# FMEA "FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS"

# ANÁLISE DOS TIPOS DE FALHAS E EFEITOS


1. INTRODUÇÃO

2. FMEA⇔ISO 9000⇔QS 9000

3 - INTRODUÇÃO FMEA

4. FMEA DE PROJETO

5. FMEA DE PROCESSO

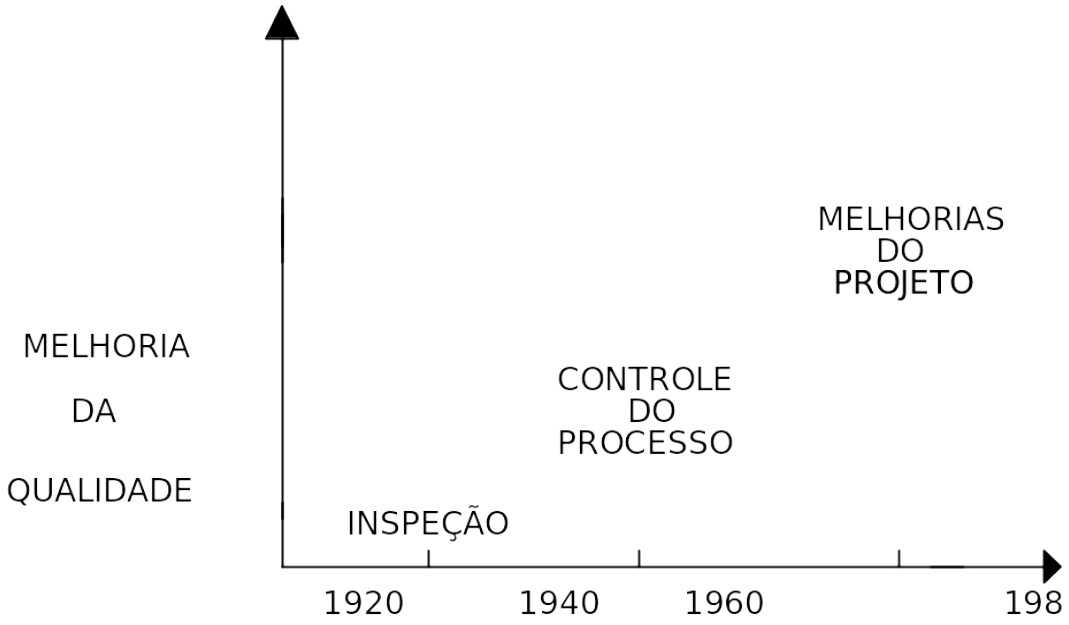
# Introdução

# QUANTO CUSTA UMA MODIFICAÇÃO

# CUSTO = F (CICLO DO PROJETO)



# EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES DE CONTROLE DA QUALIDADE




CEP: Ferramenta importante para monitoramento da qualidade. Porém, deve ser acompanhado por outros métodos usados antes da produção.

***FMEA busca melhorias no PROJETO do produto e do PROCESSO.***

# FMEA - “FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS”
# ANÁLISE DOS TIPOS DE FALHAS E EFEITOS

## O QUE É ?

**É uma técnica que tem por objetivo:**

1) **Reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto/processo e seus efeitos**
2) **Identificar ações que podem eliminar ou reduzir a chance da falha potencial vir a ocorrer**
3) **Documenta o processo de análise**

**Em resumo FMEA é uma técnica que procura listar todas as possíveis falhas (de produto ou do Processo) e suas causas para que sejam analisadas e tomadas as ações preventivas necessárias.**

## ONDE SE APLICA ?

**O FMEA é complementar ao processo de desenvolvimento do projeto e faz com que o mesmo contenha os requisitos que satisfaçam as necessidades dos clientes.**

## HISTÓRICO

**Apesar de sempre terem sido realizadas análises semelhantes a FMEA nos projetos e processos de manufatura, a primeira aplicação formal da FMEA foi uma inovação da indústria aeroespacial em meados dos anos 60.**

# METODOLOGIAS DESENVOLVIDAS NA ÁREA DE "GARANTIA DA QUALIDADE"

- **FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).**
- **QFD (Quality Function Deployment).**
- **Delineamento de Experimentos e Metodologia Taguchi.**
- **Diagrama de Árvore e Análise da Árvore de Falhas.**
- **Diagrama de Causa e Efeito.**
- **Análise de Valor.**
- **Outros.**

# *FMEA ⇔ ISO 9000 ⇔ QS 9000*

# FMEA ⇔ ISO 9000 ⇔ QS 9000

## ⇒ ISO 9000

**Não é obrigatório o uso da ferramenta FMEA.**

**Se utilizada, pode atender aos seguintes itens:**

**4.4. Controle de Projeto**

- **com relação ao sub-item Análise Crítica de Projeto (FMEA de Projeto)**

**4.14. Ação Corretiva e Preventiva**

- **com relação do sub-item Ação Preventiva (FMEA PROJETO e/ou PROCESSO)**

## ⇒ QS 9000

**É obrigatório o uso da ferramenta FMEA.**

**Se a empresa executa o projeto do Produto deve utilizar FMEA de Projeto e Processo caso contrário apenas FMEA de Processo.**

**Essa exigência está no item 4.2 Sistema da Qualidade e é solicitada também no APQP (Planejamento Avançado da Qualidade do Produto) e no PPAP (Processo de Aprovação de Peças de Produtos).**

# *Introdução FMEA*

# TIPOS DE FMEA

## FMEA DE PROJETO (PRODUTO)

**Utilizado para identificar as falhas potenciais devido as deficiências do projeto do produto. Geralmente é feito durante a execução do projeto do produto. Sua aplicação se estende a componentes isolados, subconjuntos principais e ao próprio produto.**

## FMEA DO PROCESSO

**Utilizado para identificar as falhas potenciais devido as deficiências do processo de manufatura. Deve ser feito durante a execução do projeto do processo de manufatura.**

# Através da técnica FMEA é possível:

- **Assegurar que todos os modos de falhas possíveis, seus efeitos e causas sejam considerados.**
- **Desenvolve uma lista de falhas potenciais classificadas de acordo com seus efeitos no cliente, estabelecendo assim um sistema e priorização para melhorias do projeto e ensaios de desenvolvimento**
- **Auxiliar na seleção de alternativas de projeto do produto/processo com alta confiabilidade e qualidade.**
- **Identificar itens críticos de segurança.**
- **Determinar quais características do produto / processo necessitam de controles adicionais.**
- **Proporcionar informações adicionais para ajudar no planejamento de programas de desenvolvimento e de ensaios eficientes e completos**
- **Proporcionar uma forma de documentação aberta para recomendar ações de redução de risco**
- **Proporcionar referências para no futuro ajudar na análise de problemas de campo, avaliando modificações no projeto e desenvolvendo projetos avançados**
- **Rever controles atuais.**

***Esta técnica requer, além de um profundo conhecimento do projeto e processo do produto, o uso do bom senso de cada participante.***

# FMEA ⇒ PREVENÇÃO DE PROBLEMAS

## VANTAGENS:

- **Redução do volume de alterações/retrabalhos necessários.**
- **Redução de problemas na produção.**
- **Promove a integração e trabalho multifuncional.**
- **Documenta e divulga os riscos provenientes do desenvolvimento do produto.**
- **Evita com que falhas de projeto (produto, processo, sistema de controle) cheguem ao cliente.**

# APLICAÇÃO SISTÊMICA

**Para a boa aplicação do FMEA dois pontos são fundamentais:**

1. **Acompanhamento do cronograma definido e uma efetiva implementação das ações recomendadas.**

2. **Realização de revisões periódicas dos estudos.**

***A utilização do FMEA deve ser uma atividade integrada à rotina diária. Se os dois pontos acima não forem observados, grande parte dos esforços e recursos alocados na execução dos estudos terão sido desperdiçados.***

***O FMEA é um documento dinâmico, cabe a empresa definir o responsável para atualizá-lo sempre que existirem modificações nos processos / produtos.***

# POR QUE DA IMPLEMENTAÇÃO DA FMEA

**A empresa possui um compromisso em melhorar continuamente seus produtos, é importante o uso da FMEA como uma técnica disciplinada para identificar e ajudar a eliminar problemas potencias. Estudos de campanhas de campo da indústria automobilística mostram que um programa de FMEA totalmente implementado poderia ter prevenido que muitas destas acontecessem.**

**Embora seja necessário que a responsabilidade pela execução da FMEA seja delegada a um indivíduo, a FMEA deveria ser resultado de um trabalho em equipe. Deve ser montada uma equipe de especialistas com experiência no tema a ser analisado, por exemplo, engenheiros especialistas em projeto, manufatura, montagem, assistência técnica, qualidade e confiabilidade.**

**Um dos fatores mais importantes para implementação com sucesso de um programa de FMEA é o momento oportuno de sua execução. A FMEA deve ser uma ação “antes-do-evento”, e não um exercício “após-o-evento”.**

**O tempo gasto no início do projeto na realização correta de uma FMEA, quando alterações de processo/projeto podem ser implementadas mais facilmente e com menores custos, irá aliviar as crises provocadas por alterações tardias. Uma FMEA pode reduzir ou eliminar a chance de implementar uma alteração que poderia criar um problema ainda maior. corretamente aplicada, é um processo interativo que nunca se acaba.**

# ETAPAS PARA APLICAÇÃO DO FMEA

1. **Identificação do projeto (produto/processo) a ser estudado**

2. **Identificação dos elementos**

- **Peças / Partes / Componentes**
- **Fluxograma do processo**

3. **Caracterização das funções de cada componente do produto/etapa do processo**

4. **Identificação do tipo, efeito e causa das falhas**

5. **Identificação do modo de detecção das falhas**

6. **Avaliação dos índices**




7. **Ações recomendadas**
   **Responsabilidades / Prazos**

8. **Controle das ações**

9. **Revisão dos índices (avaliação da eficácia das ações)**

10. **Atualização / Revisão do FMEA sempre que necessário.**

# *FMEA de PROJETO*

# FMEA DE PROJETO

**FMEA de Projeto é uma técnica utilizada pela equipe responsável pelo projeto do produto, como a finalidade de assegurar que, tanto quanto possível, tipos de falhas potenciais do projeto e suas causas tenham sido consideradas e abordadas.**
**De forma mais precisa, uma FMEA é um resumo dos pensamentos da equipe responsável de como um componente/subsistema ou sistema é projetado (incluindo uma análise dos itens que poderiam falhar baseados na experiência e nos problemas passados). Desta forma formaliza e documenta a linha de pensamento que é normalmente percorrida durante o desenvolvimento de um projeto.**

## FMEA do Projeto:

- **Identifica tipos de falha potencial relativos ao produto**
- **Avalia os efeitos potenciais da falha sobre o cliente**
- **Identifica causas potenciais do projeto do produto nas quais se focalizarão controles para redução de ocorrências ou melhoria da detecção**
- **Identifica necessidades de teste**
- **Desenvolve uma lista ordenada de tipos de falha potencial, estabelecendo então um sistema de prioridades para consideração de ações corretivas**
- **Considera os requisitos de manufatura e montagem no projeto inicial**

# DEFINIÇÃO DO CLIENTE

**Normalmente o cliente é o "usuário final", entretanto outros clientes devem ser considerados.**

- **Projetistas de subconjuntos correlatos**
- **Técnico do processo ou montagem**
- **Assistência técnica**

# GRUPO DE TRABALHO

**Para a elaboração do FMEA, deve-se formar uma equipe multifuncional com representante das seguintes áreas:**

- **Engenharia de Produto/Materiais**
- **Engenharia do Processo**
- **Garantia / Controle da Qualidade**
- **Produção (Fabricação/Montagem)**
- **Serviços**
- **Fornecedores**

**Se necessário pode-se envolver as áreas de Marketing / Vendas**

**Durante a execução da FMEA de Projeto, o Engenheiro Responsável deverá procurar informações nas áreas de Manufatura (capacidade de processos semelhantes e limitações técnicas) Qualidade (Problemas de qualidade internos e no campo) e nas demais áreas de Projeto, responsáveis por itens correlatos.**

**No caso de itens projetados por fornecedores, o responsável pelo projeto na empresa deve ser consultado. A execução da FMEA deve estimular a troca de idéias entre as áreas afetadas para formar um grupo de trabalho.**

# DESENVOLVIMENTO DO FMEA DE PROJETO

**FMEA de projeto é um documento vivo e deve ser realizado antes da elaboração dos processos de fabricação e montagem.**

- ***FMEA de projeto assume que o produto será fabricado conforme projetado (desenhos).***

- ***Tipos de falhas e respectivas causas potenciais que possam ocorrer na manufatura do produto não devem ser incluídos no FMEA do Projeto, pois seu controle é feito pelo FMEA do Processo. Controle e Efeito devem estar cobertos na FMEA do Processo***

**NOTA: Os problemas causados por processos de conhecimento do especialista em projeto, deverão ser encaminhadas ao Engenheiro Responsável pela preparação da FMEA processo.**
**Da mesma forma, eventuais problemas de projeto, (falha potencial) detectadaos por ocasião da preparação do FMEA de processos, devem ser encaminhadas ao Engenheiro responsável pelo FMEA do Projeto.**
**A FMEA de Projeto apesar de não depender de controles do processo para reduzir o efeito das deficiências do projeto, leva em consideração limitações técnicas, tais como:**

- **Necessidade de ângulos de saída**
- **Dificuldades em acabamento de superfície**
- **Espaço para montagem e desmontagem**
- **Acesso para ferramentas**
- **Capacidade do processo**

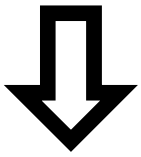
**A empresa deve desenvolver um formulário próprio para facilitar a documentação e o estudo das falhas em potências**

# DESENVOLVIMENTO DO FMEA DE PROJETO

- **O processo inicia-se pelo desenvolvimento de uma lista sobre:**

– **o que se espera que o projeto venha a fazer**

– **o que se espera que o projeto não venha a fazer**

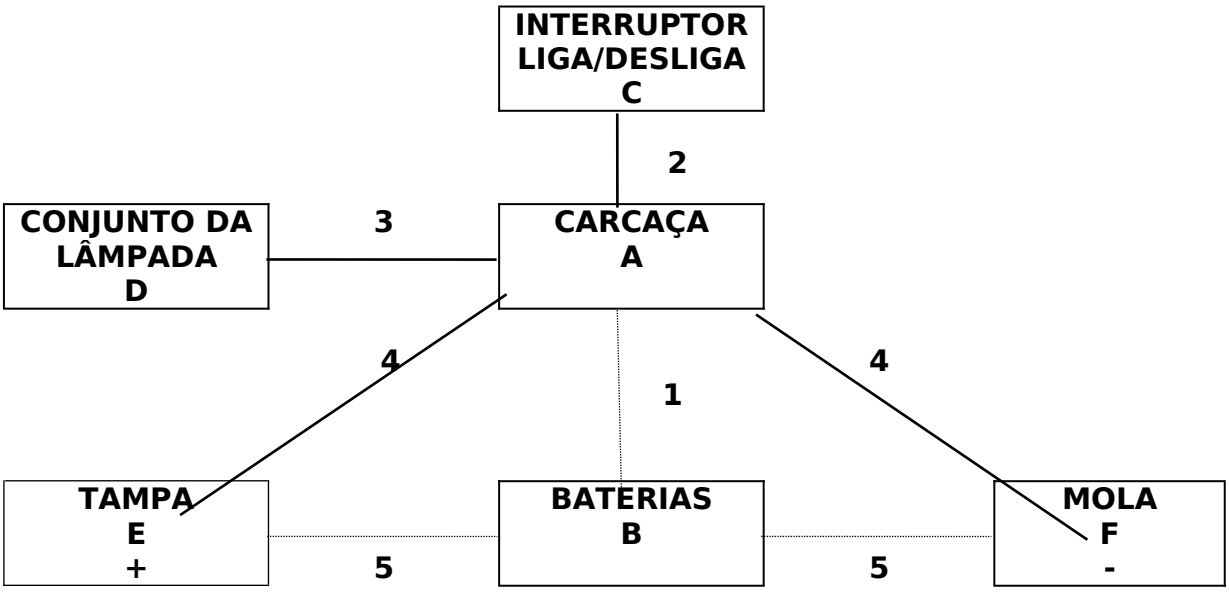


**OBJETIVO DO PROJETO**

**Quanto melhor for a definição das características do projeto, mais fácil será a identificação dos tipos de falha potencial e ações corretivas.**
**O Engenheiro têm a seu dispor inúmeros documentos para usar na preparação desta lista.**
**As necessidades e as expectativas do cliente poderão ser determinadas através de fontes, tais como:**
**Desdobramento da função Qualidade (QFD), Análise Crítica de contrato, desenhos e normas para referências, lay out de montagem, manuais de qualidade do cliente e outros requisitos conhecidos do produto**

**FMEA do projeto deve ser iniciado com um diagrama de blocos do sistema, subsistema e/ou componente que está sendo analisado.**

# EXEMPLO DE DIAGRAMA DE BLOCOS PARA FMEA DO PROJETO - lanterna




| COMPONENTES | MÉTODO DE FIXAÇÃO |
|---|---|
| A. CARCAÇA | 1. ENCAIXE DE ROSCA |
| B. BATERIAS | 2. REBITES |
| C. INTERRUPTOR LIGA/DESLIGA | 3. ROSCA |
| D. CONJUNTO DA LÂMPADA | 4. AJUSTE RÁPIDO |
| E. TAMPA | 5. ENCAIXE DE PRESSÃO |
| F. MOLA | |

**Na FMEa raciocina-se de “baixo para cima”, procura-se determinar modos de falha dos componentes mais simples, as suas causas e de que maneira eles afetam os níveis superiores do sistema. As perguntas básicas que são feitas em uma análise via FMEA são:**

- **De que maneiras um componente pode falhar**
- **Que tipo de falhas são observadas?**
- **Quais são os efeitos da falha sobre o sistema?**
- **Qual é a importância da falha?**
- **Como preveni-la?**

**Essa análise é basicamente dedutiva, e não necessita de cálculos mais sofisticados. Os resultados da FMEA são registrados no formulário padronizado.**

# APÊNDICE
## ANÁLISE DO MODO E EFEITOS DA FALHA POTENCIAL (FMEA DO PROJETO)

Número da FMEA _____

_____ Sistema
_____ Subsistema
_____ Componente

Pág _____ De _____

Responsabilidade de Projeto _____

Preparado por: _____

Ano(s) Modelo(s)/veículo(s) _____

Data-chave _____

Data da FMEA (Org). _____

Equipe Central _____

| Item / Função | Modo de Falha Potencial | Efeito(s) Potencial (ais) de Falha | Sev | Class | Causa(s) Mecanismo(s) Potencial(ais) de Falha | OCOR | Controle(s) de Projeto Atual (is) | Detec | NPR | Ações Recomendadas | Responsável e Prazo | Resultados da Ação | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | Ações Tomadas | SEV | OCO | DET | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

# APÊNDICE

## ANÁLISE DO MODO E EFEITOS DA FALHA POTENCIAL (FMEA DO PROJETO)

Número da FMEA: 1234

Pág 1 De 1

___ Sistema

_x_ Subsistema

Componente: 01.03 / Fechamento de Carroçaria

Responsabilidade de Projeto: Engenharia de Carroçaria

Preparado por: A. Tate - X6412 - Eng. De Carroçaria

Ano(s) Modelo(s)/veículo(s): 199X/Lion 4 P/Wagon

Data-chave: 9X 03 01 ER

Data da FMEA (Org).: 8X 03 22 (Rer.) 8X 07 14

Equipe Central: T. Fender - Desenv. Prod. Veic. / Childers - Fabricação / J. Ford - Mont. Opc. (Dalton. Fraser. Inst. Montagem Henley)

| Item / Função | Modo de Falha Potencial | Efeito(s) Potencial (ais) de Falha | Se v | Cl ass | Causa(s) Mecanismo(s) Potencial(ais) de Falha | OCOR R | Controle(s) de Projeto Atual (is) | Det ec | NPR | Ações Recomendadas | Responsável e Prazos | Resultados da Ação: Ações Tomadas | SEV | OCO | DET | NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Porta dianteira LG H6HX-0000-A<br>▪ Entrar e sair do veículo<br>▪ Proteção dos ocupantes contra clima, ruído e impacto lateral<br>▪ Ancoragem para equipamentos da porta, inclusive espelho, dobradiças, trinco e regulador da janela<br>▪ Dar acabamento superficial nos itens aparentes<br>▪ Pintura e acabamentos internos | Corrosão na parte inferior dos painéis de porta internos | Deterioração de vida da porta causando:<br>▪ Aparência não satisfatória devido a corrosão através da pintura ao longo do tempo<br>▪ Funcionamento impróprio dos equipamentos da porta | 7 | | A borda superior da aplicação de cera protetora especificada para os peinéis de portas esta muito pequena | 6 | Teste de durabilidade geral do veículo<br>T- 118<br>T- 109<br>T- 301 | 7 | 294 | Incluir teste acelerado de corrosão em laboratório | A. Tate Eng. de Carroçaria 8X 09 30 | Baseada em resultados de testes (Teste nº1481) a especificação da espessura da borda superior aumentou 125 mm. | 7 | 2 | 2 | 26 |
| | | | | | Espessura de cera especificada é insuficiente | 4 | Teste de durabilidade geral do veículo - conforme acima | 7 | 196 | Incluir teste acelerado de corrosão em laboratório Conduzir Experiência de Projeto (DOE) para espessura da cera | Conbinação com teste para verificação da borda superior da cera | Resultados de teste (Teste nº1481) mostram que a espessura especificada é adequada DOE mostra que variação de 25% na espessura é aceitável | 7 | 2 | 2 | 26 |
| | | | | | Formulação de cera especificada é imprópria | 2 | Teste de laboratório físico e químico - Relatório nº 1265 | 2 | 28 | Nenhuma | A. Tate Eng. de Carroçaria 8X 11 15 | | | | | |
| | | | | | Ar retido impede a penetração da cera nos cantos e bordas | 5 | Investigação de auxílio a projeto simulando a pulverização | 8 | 280 | Incluir avaliação pela equipe utilizando o equipamento de pulverização e a cera especificados | Eng. de Carroçaria e Oper. de Mont. 9X 01 15 | | 7 | 1 | 3 | 21 |
| | | | | | A aplicação da cera obstrui os furos de drenagem | 3 | Teste de laboratório usando o "pior caso" para a aplicação de cera e para o diâmetro dos furos | 1 | 21 | Nenhuma | | Baseado em testes. 3 furos adicionais colocados nas áreas afetadas | | | | |
| | | | | | Espaço insuficiente entre os painéis para pulverização da cera | 4 | Avaliação do desenho do acesso para a cabeça do pulverizador | 4 | 112 | Incluir avaliação pela equipe utilizando auxílio para melhorar o projeto e a cabeça do pulverizador | Eng. de Carroçaria e Oper. de Mont. | Avaliação mostrou acesso adequado | 7 | 1 | 1 | 7 |

**M O D E L O**

# PREENCHIMENTO DO FORMULÁRIO

## Preenchimento do cabeçalho

1. **Número do FMEA ⇒ pode ser utilizado para rastreabilidade**

2. **Nome e código do sistema, subsistema ou componente**

3. **Responsável pelo projeto**

4. **Responsável pela preparação do FMEA**

5. **Ano(s)/modelo(s)/veículo(s): aplicação**

6. **Data-chave: data inicial do FMEA**

7. **Data do FMEA: data final do FMEA original e data da última revisão**

8. **Equipe: nome das pessoas responsáveis que tem autoriadade para identificar e/ou realizar tarefas e seus departamentos**

# 9. Item/Função

**–Nome e código do item que está sendo analisado**

**–<u>Função</u>: preenchimento de forma concisa e clara da função do item para atender o objetivo do projeto. Incluir informações relativas ao ambiente em que o sistema deve operar (por exemplo: definir faixas de temperatura, pressão e umidade ou Item: Carcaça do eixo traseiro – Função: Suportar o conjunto do eixo)**

**Se houver mais de uma função com diferentes modos de falha potencial, relacionar as funções separadamente.**

**Para a definição da função podemos perguntar:**

- **Para que serve ?**
- **Em que condições irá trabalhar ?**

## 10. Tipo de Falha Potencial

**É a maneira pela qual o item pode falhar (*não cumprimento da_função*) em atender o objetivo do projeto.**

**Pergunta-se: De que maneira este processo pode fracassar na sua função estabelecida?**
**Que poderia impedir que esta peça atenda as especificações?**
**Quais fatos poderiam ser considerados incovenientes para o cliente?**

**Listar todos os tipos de falhas para cada função de cada item. Assume-se que a falha pode ocorrer, mas não necessariamente vai ocorrer.**

**Exemplos:**
**–oxidação;**
**–trinca;**
**–deformação;**
**–curto circuito;**
**–vazamento;**
**–interferência;**
**–folga excessiva.**
**–Em curto circuito**

**Esta estimativa é feita para toda a falha que possa ocorrer. É recomendável que se verifique FMEAs anteriores, relatórios de problemas em ensaios de qualidade, de garantia, de durabilidade, de confiabilidade, e de pesquisa de mercado para se considerar todas as falhas em potencial.**
**Leve em conta também os tipos de falhas que ocorrem em condições especiais de ambiente (calor, frio, umidade, ambiente muito seco, poeira, etc) ou uso (condições mais severas, etc)**

**IMPORTANTE: O Modo da Falha deve ser descrito em termos técnicos sobre a função, e não como o cliente observa.**

## 11. Efeitos Potencial da Falha

**É a descrição do que o cliente (interno ou externo) sofre, supondo acontecida a falha em questão.**

**Pergunta-se: O que acontecerá se ocorrer o tipo de falha descrito? Quais consequências poderá sofrer o cliente?**

**Deve ser considerada a hierarquia entre os componentes, subconjuntos, conjuntos e sistemas. Declarar com clareza se a função poderá ter impacto em aspectos de segurança ou em atendimento à regulamentação governamental.**

**Exemplo: O produto pode trincar, causando inoperação do subconjunto, e diminuição da performance do conjunto. O sistema perderá eficiência, levando a uma insatisfação do cliente.**

**Lembrar que o modo de falha pode ter mais de um efeito. Relacione todos eles.**

**Exemplos de efeitos da falha:**

- **ruído;**
- **vibração**
- **esforço excessivo**
- **má aparência;**
- **difícil operação;**
- **difícil montagem;**
- **inoperante;**
- **consumo excessivo;**
- **Baixa resistência**
- **Desgaste prematuro**

## 12. Severidade(S) - (Notas de 1 a 10)

**A severidade é a avaliação da gravidade do efeito da falha potencial sobre o componente, subsistema, sistema ou cliente. A severidade aplica-se ao efeito da falha, ou seja o "quanto" ele pode incomodar o cliente. O índice de severidade só pode ser reduzido através de uma modificação de projeto.**
**Exemplos de critérios para avaliação dos índices se severidade:**

## Critério de Avaliação Sugerido – exemplo 1

| EFEITO | CRITÉRIO | NOTA |
|---|---|---|
| Muito Alta | Severidade muito alta quando o tipo de falha afeta a segurança de operação do produto e/ou infringe leis ou regulamentações governamentais. | **10**<br>9 |
| Alta | Produto deixa de funcionar. Grande descontentamento do cliente, porém sem afetar sua segurança ou Leis Governamentais | **8**<br>7 |
| Moderado | Produto / item operável, porém com item(s) de conforto ou conveniência inoperante. Cliente descontente passa por experiências desconfortáveis. | 6<br>**5**<br>4 |
| Pequena | Produto / item operável, porém com item(s) de conforto ou conveniência operando com um nível reduzido ou ligeira deterioração no desempenho do produto. Cliente passa por algumas experiências insatisfatórias. | **3**<br>2 |
| Mínima | O cliente mal percebe que a falha aconteceu. Defeito notado por uma minoria dos clientes. Itens de acabamento e redução de ruído não estão em conformidade. | 1 |

## Critério de Avaliação Sugerido – exemplo 2 (QA 9000)

| EFEITO | CRITÉRIO | NOTA |
|---|---|---|
| Perigoso<br><br>Sem Advertência | Severidade muito alta quando o tipo de falha afeta a segurança de operação do veículo e/ou envolve desacordo com regulamentações governamentais. Sem advertência. | 10 |
| Perigoso<br><br>Com Advertência | Severidade muito alta quando o tipo de falha afeta a segurança de operação do veículo e/ou envolve desacordo com regulamentações governamentais. Com advertência. | 09 |
| Muito Alto | **Produto** / item inoperante, com perda da função primaria . | 08 |
| Alto | Veículo / item operável, porém com nível de performance reduzido. Cliente insatisfeito. | 07 |
| Moderado | Veículo / item operável, porém com item(s) de conforto ou conveniência inoperante. Cliente passa por experiências desconfortáveis. | 06 |
| Baixo | Veículo / item operável, porém com item(s) de conforto ou conveniência operando com um nível reduzido de performance. Cliente passa por algumas experiências insatisfatórias. | 05 |
| Muito Baixo | Defeito notado pela maior parte dos clientes. Itens de acabamento e redução de ruído não estão em conformidade. | 04 |
| Menor | Defeito notado pelo metade dos clientes. Itens de acabamento e redução de ruído não estão em conformidade. | 03 |
| Muito Menor | Defeito notado por uma minoria dos clientes. Itens de acabamento e redução de ruído não estão em conformidade. | 02 |
| Nenhum | SEM EFEITO | 01 |

## 13. Classificação

**Esta coluna poderá ser usada para classificar qualquer característica especial do produto (por exemplo: crítica, principal, segurança) para componentes, subsistemas ou sistemas que venham a requerer controles de processo adicionais.**

***Itens sujeitos a controles de processo especiais deverão ser identificados no formulário de FMEA de projeto com símbolo e deverá ser indicado na coluna de Ações Recomendadas.***
***Os itens identificados no FMEA de Processo coluna de classificação devem ter os controles especiais do processo identificados no FMEA de processo.***

## 14. Causa / Mecanismos de Falha

**É a deficiência de projeto que pode dar origem ao tipo de falha.**

**Pergunta-se: que variáveis do processo podem provocar este modo de falha?**

**Liste todas as causas possíveis para cada tipo de falha. As causas devem ser claras e concisamente listadas de forma a permitir a definição ações ações corretivas para cada uma delas.**

**Exemplos de causas típicas de falhas:**

- **especificação incorreta de material;**
- **vida do projeto assumida de forma inadequada;**
- **capacidade insuficiente de lubrificação;**
- **instrução inadequada de manutenção.**

**Exemplos de Mecanismos típicos de falha**

- **fadiga;**
- **instabilidade do material;**
- **atrito;**
- **desgaste;**
- **corrosão**

**ATENÇÃO: Deve-se fazer uma distinção clara entre FMEA de produto e processo.**

**Se for considerado um FMEA de projeto de um produto, as causas de falhas serão aquelas pertinentes a problemas no projeto, como mau dimensionamento, desconhecimento do estado de tensões sobre a peça, especificação errônea do material, etc.**
**Por outro lado, não serão consideradas as causas de falhas decorrentes de uma inadequação do processo de fabricação, como por exemplo: "formação de vazios durante a fundição", mesmo que dessa inadequação decorra a fratura, com a consequente perda de controle do veículo. Ainda que a falha e a consequência sejam as mesmas, o tipo de causa é distinto: a primeira diz respeito ao projeto; a segunda é decorrente do processo de fabricação, e a falha poderá ocorrer mesmo que o projeto seja perfeito**

## 15. Ocorrência (O) - (Notas de 1 a 10)

**Ocorrência é a estimativa da probabilidade da causa em questão (listada na coluna anterior) ocorrer e ocasionar o tipo de falha considerado. O índice de ocorrência é mais um significado do que um valor numérico.**
**A única maneira de reduzi-lo é impedir a ocorrência ou controlar as causas do tipo de falha através de modificações de desenho.**
**É estimada através de uma escala de 1 a 10, e nesta estimativa deve-se considerar as seguintes questões:**

- **O componente/ peça é completamente novo ? A peça / componente em questão é nova ou semelhante a outras existentes?**
- **O componente/peça é radicalmente diferente do componente/peça existente ?**
- **Quanto significativas são as modificações feitas?**
- **Houve modificações na aplicação do componente ?**
- **Quais são as modificações feitas ?**
- **Qual é o histórico de peças /componente semelhantes no campo?**

**Baseie sua análise em:**

**- Dados estatísticos ou relatórios de falhas de componentes similares ou etapas similares de um processo**
**- Dados obtidos de fornecedores**
**- Dados de literatura técnica**

**Se a FMEA estiver sendo feita por ocasião de uma revisão do projeto do produto ou processo, então poderão ser utilizados:**

**- Relatórios de falhas (internos ou de Assistência Técnica)**
**- Gráficos de Controle**
**- Outros dados obtidos do controle estatístico do processo**
**- Dados obtidos de fornecedores**
**- Dados obtidos de literatura técnica**

**Critério de Avaliação Sugerido**

| Probabilidade de Falha | Taxa de Falhas possíveis | Nota |
|---|---|---|
| Muito Alta: | ≥ 1 em 2 | 10 |
| A falha é praticamente inevitável | 1 em 3 | 9 |
| Alta: | 1 em 8 | 8 |
| Falhas Freqüentes | 1 em 20 | 7 |
| Moderada: | 1 em 80 | 6 |
| Falhas Ocasionais | 1 em 400 | 5 |
| | 1 em 2.000 | 4 |
| Baixa: | 1 em 15.000 | 3 |
| Relativamente Pouca Falha | 1 em 150.000 | 2 |
| Remota: Falha Improvável | ≤ 1 em 1.500.000 | 1 |

## 16. Controle de Projeto Atual

**Registre as medidas de controle implementadas durante a elaboração do projeto que objetivem:**

- **Prevenir a ocorrência de falhas**
- **Detectar falhas ocorridas e impedir que cheguem ao cliente**

**Liste a validação / verificação do projeto, ou outra atividade a qual assegure a adequação do projeto para o tipo de falha e/ou causa/mecanismo considerados.**

**Controles atuais são aqueles que são utilizados ou estão começando a serem utilizados neste projeto ou em projetos similares**

**Exemplos:**

- **ensaios de rodagem;**
- **revisão de projeto;**
- **estudos matemáticos;**
- **revisão de viabilidade;**
- **testes em protótipos;**
- **testes com frotas.**

**Existem 3 tipos de Controles de Projeto:**

1. **Impedem a ocorrência da causa/mecanismo ou tipo / efeito da falha ou reduz a possibilidade de ocorrerem.**

2. **Detecta a causa / mecanismo e conduz à ações corretivas.**

3. **Detecta o tipo de falha.**

***Deve-se dar preferência primeiramente ao controle tipo (1), em segundo, utilizar o tipo (2) e um terceiro utilizar o tipo (3).***

## 17. Detecção (D) - (Notas de 1 a 10)

**Detecção é índice que avalia a probabilidade de a falha ser detectadas antes que o produto ser liberado para produção.**

**Deve-se assumir que a falha ocorreu, independente do índice de ocorrência. Um índice de ocorrência baixo, não significa que o índice de detecção será também baixo.**

**Para FMEA de projeto, é a estimativa da capacidade do programa de verificação do projeto e demais controles no projeto de identificar uma deficiência em potencial do projeto antes que os desenhos sejam liberados para a produção. Para redução do índice de detecção é necessário uma melhoria do Programa de Verificação do Projeto e nos demais controles.**

## Critério de Avaliação Sugerido – exemplo 1

| DETECÇÃO | CRITÉRIO: Probabilidade de Detecção Pelo Controle de Projeto | NOTA |
|---|---|---|
| Nula | O programa de verificação não detectará a falha | 10 |
| Muito Baixa | O programa de verificação provavelmente não detectará a falha | 9<br>8 |
| Moderada | O programa de verificação provavelmente detectará a falha | 7<br>6<br>5 |
| Alta | O programa de verificação tem grandes chances de detectar a falha | 4<br>3 |
| Muito Alta | O programa de verificação quase que certamente detectará a falha | 2<br>1 |

## Critério de Avaliação Sugerido – exemplo 2 (QS 9000)

| DETECÇÃO | CRITÉRIO: Probabilidade de Detecção Pelo Controle de Projeto | NOTA |
|---|---|---|
| **Absoluta Incerteza** | **O controle de projeto não poderia detectar e/ou não detectará a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente, ou não existe controle de projeto.** | **10** |
| **Muito Remota** | **Muito remota a chance do controle de projeto detectar a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente.** | **09** |
| **Remota** | **Remota a chance do Controle de Projeto detectar a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente.** | **08** |
| **Muito Baixa** | **Muito baixa a chance do Controle de Projeto detectar a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente.** | **07** |
| **Baixa** | **Baixa a chance do Controle de Projeto detectar a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente.** | **06** |
| **Moderada** | **Moderado a chance do Controle de Projeto detectar a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente.** | **05** |
| **Moderadamente Alta** | **Moderadamente alta a chance do Controle de Projeto detectar a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente.** | **04** |
| **Alta** | **Alta a chance do Controle de Projeto detectar a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente.** | **03** |
| **Muito Alta** | **Muito alta a chance do Controle de Projeto detectar a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente.** | **02** |
| **Quase Certa** | **É praticamente certo que o controle de projeto detectará a causa/mecanismo potencial e tipo de falha subseqüente.** | **01** |

## 18. Número de Prioridade de Risco (NPR)

**O NPR é o produto das notas de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D).**

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

**Este valor deve ser usado para estabelecer as prioridades no projeto (Como um Diagrama de Pareto). O NPR estará entre 1 e 1000. Para altos NPR's, a equipe deve empreender esforços para reduzir o risco calculado, promovendo ações corretivas.**

***Como prática geral, quando houver uma nota alta de severidade, deve ser dada atenção especial a esta falha, independente do valor do NPR.***

**NOTA: O índice de risco é uma maneira de hierarquizar as falhas. Uma falha pode ocorrer frequentemente, mas de pequena importância e ser facilmente detectável. Neste caso, não apresentará grandes problemas (baixo risco). Seguindo o mesmo raciocínio, uma falha que tenha baixíssima probabilidade de ocorrer, mas que seja extremamente grave, (como por exemplo falha de um componente do avião) merecerá uma grande atenção.**

## 19. Ações Recomendadas

**Quando as prioridades forem estabelecidas para os vários tipos de falha, as ações corretivas devem ser dirigidas às falhas com maior índice de risco. A intenção de qualeur ação recomendada deve ser a redução dos índices de um ou todos os índices de ocorrência, severidade e/ou detecção. A redução no índice de ocorrência só poderá ser obtida evitando-se ou controlando-se a causa da falha através de uma revisão do projeto. Somente a revisão do projeto pode diminuir o índice de severidade**
**Exemplo de Ações:**

- **Delineamento de Experimentos;**
- **Revisão do Plano de Teste (Melhoria);**

- **Revisão do Projeto (Melhoria);**
- **Revisão da Especificação de Material (Melhoria).**

**Se não houver ações recomendadas para uma causa específica, preencher no formulário: “nenhuma”.**

## 20. Responsável e Prazo (Ação Corretiva)

**Nome do responsável pela ação recomendada e a data determinada para conclusão.**

## 21. Ações Tomadas

**Após implementação da ação, preencher com uma breve descrição da ação tomada e a data realizada.**

## 22. NPR Resultante

**Depois de definida a ação corretiva deve-se estimar os novos índices e calcular o NPR.**

**Todos os NPR’s resultantes devem ser revistos e, se outras ações forem necessárias, repetir os passos 19 até 22.**

# ACOMPANHAMENTO DA FMEA

**A empresa deve definir um responsável para assegurar que todas as ações recomendadas tenham sido implantadas ou adequadamente dirigidas.**

**O FMEA deve estar sempre atualizado mesmo se as modificações ocorreram depois do início da produção do produto.**

**O FMEA é um documento dinâmico, e portanto deve refletir o último nível de projeto bem como as ações implementadas, inclusive as posteriores ao início da produção.**
**O responsável pelo projeto possui vários meios para certificar-se de que os problemas sejam identificados e que as ações recomendadas sejam implementadas.**

**Esses meios incluem, porém não limitado aos seguintes:**

**- Garantindo que os requisitos de Projeto foram alcançados**
**- Desenhos e especificações de engenharia revisados (análise crítica)**
**- Confirmação da incorporação das alterações na documentação de processo**
**- Revisão dos FMEAs de Processo e dos planos de controle de Manufatura**

# *FMEA de PROCESSO*

# FMEA DO PROCESSO

**FMEA do Processo é uma técnica utilizada pela equipe responsável pela fabricação, como meio de assegurar que, tanto quanto possível, tipos de falhas potenciais e suas causas/mecanismos tenham sido consideradas e abordadas.**

**FMEA do Processo:**

- **Identifica tipos de falha potencial relativas ao produto**
- **Avalia os efeitos potenciais da falha sobre o cliente**
- **Identifica causas potenciais do processo de fabricação ou montagem e identifica variáveis de processo nas quais se focalizarão controles para redução de ocorrências ou detecção**
- **Desenvolve uma lista ordenada de tipos de falhas potenciais, estabelecendo então um sistema de prioridades para consideração de ações corretivas**
- **Documenta os resultados do processo de fabricação e montagem**

# INICIANDO O FMEA DO PROCESSO

**O FMEA do Processo deve iniciar-se com um fluxograma seguido de uma avaliação do risco do processo nas suas diversas fases. Este fluxograma do processo deve identificar características do produto / processo associadas a cada operação. A identificação de alguns efeitos do produto a partir do FMEA de Projeto correspondente deve ser incluída, se disponível**

**Exemplo de Fluxograma / Avaliação do Risco de FMEA de Processo:**

**Aplicação de cera no interior da porta**

| Tarefa do Processo | Avaliação de Risco |
|---|---|
| 1. Retirar o dispositivo do aplicador de cera do suporte | Baixo Risco |
| 2. Abrir a porta do veículo | Baixo Risco |
| 3. Inserir o dispositivo e puxar o gatilho por 12 Segundos * | Alto Risco |
| 4. Soltar o gatilho e esperar 3 segundos | Médio Risco |
| 5. Retirar dispositivo aplicador | Médio Risco |
| 6. Fechar a porta do veículo | Baixo Risco |
| 7. Recolocar o dispositivo do aplicador no suporte | Baixo Risco |

*** FMEA de processo requerido = alto risco**

# DEFINIÇÃO DO CLIENTE

**Além do "usuário final", outros clientes devem ser considerados.**

- **operação subseqüente ou posterior de fabricação**
- **montagem**
- **assistência técnica**

# GRUPO DE TRABALHO

**Para a elaboração do FMEA deve-se formar uma equipe multifuncional normalmente com representante das seguintes áreas:**

- **Engenharia de Produto/Materiais**
- **Engenharia do Processo**
- **Garantia / Controle da Qualidade**
- **Produção (Fabricação/Montagem)**
- **Serviços**
- **Fornecedores**

# DESENVOLVIMENTO DO FMEA DE PROCESSO

**FMEA de processo é um documento vivo e deve ser iniciado antes ou no ato do estudo de viabilidade, previamente ao ferramental para produção, e levar em consideração todas as operações de fabricação, desde os componentes até conjuntos.**

- ***FMEA de processo assume que o produto, tal como projetado, atenderá aos objetivos do projeto.***

- ***Falhas potenciais que possam ocorrer por conseqüência de pontos fracos do projeto não necessariamente deverão, mas poderão ser incluídas na FMEA do processo. Seu efeito e maneira de evitá-lo são abordados na FMEA do projeto.***

- ***FMEA de processo de uma fase deve assumir que a fase anterior foi satisfatoriamente executada (sem falha)***

**De modo a facilitar a documentação das análises de falhas potenciais e suas conseqüências, um formulário da FMEA do processo deve ser desenvolvido.**

# APÊNDICE
## ANÁLISE DO MODO E EFEITOS DA FALHA POTENCIAL (FMEA DO PROCESSO)

Número da FMEA _____

Pág _____ De _____

Item _____ Responsabilidade de Projeto _____ Preparado por: _____

Ano(s) Modelo(s)/veículo(s) _____ Data-chave _____ Data da FMEA (Org). _____

Equipe Central _____

| Função de Processo<br>Requisitos | Modo de Falha Potencial | Efeito(s) Potencial (ais) de Falha | Sev | Class | Causa(s) Mecanismo(s) Potencial(ais) de Falha | Ocorr | Controle(s) de Processo Atual (is) | Detec | NPR | Ações Recomendadas | Responsável E Prazo | Resultados da Ação | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | Ações Tomadas | SEV | OCO | DET | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

# APÊNDICE
## ANÁLISE DO MODO E EFEITOS DA FALHA POTENCIAL
## (FMEA DO PROCESSO)

Número da FMEA 1450

Pág 1 De 1

Item Porta Dianteira LE/H8 HX - 000[A]

Responsabilidade de Projeto: Engenharia de Carroçaria / Operações de Montagem

Preparado por: J.Ford - X6521 - Op.de Montagem

Ano(s) Modelo(s)/veículo(s): 199 X/Lion 4P/Wagon

Data-chave: 9X 03 01 ER

Data da FMEA (Org.): 9X 05 17 (Rev.) 9X 11 06

Equipe Central: A. Tate Eng. de Carroçaria J. Smith OC R. James - Produção, J. James - Manutenção

| Função de Processo / Requisitos | Modo de Falha Potencial | Efeito(s) Potencial (ais) de Falha | Se v | Cl ass | Causa(s) Mecanismo(s) Potencial(ais) de Falha | Oco r R | Controle(s) de Processo Atual (is) | Det ec | NPR | Ações Recomendadas | Responsável E Prazo | Resultados da Ação | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | Ações Desenvolvidas | SEV | OCO | DET | NPR |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aplicação manual de cera dentro da porta<br><br>Cobrir a parte interna da porta nas superfícies inferiores com a mínima espessura de cera para retardar a corrosão | Cobertura de cera insuficiente sobre a superfície especificada | Deterioração da vida da porta, conduzindo a:<br>▪ Aparência insatisfatória devido a corrosão através da pintura com o tempo<br>▪ Funcionamento impróprio dos equipamentos da porta | 7 | | Cabeça do pulverizador inserida manualmente em profundidade não suficiente | 8 | Verificação visual, 1 hora a cada turno, da espessura (medidor de profundidade) e cobertura | 5 | 280 | Adicionar limitador de profundidade ao pulverizador<br><br>Pulverização automática | Eng. de Manufatura 9x 10 15<br><br>Eng. de Maufatura 9X 12 15 | Parar pulverizadores adicionados verificados na linha<br><br>Reprovado devido à complexidade de portas diferentes na mesma linha | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | Cabeça do pulverizador obstruída<br>▪ Viscosidade demasiado alta<br>▪ Temperatura<br>▪ Pressão muito baixa | 5 | Testar o padrão de pulverização no início e após períodos de parada e aplicar manutenção preventiva para limpeza das cabeças | 3 | 105 | Conduzir experiência de projeto (DOE) para viscosidade versus temperatura versus pressão | Eng. de Manufatura | Limites de temperatura foram determinados e controladores de limites instalados - diagramas de controle mostram processo sob controle<br>Cpk = 1,85 | 7 | 1 | 3 | 21 |
| | | | | | Cabeça do pulverizador deformada devido a Impacto | 2 | | 2 | 28 | Nehuma | | | | | | |
| | | | | | Tempo de pulverização insuficiente | 8 | Programa de manutenção preventiva apicáveis às cabeças de pulverização<br><br>Instruções para o operador e amostragem dos lotes (10 portas/fumo) para verificar cobertura das áreas criticas | 7 | 392 | Instalar temporizador de pulverização | Manutenção 9X 09 15 | Temporizador de pulverização automática instalando-o operador inicia a pulverização e o temporizador interrompe - diagramas de controle mostram processo sob controle<br>Cpk = 2,05 | 7 | 1 | 7 | 49 |

**M O D E L O**

# PREENCHIMENTO DO FORMULÁRIO

## Preenchimento do cabeçalho

1. **Número de FMEA ⇒ poderá ser utilizado para rastreamento**

2. **Nome e código do sistema, subsistema ou componente**

3. **Responsável pelo processo**

4. **Responsável pela preparação do FMEA**

5. **Ano(s)/modelo(s)/veículo(s): aplicação**

6. **Data-chave: a data inicial do FMEA**

7. **Data do FMEA: data final do FMEA original e data da última revisão**

8. **Equipe: nome das pessoas e seus departamentos**

## 9. Requisitos da Função do Processo

**Descrição simples do processo ou operação em análise. Indicar de forma concisa a finalidade do processo em operação.**

**Exemplos:**

- **Movimentar**
- **Furar**
- **Rosquear**
- **Montar**

**Nos casos em que o processo envolva várias operações com diferentes tipos de falhas potencial, listar as operações como processos separados.**

## 10. Tipo de Falha Potencial

**É a maneira pela qual um processo poderá vir a falhar em atender aos requisitos de processo e/ou objetivo de projeto. É a descrição da não conformidade em uma dada operação.**

**Listar cada tipo de falha potencial para cada operação em particular em termos de componentes, subsistema ou característica de processo.**

**Exemplos de tipos de falhas:**

| | |
|---|---|
| **- Emperramento** | **- Set-up incorreto** |
| **- Danos de manipulação** | **- Sujeita** |
| **- Trincas** | **- Curto-circuito** |
| **- Deformações** | **- Ferramenta desgastada** |

**A comparação com processo similares e o exame de reclamações de clientes (internos e/ou externos), é recomendado como ponto de partida. Responder as seguintes questões poderá ajudar a encontrar tipos de falhas potenciais:**

- **Como poderá o processo/peça falhar em atender às especificações ?**

- **Independentemente das especificações de engenharia, o que um cliente (usuário final, operação subseqüente ou serviços) consideraria questionável ?**

**O tipo de falha potencial poderá ser a causa associada ao tipo de falha de uma operação subseqüente (posterior) ou associada ao efeito de uma operação previamente executada (anterior). No entanto, na preparação da FMEA, deverá assumir-se que as peças/materiais que chegam estejam corretas.**

## 11. Efeito Potencial da falha

**São os efeitos do tipo de falha sobre o(s) cliente(s) (internos ou externos), descritos em termos de que o cliente poderá observar.**

**Cada cliente deverá ser considerado na avaliação do efeito de uma falha.**

**Para os " usuários finais", os efeitos deverão ser escritos em termos de desempenho do produto ou sistema, como:**

**- Ruído;**
**- Inoperância;**
**- Má aparência;**
**- Odor desagradável;**
**- Operação intermitente.**

**Se o cliente for uma operação ou fabricação subseqüente, os efeitos deverão ser escritos em termos de desempenho de operação de processo, como:**

**- Não fixa;**
**- Não fura/rosqueia;**
**- Não monta;**
**- Perigoso para o operador;**
**- Não encaixa;**
**- Não é compatível;**
**- Danifica o equipamento.**

## 12. Severidade(S) (Nota de 1 a 10)

**A severidade é uma avaliação da gravidade do efeito da falha potencial sobre o cliente. A severidade aplica-se somente ao efeito. Critério de avaliação sugeridos:**

| EFEITO | CRITÉRIO | Nota |
|---|---|---|
| Perigoso Sem Advertência | Pode colocar em perigo a máquina ou o operador de montagem. Classificação de severidade muito elevada quando o tipo de falha potencial afeta a segurança da operação do veículo e/ou envolve não-atendimento à regulamentação governamental. A falha ocorrerá sem advertência. | 10 |
| Perigoso Com Adver-tência | Pode colocar em perigo a máquina ou o operador de montagem. Classificação de severidade muito elevada quando o tipo de falha potencial afeta a segurança da operação do veículo e/ou envolve não-atendimento à regulamentação governamental. A falha ocorrerá com advertência. | 09 |
| Muito Elevada | Interrupção maior da linha de produção. 100% dos produtos poderão ter que ser sucateados. Veículo/item foram de operação, perda da função primária. Cliente muito insatisfeito. | 08 |
| Elevada | Interrupção menor da linha de produção. Os produtos poderão ser selecionados e uma parte deles (menos de 100%), sucateada. Veículo em operação, mas com nível reduzido de desempenho. Cliente insatisfeito. | 07 |
| Moderada | Interrupção menor da linha de produção. Uma parte dos produtos (menos de 100%) poderá ter que ser sucateada (sem seleção). Veículo em operação, mas com alguns itens de conforto/conveniência fora de operação. Cliente passa por desconforto | 06 |
| Baixa | Interrupção menor da linha de produção. 100% dos produtos poderão ter que ser retrabalhados. Veículo/item em operação, mas com alguns tipos de conforto/conveniência operando em um nível reduzido de performance. O cliente passa por alguma insatisfação; | 05 |
| Muito Baixa | Interrupção menor da linha de produção. Os produtos poderão ter que ser selecionados e uma parte deles (menos de 100%), retrabalhada. Itens de acabamento e assentamento/redução de ruído em não-conformidade. Defeito notado pela maioria dos clientes. | 04 |
| Menor | Interrupção menor da linha de produção. Uma parte (menos de 100% dos produtos poderá ter que ser retrabalhada na linha, porém fora da estação de trabalho. Itens de acabamento/assentamento em não conformidade. Defeito notado pela maioria dos clientes. | 03 |
| | Interrupção menor da linha de produção. Uma parte | 02 |

| | | |
|---|---|---|
| **Muito Menor** | **(menos de 100% dos produtos poderá ter que ser retrabalhada na linha porém na estação de trabalho. Itens de acabamento e assentamento/redução de ruído em não-conformidade. Defeito notado por determinados clientes.** | |
| **Nenhuma** | **SEM EFEITO** | **01** |

## 13. Classificação

**Esta coluna poderá ser usada para classificar qualquer característica especial do produto (por exemplo: crítica, chave, importante, significante) para componentes, subsistemas ou sistemas que possam requerer controles de processo adicionais.**

***Se a classificação foi identificada na FMEA de processo, notificar o responsável pelo projeto, uma vez que este procedimento poderá afetar a documentação de engenharia no que tange à identificação de elementos de controle.***

## 14. Causas/Mecanismos de Falha

**É a maneira como a falha pode ocorrer, descrito em termos de algo que pode ser corrigido ou controlado. Para todo tipo de falha potencial, deve-se listar as possíveis causas.**

**Se uma causa é exclusiva para um modo de falha, ou seja, se a correção da causa tiver um impacto direto no tipo de falha, então esta parte do FMEA está finalizada. Muitas causas, entretanto, para corrigí-las ou controlá-las, um projeto de experimento pode ser utilizado para determinar quais causas raízes são as mais significativas e qual pode ser mais facilmente controlada.**

**Exemplos de causas típicas de falhas:**

- **Torque impróprio: alto, baixo;**
- **Solda imprópria: corrente, tempo, pressão;**
- **Ventilação inadequada;**
- **Tratamento térmico impróprio: tempo, temperatura;**
- **Lubrificação inadequada ou inexistente;**

**Somente erros específicos devem ser listados (ex: falha do operador na instalação do vedador). Frases ambíguas não devem ser usadas (ex: erro do operador, mau funcionamento da máquina).**

## 15. Ocorrência (O) - (Notas de 1 a 10)

**É a freqüência (probabilidade) com que uma causa/mecanismo de falha em questão venha ocorrer.**

**Medições de detecção de falhas não serão consideradas aqui.**

**Sempre que possível utilizar dados estatísticos de processo similares para determinar a nota de ocorrência. Se não for possível, uma avaliação subjetiva poderá ser efetuada.**

## Critério de Avaliação Sugerido

| Probabilidade de Falha | Taxa de Falhas | Cpk | Nota |
|---|---|---|---|
| **Muito Elevada:** | ≥1 em 2 | < 0,33 | 10 |
| **A falha é quase inevitável** | 1 em 3 | ≥ 0,33 | 9 |
| **Elevada: Geralmente associada a processos anteriores similares** | 1 em 8 | ≥ 0,51 | 8 |
| **Que tenham falhado com freqüência** | 1 em 20 | ≥ 0,67 | 7 |
| **Moderada: Geralmente associada a processos anteriores similares** | 1 em 80 | ≥ 0,83 | 6 |
| **Que tenham experimentado falhas** | 1 em 400 | ≥ 1,00 | 5 |
| **ocasionais, porém não em proporções maiores.** | 1 em 2.000 | ≥ 1,17 | 4 |
| **Baixa: falhas isoladas associadas a processos similares** | 1 em 15.000 | ≥ 1,33 | 3 |
| **Muito Baixa: Somente falhas isoladas Associadas a processos quase idênticos** | 1 em 150.000 | ≥ 1,50 | 2 |
| **Remota: Falha é incomum. Nenhuma falha associada a processos quase idênticos.** | 1 em 1.500.000 | ≥ 1,67 | 1 |

# 16. Controles de Processos Atuais

**São controles que impedem a ocorrência do tipo de falha ou detectam o tipo de falha que viria a ocorrer.**

**Estes controles podem ser controles de processo como dispositivos à prova de erro ou Controle Estatístico de Processo (CEP), ou então avaliações posteriores ao processo. A avaliação poderá ser feita para a operação em análise ou operação subseqüente.**

**Existem 3 tipos de controles:**

1. **Impedem a ocorrência de causa/mecanismo ou tipo/efeito da falha, ou reduz a possibilidade de ocorrerem.**

2. **Detecta a causa/mecanismo e conduz as ações corretivas.**

3. **Detecta o tipo de falha.**

***Deve-se dar preferência primeiramente ao controle tipo (1), passando para o tipo (2) e em seguida ao tipo (3).***

## 17. Detecção (D) (Notas de 1 a 10)

**É uma avaliação da probabilidade que um controle de processo proposto do tipo (2) venha a detectar a causa/mecanismo potencial, ou a probabilidade que um controle de processo proposto do tipo (3) venha detectar o tipo de falha subseqüente antes que uma peça ou componente deixe a operação de fabricação ou local de montagem.**

**Assuma que a falha ocorreu e então avalie a capacidade de todos os "Controles de Processos Atuais" prevenirem o envio de peças com este tipo de falha ou defeito. Não assuma automaticamente que a nota de detecção é baixa porque a nota de ocorrência é baixa, mas avalie a capacidade dos controles de processo detectarem um tipo de falha de baixa freqüência ou preveni-los de seguir adiante no processo.**

**Verificações aleatórias de qualidade são improváveis de detectar as exigências de uma falha isolada e não devem influenciar na nota de detecção. Amostras tomadas com base estatística são controles de detecção válidos.**

## Critério de Avaliação Sugerido

| DETECÇÃO | CRITÉRIO: Probabilidade que a Existência de um Defeito Será Detectada pelos Controles de Processo antes do próximo ou Subseqüente Processo, ou antes que a Peça ou Componente Deixem o local de Fabricação ou Montagem | Nota |
|---|---|---|
| Quase impossível | Nenhum controle conhecido disponível para detectar o tipo de falha. | 10 |
| Muito Remota | Probabilidade muito remota de que o(s) controle(s) atual(is) venha(m) a detectar o tipo de falha. | 09 |
| Remota | Probabilidade remota de que o(s) controle(s) atual(is) venha(m) a detectar o tipo de falha. | 08 |
| Muito Baixa | Probabilidade muito baixa de que o(s) controle(s) atual(is) venha(m) a detectar o tipo de falha. | 07 |
| Baixa | Probabilidade baixa de que o(s) controle(s) atual(is) venha(m) a detectar o tipo de falha. | 06 |
| Moderada | Probabilidade moderada de que o(s) controle(s) atual(is) venha(m) a detectar o tipo de falha. | 05 |
| Moderadamente Elevada | Probabilidade moderadamente elevada de que o(s) controle(s) atual(is) venha(m) a detectar o tipo de falha. | 04 |
| Elevada | Probabilidade elevada de que o(s) controle(s) atual(is) venha(m) a detectar o tipo de falha. | 03 |
| Muito Elevada | Probabilidade muito elevada de que o(s) controle(s) atual(is) venha(m) a detectar o tipo de falha. | 02 |
| Quase Certamente | Controles atuais quase certamente virão a detectar o tipo de falha. Controles de detecção confiáveis são conhecidos para processos | 01 |

| | | |
|---|---|---|
| | **similares.** | |

## 18. Número de Prioridade de Risco (NPR)

**O NPR é o produto das notas de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D).**

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

**Esse valor deve ser usado para estabelecer as prioridades no processo (Como um Gráfico de Pareto). O NPR estará entre 1 e 1000. Para altos NPR's, a equipe deve empreender esforços para reduzir o risco calculado, promovendo ações corretivas.**

***Como prática geral, quando houver uma nota alta de severidade, deve ser dada atenção especial a esta falha, independente do valor do NPR.***

## 19. Ações Recomendadas

**Ações corretivas devem ser primeiramente dirigidas aos problemas mais críticos, NPR mais alto. Acrescentar uma validação /verificação no projeto irá somente reduzir o índice de detecção. A redução da ocorrência acontece somente com a remoção ou controle de uma ou mais causa de falha através de uma revisão do projeto. Somente a revisão do projeto pode diminuir o índice de Severidade.**

**Exemplo de Ações :**

**- Delineamento de Experimentos**
**- Revisão do Plano de Teste (Melhoria);**
**- Revisão do Projeto (Melhoria);**
**- Revisão da Especificação de Material (Melhoria)**

**Se não houver ações recomendadas para uma causa específica, preencher no formulário: "Nenhuma".**

## 20. Responsável e Prazo (Ação Corretiva)

**Nome do responsável pela ação recomendada e a data determinada para conclusão.**

## 21. Ações Tomadas

**Após implementação da ação, preencher com uma breve descrição da ação tomada e a data realizada.**

## 22. NPR Resultante

**Depois de definida a ação corretiva deve-se estimar os novos índices e calcular o NPR.**

**Todos os NPR’s resultantes devem ser revisados e, se outras ações forem necessárias, repetir os passos 19 até 22.**

# ACOMPANHAMENTO DA FMEA

**A empresa deve definir um responsável para assegurar que todas as ações recomendadas tenham sido implantadas ou adequadamente dirigidas.**

**O FMEA deve estar sempre atualizado mesmo se as modificações ocorreram depois do início da produção do produto.**

# BIBLIOGRAFIA

- **Manual de FMEA – QS 9000**