles, e para tal utiliza-se a filosofia japonesa *poka-yoke*.

#### 2.4.2.3.1 Poka-yoke

Partindo do princípio de que erros humanos são inevitáveis, mas que as falhas provenientes destes erros podem ser evitadas ou detectadas antes de afetarem o cliente ou processo subsequente, foram desenvolvidos dispositivos a prova de erro também chamados de *poka-yoke* que de acordo com Slack et al (1999) “são chamados *poka-yoke*, de *yokeru* (prevenir) e *Poka* (erros de desatenção)”.

Ainda segundo Slack et al. (1999, pág. 490), *poka-yokes* típicos são dispositivos como:

- sensores / interruptores em máquinas que somente permitem sua operação se a peça estiver posicionada corretamente;
- gabaritos instalados em máquinas através dos quais uma peça deve passar para ser carregada ou tirada da máquina – uma orientação ou tamanho incorreto param o processo;
- contadores digitais em máquinas para assegurar que o número correto de cortes, golpes ou furos tenham sido feito;
- listas de verificação que devem ser preenchidas, seja para preparação de uma atividade ou em sua conclusão;
- feixes de luz que ativam um alarme, se uma peça estiver posicionada incorretamente.

Segundo Shingo (1986) existem duas maneiras pelas quais usa-se *poka-yoke* para corrigir erros:

1. O *poka-yoke* de Controle, que permite parar o processo ou a máquina quando o dispositivo é ativado, permitindo dessa maneira que o problema seja corrigido.

2. O *poka-yoke* de aviso que faz com que uma luz ou um aviso sonoro seja emitido alertando então o operador para que o mesmo interrompa o processo.

Shingo (1986) considera o *poka-yoke* de Controle mais eficiente por não permitir que o processo continue até a correção do erro e ainda enfatiza que o primeiro passo na escolha e adoção de métodos de controle de qualidade efetivos é a identificação de um sistema de inspeção que melhor atenda aos requisitos de cada processo.

#### 2.4.2.3.2 Análise de Pareto

Uma ferramenta muito utilizada para definição das prioridades não havendo classificações com severidade entre 9 e 10 é a análise de Pareto.

Essa é uma ferramenta tradicional da qualidade total. A análise é realizada através de um gráfico que classificam causas que atuam em um dado processo com seu grau de importância. (Seleme e Standler, 2008, p.89)

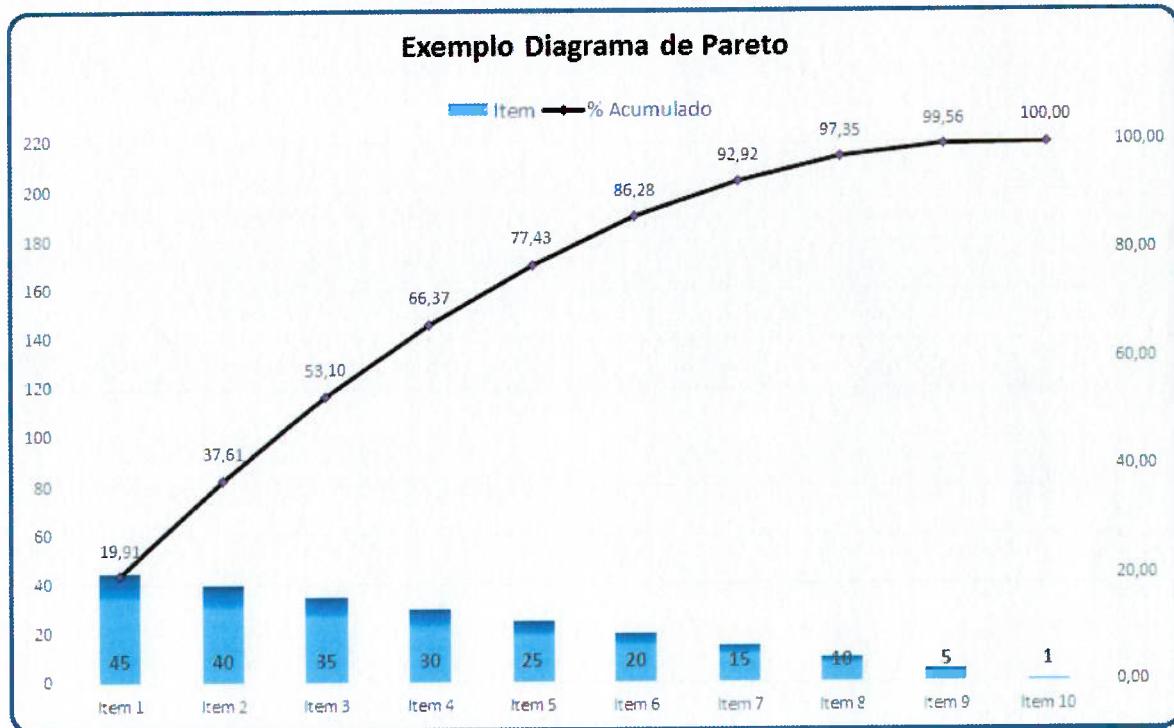
O diagrama de Pareto pode ser elaborado para duas finalidades diferentes, pode ser por causas, quando se tem por objetivo identificar a maior causa de problemas ou por efeito, quando se busca a maior consequência para o projeto ou produto.

Esse modelo gráfico classifica os problemas ou a causa dos problemas em uma ordem decrescente de importância, a partir da esquerda, ou seja, as categorias mais a esquerda do diagrama identificam e destacam os elementos mais críticos. (Paladini, 1997 p.67, p.71)

Ainda segundo (Paladini, 1997 p.71), “(...)para construir o diagrama de Pareto parte-se de algum processo de classificação das informações disponíveis – por

defeito detectado, problema encontrado, causa, tipo de falhas ou perdas, efeitos observados, etc.”, na figura 8 podemos ver um exemplo de diagrama de Pareto que ajuda a visualizar a maneira como são distribuídos os problemas no gráfico.

**Figura 8: Exemplo de diagrama de Pareto**



Fonte: O autor

#### 2.4.3 Elaborando o plano de ação utilizando PDCA

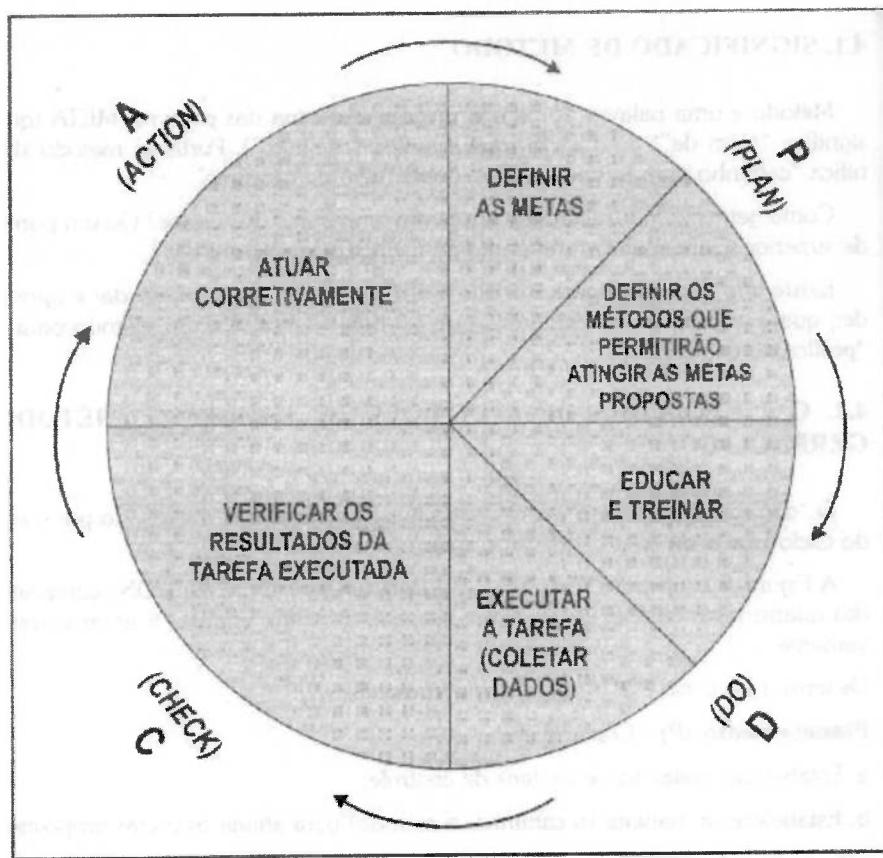
Quando o NPR não está dentro dos limites estabelecidos se faz necessário a tomada de ações para redução desse valor e para isso, a empresa adota a metodologia do ciclo PDCA para elaborar o plano de ação relacionado aos maiores riscos identificados na construção do FMEA.

De acordo com Araujo e Redi (1997), quando surgem problemas nas empresas, todos querem fazer tudo ao mesmo tempo sem sequer saber a atividade ou a finalidade da ação, então quando finalmente o problema é solucionado, não é possível rastrear qual ação foi realmente eficaz para a eliminação do problema. Para que isso não se torne uma rotina o autor recomenda o seguimento do método PDCA aplicado para o plano de ação de FMEA.

Segundo Seleme e Stadler (2008), o PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) é considerado uma metodologia. Esta metodologia permite uma transformação nas organizações através do fornecimento de uma melhoria continua e controle da qualidade total.

Para uma melhor compreensão da metodologia, ela foi dividida em quatro etapas conforme apresentado na figura 9: o planejamento, a execução, a verificação e a ação.

**Figura 9: ciclo PDCA**



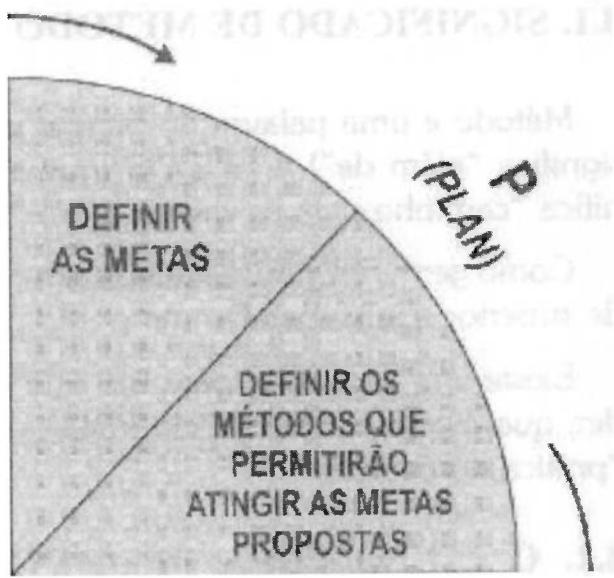
Fonte: Campos (2004)

#### 2.4.3.1 Etapas do PDCA

As etapas do PDCA buscam garantir que todas as ações sejam planejadas, executadas, verificadas e por fim, se necessário, padronizadas.

Na fase denominada "*Plan*" (planejamento), são definidos os objetivos a serem alcançados, o modo de execução e o melhor caminho para se atingirem as metas. Os objetivos podem ser para a criação de melhorias dos métodos ou também para que se assegure a manutenção destes métodos.

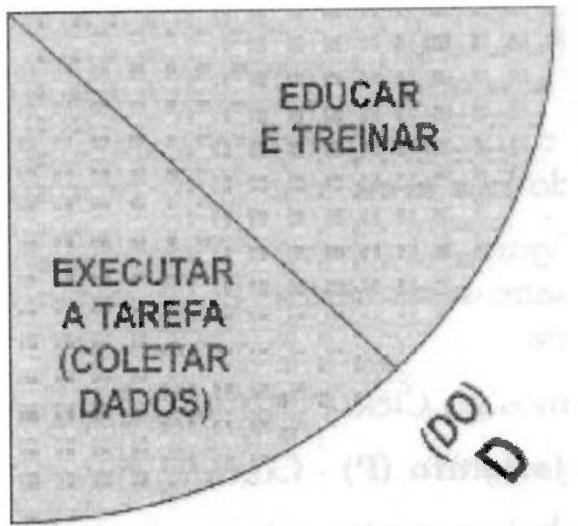
Figura 10: Fase *Plan*



Fonte: Campos (2004)

Durante a fase "*Do*" (fazer), ocorre a execução das atividades que servirão para atingir os objetivos pré-estabelecidos na fase de planejamento. A realização deve ocorrer exatamente como foi planejada e qualquer necessidade de alteração deve ser registrada e planejada antes da execução.

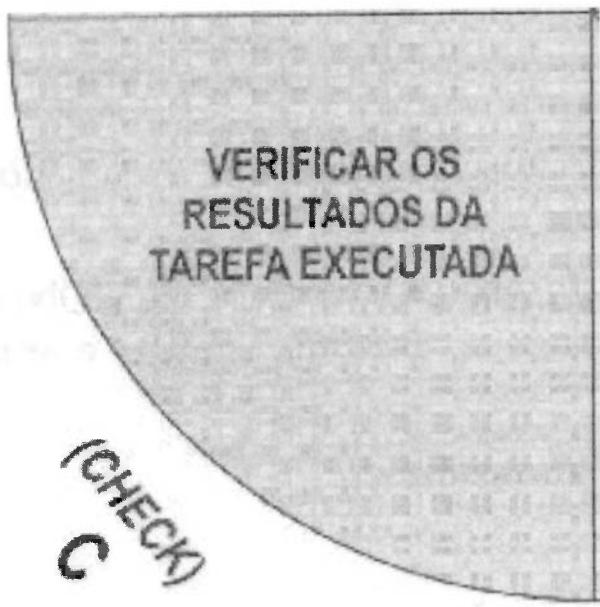
Figura 11: Fase *Do*



Fonte: Campos (2004)

No decorrer da fase "Check" (verificação), é realizada a averiguação dos resultados obtidos na fase anterior e são comparadas as medições realizadas com os objetivos estabelecidos.

Figura 12: Fase Check



Fonte: Campos (2004)

Na fase do "ACTION" (ação), são realizadas as ações de correção dos desvios em relação aos objetivos estabelecidos e a eliminação dos problemas de

acordo com os parâmetros pré-definidos; quando encontrados ou ainda se necessário com novos padrões estabelecidos. Seleme e Stadler (2008) e Campos (2004).

**Figura 13: Fase Action**



Fonte: Campos (2004)

### 3 CASO REAL DA APLICAÇÃO DO FMEA DE PROCESSO

#### 3.1 Histórico da empresa

A empresa Beta é uma multinacional de origem francesa que atua em quatro diferentes núcleos de negócios automotivos: Bancos (assentos automotivos); Escapamentos (tecnologias de controle de emissões); Sistemas de Interiores (consoles, painéis de instrumentos e de porta) e Exteriores (pára-choques, radiadores e módulos frontais).

#### 3.2 Características da empresa

A planta escolhida para o estudo de caso possui um parque industrial situado na cidade de São Bernardo do Campo, região metropolitana de São Paulo.

#### 3.3 Produtos

Na divisão América do Sul, com 15 fábricas no Brasil e Argentina e mais 2 centros R&D, a empresa atua em seus quatro grupos de negócio (Bancos, Escapamentos, Sistemas de Interiores e Sistemas de Exteriores).

Estas fábricas possuem como clientes as principais montadoras da América do Sul, são elas: Fiat, Ford Motor Company, General Motors, Renault, Nissan, Peugeot e Volkswagen.

A empresa é especializada na fabricação de peças e conjuntos em termoplásticos, tendo como cliente a indústria automotiva.

#### 3.4 Aplicação do PFMEA em uma operação de montagem

O estudo tratará da aplicação da metodologia FMEA de processo em uma linha de montagem durante a fase de desenvolvimento de um painel de instrumentos do veículo Alpha.

A equipe multifuncional é formada por integrantes das áreas de engenharia, manufatura, qualidade e processo, sendo eles:

- Representante da engenharia de desenvolvimento;
- Representante da manufatura e líder da equipe de FMEA;
- Autor e representante da qualidade;
- Representante do processo.
- Representante da logística.

A primeira reunião deveria ter acontecido ainda em 2014, entretanto não houve nenhuma reunião bem sucedida. Os motivos eram, entre outros, falta de participação de todas as áreas e, as áreas que participaram não permaneceram até o fim, não sendo possível sequer iniciar a construção do documento.

Apenas após a interferência gerencial foi marcada para o início do ano. No dia 12/01/15 foi definido pela equipe que já nesta reunião deveria ser apresentados os seguintes documentos:

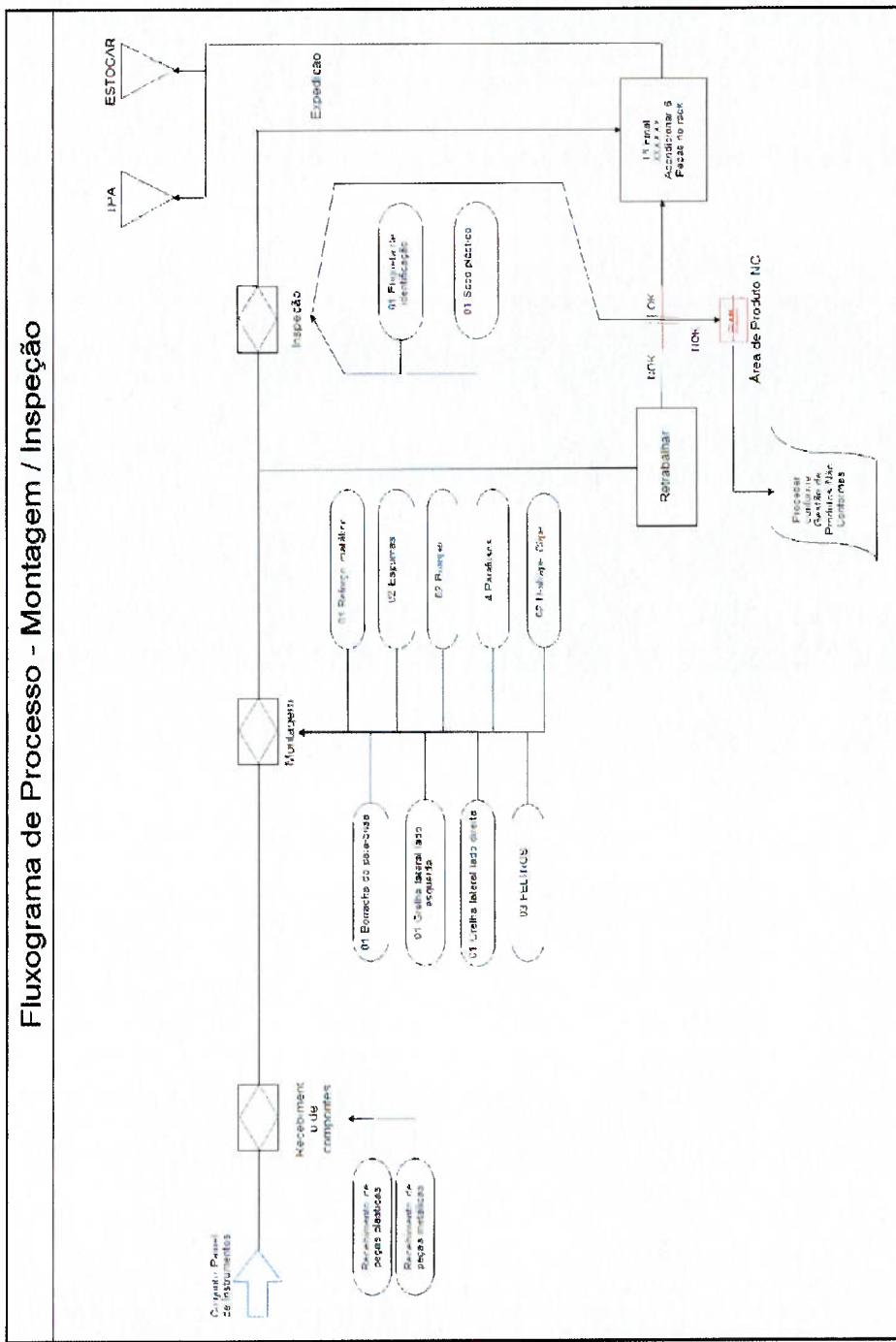
- Engenheiro de desenvolvimento: *BOM*, lista de características críticas e DFMEA;
- Engenheiro de Manufatura: Fluxograma de processo, cronograma do projeto;
- Engenheiro de Processo: Lista dos parâmetros críticos;
- Engenheiro de Qualidade (Autor): Resultado de ensaios de validação (DV-P), FMEA's de processos similares e manual de FMEA 4<sup>a</sup> edição.

No dia 12/01/2015 foi realizada a primeira reunião, onde foi definido a duração da reunião de 2 horas semanais. Foi definido o prazo para a apresentação do FMEA de processo que foi entregue no dia 17/04/2015 de acordo com o prazo estabelecido.

Com tais informações foi possível preencher a parte superior do formulário e, a partir dessas definições ainda na reunião do dia 12/01/2015 foi apresentado o fluxograma para que a partir dele, a equipe visualizasse os componentes da montagem.

Na figura 14 é possível verificar cada componente necessário na operação de montagem.

**Figura 14: Fluxograma do processo de montagem operação**



Fonte: Equipe FMEA (2015)

A partir do fluxograma de processo identificou-se o que deve ser montado no posto de trabalho, iniciou-se então a construção do FMEA de processo.

A primeira coluna é item / função que foi completada com o nome da operação seguindo a definição do fluxograma de processo.

O requisito foi preenchido com a descrição do que é montado no posto de trabalho “Montagem do reforço metálico, *bumpers*, borracha do para-brisa, grelhas laterais, filtros e *U-shape* clipes.”.

Com o preenchimento das primeiras colunas foi encerrada a primeira reunião com o preenchimento dos campos “item” e “Requisito” conforme figura 15.

**Figura 15: Item e requisito da operação de montagem**

item	Requisito
Operação de Montagem	Montagem do reforço metálico, <i>bumpers</i> , borracha do para-brisa, grelhas laterais, filtros e <i>U-shape</i> clipes.

Fonte: Equipe FMEA (2015)

A segunda reunião ocorreu no dia 19/01/2015 de posse do fluxograma novamente, *BOM* e DFMEA iniciou-se a discussão para definição do modo de falha.

Ao total a equipe multifuncional levantou 12 modos de falha na operação, sendo eles:

1. Falta de um ou mais parafusos entre reforço metálico e painel;
2. Falta de borracha do para-brisa;
3. Falta da grelha lateral esquerda;
4. Falta da grelha lateral direita;
5. Torque dos parafusos entre o reforço metálico e painel fora do especificado;
6. Falta de um dos *bumpers* (anti-impacto);
7. Falta de um dos *U-shape*;
8. Montagem incorreta do *U-shape*;
9. Falta de uma das espumas na região do reforço inferior;
10. Montagem incorreta das espumas na região do reforço;
11. Falta de um dos filtros na região do reforço inferior;
12. Falta do filtro na região do porta-luvas;

A terceira reunião ocorreu no dia 26/01/2015 e teve como escopo e definição dos efeitos, para essa definição foram utilizados os documentos disponibilizados pela qualidade sendo eles os FMEA's de processos similares e resultados de ensaios.

Para o modo de falha de falta de parafuso entre o reforço metálico e o painel e torque fora do especificado a equipe de FMEA verificou que durante os ensaios de validação foi solicitado o teste do painel com a ausência dos parafusos, pois o reforço fica bem acondicionado no painel, sendo que o efeito encontrado para o mesmo foi apenas de ruído.

Para o modo de falha da falta de borracha a equipe definiu que afeta o aspecto funcional, pois a borracha tem como função a vedação entre o para-brisa e o painel, ou seja, pode haver passagem de água para o interior do veículo comprometendo o funcionamento de componentes elétricos a partir da falta desse componente.

Para o modo de falta das grelhas laterais ocorre a degradação do aspecto visual.

O *bumper* é uma borracha anti-impacto, a sua presença elimina ruídos provenientes do porta-luvas, portanto a equipe definiu como o efeito da sua ausência ruído no painel de instrumentos.

O *U-shape* é um componente que suporta a fixação do porta-luvas do veículo, sua ausência faz com que o porta-luvas não possa ser montado, a equipe definiu tanto a sua ausência quanto a sua montagem incorreta como afetando o aspecto funcional.

As espumas e os filtros tem como função evitar o ruído interno, sendo que as ausências desse componente tem como efeito o aumento de ruído.

A quarta reunião ocorreu no início de fevereiro, dia 02/02/2015 e não contou com a presença do engenheiro de processos. O objetivo foi pontuar a severidade para os modos de falha.

### 3.4.1 Índice de severidade

Para os 7 itens (Falta de um ou mais parafusos entre reforço metálico e painel, torque dos parafusos entre o Reforço metálico e painel fora do especificado, Falta de um dos *bumpers* (anti-impacto), falta de uma das espumas na região do reforço inferior, montagem incorreta das espumas na região do reforço inferior, falta de um dos filtros na região do reforço inferior e falta do filtro na região do porta-luvas), cujo efeito é ruído foi colocado a pontuação 4 para severidade, pois não afeta a operação do veículo, não há perda nem degradação da função primária e secundária.

Nesses caso o efeito é incômodo e o critério se encaixa na aparência ou barulhos com veículo operável, porém o item está não conforme e é percebido pela maioria dos usuários.

Para o modo falta do *U-shape* e montagem incorreta do mesmo, tem como efeito o mau funcionamento do porta-luvas. Há perda ou degradação da função

secundária, ou seja, o veículo permanece operante, mas a função conforto ou conveniência fica inoperável, como efeito até 100% dos produtos pode ter que ser retrabalhada fora da linha principal (sem parada da montadora), a pontuação da equipe de FMEA foi 6.

A falta das grelhas geram efeitos de aparência que serão percebidas por mais de 75% dos clientes, pois ficam na parte superior do painel, sendo assim a equipe considerando o efeito como incômodo definiu a pontuação 4.

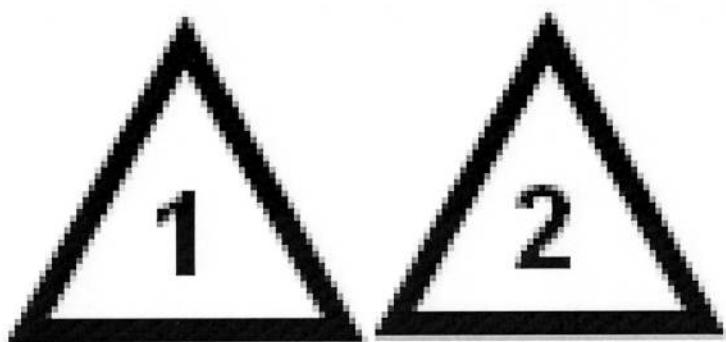
A falta da borracha de vedação gera um efeito de perda de função porém essa falha não é uma degradação da função primária, pois não afeta o nível de desempenho do veículo, portanto a equipe pontuou com classificação 6 por entender que a função conforto / conveniência está inoperável.

A figura 17 mostra a tabela do FMEA preenchida até a classificação de severidade.

A partir do momento que foi definida a pontuação de severidade foi possível também definir a classe na coluna posterior.

Para a definição da classe é utilizado o triângulo 1 quando se trata de modos de falha para os quais o efeito está relacionado a segurança e regulamentação. Aplicado ao painel de instrumentos isso significa em defeitos relacionados a montagem do módulo de *air bag* de passageiro, ou seja, com severidade entre 9 e 10 e triângulo 2 quando o efeito está relacionado ao aspecto funcional, ou seja, relacionada a mecanismos como porta-luvas e difusores de ar além de espumas ou borrachas de vedação, esses itens devem ser pontuados com severidade acima de 5 até 8, como pode ser visto na figura 16.

**Figura 16: Simbologia utilizada para definição de classe**



Fonte: Autor (2015)

Figura 17: Pontuação para severidade no estudo de caso

item	Requisito	FALHA POTENCIAL		Severidade	Classe
		MODO	EFEITO		
Operação de Montagem	Montagem do reforço metálico, bumpers, borracha do para-brisa, grelhas laterais, filtros e U-shape clips.	Falta de um ou mais parafusos entre Reforço metálico e painel	Reforço não fixado corretamente gerando ruído	4	
		Torque dos parafusos entre o Reforço metálico e painel fora do especificado	Reforço não fixado corretamente gerando ruído	4	
		Falta da borracha do para-brisa	Afeta aspecto funcional	6	
		Falta da grelha lateral esquerda	Degradação Visual	4	
		Falta da grelha lateral direita	Degradação Visual	4	
		Falta de um dos Bumpers (anti-impacto)	Ruído	4	
		Falta de um dos U-Shapes	Afeta aspecto funcional	6	
		Montagem incorreta do U-shape	Afeta aspecto funcional	6	
		Falta de uma das espumas na região do reforço inferior	Ruído	4	
		Montagem incorreta das espumas na região do reforço inferior	Ruído	4	
		Falta de um dos filtros na região do reforço inferior	Ruído	4	
		Falta do filtro na região do porta-luvas	Ruído	4	

Fonte: Equipe FMEA (2015)

Depois da definição da classe foi encerrada a quarta reunião. A quinta reunião foi realizada no dia 09/02/2015 com o objetivo de preencher a causa potencial dos modos de falha.

Ao avaliar os documentos disponíveis de DFMEA e PFMEAs anteriores a equipe de FMEA pôde identificar que para o modo de falha da falta de componentes em geral (Falta de um ou mais parafusos entre reforço metálico e painel, falta das grelhas laterais, falta de um dos *bumper*, falta de uma das espumas na região do reforço inferior, montagem incorreta das espumas na região do reforço inferior, falta de um dos filtros na região do reforço inferior e falta do filtro na região do porta-luvas) existem duas falhas comuns, a falta de montagem do componente devido ao não seguimento da operação padrão e a indisponibilidade do componente na fábrica.

A equipe ainda constatou ao avaliar as ações de FMEAs anteriores que a falta de determinados componentes estava relacionado a falta de alerta logístico para itens importados.

O modo de falha da falta de *bumper* pode ter ainda como causa além da falta da montagem do mesmo devido ao não seguimento da operação padrão a sua montagem incorreta fazendo com o mesmo caia em processos posteriores.

Para a montagem do *U-shape* além da não montagem do componente há também a montagem invertida do mesmo.

Para a montagem dos filtros foi considerado a falta de componentes somente, visto que o alojamento do produto permite a montagem do mesmo em uma única posição tanto na região do reforço inferior quanto na região do porta-luvas.

A causa do modo de falha relacionado ao torque fora do especificado considerada pela equipe foi o *set-up* da parafusadeira *power focus* não realizado corretamente, ou seja, o mesmo é determinado na implantação do processo e fica

bloqueado por uma senha, sendo que, se o *set-up* for realizado de maneira incorreta ocorrerá do torque ficar definido fora do especificado.

A figura 18 mostra o preenchimento destas informações no formulário.

**Figura 18: Causas potenciais no estudo de caso**

FALHA POTENCIAL		Severidade	Classe	Causa Potencial de Falha
MODO	EFEITO			
Falta de um ou mais parafusos entre Reforço metálico e painel	Reforço não fixado corretamente gerando ruído	4		1. Parafuso não fixado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica.
Torque dos parafusos entre o Reforço metálico e painel fora do especificado	Reforço não fixado corretamente gerando ruído	4		Set-up não realizado corretamente
Falta da borracha do para-brisa	Afeta aspecto funcional	6		1. Borracha do para-brisa não montado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica
Falta da grelha lateral esquerda	Degradação Visual	4		1. Grelha esquerda não montado. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica
Falta da grelha lateral direita	Degradação Visual	4		1. Grelha direita não montado. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica
Falta de um dos Bumpers (anti-impacto)	Ruído	4		1. Bumper não montado devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica
				Bumper não totalmente montado
Falta de um dos U-Shapes	Afeta aspecto funcional	6		1. U-shape não montado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica
Montagem incorreta do U-shape	Afeta aspecto funcional	6		U-shape montado de forma invertida
Falta de uma das espumas na região do reforço inferior	Ruído	4		1. Espuma não montada devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica
Montagem incorreta das espumas na região do reforço inferior	Ruído	4		Espuma montada fora de posição
Falta de um dos filtros na região do reforço inferior	Ruído	4		1. Filtro não montado devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica
Falta do filtro na região do porta-luvas	Ruído	4		1. Filtro não montado devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica

Fonte: Equipe FMEA (2015)

### 3.4.2 Índice de ocorrência

A sexta reunião aconteceu no dia 09/02/2015 e teve como objetivo a definição da pontuação da ocorrência.

Para essa análise a equipe observou o volume de vendas dos produtos similares e observou as informações de causas de defeitos últimos 2 anos nesses produtos.

Para essa análise o engenheiro da qualidade (Autor) ficou responsável por levantar a informação do volume de vendas dos produtos similares A e B em 2013 e 2014, sendo que as vendas foram na ordem de 115 mil painéis de instrumentos para o veículo A e 90 mil painéis de instrumentos para o veículo B.

Com esses resultados em mãos foi avaliado o índice de ocorrência levando em consideração a tabela do FMEA 4ª edição.

Foi verificado que nesse período dois dos defeitos haviam sido reclamados pelo cliente sendo eles a falta de parafuso e a montagem invertida de um componente similar ao *U-shape*.

Ou seja, 2 defeitos em 215.000 painéis de instrumentos entregues o que resulta em uma taxa de 0,0098 por mil itens entregues.

Portanto a equipe avaliou que tais modos de falha estão na classificação 3, que diz que ocorre em 1 incidente a cada 100.000 itens entregues, ou 0,010 por mil.

Porém o representante da engenharia de desenvolvimento informou que essa ocorrência havia sido verificado no DFMEA e que foi desenvolvido um *poka-yoke* de produto para evitar que o *U-shape* fosse montado de maneira invertida.

Quando a falha pode ser eliminada através de controles preventivos sua classificação deve ser 1.

Baseado nesse documento a equipe concordou em classificar a montagem incorreta do *U-shape* com pontuação 1.

Os demais modos de falha por não terem sido reclamados pelo cliente nos últimos 2 anos em produtos similares foram classificados como 2, ou seja, 1 incidente a cada 1.000.000 de peças entregues.

A figura 19 mostra como ficou a classificação dos itens.

Figura 19: Pontuação para ocorrência no estudo de caso

FALHA POTENCIAL		Severidade	Classe	Causa Potencial de Falha	Ocorrência
MODO	EFEITO				
Falta de um ou mais parafusos entre Reforço metálico e painel	Reforço não fixado corretamente gerando ruído	4		1. Parafuso não fixado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica,	3
Torque dos parafusos entre o Reforço metálico e painel fora do especificado	Reforço não fixado corretamente gerando ruído	4		Set-up não realizado corretamente	2
Falta da borracha do para-brisa	Afeta aspecto funcional	6		1. Borracha do para-brisa não montado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2
Falta da grelha lateral esquerda	Degradação Visual	4		1. Grelha esquerda não montado. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2
Falta da grelha lateral direita	Degradação Visual	4		1. Grelha direita não montado. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2
Falta de um dos Bumpers (anti-impacto)	Ruído	4		1. Bumper não montado devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2
				Bumper não totalmente montado	2
Falta de um dos U-Shapes	Afeta aspecto funcional	6		1. U-shape não montado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2
Montagem incorreta do U-shape	Afeta aspecto funcional	6		U-shape montado de forma invertida	1
Falta de uma das espumas na região do reforço inferior	Ruído	4		1. Espuma não montada devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2
Montagem incorreta das espumas na região do reforço inferior	Ruído	4		Espuma montada fora de posição	2
Falta de um dos filtros na região do reforço inferior	Ruído	4		1. Filtro não montado devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2
Falta do filtro na região do porta-luvas	Ruído	4		1. Filtro não montado devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2

Fonte: Equipe FMEA (2015)

### 3.4.3 Índice de detecção

Após o feriado de carnaval a equipe voltou a reunir-se no dia 23/02/2015 para o preenchimento da etapa de detecção que foi separada em prevenção e detecção.

A montagem invertida do *U-shape* foi preenchida com a prevenção implementada pela engenharia na fase de desenvolvimento do produto, esse *poka-yoke* de produto permite a montagem do componente somente em uma posição.

Com relação a falta dos demais componentes como prevenção foi observado o treinamento dos operadores.

Há duas métodos de detecção observados pela equipe. O primeiro se trata do auto controle, ou seja, após a operação o operador que executou a mesma é responsável por fazer uma verificação de presença de componentes. A segunda verificação se trata da auditoria de produto, onde uma amostra é separada para inspeção pela área de qualidade.

Ambos os métodos são visuais, ou seja, não há dispositivos para evitar falhas, sendo assim a probabilidade de detecção é remota com pontuação 8 de acordo com o manual de FMEA 4ª edição (IQA, 2008).

O item da montagem incorreta do *U-shape* foi pontuado também com classificação 8 pois a ocorrência foi praticamente eliminada, porém a detecção continua por meio de inspeção visual sendo também considerada remota.

A figura 20 mostra o resultado após o preenchimento das colunas de detecção.

**Figura 20: Pontuação para detecção no estudo de caso**

Causa Potencial de Falha	Ocorrência	Prevenção / Detecção		Detecção
		Prevenção	Detecção	
1. Parafuso não fixado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica,	3	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
Set-up não realizado corretamente	2	Parafusadeira com sistema de rastreabilidade	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
1. Borracha do para-brisa não montado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
1. Grelha esquerda não montado. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
1. Grelha direita não montado. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
1. Bumper não montado devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
Bumper não totalmente montado	2	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
1. U-shape não montado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
U-shape montado de forma invertida	1	Poka Yoke de produto (peça permite montabilidade somente em uma posição)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
1. Espuma não montada devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
Espuma montada fora de posição	2	Localização da montagem da espuma marcada no molde da contra-peça	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
1. Filtro não montado devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8
1. Filtro não montado devido ao não seguimento da operação padrão.. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	2	1. Treinamento do operador (polivalência nível 2)	1. Auto controle 2. Auditoria de produto	8

Fonte: Equipe FMEA (2015)

### 3.4.4 Índice de NPR (número de prioridade de risco)

O índice de NPR é o produto dos três fatores anteriormente avaliados, sendo que a pontuação ficou conforme figura 21.

**Figura 21: NPR resultante**

FALHA POTENCIAL	Severidade	Ocorrência	Deteção	NPR
MODO				
Falta de um ou mais parafusos entre Reforço metálico e painel	4	3	8	96
Torque dos parafusos entre o Reforço metálico e painel fora do especificado	4	2	8	64
Falta da borracha do para-brisa	6	2	8	96
Falta da grelha lateral esquerda	4	2	8	64
Falta da grelha lateral direita	4	2	8	64
Falta de um dos Bumpers (anti-impacto)	4	2	8	64
Falta de um dos U-Shapes	6	2	8	96
Montagem incorreta do U-shape	6	1	8	48
Falta de uma das espumas na região do reforço inferior	4	2	8	64
Montagem incorreta das espumas na região do reforço inferior	4	2	8	64
Falta de um dos filtros na região do reforço inferior	4	2	8	64
Falta do filtro na região do porta-luvas	4	2	8	64

Fonte: Equipe FMEA (2015)

A regra para determinar a priorização das ações varia de acordo com a montadora à quem se fornece a peça, sendo que o manual sugere que se priorize as

maiores severidade, sendo assim foi levantado pela equipe de FMEA ainda na sexta reunião os itens com maior severidade, sendo eles:

1. Montagem da borracha;
2. Falta do *U-shape* e;
3. Montagem incorreta do *U-shape*.

Todos esses itens foram pontuados com severidade 6, sendo considerados prioritários para tomada de ação exceto a montagem incorreta do *U-shape* que devido ao *poka-yoke* de produto a equipe decidiu remover das prioridades, ficou definido que na reunião posterior seria elaborado o plano de ação para os modos.

Na sétima reunião que ocorreu no dia 02/03/2015, foi definido o plano de ação inicial para diminuir o NPR dos itens com severidade 6.

#### 3.4.5 Plano de ação

A figura 22 mostra o plano de ação inicial com responsáveis e prazos.

**Figura 22: plano de ação inicial**

	C	Concluído	
	A	Ação em andamento sem risco para o cumprimento do prazo	
	R	Risco de <b>NÃO</b> cumprimento do prazo / <b>NÃO iniciado</b>	
<b>PROBLEMA</b> (PROBLEM) (Oportunidade de Melhoria)	Nº Ação	Status	
Severidade 6 - Risco da falta da borracha do para-brisa na operação de montagem	1	A	<p><b>Início da Ação (Start)</b></p> <p><b>CAUSA RAIZ (CAUSE)</b></p> <p>1. Borracha do para-brisa não montado devido ao não seguimento da operação padrão.</p> <p>2. Indisponibilidade do componente na fábrica.</p> <p><b>AÇÃO CORRETIVA/ PREVENTIVAMELHORIA (CORRECTIVE ACTION/S)</b></p> <p>1. Implementação de câmera de detecção visual na inspeção final</p> <p>2. Implementação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística</p>
Severidade 6 - Risco da falta do U-shape na operação de montagem	2	A	<p><b>Início da Ação (Start)</b></p> <p><b>CAUSA RAIZ (CAUSE)</b></p> <p>1. Espuma não montada devido ao não seguimento da operação padrão.</p> <p>2. Indisponibilidade do componente na fábrica.</p> <p><b>AÇÃO CORRETIVA/ PREVENTIVAMELHORIA (CORRECTIVE ACTION/S)</b></p> <p>1. Implementação de câmera de detecção visual na inspeção final</p> <p>2. Implementação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística</p>
Análise de Pareto - Risco da falta de parafuso entre o reforço metálico e o painel de instrumentos	3	A	<p><b>Início da Ação (Start)</b></p> <p><b>CAUSA RAIZ (CAUSE)</b></p> <p>1. Parafuso não fixado devido ao não seguimento da operação padrão.</p> <p>2. Indisponibilidade do componente na fábrica.</p> <p><b>AÇÃO CORRETIVA/ PREVENTIVAMELHORIA (CORRECTIVE ACTION/S)</b></p> <p>1. Implementação de Poka Yoke para contagem automática da quantidade de parafusos, verificação ligada ao sistema de rastreabilidade</p> <p>2. Implementação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística</p>

Fonte: Equipe FMEA (2015)

Para a falta da borracha do para-brisa e falta do *U-shape* foi o proposto pela equipe do FMEA a instalação de uma câmera de detecção de componentes, esse equipamento é posicionado acima do posto de inspeção final, ele registra uma foto da peça e com base na diferença de pixels da imagem é capaz de identificar a presença de componentes. Quando é detectado a falta de um ou mais componentes a peça fica travada na bancada sendo necessário o líder da área ou o técnico de processos inserir uma senha para desbloqueio da peça.

Tal equipamento já está sendo utilizado em processos de manufatura de painéis de portas com a mesma finalidade de detecção de componentes.

Havia possibilidade de adaptar o equipamento que foi utilizado em uma linha de painéis de portas recentemente descontinuada.

Para a utilização da câmera para o painel de instrumentos existiu uma limitação de movimento da bancada, ou seja, inviabilizou a identificação de componentes na parte inferior do painel.

Para a causa de indisponibilidade de componentes foi proposta a ação de gerar alertas de baixa de estoque físico, ou seja, complementares ao sistema de gerenciamento de estoque, está ação foi baseada em lições aprendidas de outras plantas que puderam ser consultadas no sistema da empresa pela equipe de FMEA.

Durante a reunião, após a definição das ações para as maiores severidades, foi definido que o próximo passo análise de Pareto para que a equipe pudesse trabalhar em ações para os demais itens do FMEA.

Nessa reunião foi definida a proposta de ação para a falta de parafuso entre o reforço metálico e o painel.

A equipe definiu como ação o link entre a parafusadeira e o sistema de rastreabilidade, para tal teria que ser acionada a empresa responsável pelo sistema.

Essa ação permite que seja definido uma quantidade de torques, a partir do momento que a bancada trava na linha, é realizado a leitura do painel, e a partir desse momento os torques são registrados no sistema, e somente depois que todos os torques forem registrados a bancada é destravada dando sequência na operação.

Ficou definido que a equipe se reuniria a cada duas semanas, sendo que a verificação do andamento das ações ocorreu dia 16/03/2015.

Nessa data foi verificado o status conforme pode ser visto na figura 23.

**Figura 23: plano de ação 16/03/2015**

PROBLEMA (PROBLEM) (Oportunidade de Melhoria)	Nº Ação (OPPORTUNITY) (Oportunidade de Melhoria)	Status	Início da Ação (Start)	CAUSA RAÍZ (CAUSE)	AÇÃO CORRETIVA / PREVENTIVA / MELHORIA (CORRECTIVE ACTIONS)		Responsável	PRAZO (Deadline)	Realizado (Realised) (Date)	Validado (Validated) (Date)	Extensão da Ação (A-C)	% Progresso
					A	P						
C	C Concluído											
A	Ação em andamento sem risco para o cumprimento do prazo											
R	Risco de NÃO cumprimento do prazo / NÃO iniciado											
Severidade 6 - Risco da falta da borracha do para-brisa na operação de montagem	1	A	03/03/2015	1. Borracha do para-brisa não montado devido ao não seguimento da operação padrão. 2. Indisponibilidade do componente na fábrica.	1. Implementação de câmera de detecção visual na inspeção final 2. Implementação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística		Engenheiro de Processos	13/04/2015			30%	
Severidade 6 - Risco da falta do U-shape na operação de montagem	2	A	03/03/2015	1. Espuma não montada devido ao não seguimento da operação padrão 2. Indisponibilidade do componente na fábrica.	1. Implementação de câmera de detecção visual na inspeção final 2. Implementação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística		Engenheiro de Processos	13/04/2015			90%	
Análise de Pareto - Risco da falta de parafuso entre o reforço metálico e o painel de instrumentos	3	A	10/03/2015	1. Parafuso não fixado devido ao não seguimento da operação padrão 2. Indisponibilidade do componente na fábrica.	1. Implementação de Poka Yoke para contagem automática da quantidade de parafusos, verificação ligada ao sistema de rastreabilidade 2. Implementação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística		Engenheiro de Processos	13/04/2015			20%	

Fonte: Equipe FMEA (2015)

Foi verificado durante a reunião que as ações referentes ao sistema físico de alerta de estoque estavam prontas.

O alerta é simples, se trata de uma indicação visual de nível de estoque, em que se determinada a quantidade mínima de estoque dividida em três níveis de alerta, sendo o primeiro a nível de supervisão, o segundo a nível gerencial e o terceiro a nível de diretoria e não dependia de nenhum suporte externo. Foram considerados pela equipe a implantação para os itens referentes ao FMEA que estava sendo desenvolvido, devendo ser aplicado posteriormente para todo o estoque.

A equipe então foi até o local para verificação da ação, foi definido que seria avaliado pelos próximos 15 dias para verificação se haveria falta dos componentes na linha.

A câmera ainda estava em fase de instalação até a nona reunião e a equipe estava aguardando a cotação para a inclusão da contagem dos parafusos no sistema de rastreabilidade.

A configuração do sistema de rastreabilidade para realização da contagem do número de apertos estava com 20% apenas pois não havíamos recebido a cotação.

A penúltima reunião ocorreu no dia 30/03/2015 e constatou-se pela equipe a evolução das ações conforme figura 24.

Após 15 dias foi então validada a ação referente a implantação do sistema de alerta logístico.

A câmera já estava instalada e parametrizada para a detecção da borracha, faltando a parametrização para a detecção do *U-shape*.

A criticidade estava na implantação da contagem automática dos parafusos por meio do sistema de rastreabilidade, pois apesar de receber a cotação a empresa

responsável teria disponibilidade para execução da ação apenas nos dias 16 e 17/04/2015 sendo a última a data da entrega do documento.

**Figura 24: Plano de ação 30/03/2015**

		C	Concluído	A	Ação em andamento sem risco para o cumprimento do prazo	R	Risco de NÃO cumprimento do prazo / NÃO iniciado	A	P	C	D	A	P	C	D	73%
PROBLEMA (PROBLEM) (Oportunidade de Melhoria)	Nº Ação	Status	Inicio da Ação (Start)	CAUSA RAIZ (CAUSE)	AÇÃO CORRETIVA/ PREVENTIVA/MELHORIA (CORRECTIVE ACTIONS)	Responsável	PRAZO (Deadline)	Realizado (Realised) (Date)	Validado (Validated) (Date)	Extensão da Ação (Act)	% Progresso					
Severidade 6 - Risco da falta da borracha do para-brisa na operação de montagem	1	A	03/03/2015	1. Borracha do para-brisa não montado devido ao não seguimento da operação padrão 2. Indisponibilidade do componente na fábrica.	1. Implantação de câmera de detecção visual na inspeção final 2. Implantação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística	Engenheiro de Processos	13/04/2015				70%					
Severidade 6 - Risco da falta do U-shape na operação de montagem	2	A	03/03/2015	1. Espuma não montada devido ao não seguimento da operação padrão 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	1. Implantação de câmera de detecção visual na inspeção final 2. Implantação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística	Supervisor de Logística	13/04/2015	13/03/2015	30/03/2015	A SER DEFINIDO	100%					
Análise de Pareto - Risco da falta de parafuso entre o reforço metálico e o painel de instrumentos	3	R	10/03/2015	1. Parafuso não fixado devido ao não seguimento da operação padrão 2. Indisponibilidade do componente na fábrica	1. Implantação de Polka Yoke para contagem automática da quantidade de parafusos, verificação ligada ao sistema de rastreabilidade 2. Implantação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (sistêmico e físico) na logística	Engenheiro de Processos	13/04/2015	13/03/2015	30/03/2015	A SER DEFINIDO	100%					

Fonte: Equipe FMEA (2015)

Na última reunião dia 13/04/2015 antes da data limite para apresentação do documento, foram apresentadas e validadas as ações referente a câmera. Para essa validação foi produzida uma peça com ausência da borracha do para-brisa e outra com a possibilidade de retirada de cada um dos *U-shape*. De posse dessas peças a equipe de FMEA pode validar o *poka-yoke* da câmera de detecção.

Essas peças são identificadas para a utilização na validação de início de produção, ou seja, a cada início de turno o operador do posto deve fazer a validação da câmera.

O teste é realizado pelo líder e é realizado seguindo os seguintes passos:

1. Posicionar a peça na bancada e apertar o botão de início de ciclo (após o ciclo iniciado a peça fica travada na bancada);
2. Existem duas posições em que a câmera fotografa a peça, o operador deve posicionar a mesma na posição 1 e apertar o botão iniciar teste;
3. Como a peça está com ausência de borracha o sistema não permite a liberação da peça, o líder da área tem a chave para reiniciar o processo;
4. Ele deve substituir a peça com a borracha do para-brisa ausente pela peça sem *U-shape* lado direito;
5. Após posicionar a mesma na bancada deve ser apertado o botão de iniciar de ciclo que faz com que a peça novamente permaneça travada na bancada;
6. Agora o operador deve posicionar a bancada na posição 2 e apertar o botão iniciar teste;
7. Devido a ausência do componente a peça permanece travada na bancada;
8. O operador então repete o passo do 4 ao 7.

Foi acompanhado durante um mês o processo de validação com o teste diário gerando total de 23 testes realizados com 100% de detecção dos componentes faltantes.

Foi alterado o índice de detecção que a equipe avaliou como classificação 4, pois a falha será detectada após o processamento e ficará bloqueada impedindo processamentos futuros.

A ação da implantação da contagem automática dos parafusos por meio do sistema de rastreabilidade sofreu atraso e só pôde ser considerada fechada em 12/05/2015, assim como a ação referente a validação da câmera de inspeção resultando em redução da detecção para 4, pois também a sua detecção ocorre após o processamento prevenindo o envio das peças para processamento futuro, conforme figura 25.

Vale ressaltar que a equipe da planta continuou o processo do ciclo, pois esse processo de melhoria continua só deve acabar com o fim da vida do produto.

Como recomendação para trabalhos futuros pode ser considerado o desdobramento do FMEA para a elaboração do plano de controle de processo, etapa ainda em andamento nesse projeto estudado.

A elaboração do plano de controle tem por objetivo garantir o cumprimento dos requisitos de processo e produto durante a produção, deve-se definir junto ao cliente quais inspeções serão realizadas e quais os equipamentos utilizados.

Deve-se desdobrar todas as características especiais (segurança ou regulamentação e características funcionais) e definir a regra de reação em caso de não atingimento.

**Figura 25: NPR após fechamento de todas as ações**

FALHA POTENCIAL	MODO	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR	Ações Corretivas Recomendadas	NPR medido após ações implementadas			
							Descrição	S	O	D
Falta de um ou mais parafusos entre Reforço metálico e painel		4	3	8	96	Poka Yoke de Contagem automática da quantidade de parafusos ligada ao sistema de rastreabilidade	4	3	4	48
Torque dos parafusos entre o Reforço metálico e painel fora do especificado		4	2	8	64					
Falta da borracha do para-brisa		6	2	8	96	1. Implantação de câmera de detecção visual na inspeção final. 2. Implantação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística	6	2	4	48
Falta da grelha lateral esquerda		4	2	8	64					
Falta da grelha lateral direita		4	2	8	64					
Falta de um dos Bumpers (anti-impacto)	4	2	8	64						
		2	8	64						
Falta de um dos U-Shapes		6	2	8	96	1. Implantação de câmera de detecção visual na inspeção final. 2. Implantação de sistema de alerta para baixo nível de estoque (físico) na logística	6	2	4	48
Montagem incorreta do U-shape		6	1	8	48					
Falta de uma das espumas na região do reforço inferior		4	2	8	64					
Montagem incorreta das espumas na região do reforço inferior		4	2	8	64					
Falta de um dos filtros na região do reforço inferior		4	2	8	64					
Falta do filtro na região do porta-luvas		4	2	8	64					

Fonte: Equipe FMEA (2015)

#### 4 CONCLUSÃO

Embora seja de conhecimento de todo o time de projeto da empresa Beta que a aplicação do FMEA não é apenas importante para a redução do risco de falhas dos produtos, como também é um item mandatório segundo a norma ISO-TS 16.949, as equipes formadas para as reuniões iniciais estavam incompletas e com pouca participação. Os integrantes alegavam excesso de demanda e interrompiam a reunião a cada ligação ou incidência de problemas de projetos anteriores, os quais não tiveram a correta aplicação da ferramenta e consequentemente sentiam os reflexos das ocorrências de falhas.

Somente após o gerente do projeto Alpha informar à todos os gerentes funcionais que atrasaria o lançamento caso as reuniões não fossem produtivas, formaram-se as equipes completas e o trabalho iniciou e se desenvolveu conforme o esperado. As lições aprendidas das falhas correntes dos produtos em série foram fornecidas pelo time da planta. Ao todo foram 10 reuniões e 12 revisões da documentação.

Durante as reuniões ou em paralelo às mesmas foram aplicadas ferramentas como fluxograma, *poka-Yoke* e PDCA que auxiliaram na definição e monitoramento das ações.

Como resultado final, o Painel de Instrumentos do veículo Alpha foi lançado conforme data de SOP prevista, sem nenhum alerta vermelho e sem retrabalhos no JIT do cliente. Foram realizadas 8 revisões de pátio pré-lançamento do veículo e a empresa Beta não participou de nenhuma delas.

Após o lançamento foi possível verificar que problemas de aspecto visuais como riscos foram as principais reclamações do cliente, esse item é inspecionado em um posto posterior a linha de montagem.

Com isso foi considerado a verificação de aspecto visual ao final de cada uma das operações, item não considerado anteriormente.

## REFERÊNCIAS

ANFAVEA. Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. São Paulo: ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2014.

ARAUJO, Paulo Henrique de; REDI, Renata. **Qualidade ao alcance de todos: acesso rápido e fácil as técnicas da qualidade total.** São Paulo: Editora Gente, 1997.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês).** Nova Lima – MG: IND Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da Rotina de Trabalho do dia-a-dia.** Nova Lima: INDG Técnologia e Serviços Ltda., 2004.

FRANCISCHINI, P. G.; OTA, R. T. **Aplicação do conceito Poka-Yoke para a Solução de Problemas Críticos de Qualidade em uma Indústria Automobilística.** Artigo baseado no trabalho final para Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Orientando: Ricardo T. Ota. USP. 2003.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial FMEA: Manual de Referência.** 4<sup>a</sup> Edição. São Paulo: [s.n.], 2008.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Processo de Aprovação de Peça de Produção PPAP: Manual de Referência.** 4<sup>a</sup> Edição. São Paulo: [s.n.], 2006.

ISO/TS 16949:2009, *Quality Management – Particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service part organizations.*

KAMINSKI, Paulo Carlos. **Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade.** Rio de Janeiro: LTC, 2012.

PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade Total na Prática: Implantação e Avaliação dos Sistemas de Qualidade Total.** 2<sup>a</sup> Edição. São Paulo: Atlas, 1997.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da Qualidade: As ferramentas Essenciais.** 20<sup>a</sup> Edição. Curitiba: Ibpex, 2008.

SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and Poka-yoke System.** Trans. A.P. Dillion, Portland, OR; Productivity Press, 1986.

SLACK, N; CHABERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A; JOHNSTON, R. **Administração da Produção. Edição compacta.** São Paulo: Atlas, 1999.