



# FMEA e FMECA

---

## **Turma 04B Grupo 06**

- Luiz Manoel Almeida Monteiro - NUSP 10335750
- Murilo Pereira Agostinho - NUSP 9849031
- Pedro Augusto Ungaretti Ramos - NUSP 10426629



# CONTEXTO HISTÓRICO

## **Desenvolvida no âmbito militar norte americano em 1949**

- Padrão para as operações militares - Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (Military Procedure MIL-P-1629);
- Esta norma foi utilizada como uma técnica de avaliação da confiabilidade;
- Determinar os efeitos nos sistemas e falhas em equipamentos;
- Falhas foram classificadas de acordo com seus impactos nos sucessos das missões e com a segurança pessoal/equipamento.

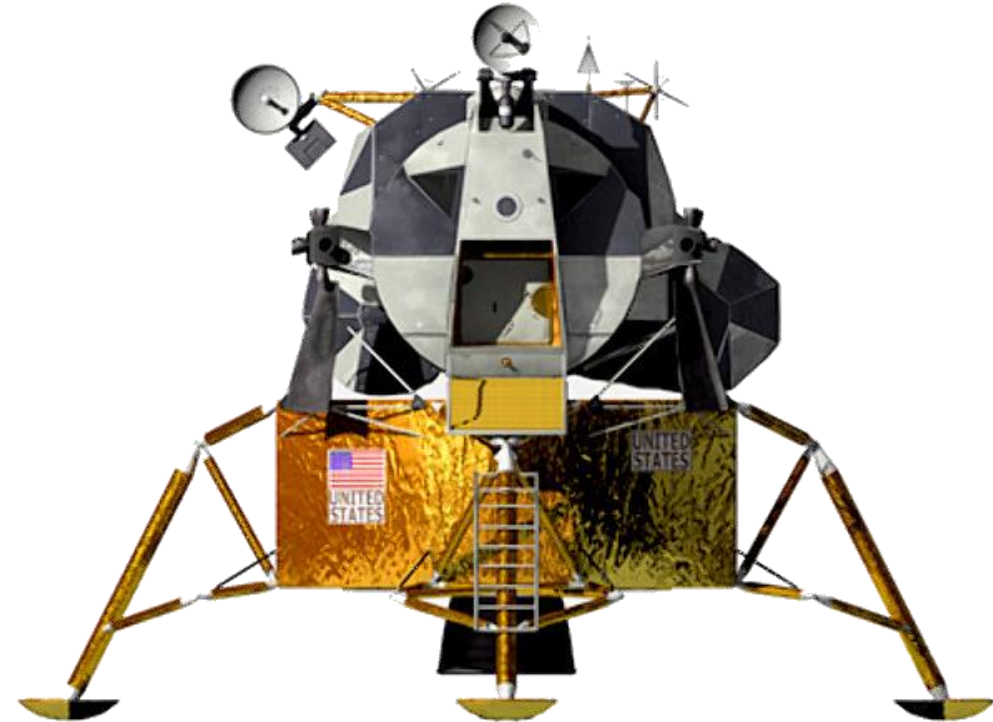


# CONTEXTO HISTÓRICO

---

## Incorporada pela NASA em 1960

- Alguns historiadores afirmam que o FMEA possa ter surgido, na verdade, em estudos da NASA (National Aeronautics and Space Administration) durante o projeto Apollo 11.



# CONTEXTO HISTÓRICO

**Só a partir de 1988 começou a ser amplamente implementada na indústria**

- As primeiras indústrias a utilizarem essa metodologia em suas fábricas foram as indústrias ligadas ao setor automotivo;
- Entre elas, a Ford Motor Company foi a primeira a de fato instalar em sua linha de montagem essa metodologia.



# CONCEITOS

---

- **FMEA - Failure Mode and Effect Analysis.**

É um método que envolve análise qualitativa de falhas. O método visa analisar as possíveis falhas e listar possíveis efeitos gerados pelas falhas mais críticas e propor ações de melhorias que aumentem a confiabilidade do produto.

- **FMECA - Failure Mode and Critical Analysis.**

Envolve a criação de uma série de ligações entre possíveis falhas, o impacto no produto (Efeitos) e as causas da falha, buscando definir a probabilidade que a falha venha a acontecer.

# TIPOS DE FMEA

## FMEA de sistema (System FMEA)

- Focado em analisar as possíveis falhas nos sistemas e subsistemas no início do desenvolvimento do conceito e do projeto;

## FMEA de produto (DFMEA)

- Analisar as falhas de um produto antes de sua liberação para a fabricação;

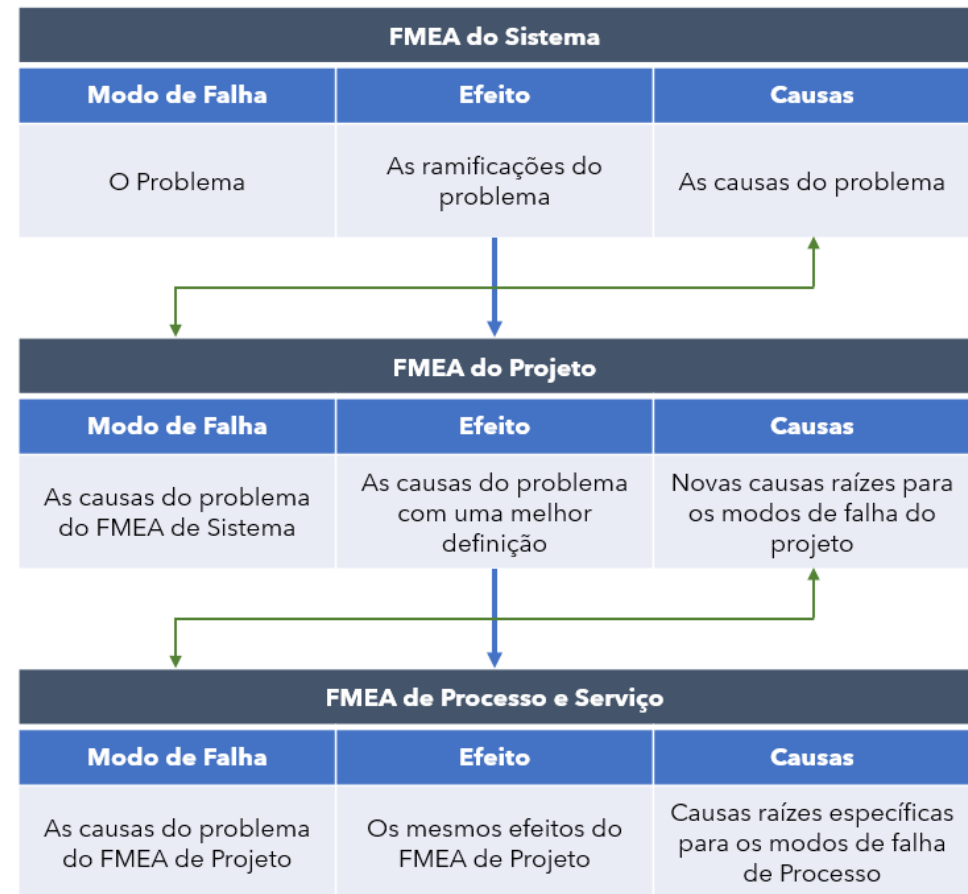
## FMEA de processo (PFMEA)

- Analisar as falhas relacionadas aos processos de fabricação e montagem;

## FMEA de serviço (Service FMEA)

- Analisar as falhas relacionadas a um serviço antes que ele chegue a um consumidor.

Relacionamento entre os vários tipos de FMEA (STAMATIS, 1995)



# OBJETIVOS

---

## **Benefícios de Design e Desenvolvimento**

- Maior confiabilidade;
- Melhor qualidade;
- Margens de segurança mais altas;
- Diminuição do tempo de desenvolvimento e *re-design*.

## **Benefícios de custo**

- Reconhecer antecipadamente os modos de falha (quando são menos onerosos para resolver);
- Custos de garantia minimizados;
- Aumento das vendas da satisfação do cliente.

## **Benefícios de Operações**

- Planos de controle mais eficazes;
- Requisitos de teste de verificação e validação aprimorados;
- Manutenção preventiva e preditiva otimizada;
- Análise de crescimento da confiabilidade durante o desenvolvimento do produto;
- Diminuição de desperdícios e operações sem valor agregado (*Lean Manufacturing*).

# LEAN MANUFACTURING

Como dito anteriormente **foi a Ford a primeira empresa a implementar o sistema FMEA e FMECA** em sua produção, mas foi a **Toyota que mais obteve sucesso com a boa aplicação do método.**

Percebendo que **existe uma relação entre modificações no produto e novas falhas** e, que **nem sempre os engenheiros percebem todos os possíveis riscos de falhas devido às mudanças**, que a Toyota Motor Corporation, visando tornar **visíveis todos os problemas latentes**, assegurar que as **medidas** necessárias **para corrigi-los** sejam **previamente estabelecidas** e que as correções **sejam todas implementadas**, desenvolveu um método baseado no FMEA.





# LEAN MANUFACTURING

Esse método é parte de sua **filosofia Mizen Boushi** (traduzido por “medidas de prevenção”), e foi chamado de **Design Review Based on Failure Mode** - Revisão de Projeto baseada em Modos de Falha.

Dessa forma, muitos dos **engenheiros acabavam trabalhando como “troubleshooter”** da empresa e que esses profissionais eram tidos como os “heróis” da fábrica por solucionar “problemas que nunca aconteceram”.

Assim **viabilizando a confiabilidade** necessária para **aplicação de uma produção enxuta**.



# EXECUÇÃO

## Etapa 1 - FMEA

Início pelo FMEA -> Permite a inclusão de aspectos qualitativos, facilitando o seu desenvolvimento dentro de uma equipe multidisciplinar de engenharia. São passos do FMEA:

- Identificação do escopo;
- Definição do sistema;
- Identificar modos de falha conhecidos e potenciais;
- Identificação dos efeitos de cada modo de falha;
- Função detalhada e/ou requisitos (da peça ou produto).



# EXECUÇÃO

## Etapa 2 - Nível de severidade

Inicia-se, então, uma análise quantitativa sobre a severidade de uma potencial falha. Um dos trabalhos do analista de FMECA é definir a escala de análise e os valores associados a cada seção. Um exemplo pode ser observado abaixo:

Impacto	O que afeta	Severidade
Muito Alta	Segurança do Usuário, Missão, Ambiente	10
Alta	Funções primárias do produto ou serviço	8
Moderada	Funções secundárias relevantes ao cliente	6
Baixa	Funções secundárias pouco relevantes ao cliente	4
Muito Baixa	Funções secundárias irrelevantes	1

# EXECUÇÃO

## Etapa 3 Probabilidade de detecção

A probabilidade de detecção é um fator extremamente importante em processos que falhas levam a impactos catastróficos. Por conta disso, o fator associado a essa parcela deve ser determinado com bastante cautela, caso contrário, uma possível não detecção do problema pode impedir que ações sejam tomadas para minimizar a falha ocorrida no processo. Um exemplo de tabela com probabilidade de detecção pode ser encontrada abaixo.

Condição	Probabilidade de detecção (%)	Rank de detecção
Incapaz de Detectar	0~10	10
Detecção improvável	40~50	6
Detecção provável	60~70	4
Sistema de controle confiável	100~90	1

# EXECUÇÃO

## Etapa 4 - Probabilidade de ocorrência

Atribuição de valores de probabilidade para cada modo de falha, de acordo com uma dada fonte.

Em seguida, faz-se a atribuição da taxa falha para cada componente (disponíveis na fonte).

Os valores qualitativos (FMEA) são utilizados quando não há taxa de falha disponível (principalmente em projetos novos ou inovadores).

Ocorrência	Probabilidade de Falha	Probabilidade de Ocorrência de Erro Humano	Probabilidade (Qualitativo)
1	<1:20000	< a cada 5 anos	Improvável
2	1:20000	Em 3-5 anos	Muito Remota
3	1:10000	Em 1-3 anos	Remota
4	1:2000	A cada ano	Muito Baixa
5	1:2000	A cada 6 meses	Baixa
6	1:200	A cada 3 meses	Moderada
7	1:100	A cada mês	Moderadamente Alta
8	1:20	A cada semana	Alta
9	1:10	A cada poucos dias	Muito Alta
10	1:2	A cada dia	Quase Certa

Exemplo: M. Giardina, M. Morale/ Journal of Loss Prevention in the Process Industries (2015), 35-45

# EXECUÇÃO

## Etapa 5 - Criticidade e Número de Prioridade de Risco

**Criticidade (Cm)** - Interseção das taxas de Gravidade e Ocorrência, usada como indicador dos pontos fracos do projeto ou do processo.

$$\mathbf{Cm} = (\text{OCORRÊNCIA}) \times (\text{SEVERIDADE})$$

**Número de Prioridade de Risco (NPR)** - Determina a ordem de prioridade de intervenção nas falhas que foram identificadas.

$$\mathbf{NPR} = (\text{SEVERIDADE}) \times (\text{OCORRÊNCIA}) \times (\text{DETECÇÃO})$$

Os valores mais altos mostram que há falhas com maior urgência de intervenção que, por isso, devem ser colocadas como prioridades. Esse processo é utilizado para classificar as deficiências dos sistemas.

# EXECUÇÃO

---

## **Etapa 6 - Feedback de projeto e mitigação do risco**

Após a análise da criticidade e das taxas, o FMECA propõe as prioridades dos processos que devem sofrer mudanças. Normalmente as ações com maior nível de prioridade são relacionadas a mudança no nível de criticalidade e detecção defeituosa de falhas. Algumas estratégias que podem ser implementadas são.

- Mudança de design, para casos extremos;
- Seleção de componentes mais confiáveis;
- Redundância física ou de software;
- Sistema de alerta, que avise o operador de maneira rápida.

# EXECUÇÃO

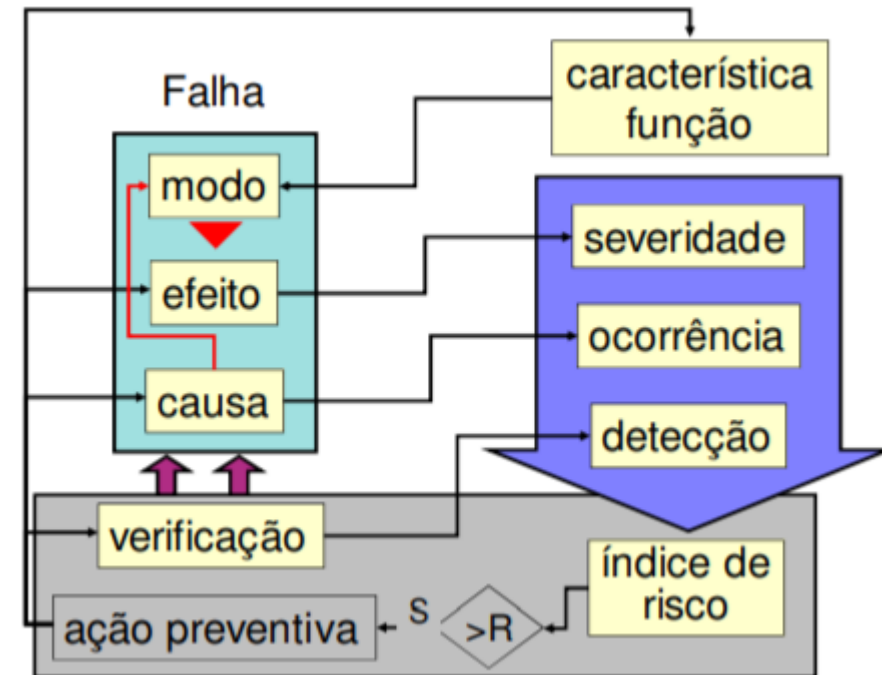
## Etapa 7 - Análise de Sustentabilidade

Análise dos itens de maior risco e determinação de quais componentes tendem a falhar mais cedo. O custo e a disponibilidade de peças também são considerados.

Análise pode afetar os componentes quando na fase de *design* - Acesso rápido aos componentes quando a capacidade de manutenção é necessária com mais frequência.

Painéis de acesso, fáceis de remover, permitem o serviço dos componentes e itens identificados. Isso pode limitar o tempo de máquinas importantes.

Geralmente, uma lista de peças sobressalentes é criada a partir da análise de manutenção.

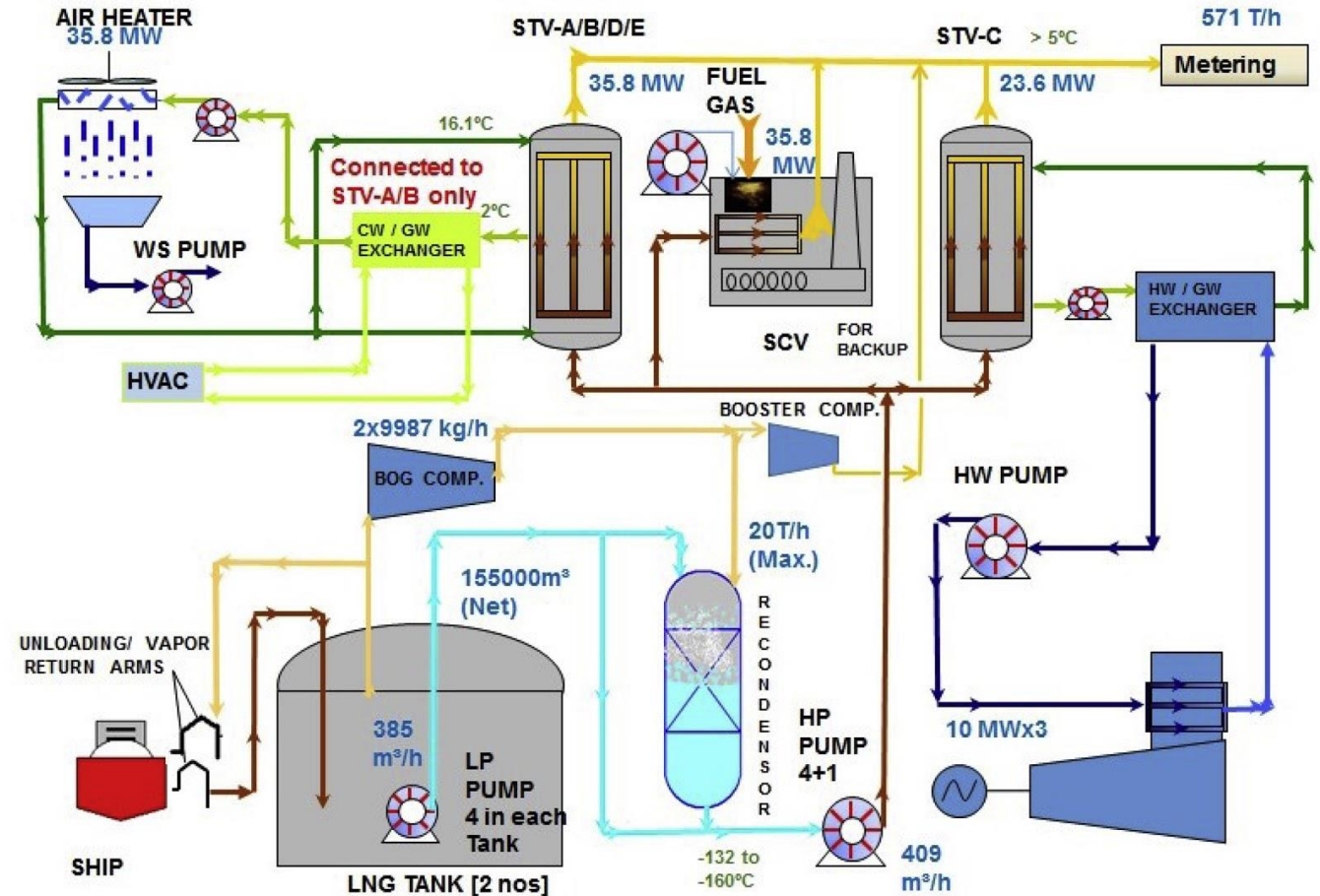




# ESTUDO DE CASO 1

## Parceria entre Petronet e a universidade Cochin (India).

- Análise da unidade de armazenamento de gás natural liquefeito utilizando FMECA;
- Extremo risco envolvendo na operação, gás natural pode explodir facilmente caso ocorra vazamentos e não conseguir mantê-lo liquefeito;
- Através do FMECA foi possível definir as prioridades de melhoria do processo, sendo exibidas no próximo slide.



# ESTUDO DE CASO 1

## Estudo realizado no terminal de GNL de Kochi

- Custo de construção: 1.5 Bi R\$ em 2013;
- Ocupa 33.4 Ha de terra;
- Capaz de regaseificar 5 mi de toneladas de gás natural por ano;
- Em caso de falha catastrófica, a usina inteira pode ser comprometida.

Prioridade	Fenômeno	Deteccção	Severidade	Ocorrência
1	Problema na bomba dos tanques	5	7	8
2	Atraso dos transdutores de pressão dos vaporizadores	5	9	3
3	Alarme de rollover nos tanques	4	8	4
4	Atraso nos transdutores de pressão dos tanques	5	8	3

## ESTUDO DE CASO 2

---

### **TOYOTA**

- Lançamento de um novo modelo de um carro já existente;
- Mudança de alguns novos adicionais do carro;
- Ter noção do quanto a frequência de uma possível falha impacta no projeto.



# ESTUDO DE CASO 2

---

## **TOYOTA**

- Tapete mal fixado no assoalho do motorista;
- Permitia a movimentação;
- Travava o pedal de aceleração
- Recall de 100 mil unidades brasileiras;
- Qual o prejuízo?





Prioridade	Fenômeno	Detecção	Severidade	Ocorrência
1	Travamento do pedal do acelerador	5	10	7
2	Travamento do pedal de freio	5	8	5
3	Tapete pequeno	6	2	6
4	Material fedido	7	3	4

## ESTUDO DE CASO 2

- **TOYOTA**

- Tapete mal fixado no assoalho do motorista;
- Permitia a movimentação;
- Travava o pedal de aceleração
- Recall de 100 mil unidades brasileiras;
- Qual o prejuízo?



# BIBLIOGRAFIA

---

## Artigos e Matérias online

- Rosemary Martins - **Análise de modos de Falha e Efeitos (FMEA)** - Blog da Qualidade (2012)
- Daniella Doyle - **O que é FMEA e como aplicar para melhorar processos e produtos** - Siteware (2019)
- Carlos Sander - **O que é FMEA em gestão da qualidade: 11 passos para aplicar** - CAE Treinamentos (2018)
- Rodolfo Stonner - **FMEA e FMECA - análise do modo de falhas, efeitos e criticalidade** - BlogTek (2016)
- Jurarez Barbosa - **Ferramentas de Confiabilidade e Risco - FMEA e FMECA** - Consultoria & Engenharia (2018)
- Jhonata Teles - **FMEA: O que é e como fazer** - Engeteles
- Virgílio Marques dos Santos - **Você já ouviu falar do FMECA?** - FM2S (2019)
- Redação - **Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA)** - Nortegubisian (2018)



# BIBLIOGRAFIA

---

## Artigos Científicos e Livros

- Renjith, V. R.; Kalathil, M. J.; Kumar, P. H.; Madhavan, P.; (2018) **Fuzzy FMECA (failure mode effect and criticality analysis) of LNG storage facility.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v.56, ISSN 0950-4230
- Scipioni, A.; Saccarola, G.; Centazzato, A.; Arena, F.; (2002) **FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company.** Food Control, v.13, n.8.
- Peeters, J. F. W.; Basten, R. J. I.; Tinga, T.; (2018) **Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner.** Reliability Engineering & System Safety, v.172.
- Palady, P.; (2004) **FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeito.** Editora IMAM, ISBN: 9788589824316.
- Herpich, C.; Fogliato, F. S.; (2013) **Aplicação de FMECA para definição de estratégias de manutenção em um sistema de controle e instrumentação de turbogeradores,** Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, v. 5.