



PROJETO DETALHADO
DFMEA - ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E
EFEITOS

PSI-2594 Projeto de Formatura II
2010 seg. Semestre
Prof. Sergio Takeo Kofuji

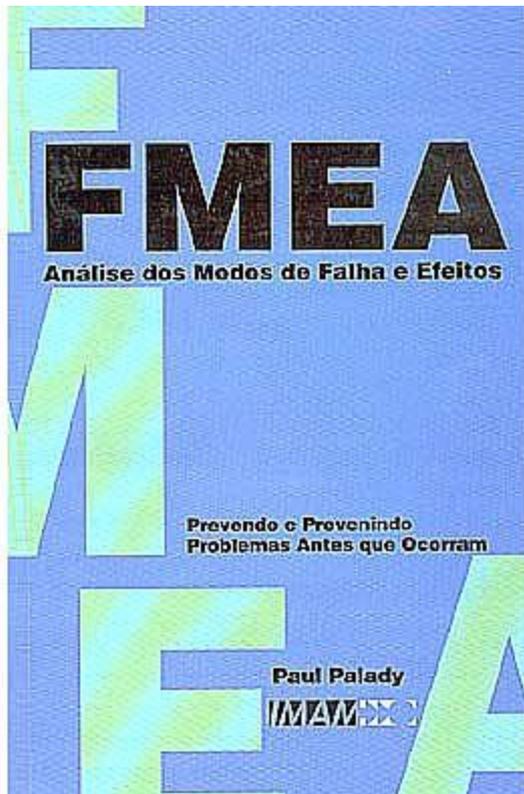
Objetivos de Aprendizado



- Introduzir a ferramenta D-FMEA para Projeto (Produto), visando aumentar a confiabilidade, aumentar a qualidade e reduzir os riscos do produto.

Material

- Livro

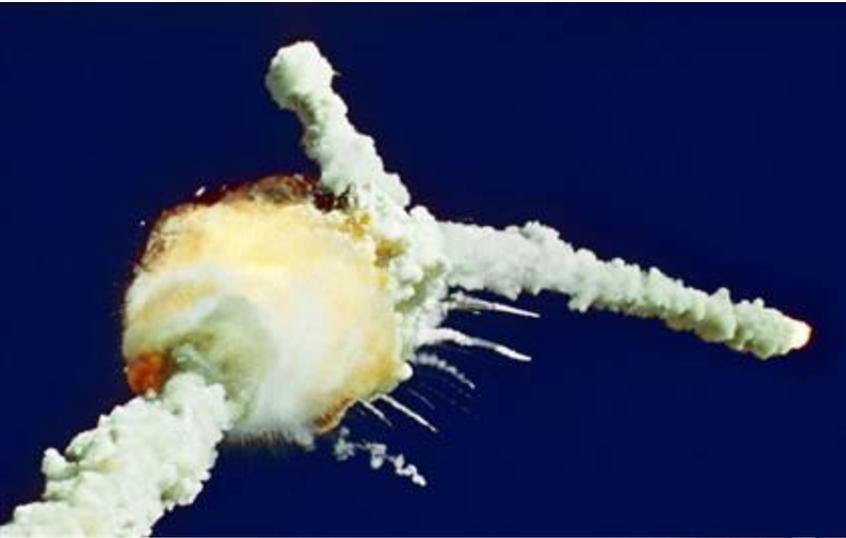


- Na internet:

- <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>

Parte I

O que há em comum?



Outras Notícias na Mídia



Procure outras notícias na Internet relacionadas com o tema!

Áreas Envolvidas



- Aeroespacial
- Automotiva
- Naval
- Médica
- Farmacêutica
- Hospitalar
- Usinas Energia, Água etc.
- Transporte
- Construção Civil
- Indústria de Alimentos
- ...
- Eletrônica/Elétrica de Consumo – Linha Branca, Eletrônicos, Informática
- Instrumentação...

O que o público aponta?



- **Erro de Projeto** – *Design Conceitual e Detalhado*
- **Falha na Fabricação** – *Variação de parâmetros, fornecedores, ...*
- **Baixa Confiabilidade**
- **Má Qualidade**

Introdução - FMEA



- ✓ Ferramenta preventiva.
- ✓ Evitar a ocorrência de falhas no projeto e/ou processo.
- ✓ Através da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria.
- ✓ O objetivo é detectar falhas antes que se produza uma peça e/ou produto.
- ✓ A utilização dela reduz as chances do produto ou processo falhar.
- ✓ Aumenta a confiabilidade.

FMEA - Histórico



- ✓ Desenvolvido pela NASA – Meados dos anos 60
- ✓ Inicialmente utilizado pela Aviação e desenvolvimento de tecnologia nuclear.
- ✓ FORD Norte Americana dando enfoque:
 - FMEA de projeto
 - FMEA de processo
- ✓ Utilizado pela industria de um modo geral onde se destaca as industrias automobilísticas.

FMEA - Aplicação



✓ Aplicação do FMEA:

Produtos

Serviços

Softwares

Projetos

FMEA de produto – Análise sistemática dos potenciais modos de falha e seus efeitos sobre a confiabilidade e Segurança de um medicamento por exemplo.

FMEA - Conceitos



Problema: É “Um desvio entre uma situação ideal (resultado esperado) e uma situação real (resultado obtido)”.

Padrão: Uma meta ou objetivo que se quer atingir, desempenho esperado de um produto e serviço. **Padrão é uma medida de referência.**

Desvio: Uma inclinação, um afastamento ou uma mudança de direção da situação ideal ou seja, do Padrão.

Desvio Padrão: Índice de dispersão de grande valor no estudo de uma distribuição de frequência.

Causa: Aquilo que determina um acontecimento: Princípios, motivo, origem, razão... . É responsável pela ocorrência da Falha.

Efeito: Resultado de uma ação. Resultado ou produto de falha.

Conceitos, cont.



Modo: Maneira , forma, método de ocorrência.

Defeito: Desvio inaceitável da especificação de um atributo ou medida da qualidade.

Efeito: Resultado de uma ação. Resultado ou produto de falha.

Modo: Maneira , forma, método de ocorrência.

Defeito: Desvio inaceitável da especificação de um atributo ou medida da qualidade.

Falha: Defeito relacionado com a confiabilidade da performance. Falta de capacidade funcional de uma unidade em realizar sua função quando requerida. Comprimento com teor fora do especificado.

Análise: Decomposição de um todo em suas partes constituintes; Exame de cada parte de um todo;

Definição



- ✓ É uma técnica para assegurar que todas as possíveis falhas de um processo ou sistema, foram consideradas e analisadas, objetivando sua eliminação, com Ações Corretivas recomendadas, antes do início da produção

Vantagens



- ✓ O FMEA, se feito previamente, permite eliminar as possíveis causas das possíveis falhas.
- ✓ Desta maneira será reduzido o defeito do produto, sistema ou processo, melhorando assim a Confiabilidade.

Pontos importantes



- ✓ Identificar os Modos (Tipos) de falhas possíveis.
- ✓ Descrever os efeitos, as causas de cada Modo de falha, e os controles existentes.
- ✓ Calcular o risco para cada falha, levando-se em consideração a frequência de Ocorrência, o grau de Severidade e probabilidade de detecção.
- ✓ Recomendar Ações Corretivas para as causas de falhas apontadas.
- ✓ Reavaliar o índice de Risco.

Critério de aplicação



- ✓ Introdução de novos produtos/processo.
- ✓ Alteração significativa no projeto e processo.
- ✓ Transferência de linha de produção ou reforma de área.
- ✓ Existência de problemas de desvio qualidade no processo.

Benefícios



- ✓ Redução de falhas no desenvolvimento, na produção e utilização do produto.
- ✓ Prevenção aos invés de detecção. Reforço na implantação das BPFv.
- ✓ Reduzir tempo e custo no desenvolvimento de produtos.
- ✓ Fonte de dados para critérios de manutenção preventiva.
- ✓ Reduzir número de "recall" e desvios da qualidade.
- ✓ Integração entre os departamentos envolvidos.
- ✓ Documentação do "know how" que a empresa tem do produto e sua fabricação.

Tipos



O FMEA deve ser utilizado em todas as etapas de projeto e construção de um determinado produto ou sistema (projeto, produção, experimentação, equipamentos e utilização).

- ✓ FMEA de sistema.
- ✓ FMEA de projeto.
- ✓ FMEA de processo.
- ✓ FMEA de logística.
- ✓ FMEA de segurança.

Diretrizes

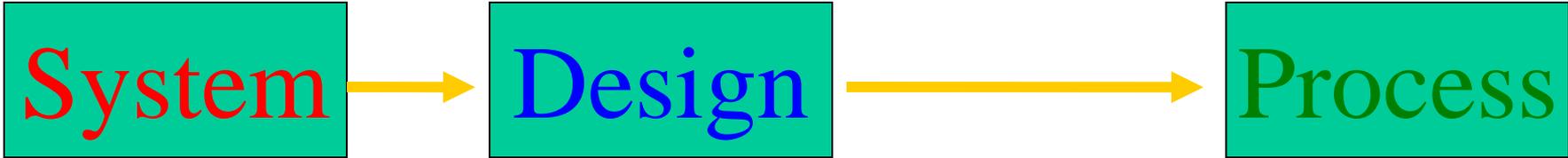


- J1739 do SAE para a industria automotiva.
- *AIAG FMEA-3* do Grupo de Ação da Industria Automotiva para a industria automotiva.
- ARP5580 do SAE para aplicações não-automotivas.

Outras Diretrizes



- *EIA/JEP131* fornece diretrizes para a industria eletrônica, do JEDEC/EIA.
- P-302-720 fornece diretrizes para o spacecraft e instrumentos do GSFC da NASA.
- SEMATECH 92020963A-ENG para a industria de semicondutores.
- Etc...



Components
Subsystems
Main Systems

Components
Subsystems
Main Systems

Manpower
Machine
Method
Material
Measurement
Environment

Focus:
Minimize failure effects on the **System**

Focus:
Minimize failure effects on the **Design**

Focus:
Minimize failure effects on the **Processes**

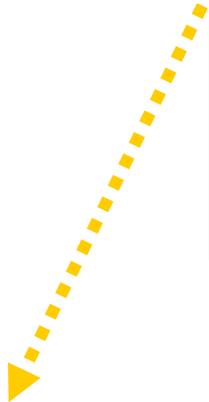
Machines

Objectives/Goal:
Maximize **System**
Quality, reliability,
Cost and maintenance

Objectives/Goal:
Maximize **Design**
Quality, reliability,
Cost and maintenance

Tools,
Work Stations,
Production Lines,
Operator Training,
Processes,
Gauges

Objectives/Goal:
Maximize **Total Process**
Quality, reliability,
Cost and maintenance



Parte II

O que é FMEA?



- ◆ FMEA = ***Failure Mode and Effects Analysis***
- ◆ Metodologia do FMEA:
 - *Identificar as falhas potenciais de um sistema e seus efeitos*
 - *Avaliar as falhas para determinar ações que possam eliminar a chance de ocorrência*
 - *Documentar as falhas potenciais*

FMEA



- ◆ A intenção do FMEA é antecipar:
 - O que pode falhar
 - Que efeito esta falha pode ter
 - O que pode causar esta falha

... e tomar ações para corrigi-lo!

FMEA



- ◆ O alcance da falha é avaliado contra:
 - A *probabilidade de falha*
 - Uma *avaliação da severidade* do efeito da falha
 - A *probabilidade dos* sistemas de qualidade existentes *apontarem a falha antes dele ocorrer (detecção)*

Onde podemos aplicar o FMEA?



Níveis de FMEA

C_FMEA – 1 (Concept)

- Falhas no conceito (inabilidade de atingir o desempenho)
- Detecção
 - Abilidade de descobrir as falhas (i.e., uso dos dados históricos, modelos anteriores, etc.)

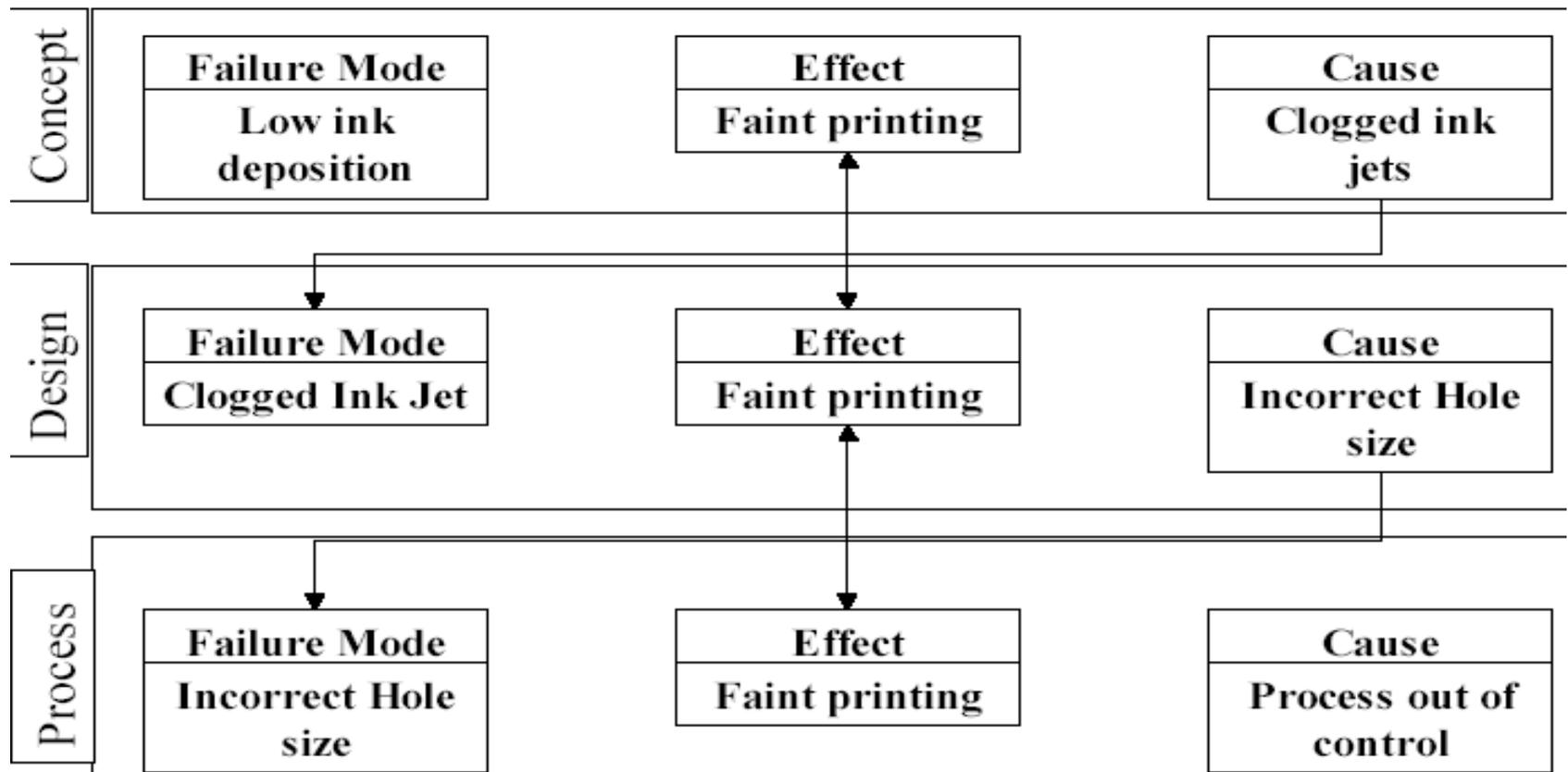
D_FMEA – 2 (Design)

- Falhas no design atual (desempenho)
- Detecção
 - Realçar as falhas durante a fase do design detalhado

P_FMEA – 3 (Process)

- Falhas no processo de produção
- Detecção
 - Encontrar os erros na linha de produção

Relacionamentos (CFMEA, DFMEA, PFMEA)



Quais são os benefícios do FMEA?



- ◆ Melhoria na:
 - Segurança (Safety)
 - Qualidade
 - Confiabilidade

Benefícios - cont.



- ◆ Quais são os potenciais benefícios que podem ser identificados?
 - Imagem da Empresa
 - Satisfação do Usuário
 - Menor custo de desenvolvimento
 - Registros históricos
 - Parte do arquivo de história do projeto
 - Responsabilidade legal (liability) pelo Produto

DFMEA



- ◆ DFMEA deve cobrir:
 - Todos os novos componentes
 - componentes em um novo ambiente
 - Quaisquer componentes modificados
- ◆ Obrigatório em todas as partes de controle e portadores de carga

DFMEA



- ◆ **"Falha"** – um componente ou sistema *não atingindo o objetivo do design ou não funcionando*
- ◆ **Objetivo do Design** – pode ser especificado em termos de MTBF, capacidade de carga, deflecção, potência de saída, espessura do revestimento, qualidade do acabamento, etc.
- ◆ **"Falha"** *precisa ser prontamente detectável pelo cliente*

FMEA Process



Para cada componente

- Identificar um modo de falha
- Determinar os possíveis efeitos ou consequências da falha
- Avaliar a potencial severidade do efeito
- Identificar a causa da falha (tome ação!)
- Estimar a probabilidade de ocorrência
- Avaliar a probabilidade de detectar a falha

1. Modo de Falha



- ◆ **Modo de Falha** – a maneira na qual uma falha de componente ou sistema ocorra
- ◆ Potenciais **Modos de falha**
 - Falha Completa
 - Falha Parcial
 - Falha Intermitente
 - Falha com o tempo
 - Falha de sobre-desempenho

Modo de Falha



- ◆ Questão a ser feita: "*Como pode o componente ou o sistema falhar?*"
- ◆ Exemplos: Considere modos de falha da função de uma lanterna definida como "Prover luz com $3 \pm 0,5$ candelas."
 - Sem luz
 - Luz fraca
 - Luz piscando erraticamente
 - Luz enfraquecendo gradativamente
 - Muito brilhante

Modo de Falha – Identificação



- ◆ Listar *os modos de falha potenciais* para uma particular parte ou função
 - Assumir que a falha possa ocorrer, porém improvável
- ◆ Por exemplo, esboce diagramas de corpo-livre (se aplicável), mostrando cargas aplicadas/reação. Indicar *locação da falha* sob esta condição
- ◆ Listar *potenciais causas de falha* concebíveis para cada modo de falha

2. Modo de Falha – Efeitos



- ◆ Para cada modo de falha, identifique os potenciais consequências de cada modo de falha (*Efeitos*)
- ◆ Faça *brainstorms* de equipe para identificar os modos de falha e efeitos

FM-1	Effect 1-1
	Effect 1-2
	Effect 1-3
FM-2	Effect 2-1
	Effect 2-2

Modo de Falha – Efeitos



- ◆ Exemplo: bulbo da lanterna
 - Queima prematura – o usuário pode tropeçar, cair, ficar machucado
 - Em exame de vista, o bulbo pode explodir, resultando em ferimento

3. Falha – Severidade



Para analisar o risco, primeiro **quantifique a severidade** dos Efeitos

- Assumir que todos os Efeitos resultem de ocorrência dos Modos de Falha
- O Efeito mais sério tem precedência qdo se avalia o risco potencial
- Mudanças no Design e no processo podem reduzir os ratings de severidade

DFMEA – Tabela de Severidade

Severity of Failure	Rank
Hazardous – No warning: Unsafe operation, without warning	10
Very high: Product inoperable; loss of primary function	8, 9
High: Product operable, but at a reduced level	6, 7
Low: Product operable; comfort or convenience items at reduced level	4, 5
Minor: Fit/finish, squeak/rattle don't conform; average customer notices	2, 3
No effect	1

4. Modo de Falha – Causas



- ◆ Após endereçar os Efeitos e Severidade, identificar as **Causas** dos Modos de Falha
- ◆ Causas de falha que resultam em um Mode de Falha são **deficiências de design**
- ◆ Causas are avaliadas em termos de **Probabilidade de Ocorrência**
 - Probabilidade que uma dada Causa ocorra E resulte em um Modo de Falha

5. Modo de Falha - Ocorrência



- ◆ Estimar a **probabilidade de ocorrência** numa escala de 1 -10
- ◆ Considere as seguintes probabilidades:
 - *Causa da falha ocorrer*
 - *Uma vez que a causa ocorra, ele deve resultar no modo de falha indicado*

Ocorrência de Falha - Ranqueamento

Occurrence Criteria	Rank
Very High – almost certain failure, in a major way	10
High – similar designs have failed in the past	7, 8, 9
Moderate – similar designs have occasional moderate failure rates	4, 5, 6
Low – similar designs have low failure rates	2,3
Remote - unreasonable to expect failure	1

DFMEA – Tabela de ocorrências

Probability of Failure	Failure Rates	Rank
Very High: Failure almost inevitable	≥ 1 in 2	10
	1 in 3	9
High: Repeated failures	1 in 8	8
	1 in 20	7
Moderate: Occasional failures	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2000	4
Low: Relatively few failures	1 in 15,000	3
	1 in 150,000	2
Remote: Failure unlikely	≤ 1 in 1,500,000	1

Controles



- ◆ Controles agrupados de acordo com o propósito
 - **Controles Tipo 1:** prevenir a ocorrência da Causa ou Modo de Falha, ou reduzir a taxa de ocorrência
 - Ex: Pinos de cisalhamento projetado para falhar de modo a evitar que o sistema falhe
 - **Controles Tipo 2:** detectar Causa do Modo de Falha e conduzir uma ação corretiva
 - Ex: LED acendem qdo a bateria está baixa
 - **Controles Tipo 3:** detectar Modo de Falha antes que o produto chegue ao “cliente”
 - Ex: inspeção 100%

6. Detecção



- ◆ *Valores de Detecção* são associados com tipos de Controle
- ◆ **Detecção** é uma medida dos Controles de Tipo 2 de detectar Causas of Falha, or habilidade dos Controles de of Tipo 3 de detectar Modos de Falha subsequentes
- ◆ Valores Elevados indicam uma Carência de Detecção
- ◆ Valor 1 não implica em 100% de detecção

DFMEA - Tabela de Detecção



Detection	Criteria: Likelihood of Detection	Rank
Absolute Uncertainty	Design Control does not detect, or there is no Design Control	10
Very Remote	Very remote chance Control will detect	9
Remote	Remote chance Control will detect	8
Very Low	Very low chance Control will detect	7
Low	Low chance Control will detect	6
Moderate	Moderate chance Control will detect	5
Moderately High	Mod. High chance Control will detect	4
High	High chance Control will detect	3
Very High	Very high chance Control will detect	2
Almost Certain	Control almost certain to detect	1

DFMEA - RESULTADOS



- ◆ Risk Priority Number (RPN)

$$RPN = S \times O \times D$$

S = Severity, O = (Probability of) Occurrence, D = Detection

- Nota: S, O, e D não são igualmente ponderados em termos de risco, e as escalas não são lineares

Interpretando o RPN



- ◆ Sem significado físico
- ◆ “Bucket problems”
- ◆ Ranqueamento de acordo com o RPN
- ◆ Não perca muito tempo preocupado com o significado do que a medida “42” significa
- ◆ Observe que dois modos de falha podem ter o mesmo RPN por motivos bem diferentes:
 - $S=10, O=1, D=2$: $RPN = 20$
 - $S=1, O=5, D=4$: $RPN = 20$

Criticalidade



$$\textit{Criticalidade} = S \times O$$

- ◆ Valores de *Severidade* altos, acoplados com valores altos de *Occurencia* exige especial atenção
- ◆ Embora nem RPN ou Criticalidade sejam medidas perfeitas, eles são amplamente usados para avaliação de risco

Reduzindo o Risco



- O propósito fundamental do FMEA é recomendar e tomar ações que reduza o risco
- ◆ Revisão de Design pode resultar em menores ratings de Severidade e Ocorrência
 - ◆ Ratings Revisados devem ser documentados junto com os originais no Arquivo de História de Design (“Design History File”)



Ações tomadas são a parte importante do FMEA

- Mude o Design para reduzir:
 - *Severidade* (consider redundancy?)
 - *Ocorrência* (change in design, or processes)
 - *Detecção* (improve ability to identify the problem before it becomes critical)
- Designe responsabilidade pela ação
- Prossiga e avalie resultados com o novo RPN

FMEA - DOCUMENTO

Item	Failures			Cause		Detection		RPN
	Potential Failure Mode	Effect	Severity	Cause	Occurance	Design control	Detection	

FMEA DOCUMENTAÇÃO

FMEA															
Item/ Function	Failure			Cause		Detection		Action			Action Results				
	Potential Failure Modes	Potential Effect of Failure	Severity	Potential Cause	Occurrence	Current Design Control	Detection	Risk Priority Number	Recommended Action	Responsibility	Action Taken	S	O	D	RPN
Deposit Ink	Too little Ink	No printing	7	Clogged Heads	4	None - instructions to user to regularly clean heads	3	84	change to reduce chance of clogged heads	Ink head design team	More Robust Design	7	2	2	28
			7	Low Ink Levels	4	Ink Level light	1	28	None		Improved				
	Too much Ink	Can't read letters	8	Failure in Print head	2	Internal controls	3	48	Failure analysis	Ink head design team	Control Algorithm	8	1	1	8

FMEA

Benefícios

- ◆ Meio Sistemático de gerenciar risco
- ◆ Compreensivo
- ◆ Priorizar ações de gerenciamento de risco

Problemas

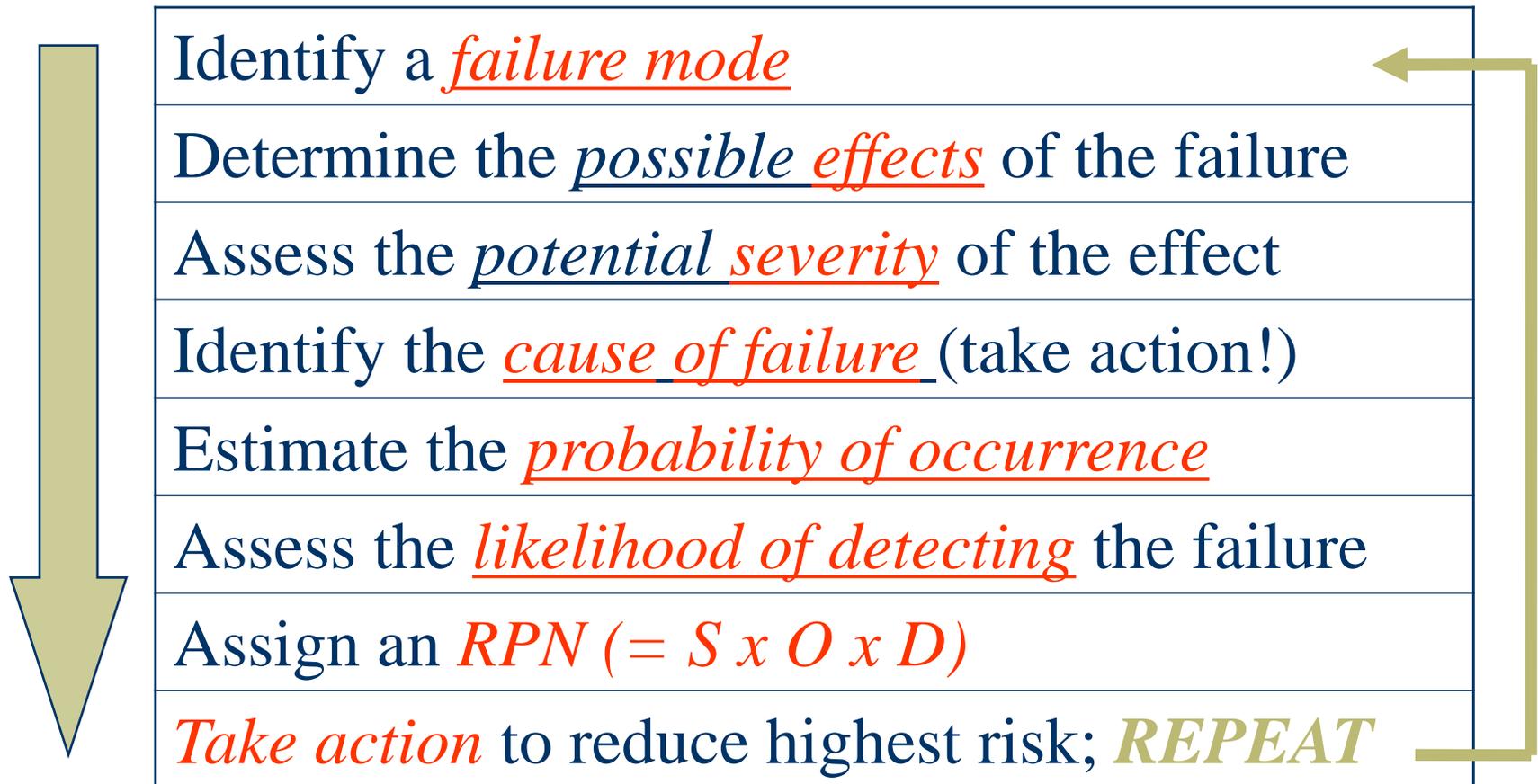
Basedo em avaliação qualitativa

Difícil manejo

Duro de rastrear através dos níveis

Nem sempre seguido

Resumo – Fluxograma FMEA



FIM