



## PROGRAMA

- Principais alterações na Edição do Manual-FMEA 4ª Edição (AIAG)
- Âmbito e objectivos do estudo FMEA
- Organização de um estudo FMEA
- A análise Modal de Falhas e Efeitos
- A avaliação e o cálculo dos NPR's -Hierarquização
- A selecção de acções preventivas
- A implementação numa lógica PDCA
- Seguimento e actualização dos FMEA
- Análise de casos práticos da empresa

*Porque é que gastamos o tempo quase todo a corrigir problemas e parece que nunca há tempo suficiente para prevenir os problemas fazendo as coisas bem à primeira?*



### Edição do Manual-FMEA 4ª Edição (AIAG)

O Manual-FMEA 4ª Edição (AIAG) mantém-se como principal documento de referência para a realização de estudos FMEA, tendo sido publicada a sua 4ª Edição em Junho de 2008.

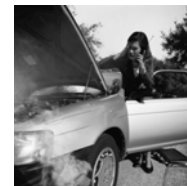
#### Principais alterações na 4ª Edição (AIAG)

+ Critérios  
Alternativos para o  
NPR

- Inclusão de um índice
- Ícones para realçar parágrafos-chave
- Exemplos adicionais de Análise D-FMEA e P-FMEA
- Reforço da necessidade de suporte da Direcção
- Reforço das relações D-FMEA com P-FMEA
- Ligeiras alterações nas Tabelas S-O-D
- Proposta de Métodos Alternativos (FTA, QFD, DRBFM, etc)
- Formulários alternativos (Matrizes FMEA)

### Objectivos ( porquê realizar?)

- Auxiliar e prevenir erros no desenvolvimento/concepção do produto
- Auxiliar e prevenir erros no desenvolvimento/concepção de novos processos
- Hierarquizar acções para o reforço do Produto e do Processo, centradas nas características críticas do produto e nos componentes do produto ou fases do processo, com menor robustez.
- Disseminar a informação e envolver as pessoas com responsabilidades (cliente, concepção, engenharia, qualidade, compras, produção, etc)
- Fortalecer os planos de acção de prevenção e potenciar a sua eficácia
- Capitalizar experiência para projectos futuros



Com  
quem?

## Definição do Âmbito do FMEA

**FMEA para um Sistema** – Dirigido analisar as interfaces e interações entre, os diversos sub-sistemas que o compõem, o ambiente e o cliente, com influência nas falhas funcionais, isto é, com perturbação ou perda das funções (exemplos de Sistemas: Motor-Transmissão, Chassis, Interior do Veículo, etc)

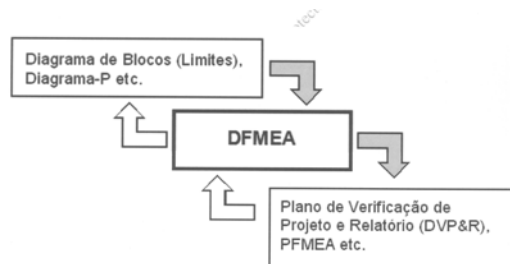
**FMEA para um Sub-sistema** - Sub-conjunto de um FMEA-Sistema. ( exemplos de sub-sistemas: bomba de óleo do motor que integra o sistema Motor, banco do condutor que integra o sistema Interior do veículo, sistema de travagem que integra o sistema chassis)

**FMEA para um Componente** – Sub-conjunto de um FMEA Sub-sistema ( exemplos de componentes: corpo da bomba de óleo, componente do sub-sistema bomba de óleo do sistema que integra o sistema Motor, discos de travagem enquanto componente que integra o sub-sistema de travagem que por sua vez integra o sistema de chassis)

## Tipos de FMEA

**D-FMEA (Design FMEA)** = FMEA Produto = FMEA Concepção

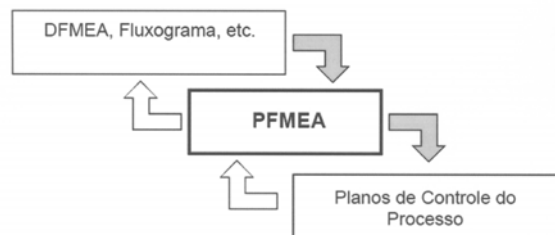
Apoia os responsáveis pela concepção ou projecto do sistema, sub-sistema ou componente, a identificar riscos técnicos (priorizando-os) na definição das especificações. Baseia-se nas sucessivas relações causa efeito pondo em causa as soluções técnicas, tecnológicas e construtivas, face ao impactos negativos que os disfuncionamento ( Modos de Falha), poderão ter junto ao cliente-utilizador, ou mesmo ao longo da cadeia de transformação ( também numa óptica de custos)



## Tipos de FMEA

**P-FMEA (Process FMEA)=FMEA Processo ( fabrico e/ou montagem)**

Apoia os responsáveis pela concepção dos processos de fabrico e montagem dos componentes, sub-sistemas e sistemas, a identificar e avaliar riscos técnicos e tecnológicos das soluções previstas para os processos ( priorizando-os) e relacionando-os com os Modos de Falha identificados no respectivo D-FMEA de acordo com a mesma lógica causa-efeito .

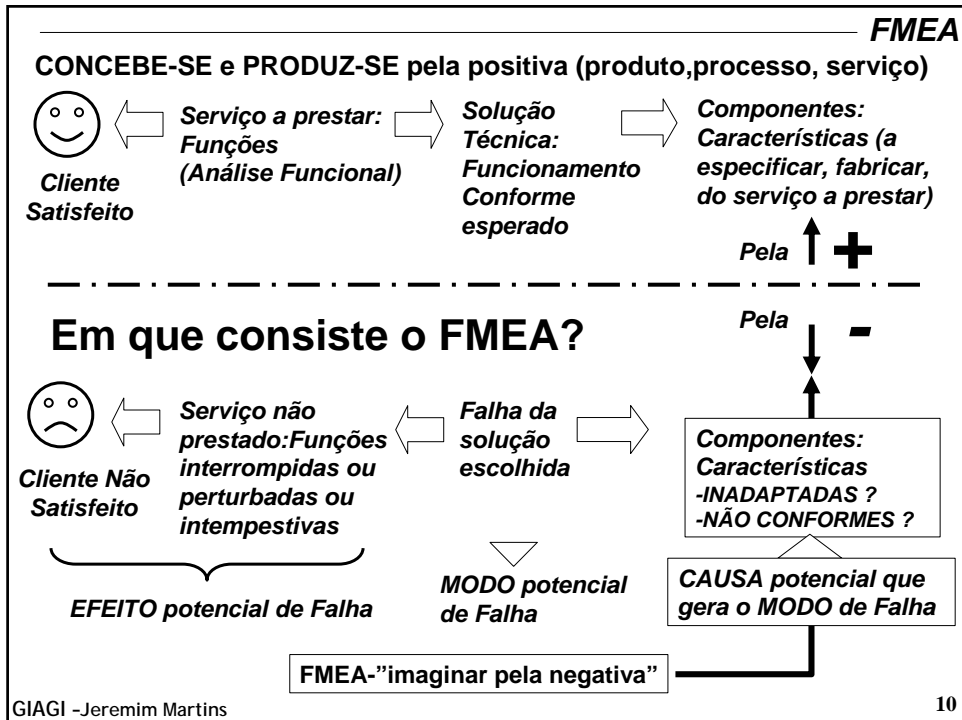
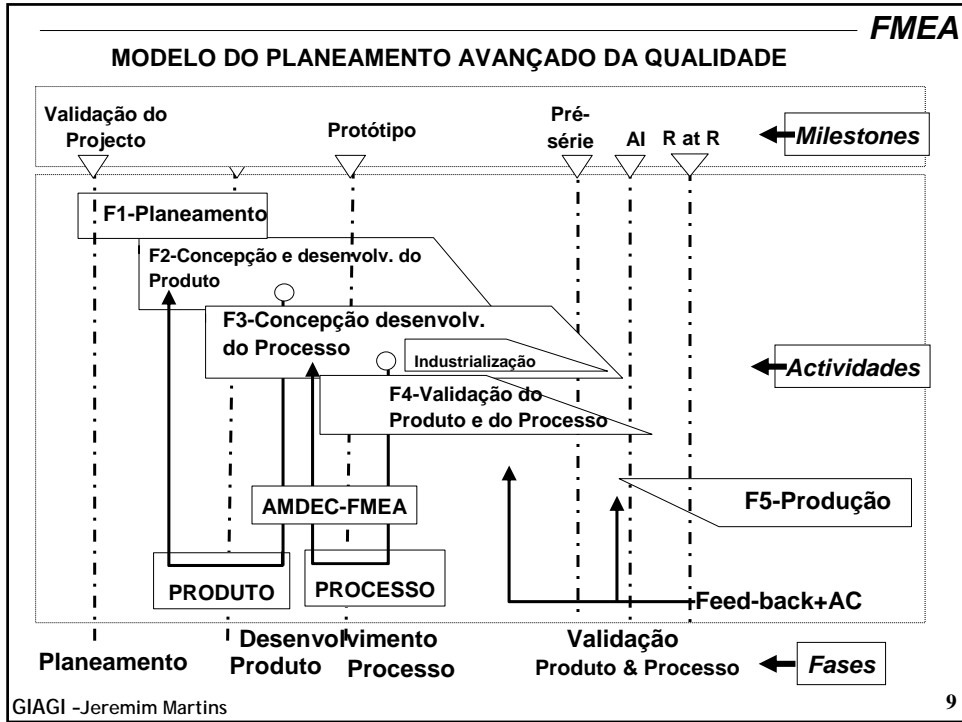


## FMEA: quando realizar?

Logo que se disponha de uma solução técnica previsual, (concepção do produto, do processo, dos fluxos, dos meios) susceptível de responder às funções de serviço, funções técnicas e funções de constrangimento:

-deve proceder-se a uma análise previsual de riscos, sob a forma de um AMDE (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos) para numa segunda fase ( soluções técnicas definitivas) se aprofundar essa análise e determinar-avaliar-hierarquizar a criticidade de cada modo de falha (AMDEC-FMEA).

-ANTES ! e não depois dos factos ( produtos, processos, fluxos ou meios) *consumados*



**ESTRATÉGIA E PLANEAMENTO-BASE METODOLÓGICA**

**1-Inicialisar e Preparar, nomear Equipa.....Definir Cliente, Âmbito Objectivos....Funções e Requisitos... Difundir informação,**

**2-ANALISAR....Com base na Análise Funcional, BD, Diagrama P-Parâmetros, identificar Modos de Falha, identificar Efeitos identificar Causas, registar Controlos existentes**

**3-AVALIAR..... Quantificar cada Modo de Falha potencial a partir das escalas convencionadas para S-Severidade, O-Ocorrência e D-Detecção e avaliar o Risco ( NPR -Índice de Prioridade de Risco )**

**4-Encontrar Soluções.....Para os Modos de Falha com maior IPR e/ou de acordo com critérios específicos para: S,O SxO ou outros, encontrar Soluções Preventivas/Correctivas,**

**5-Seguimento....Analisar e avaliar as soluções propostas, seguir a sua eficácia e registar em Histograma a evolução dos NPR**

**6-Aplicar.....Aplicar as soluções retidas**

**7-Verificar.....Verificar a Eficácia das soluções, registar variantes e capitalizar a experiência**



**DESENVOLVIMENTO e METODOLOGIA**

1-Inicialisar e Preparar		2-Analisar	3-Avaliar e Hierarquizar
1.1-Formalizar Folha Síntese 1.1.1-Definir Âmbito e limites 1.1.2-Objectivos 1.1.3-Decisor 1.1.4-Grupo ( multifuncional e multinível) 1.1.5- Cronograma ( calendário previsionál das sessões)	1.2-Informação 1.2.1-Desenhos, 1.2.2-Bloco Diagrama, Protótipos 1.2.3-Diagramas P (Parâmetros) 1.2.4-Requisitos funcionais 1.2.5-Fluxograma Operatório 1.2.6-Matriz de Características 1.2.7-Históricos de não conformidades de operações análogas (ººº, ppm, scraps, etc) e/ou CpK + 1.3-Convocatória e envio de informação	2.1-Imaginar Modos de Falhas "Brainstorming" 2.2-Identificar Efeitos 2.2.1-Identificar Funções: -perturbadas -interrompidas -intempestivas 2.2.2-Descrever Efeitos no Cliente; -n+1 ( posto seguinte, linha de montagem) -cliente final ( utilizador) 2.3-Determinar Causas 2.3.3-Identificar os controlos (preventivos e detectivos)	3.1- Severidade, Gravidade ou Impacto 3.2-Ocorrência ou Probabilidade 3.3-Capacidade de Detecção 3.4-Calcular NPR= IPR, ou Criticidade 3.5-Hierarquizar ( definir quais os modos de falha que justificam planos de acções preventivas) em funções de critérios pré definidos relativos ao valor do NPR, Do Valor de S, do valor de SxO, ou outros, definidos pelo cliente (OEM)





**(cont.) DESENVOLVIMENTO e METODOLOGIA**

4-Procurar Soluções	5-Seguimento	6-Aplicar	7-Verificar
<b>4.1-Procurar soluções para os Modos de Falha com NPR:</b> <b>Exemplos</b> <b>Faurecia</b> >36 (se não houver exigência específica do Cliente) <b>Renault</b> =10 se G=S=10 (segurança) >50 se G=S=9 ou 8 >100 se G=S=7 ou inferior <b>Johnsons Control</b> >70 ou desde que S=7 ou superior	<b>5.1-Analisar e avaliar as soluções propostas e a sua eficácia.</b> <b>5.2-Registar em Histograma a evolução dos NPR</b>	<b>6.1-Aplicar as soluções propostas</b>	<b>7.1-Verificar a Eficácia das soluções</b> <b>7.2- capitalizar a experiência</b>

**Definir quem é o Cliente**

- Cliente final utilizador ( condutor, ocupantes)**
- Linha de Montagem do Construtor (OEM)**
- Próxima Operação de fabrico interna**
- Próximas operações na cadeia de fornecimento**
- Regulamentações**

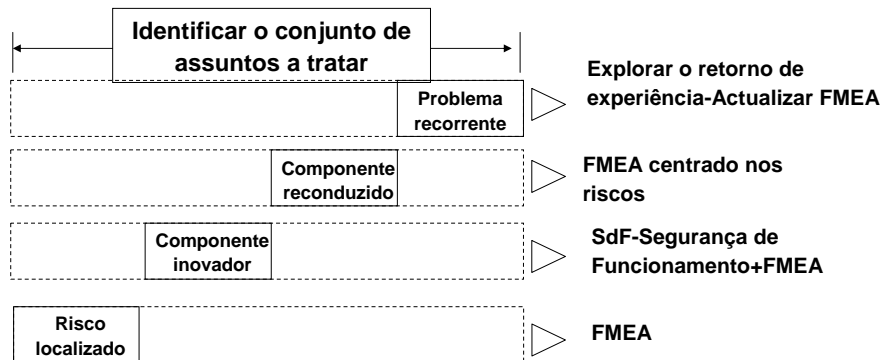


## Etapa 1-Iniciar e preparar

### 1.1-Escolher o assunto a tratar

Sistematizar o FMEA conduziria a validar o que já está dominado, ou seja, “inventar a roda”: e conduz a custos acrescidos “desperdícios”.

Pelo contrário, sempre que há riscos pressentidos ou medidos, inovações ou áreas mal dominadas ou mesmo desconhecidas, ou simplesmente apostas importantes para a empresa, o FMEA deve ser aplicado, ou enriquecidos os existentes.



GIAGI -Jeremim Martins

15

### 1.2-Organizar o estudo

#### 1.2.1-Folha síntese

O tipo de FMEA

O produto-projecto-cliente

Os objectivos ( K %oo, durabilidade, tx de não conformidade, ppm) do estudo

O nome requerente do estudo ( quem pede)

Os limites do estudo ( referências de produto, da gama operatória,...)

A composição do grupo e as convocatórias.

A planificação das sessões

#### 1.2.2-Organização da documentação

Os relatórios, incluindo a síntese, folhas de análise, histogramas , soluções, re-avaliações,....

O local de arquivo, em curso e após realização/fecho

*A responsabilidade do requerente ( rubricar e datar relatórios, seguir acções, dinamizar)*

**Nota: Não analisar produtos muito complexos ou processos demasiado longos**

**Nota: 6 / 7 pessoas no máximo + Piloto ou Animador**

GIAGI -Jeremim Martins

16

**FMEA**

	<b>SINTESE ESTUDO FMEA</b>	Nome: Redactor/Animador: _____ Dir. _____
		Data: _____ Tel. _____
Sistema _____		Ref. <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px;"></span>
Sub-Sistema _____		
Componente _____		
Âmbito do estudo: _____		
Objectivos do estudo: _____		
Solicitador: _____ Dir. _____ Decisor: _____ Dir. _____		
Rúbrica _____		
PARTICIPANTES: Permanentes: _____ Temporários: _____		
Sres. _____	Dir. _____	Dir. _____ TTOTAL _____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
Animador: _____ Dir. _____		
<b>200</b>		
P o i s o n	Previsional	
	Tempos	
	Realizado	
	Legenda	
	Início	
	Reunio Análise	
	Reunio Ações Prev	
	Reunio Selo Act	
	Final	
	Evolução	
Ponto de Situação	Final	
	Total Modos de Falha	
	SPC	
	SPC	
	SPC	
	SPC	
	SPC	
Observações: _____		
_____		
_____		
_____		

**Exemplo de Folha síntese**

GIAGI -Jeremim Martins 17

**FMEA**

**1.3-Reunir informação ( difundir)**

**1.3.1-A análise funcional ( requisitos funcionais) ou técnicos (características de interfaces)** **D-FMEA**

**1.3.2-A análise funcional técnica ou BD-Bloco Diagrama**

**1.3.3-O Diagrama P ( Parâmetros influentes)** **P-FMEA**

**1.3.4-O fluxograma/ sinóptico do processo c/ controles**

**1.3.5-Planos, desenhos, amostras**

**1.3.6 Hierarquização ou matriz de características**

**1.3.7 Histórico da qualidade ( não conformidades internas e externas-modos de falha, taxas de rejeição, indicadores de controlo do processo, ppm, Cp Cpk, etc)**

*Nota: Prever 1ª sessão específica para apresentação/dúvidas*

GIAGI -Jeremim Martins 18

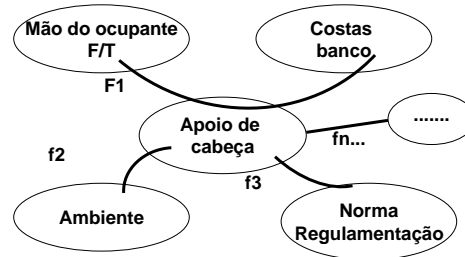
**ANÁLISE FUNCIONAL -Determinação e validação das funções de serviço**

O objectivo é conhecer de forma exaustiva o meio físico envolvente no qual evolui (activa ou passivamente) o sistema em estudo. Devem analisar-se sequencialmente as fases do ciclo de vida e para cada uma delas determinar-se ( *Brainstorming*):

- 1 - os **E.M.U.** (Elementos do Meio de Utilização)
- 2 - estabelecer as relações com o sistema em estudo (**polvo**)
- 3 - determinar as **funções de serviço - uso** (pelo menos uma função de uso - relação entre dois E.M.U.)
- 4 - determinar as **relações directas** entre o sistema e os diferentes E.M.U. (funções de estima, constrangimento, técnicas, ...)

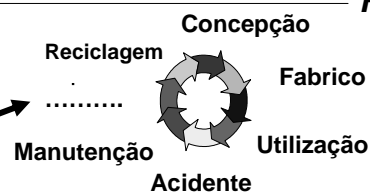
**F1: O Apoio de cabeça permite aos ocupantes ajustar manualmente a posição de conforto no banco**

- f2: O Apoio de cabeça resiste às agressões do ambiente
- f3: O Apoio de cabeça respeita as normas de segurança em vigor
- .....
- Fn: .....



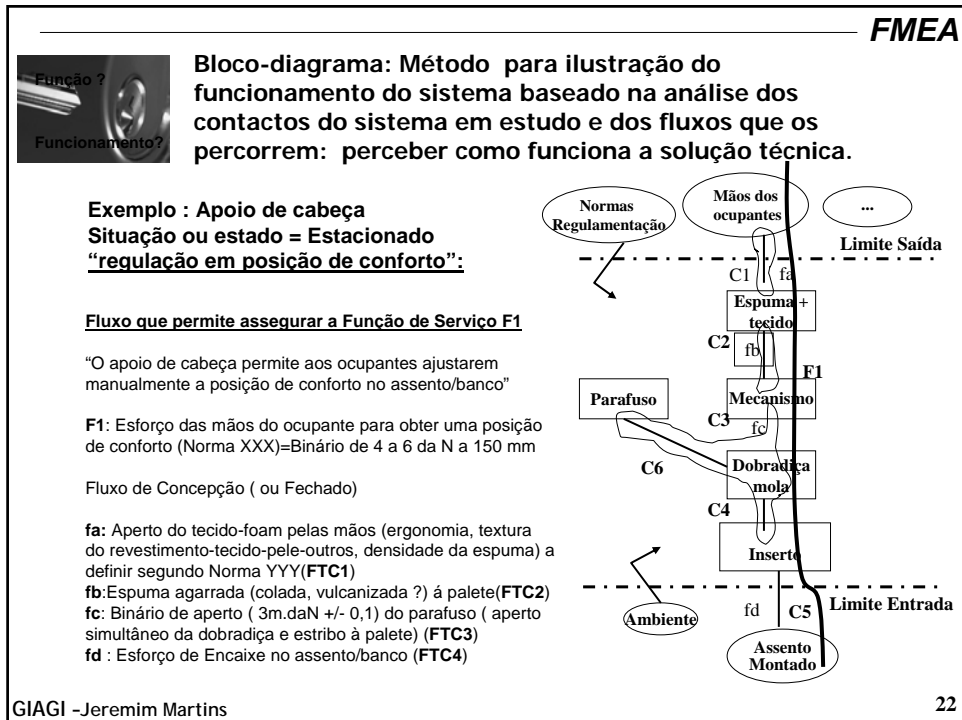
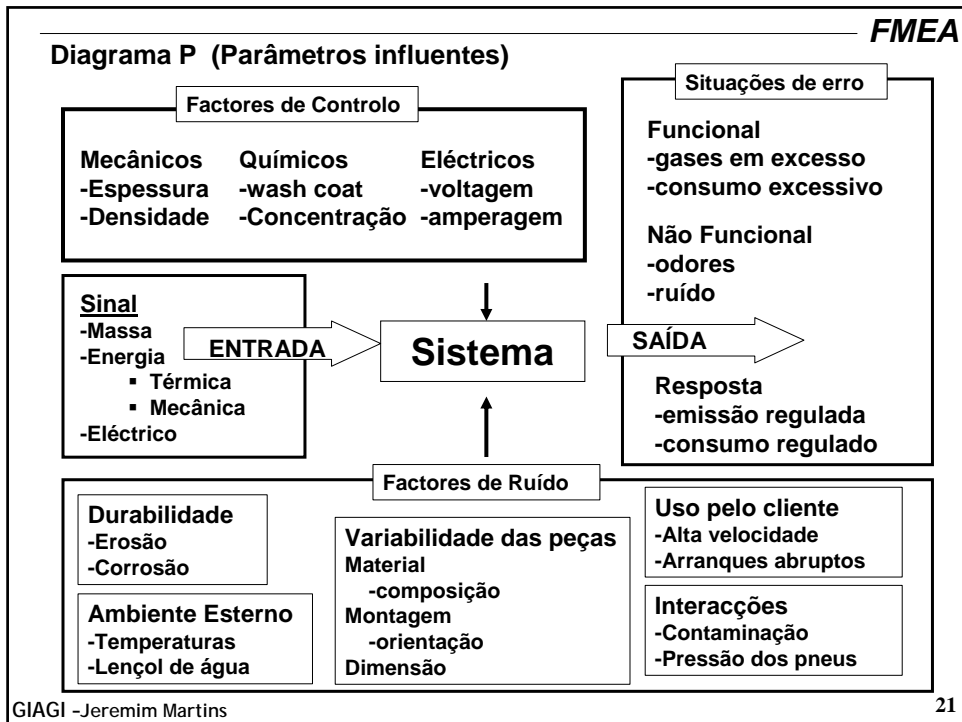
**ANÁLISE FUNCIONAL**

Identificar e caracterizar as funções do sistema ao longo das fases do seu ciclo de vida

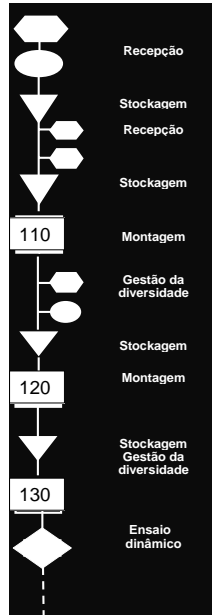


**ANÁLISE FUNCIONAL**  
Projecto: Sistema X

Codigo da Função	Designação da Função	FASES DO CICLO DE VIDA						
		Embalagem, transporte e armazenagem	Montagem da cobertura	Montagem na estrutura metálica	Uso normal do assento	Caso de acidente	Reciclagem	
FP1	Podem ser embalado pelo operador	X						
FP2	A embalagem não se degrada		X					
FP3	Ser montável na estrutura metálica			X				
FP4	Ser confortável				X			
FP5	Assegura a segurança dos utilizadores					X		
FC1	Resiste às condições ambientais	X						
FC2	Resiste à embalagem	X						
FC3	Resiste ao operador	X						
FC4	Respeita outras espumas	X						
FC5	Ocupar o mínimo volume	X						
FC6	Podem ser manipulados pelo operador		X					
FC7	Respeita o operador aquando da montagem		X					
FC8	Permite o cumprimento do tempo para cobertura		X					
FC10	Não interfere c/ outros elementos no meio de utilização			X				



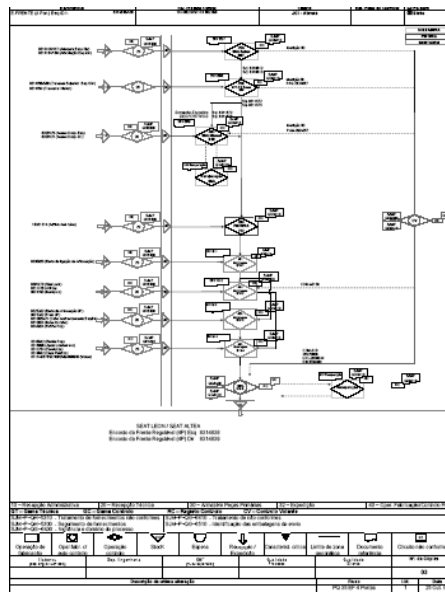
**Fluxograma do processo**



- Utilizar símbolos esquemáticos representativos de tipos de operações e documentação no posto
- Evidenciar as operações com Valor Acrescentado
- Relacionar os passos do processo
- Identificar os pontos de controlo e de registos ( Ex: assinalar op com CE)
- Identificar pontos de ineficiência e/ou desperdício para melhorar

**Fluxograma do processo**

**Exemplo de Fluxograma do processo de fabrico e ( soldadura, pintura), montagem e controlo, de uma estrutura de encosto de automóvel**



## Iniciar o Plano de Controlo

Logotipo		PLANO DE CONTROLO											
<input type="checkbox"/> Protótipo <input type="checkbox"/> Pré-produção <input checked="" type="checkbox"/> Série		Fábrica : XXXX	Nome do Responsável: ZZZZ				Data Emissão: DDD		Data Revisão: ddd			Pag 1/	
Ref# / Último índice		Equipa Eng. Simultânea: F-G-H-J-K-				Aprovação Cliente (qdo aplicável): Data:							
Descrição : <b>Apoio de Braço</b>		Código fornecedor: 4444		Responsável p aprovação: F Data:		Responsável Engenharia: Data:							
				Aprovação/Date:		Responsável Qualidade: Data:							
Nº do Etapa de Fluxo	Descrição da Operação	Máquina Dispositivo Ferramentas p/ Fabrico	Características				Clas. Caract. Especial	Métodos de Controlo					Plano Reacção a fto
			Número	Produto	Processo	Produto / Processo Especificação Tolerância		Avaliação	Amostra		Método Controlo		
....	.....	....	...	...	...	..	.....	....	...	...	...	...	
4	Colocação do apoio montado no molde	Manual		x			Especifica ao produto	Auto-controle		100%	Met-006	XXX-PR-02	
5	Desmoldagem e evacuação	Manual		x			Especifica ao produto	Auto-controle		100%	Met-006	XXX-PR-02	
....	.....	....	...	...	...	..	.....	....	...	...	...	...	

Todas as características críticas do produto e parâmetros do processo devem ser registadas:  
**Produto:** Modos de Falha do DFMEA, Caract. Críticas, Seg. e Reg., atributos visuais, critério,..  
**Processo:** Parâmetros do processo ( temp. pressão, especificações da ferramenta, ergonomia do posto,..  
 Classificação das características: Símbolo específico do cliente ou interno

GIAGI -Jeremim Martins

25

## Matriz de características

A Matriz de Características é uma técnica recomendada para estabelecer a relação entre os parâmetros do processo em cada um dos postos de trabalho da gama operativa e as características produto ( variáveis e atributos).

Exemplo 1

Característica	Operações						
	110	120	130	140	150	160	170
01-Dist. Entre furos		F	L			XO	
02-Posição e/r Face		F	L			XO	
03-Diâmetro furos			XO				
04-Profund. furos		XO,F,L	XO			XM	
05-Cilindricidade		X	XO				
10-Cota Face A..B		F,L	XO				
20-Diâmetro Exter.		F,XM	XO				

F= Característica p/ Fixação      L= Caract. p/ Localização      X= Caract. a Obter/Modificar

GIAGI -Jeremim Martins

26

Matriz de características (cont.)

Exemplo 2

MATRIZ DE CARACTERÍSTICAS							Peça: Montagem YYYY	Nº	
IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS A FABRICAR							QUANTIDADE E VALOR	TIPO	
Nº CARACTERÍSTICA	OPERAÇÃO	POSTO	MÁQUINA	PROVA ESQUEMA DE CONTROLE	DESIGNAÇÃO DA CARACTERÍSTICA	Quantidade	Valor com IT	TIPO	
								Classe/Diâmetro ou Plano	Módulo
1	110	P.1	Posto manual		Emparelhamento das árvores montadas	1		0	
2	110	P.1	Posto manual		Posicionamento da cassete e fixação	1			
3	110	P.1	Posto manual		Cota de posição guias de centragem da cassete	2	6 +/- 0,21		
4	110	P2	Posto manual		Lubrificação semi-automática dos apoios	6			
5	110	P2	Posto manual		Introdução do par de árvores	1			
6	110	P2	Posto manual		Colocação dos batentes no nariz da prensa	2		0	
7	110	P3	Prensa		Pré-montagem dos batentes	2	X		
8	110	P4	Prensa		Prensagem final dos batentes para a cota J	2	0,1 a 0,2	0	
9	110	P5	Aparaf. simples		Aperto semi-automático dos chapéus plásticos (x 4)	4	16 Nm +/- 10%		
10	110		Ap. Múltiple(8)		Aperto das massas	8	19 Nm +/- 10%		
11	110		Gravação Aut.		Gravação automática	1			

Instruções de trabalho exemplo (extracto)

OPERAÇÃO STANDARD

Nº da Peça	8314838/9	Nº da Peça	ENCOSTO DA FRENTE 4º Esq. 4º Dir.	Libra	MONTAGEM EF	Posto Trabalho	B10/4 Montagem das molas	Ficha Nº	1/1
No.	Operação	+	⊕	●	TRUÇÃES	Esboços / Fotos / Etc.			
1	- VALIDAÇÃO DE ARRANQUE DE POSTO	- Realizar a validação de arranque de posto de acordo com a FAM-109 (OPERADOR)							
2	- MONTAR SC/ EF NA FERRAMENTA	- Resolver subconjunto (sc) EF da mesa e montar na ferramenta.							
3	- MONTAR 3 MOLAS (Foto 1)	- Colocar molas (1 e 2 - Refº 0098930) na lateral esq. do sc) EF. - Colocar mola (3 - Refº 0078607) na lateral esq. do sc) EF.							
4	- ACCIONAR BOTONEIRAS	+ - Accionar botoneira bi-manual até fixar sc) EF e tensionar a tela.							
5	- MONTAR 3 MOLAS (Foto 2)	- Colocar molas (4 e 5 - Refº 0098930) na lateral dir. do sc) EF - Colocar mola (6 - Refº 0078607) na lateral dir. do sc) EF							
6	- ACCIONAR BOTONEIRAS	+ - Accionar botoneira bi-manual para deslocar a tela para a posição inicial e destrancar sc) EF.							
7	- MONTAR 2 MOLAS (Foto 3)	- Colocar molas (7 e 8 - Refº 0071148) na parte inferior do sc) EF.							
8	- AUTOCONTROLO DAS MOLAS	⊕ - Verificar o correto posicionamento das 10 molas. - Posiciona-las corretamente caso seja necessário.							
9	- TRAÇABILIDADE	● - Colar a etiqueta de rastreabilidade no lado do manipulo (Foto 4). - Evacuar EF para posto de inspeção 100%.							
Elaborado	Revisado	Validado	Operador	Operador	Operador				
Nome:	Nome:	Nome:	Nome:	Nome:	Nome:	O operador deve verificar a qualidade das peças em relação ao fabrico e ao plano. Em caso de dúvida, consultar o supervisor imediato ou o SMT.			

**Etapa 2-ANÁLISE**

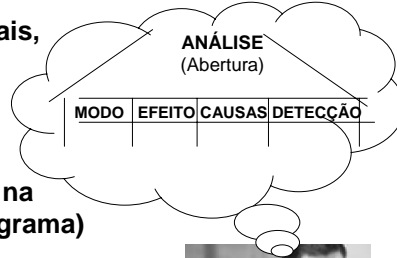
**Pesquisa exaustiva de riscos potenciais, baseada:**

**D-FMEA-no CONHECIMENTO DO FUNCIONAMENTO DO PRODUTO e sistematizado na Análise Funcional e na Análise Funcional Técnica (Bloco-diagrama) no Diagrama P ( Parâmetros)**

**P-FMEA-no CONHECIMENTO DO PROCESSO sistematizado na Gama Operatória, Gama de Controle, Tecnologias de Fabrico e Montagem, Ferramentas, etc**

**Os riscos são expressos em termos de:**

**Modo de Falha----Efeito----Causa----Detecção (P/D)**



Item ou Op. / Função		Requisito ou Critério	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial da Falha	S C I A S E V I A S I F I C A D O	Causa Potencial da Falha	Controlos actuais		D E T E C T A D O	N P R	Accções recomendadas	Accções-Responsabilidades-Resultados					
							Prevenção	Detecção				Resp. Data p/Realiz.	Accções de Facto Realizadas	S I D O C I L	Novo do Fecho da Acção	Data do Fecho da Acção	Resp. Rub.
<p><b>MATRIZ-FMEA (*)</b>  <b>(folha de Análise-Avaliação)</b>                      Fonte: AIAG-Manual FMEA 4ª Edição</p>																	

**(\*) Utilizável em D-FMEA ou P-FMEA ( exemplo em anexo)**



## Etapa 2-Análise

### 2.1-Nivelar informação

**Garantir que todo o Grupo tem o mesmo nível de conhecimento do assunto ( especificações produto, processo, funções, funcionamento), viabilizando a criatividade pela negativa para se listarem potenciais modos de falha ou (quando necessário trazendo especialistas ou mesmo um representante do cliente)**

### 2.2-Identificar as falhas potenciais (os modos de falha)

#### D e P-FMEA

Identificar os potenciais modos de falha ( sempre que possível por critérios quantificados ( se a folga for superior a X mm, pode gerar o modo Y e levar ao efeito Z sobre o cliente n+1 ou sobre o cliente final-utilizador)

#### Os modos potenciais de falha exprimem-se em termos físicos

Corrosão	Toxicidade	Com rebarba
Rotura,	Humidade,	Inclinado
Fissura,	Bloqueamento,	Deformado
Perda de elasticidade,	Folga	Curto-Circuito
Desgaste,	Rugosidade	Furo largo
Fuga,	Sujo (óleo, pó, detritos,..)	Furo apertado
	Riscado	Sem furo

**2.3-Determinar os Efeitos potenciais D e P-FMEA**

Os potenciais modos de falha identificados podem gerar o modo Y e levar ao efeito Z sobre o cliente n+1 ou sobre o cliente final-utilizador)

Cliente muito insatisfeito

O Efeito é a consequência de um modo de falha , TAL COMO É PERCEBIDO PELO CLIENTE:



- Cliente final utilizador ( condutor, ocupantes)
- Linha de Montagem do Construtor (OEM)
- Próxima Operação de fabrico interna
- Próximas operações na cadeia de fornecimento
- Regulamentações

**Efeitos potenciais no cliente(continuação)**

**Exemplos**

**( Cliente final utilizador)**

**( Cliente n+1)**

- ✓ Função intempestiva
- ✓ Função perturbada-inoperativo
- ✓ Função interrompida (perda )
- ✓ Aparência degradada
- ✓ Barulho/Ruído
- ✓ Instabilidade
- ✓ Odor desagradável
- ✓ Revisões antes do previsto
- ✓ Fuga ou derrame
- ✓ Áspero
- ✓ Excessivo
- ✓ Veículo descontrolado
- ✓ Risco de SEGURANÇA

- ✓ Tem de se reparar na linha
- ✓ Atrasa a operação
- ✓ Sucata com paragem da linha
- ✓ Retrabalho ( custos elevados, médios, ligeiros)
- ✓ Não se consegue alinhar
- ✓ Não encaixa
- ✓ Não dá aperto
- ✓ Desgasta a ferramenta
- ✓ Põe em risco o operador

**Segurança do Cliente ou do Operador em risco**

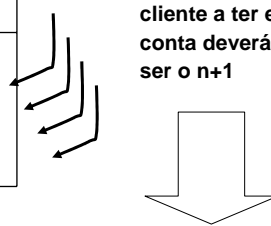
**FMEA**

**(Fase de Análise)**

EFEITO da falha	potencial	Modo potencial
<b>Consequência para o Cliente</b>	Função perturbada	de Falha
Insatisfação do Cliente n+1 ou Cliente Automobilista	Totalmente Parcialmente Intempestiva	Modo como o sistema deixa de funcionar ou funciona mal

**Causas**

Na perspectiva económica-obj de custo-o cliente a ter em conta deverá ser o n+1



GIAGI -Jeremim Martins 35

**FMEA**

**2.4-Determinar os Causas dos potenciais Modos de Falha**

**As causas potenciais de falha devem ser descritas em termos de um acontecimento no processo que, ocorrendo, origine um modo de falha.**

**Esse acontecimento na operação, essa causa, deve poder ser corrigida ou controlada preventivamente para que não ocorra.**

**Raramente um modo tem origem numa única causa, pelo que se devem listar as múltiplas e possíveis causas, normalmente associadas a parâmetros do processo.**

GIAGI -Jeremim Martins 36

## Exemplos de causas típicas em PROJECTO D-FMEA

- ✓ Selecção incorrecta da Matéria-prima
- ✓ Cálculos errados
- ✓ Inadequada protecção contra corrosão
- ✓ Definição incorrecta do binário
- ✓ Folga definida insuficiente ou excessiva
- ✓ Espessura de isolamento mal definida
- ✓ Falta de especificação
- ✓ Cadeia de cotas mal realizada
- ✓ Erro na selecção de rolamentos
- ✓ Projecto do retentor não conforme
- ✓ Refrigerante mal escolhido

## Exemplos de causas típicas em PROCESSO P-FMEA

- ✓ Binário não conforme-excessivo/insuficiente
- ✓ Soldadura não conforme-corrente, tempo, pressão
- ✓ Desgaste da ferramenta
- ✓ Temperatura, Pressão, Tempo, Velocidade,
- ✓ Avanço-excessiva(o)/insuficiente
- ✓ Set-up não conforme
- ✓ Programação/correção/afinação não conforme
- ✓ Posicionamento da ferramenta não conforme
- ✓ Lubrificação não conforme-excessiva/insuficiente

**Exemplos de causas típicas em PROCESSO (continuação)**

- ✓ Tratamento térmico não conforme-  
Temperatura-tempo
- ✓ Aperto não conforme
- ✓ Empeno da ferramenta
- ✓ Sujidade no gabarit/no batente
- ✓ Desgaste de batentes
- ✓ Ferramenta danificada
- ✓ Ferramenta partida

**SÓ ERROS ESPECÍFICOS RELACIONADOS COM PARÂMETROS OU FUNÇÕES ESPECÍFICAS MAL EXECUTADAS ( Ex: funil de moldagem mal posicionado) PODEM SER LISTADOS**

**Expressões ambíguas, ( erro do operador, operação standard não executada, mau funcionamento da máquina, etc, não devem ser utilizadas)**

**Só excepcionalmente ( se os dados históricos o justificarem) se pode considerar uma operação anterior, ou uma matéria-prima, como causa: POR PRINCÍPIO O QUE FOI FEITO ANTES FOI BEM FEITO-PRODUTO BOM E MAT.PRIMA BOA.**

**2.5-Identificar a capacidade de Detecção (Controlos Actuais)**

Exemplos de meios e métodos de controlo para Detectar os Modo de Falha ( Detecção) ou detectar e Prevenir-impedir a ocorrência das Causas que os podem originar (Prevenção).

**D-FMEA**

**Prevenção**

- Cálculo
- Simulações numéricas
- CAD
- Registos de melhores práticas

**Detecção**

- Revisão do projecto
- Testes em protótipos
- POE-Planos de Experiência

**P-FMEA**

**Prevenção**

- Anti-erros ( *Poka Yokes*)
- Manut., preventiva, preditiva
- Manutenção de 1º Nível

**Detecção**

- Controlo estatístico
- Inspecções, simples, múltiplas
- Medições
- Auditorias
- Anti-erros ( *Poka Yokes*)

**Notas complementares sobre a detecção**

**A noção de detecção é mais abrangente que a de controlo.**

**Ex : um controlo a 100% pode ser ineficaz em termos de detecção da causa ( a maior parte das vezes é-o de facto)**

**Deve inscrever-se nas colunas de detecção o PREVISTO (Controlos actuais) e não o “ideal” ou o que se prevê.**

**(Fase de Análise)**

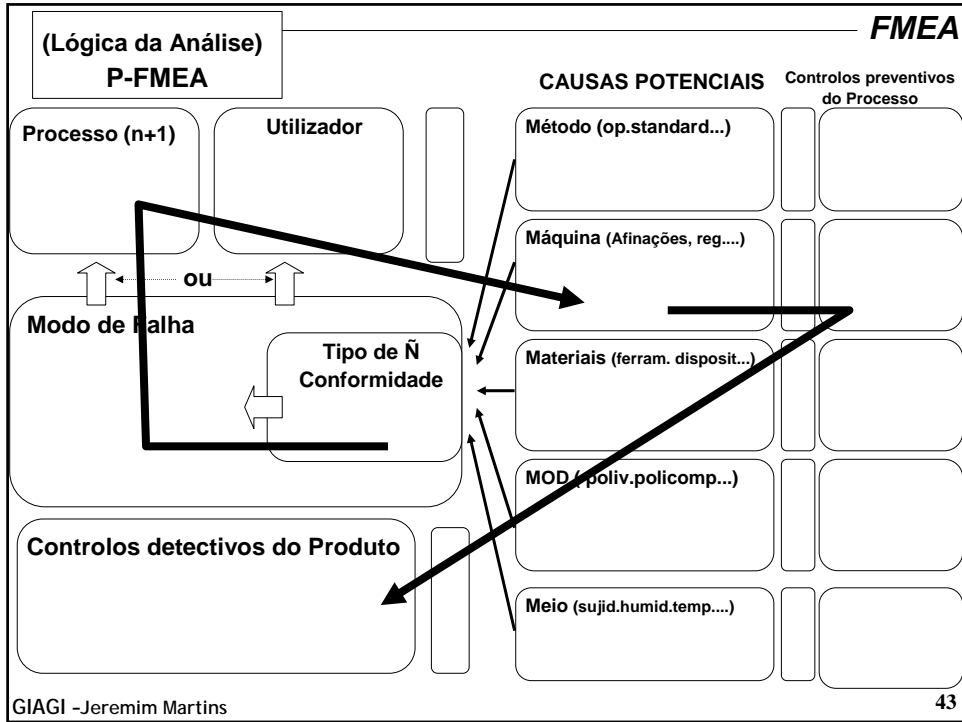
Modo potencial de Falha	Causa potencial de falha	CONTROLOS ACTUAIS
Modo ou maneira como o sistema deixa de funcionar ou funciona mal	Cadeia de causas - ..... - ..... - ..... - .....	O que está previsto para impedir que P- a causa potencial de falha OCORRA D-a causa ou o MODO, NÃO sejam DETECTADO e atinja o cliente n+1 ou o utilizador final

Em D-FMEA Privilegiar as detecções teóricas , em detrimentos das físicas ( protótipos, ensaios, testes, controlo de fabrico, não montabilidade)

**P- Sistema de Controlo preventivo para detectar a Causa**  
**D- Sistema de Controlo para Detecção do Modo de Falha**

*Mas enquanto se analisa ....  
.....não se avalia.*





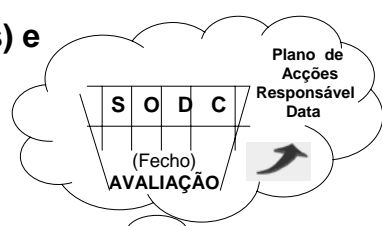
**FMEA**


### Etapa 3-AVALIAÇÃO/QUANTIFICAÇÃO

Permite fazer a triagem das ideias, sob forma quantificada, identificando prioridades ( os mais preocupantes) e realiza-se a partir de Tabelas pré-determinadas (valores convencionados) respeitantes aos seguintes Índices

**S- Severidade ou G-Gravidade**  
**O- Ocorrência ou F-Frequência**  
**D-Detectabilidade ou Não Detecção**

e  $S \times O \times D = NPR, IPR \text{ ou } C$   
**(Índice/Número de Prioridade de Risco ou Criticidade)**





GIAGI -Jeremim Martins 44

### 3.1-Atribuir Índice S-Tabela de Severidade (D-FMEA)

Efeito	Critérios: Severidade do Efeito no Produto (Efeito no Cliente)	Classificação
Falha em Atender a Requisitos de Segurança e/ou Regulatórios	Modo de falha potencial afeta a operação segura do veículo e/ou envolve não-conformidade com regulamentação governamental, sem prévio aviso.	10
	Modo de falha potencial afeta a operação segura do veículo e/ou envolve não-conformidade com regulamentação governamental, com prévio aviso.	9
Perda ou Degradação de Função Primária	Perda de função primária (veículo inoperável, não afeta a operação segura do veículo).	8
	Degradação de função primária (veículo operável, mas com um nível reduzido de desempenho).	7
Perda ou Degradação de Função Secundária	Perda de função secundária (veículo operável, mas as funções de conforto/conveniência estão inoperáveis).	6
	Degradação de função secundária (veículo operável, mas as funções de conforto/conveniência apresentam um nível reduzido de desempenho).	5
Incômodo	Aparência ou Ruído Audível, veículo operável, item não conforme e percebido pela maioria dos clientes (> 75%).	4
	Aparência ou Ruído Audível, veículo operável, item não conforme e percebido por muitos clientes (> 55%).	3
	Aparência ou Ruído Audível, veículo operável, item não conforme e percebido por clientes observadores (< 25%).	2
Nenhum efeito	Nenhum efeito perceptível.	1

Fonte: AIAG FMEA Manual, 4ª ed. (Cópias originais, em anexo)

### 3.1-Atribuir Índice S-Tabela de Severidade (P-FMEA)

Cliente Final (utilizador) ou cliente n+1 (operações subsequentes)

Cliente n+1 (efeito sobre operações seguintes, internas e externas)

Efeito	Critérios: Severidade do Efeito no Produto (Efeito no Cliente)	Classificação	Efeito	Critérios: Severidade do Efeito no Processo (Efeito na Fabricação/Montagem)
Falha em Atender a Requisitos de Segurança e/ou Regulatórios	Modo de falha potencial afeta a operação segura do veículo e/ou envolve não-conformidade com regulamentação governamental, sem prévio aviso.	10	Falha em Atender a Requisitos de Segurança e/ou Regulatórios	Pode trazer perigo ao operador (de máquina ou montagem), sem prévio aviso.
	Modo de falha potencial afeta a operação segura do veículo e/ou envolve não-conformidade com regulamentação governamental, com prévio aviso.	9		Pode trazer perigo ao operador (de máquina ou montagem), com prévio aviso.
Perda ou Degradação da Função Primária	Perda da função primária (veículo inoperável, não afeta a operação segura do veículo).	8	Interrupção Maior	100% dos produtos podem ser refugados. Parada da linha de produção ou parada de embarque (expedição).
	Degradação da função primária (veículo operável, mas com um nível reduzido de desempenho).	7	Interrupção Significativa	Uma parcela do lote de produção pode ser refugada. Desvio do processo primário, incluindo velocidade reduzida da linha de produção e atrescimo de mão de obra.
Perda ou Degradação da Função Secundária	Perda da função secundária (veículo operável, mas as funções de conforto/conveniência estão inoperáveis).	6	Interrupção Moderada	100% do lote de produção pode ser retrabalhado fora da linha e aceita.
	Degradação da função secundária (veículo operável, mas as funções de conforto/conveniência apresentam um nível reduzido de desempenho).	5		Uma parcela do lote de produção pode ser retrabalhada fora da linha e aceita.
Incômodo	Aparência ou Ruído Audível, veículo operável, item não conforme e percebido pela maioria dos clientes (> 75%).	4	Interrupção Moderada	100% do lote de produção pode ser retrabalhado na estação, antes de ser processado.
	Aparência ou Ruído Audível, veículo operável, item não conforme e percebido por muitos clientes (> 55%).	3		Uma parcela do lote de produção pode ser retrabalhada na estação, antes de ser processado.
	Aparência ou Ruído Audível, veículo operável, item não conforme e percebido por clientes observadores (< 25%).	2		Interrupção Menor
Nenhum efeito	Nenhum efeito perceptível.	1	Nenhum efeito	Nenhum efeito perceptível.



**3.2-Atribuir Índice O-Tabela de Ocorrência (D-FMEA)**

Probabilidade de Falha	Crítérios: Ocorrência de Causa - DFMEA (Vida útil do Projeto / confiabilidade do item/veículo)	Crítérios: Ocorrência de Causa - DFMEA (Incidentes por itens/veículos)	Classificação
Muito Alta	Nova tecnologia/novo projeto, sem histórico.	≥ 100 por mil ≥ 1 em 10	10
Alta	A falha é inevitável, com novo projeto/nova aplicação, ou alteração no ciclo de trabalho/condições operacionais.	50 por mil 1 em 20	9
	A falha é provável, com novo projeto/nova aplicação, ou alteração no ciclo de trabalho/condições operacionais.	20 por mil 1 em 50	8
	A falha é incerta, com novo projeto/nova aplicação, ou alteração no ciclo de trabalho/condições operacionais.	10 por mil 1 em 100	7
Moderada	Falhas frequentes associadas a projetos similares, ou em simulação e testes de projeto.	2 por mil 1 em 500	6
	Falhas ocasionais associadas a projetos similares, ou em simulação e testes de projeto.	0,5 por mil 1 em 2.000	5
	Falhas isoladas, associadas a projeto similar, ou em simulação e testes de projeto.	0,1 por mil 1 em 10.000	4
Baixa	Somente falhas isoladas, associadas a projeto praticamente idêntico, ou em simulação e testes de projeto.	0,01 por mil 1 em 100.000	3
	Falhas não observadas, associadas a projeto praticamente idêntico, ou em simulação e testes de projeto.	≤ 0,001 por mil 1 em 1.000.000	2
Muito Baixa	A falha é eliminada por controle preventivo.	A falha é eliminada por controle preventivo	1

Fonte: AIAG FMEA Manual, 4ª ed. (Cópias originais em anexo)

GIAGI -Jeremim Martins

47

**3.2-Atribuir Índice O-Tabela de Ocorrência (P-FMEA)**

Probabilidade de Falha	Crítérios: Ocorrência de Causa - PFMEA (Incidentes por itens/veículos)	Classificação
Muito Alta	≥ 100 por mil	10
	≥ 1 em 10	
Alta	50 por mil 1 em 20	9
	20 por mil 1 em 50	8
	10 por mil 1 em 100	7
	2 por mil 1 em 500	6
Moderada	0,5 por mil 1 em 2.000	5
	0,1 por mil 1 em 10.000	4
	0,01 por mil 1 em 100.000	3
Baixa	≤ 0,001 por mil 1 em 1.000.000	2
	A falha é eliminada através de controle preventivo.	1

Fonte: AIAG FMEA Manual, 4ª ed. (Cópias originais em anexo)

GIAGI -Jeremim Martins

48

### 3.3-Atribuir Índice D-Tabela de Detecção (D-FMEA)

Oportunidade para Detecção	Critérios: Probabilidade de Detecção através do Controle de Projeto	Classificação	Probabilidade de Detecção
Nenhuma oportunidade de detecção.	Nenhum controle de projeto atual. Não se pode detectar, ou não está analisado.	10	Praticamente e Impossível
Improvável detectar em qualquer estágio.	Os controles de análise/detecção de projeto têm uma fraca capacidade de detecção. Análise Virtual (por exemplo, CAE, FEA, etc.) <b>não está correlacionada</b> às condições operacionais reais esperadas.	9	Muito Remota
Após o "Congelamento" do Projeto (momento a partir do qual não se deve mais modificar o projeto) e antes do lançamento	Verificação/validação do produto, após o "Congelamento" do Projeto e antes do lançamento, com ensaios <b>passa/falha</b> (testes de subsistema ou sistema, com critérios de aceitação ou como condução e manuseio, avaliação de transporte etc.).	8	Remota
	Verificação/validação do produto, após o "Congelamento" do Projeto e antes do lançamento, com ensaios <b>para falhar</b> (testes de subsistema ou sistema, até que a falha ocorra, testes de interações de sistema etc.).	7	Muito Baixa
	Verificação/validação do produto, após o "Congelamento" do Projeto e antes do lançamento, com ensaios de <b>degradação</b> (testes de subsistema ou sistema após teste de durabilidade, por exemplo, verificação de função).	6	Baixa
Antes do "Congelamento" do Projeto	Validação do produto (ensaio de confiabilidade, testes de desenvolvimento ou validação), antes do "Congelamento" do Projeto, usando ensaios <b>passa/falha</b> (por exemplo, critérios de aceitação para despenho, verificações de função etc.).	5	Moderada
	Validação do produto (ensaio de confiabilidade, testes de desenvolvimento ou validação), antes do "Congelamento" do Projeto, usando <b>teste para falhar</b> (por exemplo, até vaziar, esdier, rachar etc.).	4	Moderadamente Alta
	Validação do produto (ensaio de confiabilidade, testes de desenvolvimento ou validação), antes do "Congelamento" do Projeto, usando <b>ensaios de degradação</b> (por exemplo, tendências de dados valores antes/depois etc.).	3	Alta
Análise Virtual - Correlacionada	Os controles de análise/detecção de projeto têm uma forte capacidade de detecção. Análise Virtual (por exemplo, CAE, FEA, etc.) <b>está altamente correlacionada</b> às condições operacionais reais esperadas antes do "Congelamento" do Projeto.	2	Muito Alta
Detecção não aplicável. Prevenção de Falha.	A causa de falha ou modo de falha não pode ocorrer porque foi totalmente prevenido através de soluções de projeto (por exemplo, padrão de projeto comprovado, melhor prática, ou material comum, etc.).	1	Praticamente Certa

Fonte: AIAG FMEA Manual, 4ª ed. (Cópias originais, em anexo)

GIAGI -Jeremim Martins

49

### 3.3-Atribuir Índice D-Tabela de Detecção (P-FMEA)

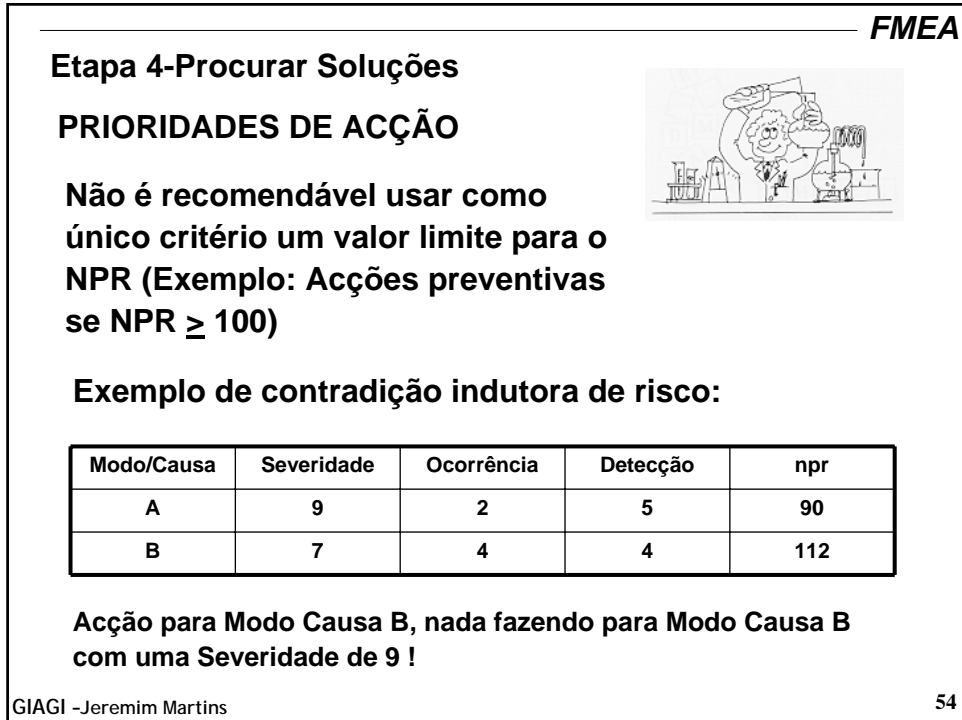
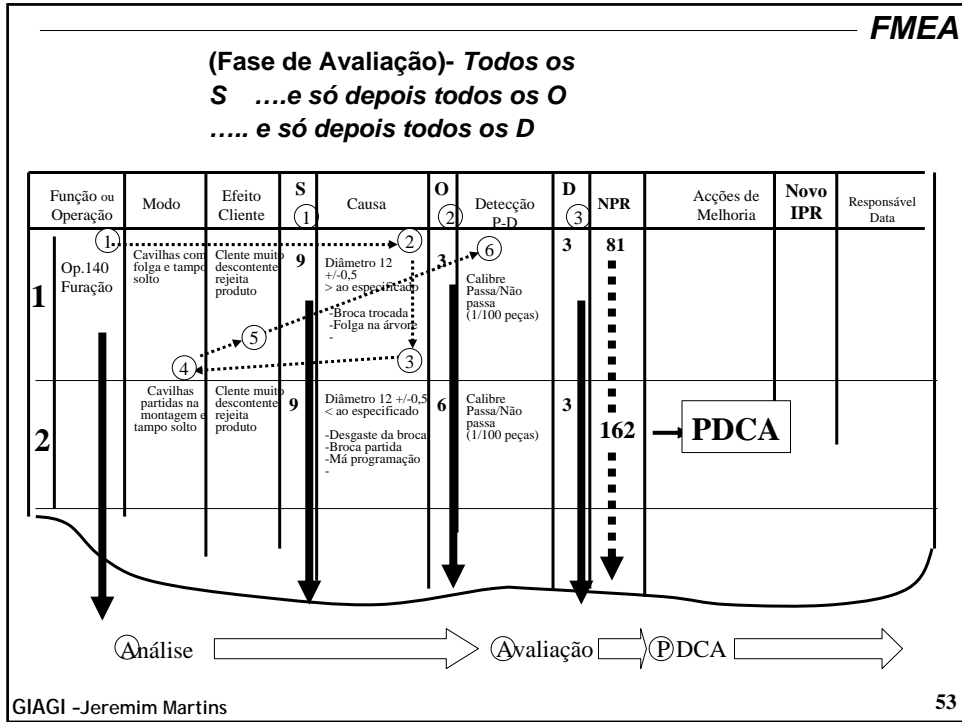
Oportunidade para Detecção	Critérios: Probabilidade de Detecção por Controle de Processo	Classificação	Probabilidade de Detecção
Nenhuma oportunidade de detecção.	Nenhum controle de processo. Não se pode detectar, ou não está analisado.	10	Praticamente Impossível
Improvável detectar em qualquer estágio.	Modo de falha e/ou Erro (Causa) não é facilmente detectável (por exemplo, auditorias aleatórias).	9	Muito Remota
Detecção do Problema Pós-Processamento	Detecção do modo de falha pós-processamento, pelo operador, através de meios visuais/táteis/auditivos.	8	Remota
Detecção do Problema na Origem	Detecção do modo de falha, na estação, pelo operador, através de meios visuais/táteis/auditivos, ou pós-processamento, através do uso de medição por atributo (passa/não-passa, verificação de torque manualmente/por chave de estalo etc.).	7	Muito Baixa
Detecção do Problema Pós-Processamento	Detecção do modo de falha, pós-processamento, pelo operador, através do uso de medição por variável, ou na estação, pelo operador, através do uso de medição por atributo (passa/não-passa, verificação de torque manualmente/por chave de estalo etc.).	6	Baixa
Detecção do Problema na Origem	Detecção do modo de falha ou Erro (Causa) na estação, pelo operador, através do uso de medição por variável, ou por controles automáticos na estação, que detectarão peças discrepantes e notificarão o operador (luz, campanha etc.). Medição realizada no setup e verificação da primeira peça (somente para causas de setup).	5	Moderada
Detecção do Problema Pós-Processamento	Detecção do modo de falha pós-processamento, por controles automáticos, que detectarão peças discrepantes e travarão a peça, para impedir processamento subsequente.	4	Moderadamente Alta
Detecção do Problema na Origem	Detecção do modo de falha na estação, por controles automáticos, que detectarão peças discrepantes e automaticamente travarão a peça na estação, para impedir processamento subsequente.	3	Alta
Detecção do Erro e/ou Prevenção do Problema	Detecção de Erro (Causa), na estação, por controles automáticos, que detectarão o erro e impedirão que a peça discrepante seja produzida.	2	Muito Alta
Detecção não aplicável. Prevenção do Erro.	Prevenção de Erro (Causa) como resultado do projeto de dispositivo de fixação, projeto da máquina, ou projeto da peça. Peças discrepantes não podem ser produzidas porque o item foi tornado à prova de erro, pelo projeto do processo/produto.	1	Praticamente Certa

Fonte: AIAG FMEA Manual, 4ª ed. (Cópias originais, em anexo)

GIAGI -Jeremim Martins

50





**FMEA**

### PRIORIDADES DE ACÇÃO

A prioridade de acção não deve depender unicamente do valor do IPR

**15 diferentes situações com NPR=360**

Alternativa	Alternativa	Severidade do Problema	Probabilidade de Ocorrência	Probabilidade de Detecção	
<b>SD</b>	<b>SO= SxO</b>				
104	90	1 Perigosa	10 Alta	9 Moderada	4
106	60	2 Perigosa	10 Moderada	6 Baixa	6
109	40	3 Perigosa	10 Moderada	4 Muito Remota	9
94	90	4 Perigosa	9 Muito Alta	10 Moderadamente Alta	4
95	72	5 Perigosa	9 Alta	8 Moderada	5
98	45	6 Perigosa	9 Moderada	5 Remota	8
910	72	7 Perigosa	9 Moderada	4 Impossível	10
85	72	8 Alta	8 Alta	9 Moderada	5
89	40	9 Alta	8 Moderada	5 Muito Remota	9
66	60	10 Moderada	6 Muito Alta	10 baixa	6
610	36	11 Moderada	6 Moderada	6 Impossível	10
58	45	12 Moderada	5 Alta	9 Remota	8
59	40	13 Moderada	5 Alta	8 Muito Remota	9
49	40	14 Moderada	4 Muito Alta	10 Muito Remota	9
40	36	15 Moderada	4 Alta	9 Impossível	10


GIAGI -Jeremim Martins Fonte: Manual FMEA 4ª Ed. da AIAG **55**

**FMEA**

### Etapa 4-Procurar Soluções

### PRIORIDADES DE ACÇÃO

Recomendável usar critérios mistos conjugados tendo em conta os valores de S, SxO, ou outras combinações

<b>Renault</b>	<p>=10 se S=10 (segurança)</p> <p>≥ 50 se S=9 ou 8</p> <p>≥ 100 se G=S=7 ou inferior</p>	
<b>GM</b>	<p>≥ 40 (SxO)</p>	
<b>Jonhson Control</b>	<p>se S=8,9 ou 10</p> <p>≥ 70 (SxOxD)</p>	
<b>Faurecia</b>	<p>≥ 36</p>	

GIAGI -Jeremim Martins **56**



## Etapa 5-Seguimento

### 5.1-Analisar e avaliar as soluções propostas e a sua eficácia.

O objectivo é refletir sobre a capacidade-eficácia potencial de cada acção- para reduzir a Severidade (S ↓), a Ocorrência (O ↓) e aumentar a Detecção (D ↓). Mas a Gravidade só se consegue com alterações do Projecto-Produto, pelo que em termos de PFMEA as acções devem incidir **PRIORITARIAMENTE NA OCORRÊNCIA (PREVENÇÃO)** eliminando causas e secundariamente investindo na **DETECÇÃO** ( inspeccionando )

As acções correctivas pretendem minimizar o **RISCO DE FALHA DO PRODUTO**, e posto que se assume que o **PRODUTO ESTÁ BEM CONCEBIDO**, num PFMEA o objectivo é portanto atingir um determinado objectivo para  $O \times D = < X$

### 5.1-Analisar e avaliar as soluções propostas e a sua eficácia. (continuação)

Estas Acções ( SOLUÇÕES) devem portanto contemplar:

1º Prevenção -Sistemas de monitorização de falhas ( Poka-yokes, Manut. 1º Nível, formação, etc )

- Eventuais mudanças de processo/tecnologia

2º Detecção

- Reforço da inspecção ( aumento da frequência de controlo-dupla inspecção-muro da qualidade, etc)

Para cada acção deve definir-se:

-uma determinada amostra representativa

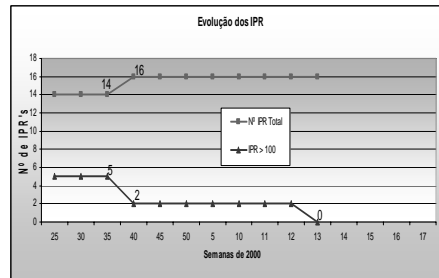
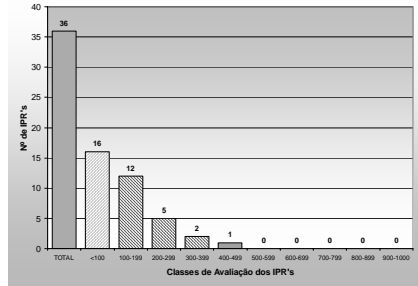
-um tempo de execução ( DATA) a inscrever na Folha de Análise-Avaliação,

-o piloto-responsável pela implementação.

O progresso das acções deve ser criteriosamente **MONITORIZADO** (actualização do Pareto de Falhas )

### 5.2-Registar na Folha de Análise S213 e no Pareto de Falhas Potenciais, a evolução dos IPR=NPR=C

A primeira avaliação dos IPR=NPR=C é registada sob a forma de gráfico(s) de Pareto, consoante as exigências específicas ( limites mínimos dos índices) definidos pelo cliente.



### Exemplo de Folha de Seguimento da evolução dos NPR na General Motors

PFMEA RPN REDUCTION SUMMARY - Part Number: Supplier Name										
OPERATION SUMMARY					MONTHLY COMPARISONS OF OPERATION TOTALS					
OPERATION NUMBER	COMBINED RPN	TOTAL NUMBER OF CAUSES	0	HIGHEST INDIVIDUAL RPN	OPERATION NUMBER	BASELINE	Month Year RPN	Month Year RPN	Month Year RPN	
1	5	4	5	120	1	4	10	3	0	
Risk Priority	6	10	4	30	Total combined RPN from original PFMEA found in Baseline column.					
Numbers found on PFMEA add all RPN for each operation.	12	24	10	200	10	10	4	1	Total combined RPN for specified months. Allows for improvement tracking.	
6	4			25	Total combined RPN for specified months. Allows for improvement tracking.					
9					Total combined RPN for specified months. Allows for improvement tracking.					
0					Total combined RPN for specified months. Allows for improvement tracking.					
TOTAL	29	42	22	200	TOTAL	42	40	21	7	

RPN Reduction Plan				
Opac. / STA. #	RPN Value	Function & Failure Mode	Recommendation	Responsibility
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Total Number of Causes Range Summary			
Month	Year	100-150	50-100
Month	Year		
Month	Year		
Month	Year		
Month	Year		



**Custo de obtenção da qualidade**

Para um nível de qualidade previsual idêntica

(NPR = 70). Qual a melhor solução ?

Será A ou antes a B ?

Solução A :

- Fabricação do produto com um risco de 30% de não conformes.
- Detecção eficaz a 100%

Solução B :

- Fabricação do produto eficaz a 100%.
- Detecção não prevista

**SOLUÇÃO**

	S	O	D	NPR
A	7	10	1	70
B	7	1	10	70
C	1	1	1	1

Para uma qualidade equivalente, só com um estudo económico que tenha em conta os custos de investimento e ao longo de todo o ciclo de vida ( e de portanto de produção) do produto, se poderá decidir com rigor ( escolher a melhor solução).

Solução C : Não será demasiado robusta ? Porquê prever uma detecção eficaz a 100% para uma falha tão pouco provável ?

**Etapa 6-Aplicar**

**6.1-Aplicar as soluções propostas**

**Objectivo**

Pôr a funcionar as soluções definidas

**Aposta**

Na redução no número de alterações de última hora

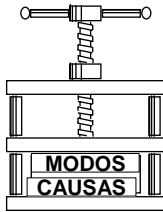
Na redução o número de não conformes na produção “Scraps”-

Na redução dos ppm e dos retornos do cliente

**O Responsável pelo processo em análise ( Engenharia, Métodos,) , deve desde o início apoiar os esforços de implementação das acções**

**DESDE A 1ª PEÇA**

**Registo da Evolução dos NPR=IPR=Cna Folha de Análise e Avaliação**



Fábrica XXX Analyse des Modes de Defaillance de leurs Effets et de leur Criticité - A.M.D.E.C.												
Orgão: Orgão CIB		AMDEC: Produto 777377		Analystes: D-F-G-H		Dates des Analyses: Semaines de l'an						
Pice: Produto 777377						07	08	09	10	11	12	13
Nº	FONCTION ET OU PROCESSUS (Operação)	DEFAILLANCE			DETECTION	C	E	D	IPR	Reevaluation	Newest IPR	EVOLUTION ACTION
		EFFET	MODE	CAUSE								
1	Emparelhamento das árvores montadas  Ponto manual (fora da mesa de montagem)	a-Falha com dignificação significativa de potencial de falha e alguns documentamentos do cliente	Mal posicionamento das	Emparelhamento das árvores montadas	Deteção visual aleatória	6	7	7	336			1 Realizar Poka-Yoke para impedir o mau posicionamento das árvores no emparelhamento
				Posicionamento não conforme		6	5	5	150	1º	150	
				Tritamento não conforme		6	2	3	36	2º	36	
				Árvore trocada								
2	Ponto manual (mesa rotativa de montagem)	b-Falha com sintomas entre da ocorrência e aviso, com grande documentamento do cliente e/ou outros efeitos de reparação	Bruxas azuis com montagem frouxa, deslocamento das árvores e detonação do motor	Posicionamento da casete e fricção	aleatória	8	3	4	96			
				Aplicado na base de apoio								
				Caixa de centragem partidas								
				Desgaste das guias de centragem								
3	Ponto manual (mesa rotativa de montagem)  Cota de posição guias de centragem da casete	a-Falha com dignificação significativa de potencial de falha e alguns documentamentos do cliente	Mal alinhamento do guia de controle com a caixa, com ruído excessivo e perturbação do funcionamento	$6 \pm 0,21$	Controle Frequencial	6	6	6	180			1 - Sensibilização e formação dos operadores 2 - Rotação dos operadores no posto 3 Limpeza do posto na Ficha Manut. 1º 4 Poka-Yoke de deteção da presença 5 Controle 150
				utilizado na caixa das guias	1/100	6	4	6	144	1º	120	
				verificação necessária		6	4	5	120	2º	120	
				Ferramenta manual não conforme		6	2	3	36	3º	36	
				Dispositivo não conforme								

**Etapa 7-Verificar**

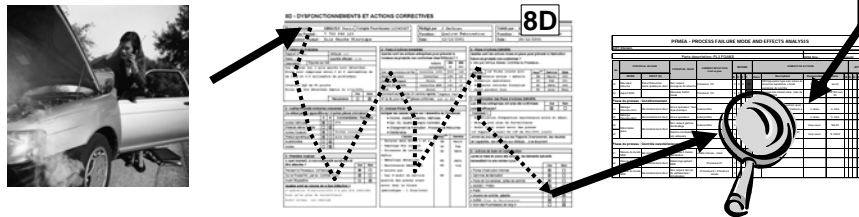
**7.1-Verificar a Eficácia das soluções**

Na prossecução do PFMEA, o responsável pelo processo e o piloto-animador, devem :

- Diagnosticar a conformidade do estudo com o procedimento
- Auditar os processos para se assegurarem da consistência das acções empreendidas.
- Comparar as Falhas Potenciais com as Falhas Reais, com particular rigor no que respeita à sua efectiva Ocorrência

**ACTUALIZAR OS D e P-FMEA AO LONGO DO CICLO DE VIDA**

**O FMEA é uma “ferramenta” de prevenção , análise e avaliação do risco, prévia ao arranque da produção industrial, mas que deve ser actualizado/corrigido, quando posteriormente ocorram problemas/não conformidades: rever análise de causas e ( actualizar O) confirmando-se os efeitos reais ( actualizar S) e à efectiva capacidade de detecção (actualizar D).**

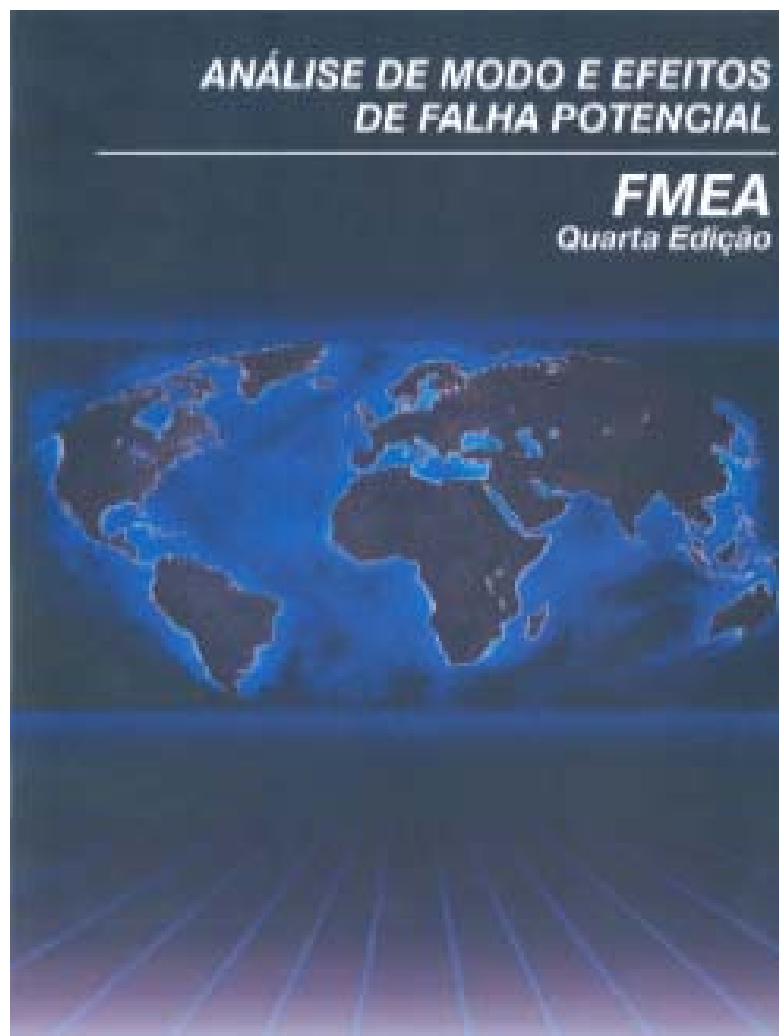


**O FMEA tem de ser uma ferramenta dinâmica: a sua regular actualização, designadamente aquando de ocorrências/problemas ( Ex:os registados em 8D) ou de alterações aos produto/processo é determinante para projectos futuros e para o progresso da empresa**

**GERIR  
Prevenindo,  
Analisando,  
Avaliando  
RISCOS  
E  
AGINDO!**



**Cópias de trabalho de documentos  
do Manual FMEA-4ª Edição  
respeitantes a principais  
alterações/actualizações, para uso  
exclusivo pelos formandos do  
presente curso.**



(\*) Esta imagem é propriedade exclusiva da AIAG-Automotive Industry Action Groupe e é aqui utilizada para fins meramente informativos

## Responsabilidade pela direção



A direção é a dona do processo de FMEA. A direção tem a responsabilidade final de selecionar e aplicar os recursos e garantir um processo eficaz de gestão de riscos, incluindo a programação temporal.

A responsabilidade pela direção também inclui o suporte direto à equipe, através de revisões durante o curso do processo, eliminando barreiras, e incorporando as lições aprendidas.

Company:  
Customer name: Jeremim Martins  
Order Number: 432450  
This electronic document is copyright protected by AIAG..

## Capítulo IV

### PFMEA Análise de Modo e Efeitos de Falha de Processo

Company Name: Jeremim Martins  
Customer Number: 432450  
This electronic document is copyright protected by AIAG.

**ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA DE PROCESSO)**

Item \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
 Número FMEA \_\_\_\_\_  
 Página \_\_\_\_\_  
 Elaborado por: \_\_\_\_\_  
 Data FMEA (Original) \_\_\_\_\_

Responsabilidade pelo Processo \_\_\_\_\_  
 Data-chave \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
 Número FMEA \_\_\_\_\_  
 Página \_\_\_\_\_  
 Elaborado por: \_\_\_\_\_  
 Data FMEA (Original) \_\_\_\_\_

Item \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
 Número FMEA \_\_\_\_\_  
 Página \_\_\_\_\_  
 Elaborado por: \_\_\_\_\_  
 Data FMEA (Original) \_\_\_\_\_

Etapa do Processo	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(ais) de Falha	Severidade	Classificação	Causa(s) Potencial(ais) de Falha	Processo Atual			NPR	Ação Recomendada	Responsabilidade e Data de Conclusão Pretendida	Resultados de Ações				
							Controles Prevenção	Controles Detecção	Controles Detecção				Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR	
Op 70: Aplicação manual de cera, painel interno da porta	Cobrir superfícies internas inferiores do painel de cera, na espessura especificada	Cobertura insuficiente de cera sobre a superfície especificada	Permite quebra de integridade do painel interno da porta. Painéis internos inferiores da porta corrompidos. Vida deteiorada da porta, conazimada a	7		Cabeçote de spray inserido manualmente, não sendo o suficiente.	8	Nenhum	Verificação de variação da espessura de filme	5	280	Engenharia de Fabricação por 0X 10 15	7	2	5	70	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação inadequada, devido à distância através da pintura, ao longo do tempo.</li> <li>• Função prejudicada dos mecanismos internos da porta.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cabeçote de spray inserido manualmente</li> <li>- Viscosidade muito alta</li> <li>- Temperatura muito baixa</li> <li>- Pressão muito baixa</li> </ul>	5	Toda o spray aplicado após períodos ociosos e Programas de manutenção preventiva, para limpar os cabeçotes	Verificação de variação da espessura de filme	5	175	Engenharia de Fabricação por 0X 10 01	7	1	5	35	
						Cabeçote de spray deformado, devido a impacto.	2	Programas de manutenção preventiva, para manter os cabeçotes	Verificação de variação da espessura de filme	5	70	Nenhum					
						Tempo de spray suficiente	5	Nenhum	Instrução ao Operador: Amostragem de (ceras) de variação da cobertura de áreas críticas	7	245	Manutenção XXXXXX	7	1	7	49	
a1	a2	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q

Tabela IV.1 Amostra de Formulário PFMEA, com Elementos Mínimos de Informação e Exemplos de Entradas

### Modo de falha potencial (b)

Modo de falha potencial é definido como a maneira pela qual o processo poderia potencialmente falhar em atender aos requisitos do processo (incluindo o objetivo do projeto).

Ao elaborar o FMEA, assumir que as peça(s)/material(ais) recebidos estejam corretos. Exceções podem ser feitas pela equipe de FMEA, onde os dados históricos indiquem deficiências na qualidade das peças recebidas. A equipe deveria também assumir que o projeto básico do produto esteja correto; contudo, se existirem aspectos do projeto que resultem em preocupações do processo, tais preocupações deveriam ser comunicadas à equipe de projeto, para solução.

Listar os modos de falha potencial para a operação particular, em termos de requisito(s) de processo (por exemplo, como documentado no fluxograma do processo). Assumir que a falha poderia ocorrer, mas pode não ocorrer necessariamente. Modos de falha potencial deveriam ser descritos em termos técnicos, não como um sintoma perceptível pelo cliente. Ver exemplo, na tabela abaixo.

Etapa/Função do Processo	Requisito	Modo de falha potencial
Operação 20:  Fixar almofada (estofamento) do assento à estrutura guia, usando uma pistola de torque.	Quatro parafusos	Menos do que quatro parafusos
	Parafusos especificados	Usado o parafuso errado (diâmetro maior)
	Seqüência de montagem: Primeiro parafuso no furo frontal à direita	Parafuso colocado em qualquer outro furo
	Parafusos totalmente assentados	Parafuso não totalmente assentado
	Parafusos apertados conforme especificação de torque dinâmico	Parafuso apertado com torque muito alto. Parafuso apertado com torque muito baixo.

**Tabela IV.2 Exemplo de Colunas de Etapa/Função/Requisitos do Processo no Formulário PFMEA, incluindo Modos de Falha Potencial**

Se os requisitos forem bem definidos, então o modo de falha potencial é prontamente identificável, pela determinação da condição em que um requisito específico não seja atendido. Cada requisito pode ter múltiplos modos de falha. Um grande número de modos de falha identificados para um único requisito, usualmente indica que o requisito não está bem definido.

É assumida a hipótese de que a falha poderia ocorrer, mas pode não ocorrer necessariamente – conseqüentemente, o uso da palavra "potencial".



A verificação da completicidade dos modos de falha potencial pode ser efetuada através da revisão de "coisas que correram mal" no passado, preocupações, relatórios de rejeitos ou refugos, e *brainstorming* de grupo. Fontes para isto deveriam incluir uma comparação com processos similares e uma análise crítica de reclamações do cliente (Usuário Final e operação subsequente) relativas a componentes similares.

### **Efeito(s) Potencial(ais) de Falha (c)**

Efeitos potenciais de falha são definidos como os efeitos do modo de falha sobre a função, como percebidos pelo(s) cliente(s).

Os efeitos da falha deveriam ser descritos em termos de aquilo que o cliente poderia notar ou experimentar, lembrando que o cliente pode ser um cliente interno, assim como o Usuário Final. O(s) cliente(s), neste contexto, pode(m) ser a próxima operação, operações ou localidades subsequentes, o revendedor e/ou o proprietário do veículo. Cada um deveria ser considerado, quando avaliando o efeito potencial de uma falha. Os efeitos sobre o produto, no PFMEA, deveriam ser consistentes com aqueles do correspondente DFMEA.

Se o modo de falha puder impactar a segurança, ou causar não-conformidade com as regulamentações, isto deveria ser claramente identificado no PFMEA.

Para o Usuário Final, os efeitos deveriam ser estabelecidos em termos de desempenho de produto ou sistema. Se o cliente for a próxima operação, ou operações/localidades subsequentes, os efeitos deveriam ser estabelecidos em termos de desempenho de processo/operação. Ver Tabela IV.3 Exemplos de Efeitos.

Para determinar os Efeito(s) Potencial(ais), as seguintes perguntas deveriam ser formuladas:

#### **1. O Modo de Falha Potencial impede fisicamente o processamento subsequente, ou causa dano potencial aos equipamentos ou operadores?**

Isto inclui uma impossibilidade de montar ou juntar a um componente correspondente, em qualquer instalação subsequente do cliente. Em caso positivo, avaliar o impacto na fabricação. Não é requerida análise adicional. Em caso negativo, ir para a questão 2. Exemplos poderiam incluir:

- Incapaz de montar, na operação x.
- Incapaz de fixar (juntar). na instalação do cliente.
- Incapaz de conectar, na instalação do cliente.
- Não pode furar, na operação x.
- Causa excessivo desgaste de ferramenta, na operação x.
- Danifica o equipamento, na operação x.
- Causa risco ao operador, na instalação do cliente.

Nota: A localidade, estação ou operação na qual o efeito ocorre deveria ser identificada. Se em uma instalação do cliente, isto deveria ser declarado.

## 2. Qual é o impacto potencial no Usuário Final?

Independente de quaisquer controles planejados ou implementados, incluindo verificação à prova de erros ou enganos, considerar o que o Usuário Final perceberia ou experimentaria. Esta informação pode estar disponível no DFMEA. Estando isto determinado, ir para a questão 3. Exemplos poderiam incluir:

- Ruído
- Alto esforço
- Odor desagradável
- Operação Intermitente
- Vazamento de água
- Marcha lenta instável
- Incapacidade de ajustar
- Dificuldade para controlar
- Má aparência

## 3. O que ocorreria se um efeito fosse detectado antes de atingir o Usuário Final?

O efeito potencial nas localidades atuais ou receptoras precisa também ser considerado. Exemplos poderiam incluir:

- Parada da linha de produção.
- Parada de embarques (expedição).
- Retenção no pátio.
- 100% de produção refugados.
- Diminuição da velocidade da linha de produção.
- Adição de mão de obra, para manter a velocidade de produção requerida.

Nota: Se mais de um efeito potencial forem identificados quando considerando as questões 2 e 3, todos deveriam ser listados, mas, para os fins da análise, considerar somente o pior caso, quando documentando a resultante classificação de Severidade.

### Exemplos de Efeitos

Requisito	Modo de falha	Efeito
Quatro parafusos	Menos do que quatro parafusos	<i>Usuário Final:</i> Almofada do assento solta e ruído. <i>Fabricação e Montagem:</i> Parar embarques (expedição) e exame e reprocessamento adicionais, devido à peça afetada.
Parafusos especificados	Usado o parafuso errado (diâmetro maior)	<i>Fabricação e Montagem:</i> Incapaz de instalar o parafuso, na estação.
Seqüência de montagem: Primeiro parafuso no furo frontal à direita	Parafuso colocado em qualquer outro furo	<i>Fabricação e Montagem:</i> Dificuldade para instalar os parafusos restantes, na estação.
Parafusos totalmente assentados	Parafuso não totalmente assentado	<i>Usuário Final:</i> Almofada do assento solta e ruído. <i>Fabricação e Montagem:</i> Seleção e retrabalho, devido à peça afetada.
Parafusos apertados conforme especificação de torque dinâmico	Parafuso apertado com torque muito alto.	<i>Usuário Final:</i> Almofada do assento solta, devido a fratura subsequente, e ruído. <i>Fabricação e Montagem:</i> Seleção e retrabalho, devido à peça afetada.
	Parafuso apertado com torque muito baixo.	<i>Usuário Final:</i> Almofada do assento solta, devido a afrouxamento gradual do parafuso, e ruído. <i>Fabricação e Montagem:</i> Seleção e retrabalho, devido à parte afetada.

Tabela IV.3 Exemplos de Efeitos

### **Severidade (S) (d)**

Severidade é o valor associado ao efeito mais grave, para um dado modo de falha. Severidade é uma classificação relativa, dentro do escopo do FMEA individual.

#### **Critérios de Avaliação Sugeridos**

A equipe deveria concordar quanto aos critérios de avaliação e ao sistema de classificação, e aplicá-los consistentemente, mesmo se modificados para análises de processos individuais. (Ver a Tabela Cr1, para diretrizes de critérios.)

Não é recomendado modificar os valores 9 e 10, dos critérios de classificação. Modos de falha com uma classificação de 1 não deveriam ser mais analisados.

Company:  
Customer name: Jeremim Martins  
Order Number: 432450  
This electronic document is copyright protected by AAC

Critérios: Severidade do Efeito no Produto (Efeito no Cliente)		Classificação	Efeito	Critérios: Severidade do Efeito no Processo (Efeito na Fabricação/Montagem)	
Efeito	Severidade do Efeito no Produto (Efeito no Cliente)			Efeito	Severidade do Efeito no Processo (Efeito na Fabricação/Montagem)
Falha em Atender a Requisitos de Segurança e/ou Regulatórios	Modo de falha potencial afeta a operação segura do veículo e/ou envolve não-conformidade com regulamentação governamental, sem prévio aviso.	10	Falha em Atender a Requisitos de Segurança e/ou Regulatórios	Pode trazer perigo ao operador (de máquina ou montagem), sem prévio aviso.	
	Modo de falha potencial afeta a operação segura do veículo e/ou envolve não-conformidade com regulamentação governamental, com prévio aviso.	9		Pode trazer perigo ao operador (de máquina ou montagem), com prévio aviso.	
Perda ou Degradação da Função Primária	Perda da função primária (veículo inoperável, não afeta a operação segura do veículo).	8	Interrupção Maior	100% dos produtos podem ser refugados. Parada da linha de produção ou parada de embarque (expedição).	
	Degradação da função primária (veículo operável, mas com um nível reduzido de desempenho).	7	Interrupção Significante	Uma parcela do lote de produção pode ser refugada. Desvio do processo primário, incluindo velocidade reduzida da linha de produção e acréscimo de mão de obra.	
Perda ou Degradação da Função Secundária	Perda da função secundária (veículo operável, mas as funções de conforto/conveniência estão inoperáveis).	6	Interrupção Moderada	100% do lote de produção pode ser retrabalhado fora da linha e aceito.	
	Degradação da função secundária (veículo operável, mas as funções de conforto/conveniência apresentam um nível reduzido de desempenho).	5		Uma parcela do lote de produção pode ser retrabalhada fora da linha e aceita	
Incômodo	Aparência ou Ruído Audível, veículo operável, item não conforme e percebido pela maioria dos clientes (> 75%).	4	Interrupção Moderada	100% do lote de produção pode ser retrabalhado na estação, antes de ser processado.	
	Aparência ou Ruído Audível, veículo operável, item não conforme e percebido por muitos clientes (> 55%).	3		Uma parcela do lote de produção pode ser retrabalhada na estação, antes de ser processado.	
Nenhum efeito	Aparência ou Ruído Audível, veículo operável, item não conforme e percebido por clientes observadores (< 25%).	2	Interrupção Menor	Ligeira inconveniência para o processo, operação ou operador.	
	Nenhum efeito perceptível.	1	Nenhum efeito	Nenhum efeito perceptível.	

Tabela Cr1 Critérios Sugeridos de Avaliação de Severidade PFMEA

### Classificação (e)

Esta coluna deveria ser usada para destacar os modos de falha de alta-prioridade ou causas que possam requerer avaliação adicional de engenharia.

Esta coluna pode também ser usada para classificar quaisquer características especiais de produto ou de processo (por exemplo, crítica, chave, maior, significante) para componentes, subsistemas, ou sistemas que possam requerer controles de processo adicionais.

Requisitos específicos do cliente podem identificar símbolos para características especiais de produto ou processo, e sua utilização.

Onde uma característica especial for identificada com uma severidade de 9 ou 10, no PFMEA, o engenheiro responsável pelo projeto deveria ser notificado, uma vez que isto pode afetar os documentos de engenharia.

### Causa(s) Potencial(ais) de Modo de Falha (f)

Causa potencial de falha é definida como uma indicação de como a falha poderia ocorrer, e é descrita em termos de algo que possa ser corrigido ou possa ser controlado. Causa potencial de falha pode ser uma indicação de uma fragilidade de projeto ou de processo, cuja consequência é o modo de falha.

Na medida do possível, identificar e documentar todas as causas potenciais, para cada modo de falha. As causas deveriam ser detalhadas tão concisamente e completamente quanto possível. Separando-se as causas, resultará uma análise focalizada para cada causa e poderá gerar diferentes mensurações, controles e planos de ação. Podem existir uma ou mais causas que possam resultar no modo de falha sendo analisado. Isto resulta em múltiplas linhas para cada causa, na tabela ou formulário.<sup>10</sup>

Ao elaborar o PFMEA, a equipe deveria assumir que as peça(s)/material(ais) recebido(s) esteja(m) correto(s). Podem-se fazer exceções, a critério da equipe, onde os dados históricos indiquem deficiências na qualidade "de entrada" (recebida).

Somente erros ou defeitos específicos (por exemplo, retentor não instalado, ou retentor instalado invertido) deveriam ser listados. Frases ambíguas (por exemplo, erro de operador, ou retentor mal instalado etc.) não deveriam ser usadas. Ver Tabela IV.4 Exemplos de Causas e Controles.

<sup>10</sup> Na elaboração do PFMEA, a equipe deve garantir que quaisquer limitações do projeto, que possam resultar em uma potencial falha de processo, sejam comunicadas à função de projeto.

## Ocorrência (O) (g)

Ocorrência é a probabilidade de que uma determinada causa de falha ocorrerá. O número de classificação da probabilidade de ocorrência tem um significado relativo, em vez de um valor absoluto. (Ver Tabela Cr2).

Estimar a probabilidade de ocorrência de uma potencial causa de falha, sobre uma escala de 1 a 10. Deveria ser usado um sistema consistente de classificação de ocorrências, para assegurar continuidade. O número de classificação da ocorrência é uma classificação relativa, dentro do escopo do FMEA e não deveria refletir a real probabilidade de ocorrência.

"Incidentes por itens/veículos" é usado para indicar o número de falhas que são antecipadas durante a execução do processo. Se estiverem disponíveis dados estatísticos de um processo similar, tais dados deveriam ser usados para determinar a classificação de ocorrência. Em outros casos, pode ser feita uma avaliação subjetiva, pelo uso de descrição textual na coluna à esquerda da tabela, juntamente com a entrada da adequada fonte de conhecimento de processo, para estimar a classificação.

### **Cr1** Critérios de Avaliação Sugeridos

A equipe deveria concordar quanto aos critérios de avaliação e ao sistema de classificação, e aplicá-los consistentemente, mesmo se modificados para análises de processos individuais. A Ocorrência deveria ser estimada usando-se uma escala de 1 a 10, tendo a Tabela Cr2 como uma diretriz.

Company:  
Customer name: Jeremias Martins  
Order Number: 432450

This electronic document is controlled by FMEAs

Probabilidade de Falha	Crítérios: Ocorrência de Causa - PFMEA (Incidentes por itens/veículos)	Classificação
<b>Muito Alta</b>	$\geq 100$ por mil $\geq 1$ em 10	<b>10</b>
<b>Alta</b>	50 por mil 1 em 20	<b>9</b>
	20 por mil 1 em 50	<b>8</b>
	10 por mil 1 em 100	<b>7</b>
<b>Moderada</b>	2 por mil 1 em 500	<b>6</b>
	0,5 por mil 1 em 2.000	<b>5</b>
	0,1 por mil 1 em 10.000	<b>4</b>
<b>Baixa</b>	0,01 por mil 1 em 100.000	<b>3</b>
	$\leq 0,001$ por mil 1 em 1.000.000	<b>2</b>
<b>Muito Baixa</b>	A falha é eliminada através de controle preventivo.	<b>1</b>

Tabela Cr2 Critérios Sugeridos de Avaliação de Ocorrências de PFMEA



## Controles Atuais de Processo (h)

Controles Atuais de Processo são descrições dos controles que podem evitar, na medida do possível, a ocorrência da causa de falha, ou detectar o modo de falha ou causa de falha, caso estes ocorram.

Existem dois tipos de Controles de Processo a considerar:

### Prevenção

Elimina (previne) a ocorrência da causa da falha, ou do modo de falha, ou reduz sua taxa de ocorrência.

### Detecção

Identifica (detecta) a causa da falha ou o modo de falha, conduzindo ao desenvolvimento de ações corretivas ou contra-medidas associadas.

A abordagem preferencial consiste em, se possível, usar em primeiro lugar os controles de prevenção. As classificações iniciais de ocorrência serão afetadas pelos controles de prevenção, desde que eles sejam integrados como parte do processo. As classificações iniciais de detecção serão baseadas em controles de processo que ou detectam a causa de falha ou detectam o modo de falha.

Uma vez que os métodos gráficos estatísticos (ou seja, Controle Estatístico de Processo - CEP)<sup>11</sup> tipicamente usam amostragem para avaliar estabilidade do processo e detectar condições fora de controle, eles não deveriam ser considerados, quando avaliando a eficácia de Controles de Detecção específicos. CEP pode, contudo, ser considerado como um Controle de Prevenção, para causas específicas, cujas tendências sejam identificáveis antes de uma não-conformidade real ser produzida, tal como desgaste de ferramenta.

O exemplo de formulário de PFMEA, neste manual, possui duas colunas separadas, para Controles de Prevenção e Controles de Detecção, para auxiliar a equipe a distinguir claramente entre estes dois tipos de controles. Isto possibilita uma rápida determinação visual, quanto a terem sido considerados ambos os tipos de controles de processo.

Se for utilizado um formulário de uma coluna (para controles de processo), então os seguintes prefixos deveriam ser usados. Para controles de prevenção, registrar um 'P' antes ou depois de cada controle de prevenção listado. Para controles de detecção, registrar um 'D' antes ou depois de cada controle de detecção listado. (ver Tabela IV.4 Exemplos de Causas e Controles).

<sup>11</sup> Ver Chrysler, Ford, GM; *Manual CEP*, AIAG.

Requisito	Modo de falha	Causa	Controle de Prevenção	Controle de Detecção
Parafusos apertados até estarem totalmente assentados	Parafuso não totalmente assentado	Parafusadeira não mantida perpendicular à superfície de trabalho, pelo operador.	Treinamento do operador.	Sensor de ângulo incluído na parafusadeira, para detectar rosqueamento fora de ângulo, não permitindo que a peça seja retirada do dispositivo de fixação, até que o valor seja atendido.
Parafusos apertados conforme especificação de torque dinâmico	Parafuso apertado com torque muito alto.	Ajustado um torque muito alto, por pessoal "não-de-setup".	Painel de controle protegido por senha (somente pessoal de <i>setup</i> tem acesso).	Box de validação de torque, incluído no procedimento de <i>setup</i> , para validar a configuração, antes de executar.
		Ajustado um torque muito alto, por pessoal de <i>setup</i> .	Treinamento do pessoal de <i>setup</i> .	Box de validação de torque, incluído no procedimento de <i>setup</i> , para validar a configuração, antes de executar.
		Configurações (ajustes) adicionadas às instruções de <i>setup</i> .		
	Parafuso apertado com torque muito baixo.	Ajustado um torque muito baixo, por pessoal "não-de-setup".	Painel de controle protegido por senha (somente pessoal de <i>setup</i> tem acesso).	Box de validação de torque, incluído no procedimento de <i>setup</i> , para validar a configuração, antes de executar.
		Ajustado um torque muito baixo, por pessoal de <i>setup</i> .	Treinamento do pessoal de <i>setup</i> .	Box de validação de torque, incluído no procedimento de <i>setup</i> , para validar a configuração, antes de executar.
			Configurações (ajustes) adicionadas às instruções de <i>setup</i> .	

Tabela IV.4 Exemplos de Causas e Controles

## Detecção (D) (i)

Detecção é a classificação associada ao melhor controle de detecção listado na coluna Controles de Detecção. Detecção é uma classificação relativa, dentro do escopo do FMEA individual. Para se atingir uma classificação mais baixa, geralmente o controle de detecção planejado tem de ser aprimorado.

Quando mais de um controle for identificado, é recomendado que a classificação de detecção de cada controle seja incluída como parte da descrição do controle. Registrar o menor valor de classificação, na coluna Detecção.

Assumir que a falha tenha ocorrido e, então, avaliar as capacidades de todos os "Controles Atuais de Processo" para prevenir a entrega da peça contendo este modo de falha. Não presumir automaticamente que a classificação de detecção seja baixa porque a ocorrência é baixa, mas sim avaliar a capacidade dos controles de processo para detectar os modos de falha de baixa frequência, ou reduzir o risco de que eles aumentem, no processo.

Inspeções da qualidade aleatórias têm pouca probabilidade de detectar a existência de um problema isolado e não deveriam influenciar a classificação de detecção.

### Critérios de Avaliação Sugeridos

A equipe deveria concordar quanto aos critérios de avaliação e ao sistema de classificação, e aplicá-los consistentemente, mesmo se modificados para análises de produtos individuais. A Detecção deveria ser estimada usando-se a Tabela Cr3 como uma diretriz.

O valor de classificação 1 (um) é reservado para prevenção de falhas através de soluções de projeto de processo comprovadas.

<b>Oportunidade para Detecção</b>	<b>Crítérios: Probabilidade de Detecção por Controle de Processo</b>	<b>Classificação</b>	<b>Probabilidade de Detecção</b>
Nenhuma oportunidade de detecção.	Nenhum controle de processo. Não se pode detectar, ou não está analisado.	10	Praticamente Impossível
Improvável detectar em qualquer estágio.	Modo de falha e/ou Erro (Causa) não é facilmente detectável (por exemplo, auditorias aleatórias).	9	Muito Remota
Detecção do Problema Pós-Processamento	Detecção do modo de falha pós-processamento, pelo operador, através de meios visuais/táteis/audíveis.	8	Remota
Detecção do Problema na Origem	Detecção do modo de falha, na estação, pelo operador, através de meios visuais/táteis/audíveis, ou pós-processamento, através do uso de medição por atributo (passa/não-passa, verificação de torque manualmente/por chave de estalo etc.).	7	Muito Baixa
Detecção do Problema Pós-Processamento	Detecção do modo de falha, pós-processamento, pelo operador, através do uso de medição por variável, ou na estação, pelo operador, através do uso de medição por atributo (passa/não-passa, verificação de torque manualmente/por chave de estalo etc.).	6	Baixa
Detecção do Problema na Origem	Detecção do modo de falha ou Erro (Causa) na estação, pelo operador, através do uso de medição por variável, ou por controles automáticos na estação, que detectarão peças discrepantes e notificarão o operador (luz, campainha etc.). Medição realizada no setup e verificação da primeira peça (somente para causas de setup).	5	Moderada
Detecção do Problema Pós-Processamento	Detecção do modo de falha pós-processamento, por controles automáticos, que detectarão peças discrepantes e travarão a peça, para impedir processamento subsequente.	4	Moderadamente Alta
Detecção do Problema na Origem	Detecção do modo de falha na estação, por controles automáticos, que detectarão peças discrepantes e automaticamente travarão a peça na estação, para impedir processamento subsequente.	3	Alta
Detecção do Erro e/ou Prevenção do Problema	Detecção de Erro (Causa), na estação, por controles automáticos, que detectarão o erro e impedirão que a peça discrepante seja produzida.	2	Muito Alta
Detecção não aplicável. Prevenção do Erro.	Prevenção de Erro (Causa) como resultado do projeto do dispositivo de fixação, projeto da máquina, ou projeto da peça. Peças discrepantes não podem ser produzidas porque o item foi tornado à prova de erro, pelo projeto do processo/produto.	1	Praticamente Certa

Tabela Cr3 Critérios Sugeridos de Avaliação de Detecção de FMEA de Processo

## Determinando Prioridades de Ação

Uma vez que a equipe tenha concluído a identificação inicial dos modos de falha e efeitos, causas e controles, incluindo classificações de severidade, ocorrência e detecção, deveria-se decidir se são necessários esforços adicionais para reduzir o risco. Devido às inerentes limitações de recursos, tempo, tecnologia e outros fatores, deveria-se escolher como priorizar melhor estes esforços.

O foco inicial da equipe deveria ser orientado para os modos de falha com as classificações de severidade mais elevadas. Quando a severidade for 9 ou 10, é imperativo que a equipe assegure que o risco esteja tratado através dos existentes controles de projeto ou ações recomendadas (como documentado no FMEA).

Para modos de falha com severidades de 8 ou inferiores, a equipe deveria considerar as causas que possuam maiores classificações de ocorrência ou detecção. É responsabilidade da equipe examinar a informação, decidir sobre uma abordagem e determinar como melhor priorizar os seus esforços de redução de riscos que melhor atendam à sua organização e aos seus clientes.

### Avaliação de Risco; Número de Prioridade de Risco (NPR) (j)

Uma abordagem para auxiliar na priorização de ações tem sido usar o Número de Prioridade de Risco:

$$\text{NPR} = \text{Severidade (S)} \times \text{Ocorrência (O)} \times \text{Detecção (D)}$$

Dentro do escopo do FMEA individual, este valor pode variar entre 1 e 1000.

***O uso de um valor limite de NPR NÃO é uma prática recomendada para determinar a necessidade de ações.***

A aplicação de limites assume que NPRs sejam uma medida de risco relativo (o que frequentemente não são) e que uma melhoria contínua não seja requerida (o que é).

Por exemplo, se o cliente aplicou um limite arbitrário de 100 ao que segue, o fornecedor seria obrigado a agir sobre a característica B, com o NPR de 112.

Item	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR
A	9	2	5	90
B	7	4	4	112

Neste exemplo, o NPR é maior para a característica B, do que para a característica A. Entretanto, a prioridade deveria ser trabalhar em A, com a maior severidade de 9, embora o seu NPR de 90 seja o menor e esteja abaixo do limite.

**ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA DE PROCESSO)**

Número FMEA \_\_\_\_\_  
 Página \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
 Elaborado por \_\_\_\_\_  
 Data FMEA (Original) \_\_\_\_\_

Responsabilidade pelo Processo \_\_\_\_\_  
 Data chave \_\_\_\_\_

Item \_\_\_\_\_  
 Ano(s) Modelo(s)/Programas(s) \_\_\_\_\_  
 Equipe Central \_\_\_\_\_

Etapa do Processo/ Função	Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potenciais de Falhas	Severidade	Classificação	Causa(s) Potenciais de Falhas	Ocorrência	Controles de Processo Atuais (Prevenção)	Controles de Processo Atuais (Detecção)	NPR	Ação Recomendada	Responsabilidade e Data de Conclusão Pretendida	Resultados de Ações						
													Ações Adotadas e Data Efetiva	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR		

**PFMEA Formulário B**

## Apêndice C: Avaliações de Riscos Alternativas

### Alternativas ao NPR

O Número de Prioridade de Risco é o produto das classificações de severidade (S), ocorrência (O), e detecção (D).

$$(S) \times (O) \times (D) = NPR$$

Dentro do escopo do FMEA individual, este valor (entre 1 e 1000) pode ser usado para auxiliar a equipe na classificação das preocupações no projeto do produto e do processo.

A tabela abaixo, entretanto, ilustra como *diferentes cenários* de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D) resultam em *iguais valores NPR*.<sup>18</sup>

No exame de cada cenário, as prioridades não deveriam ser estabelecidas pela equipe, com base somente no NPR.

Quinze Diferentes Situações com um NPR=360

	Severidade do Problema	Probabilidade de Ocorrência	Probabilidade de Detecção	
1	Perigosa	10	Alta	9
2	Perigosa	10	Moderada	6
3	Perigosa	10	Moderada	4
4	Perigosa	9	Muito Alta	10
5	Perigosa	9	Alta	8
6	Perigosa	9	Moderada	5
7	Perigosa	9	Moderada	4
8	Alta	8	Alta	9
9	Alta	8	Moderada	5
10	Moderada	6	Muito Alta	10
11	Moderada	6	Moderada	6
12	Moderada	5	Alta	9
13	Moderada	5	Alta	8
14	Moderada	4	Muito Alta	10
15	Moderada	4	Alta	9

A facilidade de cálculo e ordenação deste índice tem levado muitos a usá-lo exclusivamente e sem considerar o que poderiam ser meios mais apropriados de priorização. Seguem exemplos de algumas dessas alternativas.

<sup>18</sup> Utilizado com permissão da Whirlpool Corporation, ©2005, 2006

### Alternativa: SO (S x O)

Algumas organizações podem escolher focalizar primariamente em Severidade e Ocorrência. O índice SO é o produto das classificações de Severidade e Ocorrência. Ao usar este índice, a organização pode focalizar em como reduzir o SO, pela redução do valor de “O”, através de ações preventivas. Adicionalmente, isto pode conduzir a subseqüentes aprimoramentos de detecção, para itens com os maiores valores de SO.

### Alternativa: SOD, SD

Algumas organizações têm escolhido usar SOD ou SD como uma ferramenta de priorização. SOD é a combinação não-aritmética das classificações de Severidade, Ocorrência e Detecção. SD é a combinação não-aritmética das classificações de Severidade e Detecção.

Exemplo (SOD):

Severidade, S = 7  
 Ocorrência, O = 3  
 Detecção, D = 5  
 O SOD resultante é 735

Exemplo (SD):

Severidade, S = 7  
 Detecção, D = 5  
 O SD resultante é 75

O SOD, quando classificado em ordem numérica descendente, priorizará os cenários, em primeiro por severidade, em segundo por ocorrência e finalmente por detecção.

S	O	D	NPR	SOD	SD
7	7	3	147	773	73
7	3	7	147	737	77
3	7	7	147	377	37

} Cenários Muito Diferentes

### Valores RPN Iguais

Tabela C.1 Contraste entre NPR, SOD e SD

Assim como com o NPR, o uso do índice SOD/SD deveria ocorrer no contexto da discussão da equipe. Definir prioridades simplesmente baseadas no SOD tem limitações, assim como ocorre com o NPR. Por exemplo, um modo de falha com um SOD de 711 poderia ser classificado acima (ou seja, teria de ser considerado antes) de um modo de falha com 599.



Sistema  
Sub-sistema  
Componente

**POTENTIAL  
FAILURES MODE AND EFFECTS ANALYSIS  
(FMEA)**

FMEA Nº: \_\_\_\_\_

Modelo(s) Programa(s) \_\_\_\_\_

Responsável p/Projecto \_\_\_\_\_

Página \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Equipa: \_\_\_\_\_

Data Crítica \_\_\_\_\_

Elaborado por \_\_\_\_\_

Data FMEA Original + (Rev.) \_\_\_\_\_ .+

Item Funcão	Requisito ou Critério	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial da Falha	S e v e r	C l a s	Causa Potencial da Falha	Controlos actuais		D e t e c	N P R	Acções recomendadas	Acções-Responsabilidades-Resultados											
							Prevenção <--	O c o r				Detecção <--	Resp. Data p/Realiz.	Acções de Facto Realizadas	S e v	O c v	D e t	Novo NPR	Data do Fecho da Acção	Resp. Rub.			