



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Departamento de Engenharia de Alimentos

ZEA – 1001 – GESTÃO DA QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

FMEA FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS ANÁLISE DE TIPO E EFEITO DE FALHA

Profa. Marta Mitsui Kushida

FMEA - DEFINIÇÃO

- Metodologia que tem por objetivo **avaliar** e **minimizar** riscos por meio da análise das possíveis falhas (determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha) e implementação de ações para aumentar a confiabilidade.



O FOCO É...



CONTEXTO HISTÓRICO

- **Década de 1940**
 - Introdução do padrão militar.
 - Exército dos Estados Unidos (1949):
 - Procedimento para desenvolver uma análise de modo, efeitos e criticidade de falhas = "procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis",
 - Posteriormente ficou conhecido como FMEA (Failure mode and effect analysis), ou seja,
 - **análise do modo e efeito de falhas**

DAILEY, K. W. The FMEA pocket handbook. DW Publishing Co.: 2004. 40p

CONTEXTO HISTÓRICO

- **Década de 1960**
 - durante a missão Apollo, a NASA utilizou o método para identificar de forma sistemática falhas potenciais.
- **Final da década de 1970**
 - Ford Motor Company introduziu o FMEA no processo automotivo.

UTILIDADE?

- Sequência lógica e sistemática de avaliar as formas possíveis pelas quais um sistema ou processo está mais sujeito a falhas.
- O FMEA avalia:
 - A **severidade** das falhas;
 - A **forma** como as mesmas podem ocorrer (**ocorrência**);
 - Caso ocorram, como eventualmente poderiam ser **detectadas** antes de levarem a reclamações dos clientes.

coeficientes de prioridade de risco (RPN)

- A FMEA Prioriza modos de falha de acordo com o **RPN (risk priority number)**, que nada mais é do que o produto da severidade, frequência de ocorrência e detecção.

FERNANDES, 2005

Componentes que definem a prioridade de uma falha

- Ocorrência (O)**
 - é a frequência de incidência da falha.
- Severidade (S)**
 - gravidade (em termos de efeito) da falha.
- Deteção (D)**
 - capacidade de detectar a falha antes que ela chegue ao usuário.

Componentes avaliados usando escalas quantitativas

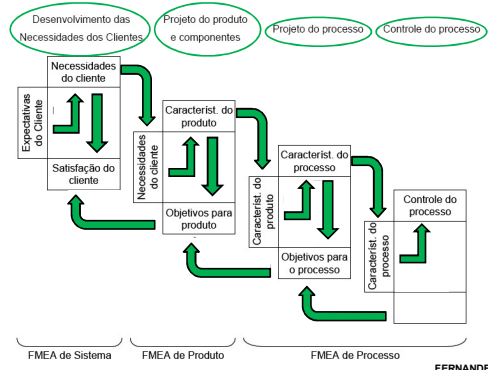
FERNANDES, 2005

RPN (Risk Priority Number) Medida de Risco

- $RPN = O \times S \times D$
- Falhas devem ser analisadas sempre que tiverem $RPN > 50$.
- Lógica de determinação do ponto de corte:
 - deseja-se atuar sobre 95% das falhas apontadas no FMEA;
 - O valor máximo de RPN é $(10 \times 10 \times 10) = 1000$;
 - 95% de 1000 é 950. $1000 - 950 = 50$. Assim, 50 é o ponto de corte para análise.

FERNANDES, 2005

APLICAÇÃO DO FMEA NAS FASES DE PLANEJAMENTO DA QUALIDADE



FERNANDES, 2005

REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO FMEA

Entradas:

- Necessidades dos clientes, requisitos do sistema produto, processo ou serviço;
- Requisitos legislativos;
- Informações históricas de falhas e confiabilidade;
- Informações de Benchmark;
- Informações em relação a importância relativa de cada uma das funções;
- Dados atuais de falhas ou modificações nos sistemas, produtos, processo ou serviços;

Método FMEA

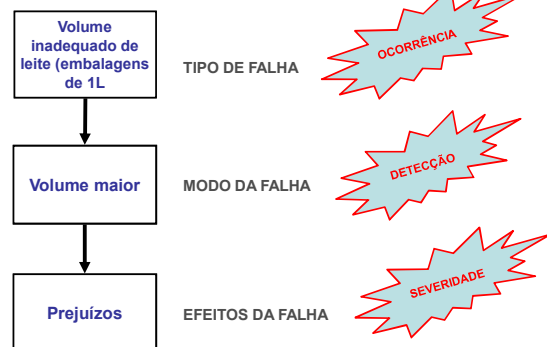
- Descrever modos de falhas, efeitos, causas, meios de prevenção e detecção;
- Classificar a severidade, ocorrência e detecção de modos de falhas e suas causas;
- Priorizar e definir ações que minimizem ou eliminem os riscos de falhas;

Saídas:

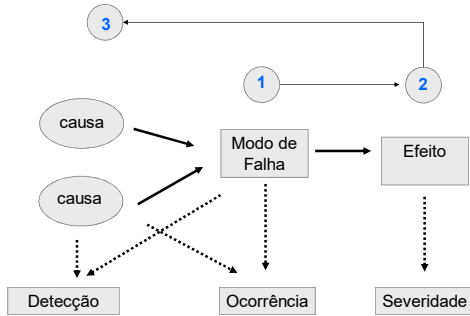
- Modos de falha priorizados conforme o risco ao cliente;
- Meios de prevenção e detecção de modos de falha;
- Ações para minimizar os riscos de falhas;

FERNANDES, 2005

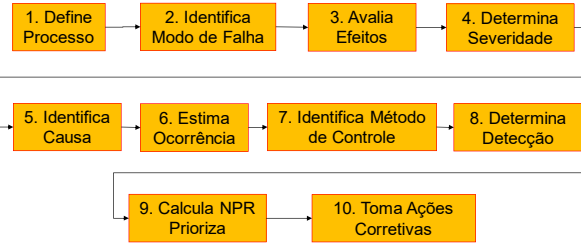
Exemplo de FMEA



Esquemáticamente



Fluxo de execução da FMEA



Escala para Ocorrência (O)

Ocorrência	Valor	Critérios	Observações
Quase Nunca	1	Falha improvável. Nenhuma ocorrência histórica.	- Na dúvida entre dois valores, escolha o maior.
Mínima	2		
Falhas raramente ocorrem	3	Muito poucas falhas podem ocorrer.	- No caso de impasse entre membros da equipe,
Baixa	4		trabalhe com valores médios.
Falhas ocasionais	5	Algumas falhas podem ocorrer.	
Moderada	6		
Falhas ocorrem c/ frequência	7	Alto número de falhas ocorrem c/ frequência.	
Alta	8		
Muito alta	9		
Quase certa	10	Falhas historicamente quase certas.	

FERNANDES, 2005

Escala para Detecção (D)

Detecção	Valor	Critérios	Observações
Quase certa	1	Controles atuais detectam falha quase sempre.	- Na dúvida entre dois valores, escolha o maior.
Muito alta	2		
Alta	3	Grandes chances de detecção.	- No caso de impasse entre membros da equipe,
Moderadamente alta	4		trabalhe com valores médios.
Média	5	Média chance de detecção.	
Baixa	6		
Muito baixa	7	Chance muito baixa de detecção.	
Mínima	8		
Rara	9		
Quase impossível	10	Não existem controles que detectem esta falha	

FERNANDES, 2005

Índice de Detecção Causa/Falha potencial

Tipos de Inspeção:
A. Prova de Erro
B. Medição
C. Inspeção Manual

Detecção	Critério	Tipos de Inspeção			Faixas Sugeridas dos Métodos de Detecção	Índice de Detecção
		A	B	C		
Quase impossível	Certeza absoluta da não detecção.			X	Não pode detectar ou não é verificado.	10
Muito remota	Controles provavelmente não irão detectar.			X	Controle é alcançado somente com verificação aleatória ou indireta.	9
Remota	Controles têm pouca chance de detecção.			X	Controle é alcançado somente com inspeção visual.	8
Muito Baixa	Controles têm pouca chance de detecção.			X	Controle é alcançado somente com dupla inspeção visual.	7
Baixa	Controles podem detectar.	X	X		Controle é alcançado com métodos gráficos, tais como CEP (Controle Estatístico do Processo).	6
Moderada	Controles podem detectar.		X		Controle é baseado em medições por variáveis depois que as peças deixam a estação, ou em medições do tipo passivo/passiva feitas em 100% das peças depois que deixam a estação.	5
Moderadamente alta	Controles têm boas chances para detectar.	X	X		Detecção de erros em operações subsequentes, OU medições feitas na preparação de máquina e na verificação da primeira peça (somente para casos de preparação de máquina).	4
Alta	Controles têm boas chances para detectar.	X	X		Detecção de erros na estação, ou em operações subsequentes por múltiplos níveis de aceitação: fornecer, selecionar, instalar, verificar. Não pode aceitar peça discrepante.	3
Muito alta	Controles quase certamente detectarão.	X	X		Detecção de erros na estação (medição automática com dispositivo de parada automática). Não pode passar peça discrepante.	2
Quase certamente	Controles certamente detectarão.	X			Peças discrepantes não podem ser feitas porque o item foi feito a prova de erros pelo projeto do processo/produto.	1

Fonte: QS-9000 FMEA - AIAG

Escala para Severidade (S)

Efeito	Valor	Critérios	Observações
Nenhum	1	Nenhum efeito sobre produto ou processos subsequentes.	- Na dúvida entre dois valores, escolha o maior.
Mínimo	2		
Muito pequeno	3	Causa pequeno incômodo no usuário.	- No caso de impasse entre membros da equipe,
Pequeno	4		trabalhe com valores médios.
Moderado	5	Resulta em falha sobre componente não-vital que demanda reparo.	
Significativo	6		
Grande	7	Usuário insatisfeito. Produto grandemente afetado, mas ainda operacional e seguro.	
Extremo	8		
Sério	9		
Catastrófico	10	Não atende a critérios mínimos de segurança.	

FERNANDES, 2005

Observações Importantes:

- quando o grupo estiver avaliando um índice, os demais não podem ser levados em conta, ou seja, a avaliação de cada índice é independente. Por exemplo, se estamos avaliando o índice de severidade de uma determinada causa cujo efeito é significativo, não podemos colocar um valor mais baixo para este índice somente porque a probabilidade de detecção seja alta.
- No caso de FMEA de processo pode-se utilizar os índices de capacidade da máquina, (Cpk) para se determinar o índice de ocorrência.

FERNANDES, 2005

OUTROS EXEMPLOS DE CRITÉRIOS DE RISCO

SEVERIDADE		
Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorreu
2	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente;
3		
4	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
5		
6		
7	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente
8		
9	Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança
10		

FERNANDES, 2005

OUTROS EXEMPLOS DE CRITÉRIOS DE RISCO

OCORRÊNCIA			
Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk > 1,67
2		1:20.000	
3	Pequena	1:4.000	Cpk > 1,00
4		1:1.000	
5	Moderada	1:400	Cpk < 1,00
6		1:80	
7		1:40	
8	Alta	1:20	
9		1:8	
10	Muito Alta	1:2	

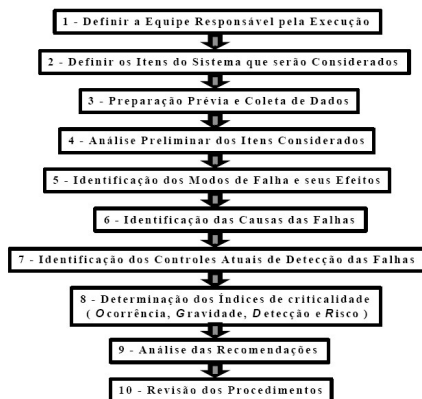
FERNANDES, 2005

OUTROS EXEMPLOS DE CRITÉRIOS DE RISCO

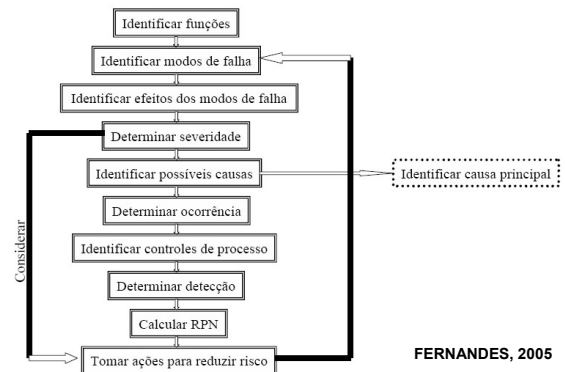
DETECÇÃO		
Índice	Deteção	Critério
1		
2	Muito Grande	Certamente será detectado
3		
4	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
5		
6	Moderada	Provavelmente será detectado
7		
8	Pequena	Provavelmente não será detectado
9		
10	Muito Pequena	Certamente não será detectado

FERNANDES, 2005

FLUXO PARA ELABORAÇÃO DA FMEA



FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO FMEA



FERNANDES, 2005

ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

• 1. Planejamento

- Realizada pelo responsável pela aplicação da metodologia.
- Compreende:
 - **descrição dos objetivos e abrangência da análise:** identifica-se qual(ais) produto(s)/processo(s) será(ão) analisado(s);
 - **formação dos grupos de trabalho:** define-se os integrantes do grupo, que deve ser preferencialmente pequeno (entre 4 a 6 pessoas) e multidisciplinar (contando com pessoas de diversas áreas como qualidade, desenvolvimento e produção);
 - **planejamento das reuniões:** devem ser agendadas com antecedência e com o consentimento de todos os participantes para evitar paralisações;
 - **preparação da documentação**

DADOS

- **Usar Dados Históricos** - falhas podem ser definidas através da análise de dados similares relativos à produtos e/ou serviços, garantias, reclamações de clientes, etc.
- **Usar Técnicas Matemáticas** – falhas identificadas através de inferência estatística, modelagem matemática, simulações e estudos de confiabilidade.

ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

• 2. Análise de Falhas em Potencial

- É realizada pelo grupo de trabalho que discute e preenche o formulário FMEA, definindo:
 - função(ões) e característica(s) do produto/processo (coluna 1);
 - tipo(s) de falha(s) potencial(is) para cada função (coluna 2);
 - efeito(s) do tipo de falha (coluna 3);
 - causa(s) possível(eis) da falha (coluna 4);
 - controles atuais (coluna 5);

ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

• 3. Avaliação dos Riscos

- Nesta fase são definidos pelo grupo os índices de **severidade (S)**, **ocorrência (O)** e **detecção (D)** para cada causa de falha, de acordo com critérios previamente definidos.
- O ideal é que a empresa tenha os seus próprios critérios adaptados a sua realidade específica).
- Depois são calculados os **coeficientes de prioridade de risco (RPN (risk priority number))**, por meio da multiplicação dos outros três índices.

ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

• 4. Melhoria

- O grupo, utilizando os conhecimentos, criatividade e até mesmo outras técnicas como *brainstorming*, lista todas as ações que podem ser realizadas para diminuir os riscos.
- Estas medidas podem ser:
 - medidas de prevenção total ao tipo de falha;
 - medidas de prevenção total de uma causa de falha;
 - medidas que dificultam a ocorrência de falhas;
 - medidas que limitem o efeito do tipo de falha;
 - medidas que aumentam a probabilidade de detecção do tipo ou da causa de falha;
- Estas medidas são analisadas quanto a sua viabilidade, sendo então definidas as que serão implantadas.

ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA FMEA

• 5. Continuidade

- O formulário FMEA é um documento "vivo", ou seja,
- Deve ser revisado sempre que ocorrerem alterações neste produto/processo específico.
- Regularmente revisar a análise confrontando as falhas potenciais imaginadas pelo grupo com as que realmente vem ocorrendo no dia-a-dia do processo e uso do produto
 - Permitir a incorporação de falhas não previstas, bem como a reavaliação, com base em dados objetivos, das falhas já previstas pelo grupo.

REFERÊNCIAS

- FERNANDES, José Márcio Ramos. Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA. Dissertação: Mestrado. Pontifícia universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2005.
- TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. A. FMEA – Análise do Tipo e Efeito de Falha. GEPQ – UFSCAR
- GARCIA, M. D. Uso integrado das técnicas de HACCP, CEP e FMEA. TCC. Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção. Porto Alegre. Universidade Federal do rio Grande do Sul. 2000.
- Souza, L. P. Desenvolvimento de equipamentos de Inspeção final para indústria alimentícia com ênfase na utilização da ferramenta FMEA. Monografia. Especialização em Engenharia de Produção. São Paulo. Universidade São Judas Tadeu. 2010.
- Ioannis S. Arvanitoyannis; Theodoros H. Varzakas. Application of failure mode and effect analysis (FMEA) and cause and effect analysis for industrial processing of common octopus (*Octopus vulgaris*) – Part II. **International Journal of Food Science and Technology**, 44, 79–92, 2009.