



3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS  
ENGENHARIAS DA FAHOR

Horizontina - RS - Brasil  
16 a 18 de Outubro de 2013



## FMEA: ORIENTAÇÕES CONCEITUAIS PARA A APLICAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE ANTECIPAÇÃO DE FALHAS

Flávio Zorzan (FAHOR) fz000872@fahor.com.br

Leandro Dorneles (URI-Santo Ângelo) leandro1902@gmail.com

Marcos Eduardo Servat (SETREM) tenservat@gmail.com

Elira Oliveira Pereira (URI-Santo Ângelo) fatim-027@hotmail.com

Edio Polacinski (URI-Santo Ângelo) edio.pk@gmail.com

### Resumo

A globalização alavancou a enorme competição industrial e comercial existente nos dias de hoje, esse fenômeno exige que as empresas apliquem métodos para melhorar o processo de todo o sistema, com a visão de lucros e satisfação de colaboradores, investidores e principalmente os clientes. A Análise FMEA é uma ferramenta da qualidade que tem como objetivo encontrar as falhas que poderão existir no processo, analisar essas possíveis falhas, para então definir as prioridades na hora de decidir quais ações serão tomadas para extinguir ou minimizar essas possíveis falhas que poderão surgir. A busca da mínima probabilidade de existência de falhas reflete no aumento da confiabilidade do cliente. O trabalho tem como objetivo conceituar essa ferramenta, a fim de gerar suporte durante a sua implementação, a partir da definição de FMEA, dos passos a serem tomados para realizar um FMEA, da demonstração das importâncias de um FMEA. Esses resultados podem ser dados pela antecipação dos erros, o que faz que o produto ou o serviço chegue ao cliente sem falhas, resultando em satisfação do cliente, promoção da empresa frente à concorrência, melhoria do processo em virtude das ações tomadas e na diminuição das não conformidades e retrabalhos.

**Palavras-chave:** Percepção e Análise de Falhas; FMEA; Ferramentas da Qualidade.

### 1. Introdução

Para Rausand e Oien *apud* Berger *et al.* (2012), a falha representa um conceito fundamental para a análise de confiabilidade, sendo a falha definida como o término da habilidade de um item para o desempenho de uma requerida função. A qualidade de uma análise de confiabilidade depende fortemente da habilidade do analista em identificar todas as funções desempenhadas pelos componentes e as possíveis falhas com potencial de ocorrência.

Os autores Toledo e Amaral ([s.d.]) afirmam que a metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, do inglês *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo.

O objetivo do presente artigo é apresentar orientações conceituais de FMEA para a aplicação da ferramenta como um instrumento de antecipação de falhas.

O FMEA está presente na maioria das empresas com sucesso em seus ramos. Dominar a técnica da de Análise do Tipo e Efeito de Falha é essencial para profissionais no ramo da engenharia, pois saber reconhecer e resolver falhas e princípios de falhas faz conexão com o crescimento da empresa e manutenção do nome frente a clientes e concorrentes. Além do conhecimento sobre o FMEA, o artigo visa incentivar o uso de ferramentas da qualidade, otimizando os processos envolvidos nas empresas, a partir da eliminação de erros e a metodologia da busca de melhoria contínua.

Justifica-se a realização do artigo uma vez que oferecerá subsídios teóricos capazes de facilitar a aplicação da ferramenta, diminuindo os riscos de erros para as empresas, acadêmicos e profissionais atuantes na área.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade são técnicas milenares que foram impulsionadas a partir do final do século XVIII, devido à expansão das indústrias causada pela revolução industrial, reflexo do surgimento das linhas de montagens e da fabricação em massa. Posteriormente em outro momento da história alavancou-se o uso das ferramentas da qualidade: durante os períodos pós-guerras, nos momentos de reconstruções de países que foram devastados, onde a mão de obra era escassa e os recursos eram baixos. Atualmente essas ferramentas estão ligadas a obtenção em melhorias nos processos e produtos, como exemplos: redução de custo, organização da produção, eliminação de reworks, redução no número de falhas, entre outros.

As ferramentas têm sido de fato utilizadas eficazmente em todos os campos do controle da qualidade na empresa, pelos gerentes e membros dos círculos de controle da qualidade (MIZUNO, 1993). O mesmo autor afirma que os gerentes e funcionários devem complementar essas ferramentas tradicionais com novas técnicas, para atender às exigências das mudanças sociais.

Segundo Oakland *apud* Berger *et al.* (2012), estas ferramentas devem ser utilizadas para interpretar e maximizar o uso de dados. O principal objetivo é, sobre tudo, identificar os maiores problemas, e através das ferramentas, buscar a solução. Destaca-se também que estes métodos devem ser do conhecimento de todas as pessoas envolvidas em programas de qualidade, começando pela alta gerência até o chão da fábrica.

### 2.2 O FMEA

Stamatis *apud* Leal *et al.* (2006) definem o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) como uma técnica de engenharia utilizada para definir, identificar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais, de sistemas, projetos, processos e/ou serviços, antes que estas atinjam o cliente.

Ainda, de acordo com Cassanelli *et al. apud* Aguiar e Mello (2008), o FMEA é conhecido por ser um procedimento para a análise de um determinado sistema, usado para identificar os modos de falha potenciais, suas causas e efeitos no desempenho do processo, sendo sua análise executada preferivelmente com antecedência, dentro do ciclo de desenvolvimento de forma que a remoção ou a mitigação do modo de falha seja válida e efetiva de modo preventivo.

Palady (1997) afirma que o FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir esses problemas. Palady complementa que como procedimento, o FMEA oferece uma abordagem estruturada para avaliação, condução e atualização do desenvolvimento de projetos e processos em todas as disciplinas da organização.

Identificar o problema antes mesmo de o problema surgir é uma importante tática para evitar futuras surpresas no decorrer do processo, o FMEA auxilia nessa identificação das falhas, porém deve ser feito um estudo preciso na hora de sua implementação. Segundo Aguiar e Mello (2008), em muitos casos o FMEA é usado mais por exigências normativas do que por seus benefícios, sendo que o seu emprego de forma incorreta pode acarretar em desperdício de recursos em termos de prevenção dentro das organizações.

### 2.2.1 Histórico

A primeira metodologia para análise de falhas e equipamentos foi empregada pelo Exército Americano, em 1949 (RODRIGUES *et al.*, 2010). Pentti e Atte *apud* Laurenti, Villari e Rozenfeld (2012) asseveram que o método foi desenvolvido e documentado pela primeira vez no procedimento MIL-P-1629 em 1949 pelo Exército dos Estados Unidos.

Bastos *apud* Berger (2012) descreve que o FMEA, na década de 60, passou pelo processo de aprimoramento através da NASA (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço) tornando sua utilização crescente nos setores aeronáuticos. Como continuidade, o autor cita que os benefícios da utilização do FMEA, fez com que a partir de 1976 começasse a ser utilizada no ramo automobilístico, tornando-se uma ferramenta fundamental para as empresas fornecedoras deste segmento, complementa o mesmo autor.

Posteriormente, segundo Clarke *apud* Laurenti, Villari e Rozenfeld (2012), o FMEA aparece em outras áreas: em 1975 o FMEA foi usado no setor nuclear e, em 1978, a *Ford Company* foi a primeira empresa automotiva a integrar o FMEA em seu conceito de garantia da qualidade.

A utilização do FMEA passou a ser difundida e atualmente é utilizado nos mais variados ramos e atividades, passando por empresas de componentes, automobilísticas, metal-mecânica, farmacêuticas e até mesmo em hospitais (CONTE; COMPANI *apud* BERGER, 2012).

## 2.2.2 Etapas de Elaboração

A aplicação do FMEA se resume em três fases: identificar as possíveis falhas, analisá-las e tomar as devidas ações para evitar o surgimento das falhas apontadas. Para Santos, Burda e Mantovani *apud* Paris (2002) deve-se seguir quatro etapas para implementar um FMEA: planejamento, análise de falha em potencial, avaliação dos riscos e melhoria. Essas etapas serão descritas de acordo com as considerações dos mesmos autores.

### 2.2.2.1 Planejamento

Esta fase é realizada pelo responsável pela aplicação da metodologia e compreende: (a) descrição dos objetivos e abrangência da análise: em que se identificam quais produtos/processos serão analisados; (b) formação dos grupos de trabalho: em que se definem os integrantes do grupo, que deve ser preferencialmente pequeno (entre 4 a 6 pessoas) e multidisciplinar (contando com pessoas de diversas áreas); (c) planejamento das reuniões: as reuniões devem ser agendadas com antecedência e com o consentimento de todos os participantes; (d) preparação da documentação (ver na figura 3 a documentação necessária).

### 2.2.2.2 Análise das falhas em potencial

Esta fase é realizada pelo grupo de trabalho que discute e preenche o formulário FMEA de acordo com os passos que seguem: 1) funções e características do produto/processo; 2) tipos de falhas potenciais para cada função; 3) efeitos do tipo de falha; 4) causas possíveis da falha; 5) controles atuais.

### 2.2.2.3 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 (Tabela 1). Depois são calculados os coeficientes de prioridade de risco (R), por meio da multiplicação dos outros três índices.

Tabela 1

Referência para índices de severidade

Índice	Referência S (Severidade)	Denominação
1	Sem efeito	Nenhuma
2	Gravidade baixa	Baixa
3	Gravidade moderada	Moderada
4	Gravidade alta	Alta
5	Gravidade muito alta	Muito alta
O (Ocorrência)		
1	Probabilidade muito remota de ocorrer	Remota
2	Probabilidade de ocorrências baixa	Baixa
3	Probabilidade de ocorrências moderada	Moderada
4	Probabilidade de ocorrências alta	Alta
5	Falha em proporções alarmantes	Muito alta
D (Detecção)		
1	Probabilidade muito alta de a falha ser detectada	Muito fácil
2	Probabilidade alta de a falha ser detectada	Fácil
3	Probabilidade média de a falha ser detectada	Média
4	Probabilidade baixa de a falha ser detectada	Difícil
5	Probabilidade muito baixa de a falha ser detectada	Muito difícil

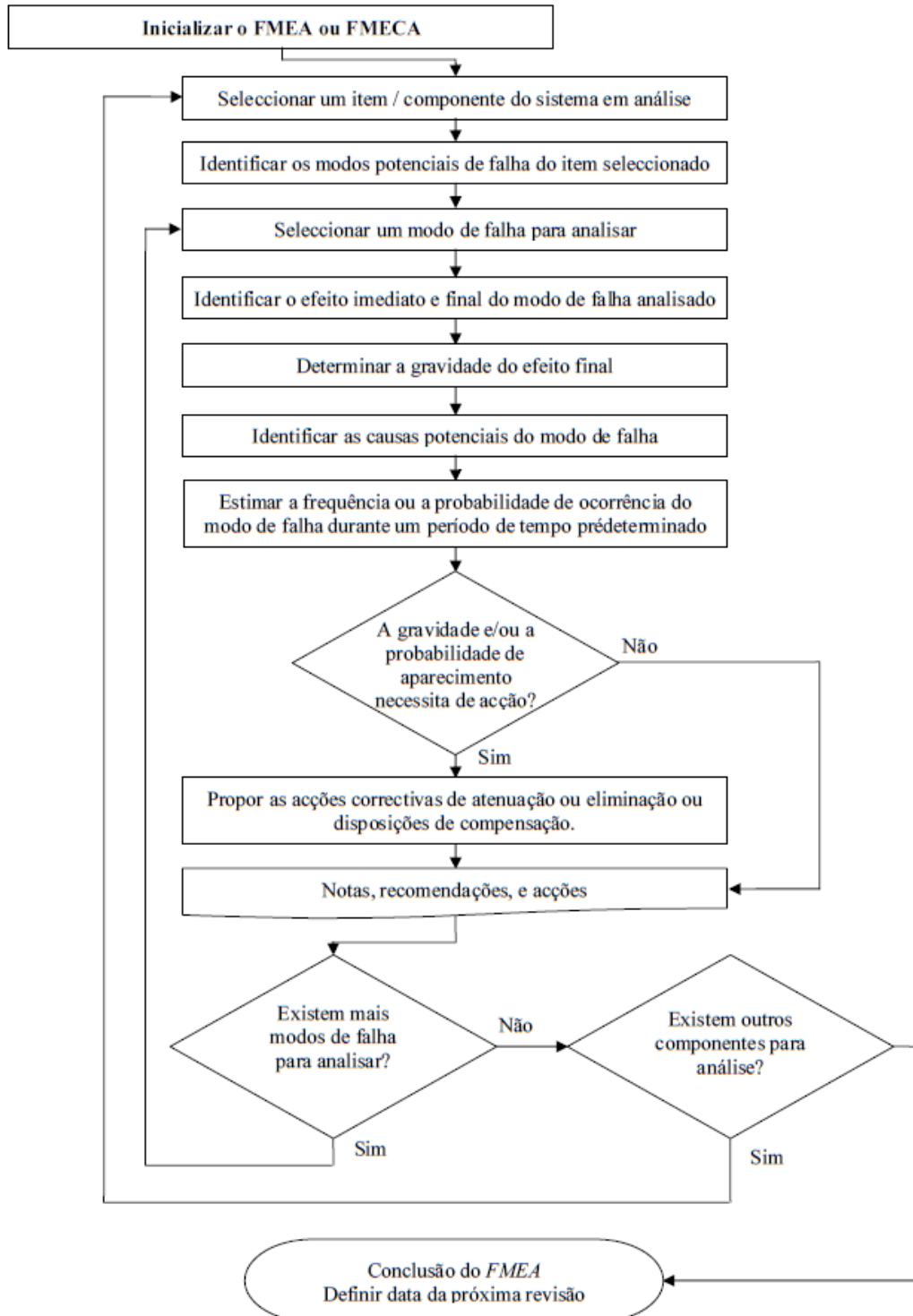
Fonte: Adaptado de Campos, Milan e Siqueira (2008)

#### 2.2.2.4 Melhoria

Nesta fase, 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: (a) medidas de prevenção total ao tipo de falha; (b) medidas de prevenção total de uma causa de falha; (c) medidas que dificultam a ocorrência de falhas; (d) medidas que limitem o efeito do tipo de falha; (e) medidas que aumentam a probabilidade de detecção do tipo ou da causa de falha.

Dando continuidade, o mesmo autor afirma que uma vez realizada uma análise para um produto/processo qualquer, esta deve ser revisada sempre que ocorrerem alterações neste produto/processo específico. Ainda, segundo o autor, mesmo que não haja alterações, deve-se regularmente revisar a análise confrontando as falhas potenciais imaginadas pelo grupo com as que realmente vêm ocorrendo no dia-a-dia do processo e uso do produto, de forma a permitir a incorporação de falhas não previstas, bem como a reavaliação, com base em dados objetivos, das falhas já previstas pelo grupo. As fases anteriormente descritas encontram-se esquematizadas na forma de um fluxograma representado na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma da análise do FMEA



Fonte: Silva, Fonseca e Brito (2006)

### 2.2.3 Importância

Santos, Burda e Mantovani *apud* Paris (2002), afirmam que a metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa: (a) uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos; (b) melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos; (c) ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua); (d) diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas; (e) o benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes.

Polacinski (2012) complementa a importância do FMEA citando alguns dos principais benefícios: (i) Evitar “não conformidade”; (ii) Propiciar ações preventivas; (iii) Documento obrigatório para o “Processo de Aprovação de Peças de Produção” (PPAP); (iv) Propiciar a avaliação de riscos; (v) Garantir vantagem competitiva com produtos mais confiáveis, “especialmente no ramo automotivo”, onde se exige equipamentos de alta performance operacional; (vi) Etc.

### 3. Métodos e Técnicas

Para cumprir o objetivo do presente artigo, de apresentar orientações conceituais de FMEA para a aplicação da ferramenta como um instrumento de antecipação de falhas, o trabalho foi feito no molde de um ensaio teórico que pode ser, de acordo com a concepção de Lakatos e Marconi (2001), de finalidade descritiva e caráter exploratório.

O motivo da escolha do assunto FMEA, parte de uma vontade pessoal de criar um material suporte para aplicação de um tema ligado as ferramentas da qualidade que tenha o objetivo de evitar erros. O FMEA foi o escolhido devido ser uma das ferramentas da qualidade que antecipa falhas e também pelo fato de estar integrado nas empresas mais sucedidas em todo o mundo

Justifica-se a realização do artigo uma vez que oferecerá subsídios teóricos capazes de facilitar a aplicação da ferramenta, diminuindo os riscos de erros para as empresas, acadêmicos e profissionais atuantes na área.

Através da pesquisa e dos dados apresentados no artigo o leitor irá contar com um material teórico que sirva como suporte inicial para uma implementação da ferramenta FMEA em uma indústria feita pelos mais diversos profissionais da área.

### 4. Resultados e Discussões

O presente estudo teórico, embasado nas bibliografias pesquisadas, deixa algumas importantes colocações a respeito do assunto desta importante ferramenta da qualidade: (i) As ferramentas da qualidade estão sendo usadas eficazmente por gerentes e membros das comissões de controle da qualidade em melhoria de produto e processos nas empresas; (ii) O FMEA tem origem no exército norte-americano, sendo complementado e ajustado pela NASA e em primeiro momento, aparece nas empresas a partir do uso da ferramenta na industria automobilística; (iii)

O FMEA tem como princípio evitar falhas potenciais e existentes no processo ou produto, com propostas de ações de melhoria, otimizando o sistema e diminuindo o máximo possível as chances de erro; (iv) Na aplicação de um FMEA, o primeiro passo está no planejamento e definição da equipe para atacar as falhas em potencial, após a equipe pronta e estando com os potenciais de falha definidos, estas são analisada com critérios de prioridades em três principais fatores: ocorrência, severidade e detecção. Por fim, a partir das prioridades definidas a equipe do FMEA define e executa as ações de melhoria; (v) Um FMEA bem aplicado evita não conformidades e além de outras vantagens, proporciona melhorias no processo, garantindo a vantagem competitiva do produtos devido a aumento da confiabilidade do item pelo cliente.

Figura 2 - Formulário do FMEA

Análise do Tipo e Efeito de Falha																		
Cod_pec : Nome da Peça: Data: Folha No. _____ de _____										<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto								
Descrição do Produto/ Processo	Função(s) do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo	Ações de Melhoria						
						S	O	D	R			Medidas Implantadas		Índices Atuais				

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos

Fonte: Toledo e Amaral ([s.d.])

## 5. Conclusões

O proposto ensaio teórico evidencia as fases e etapas para aplicação da Análise do Tipo e Efeito de Falha em processo e produtos. Eliminar falhas é sinônimo de melhoria no sistema: o FMEA além de contribuir para eliminação de possíveis falhas, funciona como uma ferramenta que antecipa o aparecimento das falhas, onde ações são tomadas para esses possíveis defeitos não chegarem ao cliente final.

O artigo cumpre com o objetivo de apresentar orientações conceituais de FMEA para a aplicação da ferramenta como um instrumento de antecipação de falhas. Um importante pilar para o sucesso do FMEA está na equipe do mesmo, os membros selecionados devem ter pleno conhecimento da área em análise e desempenhar o máximo comprometimento, também é importante ressaltar que todos os participantes devem contribuir durante o trabalho. Após o planejamento inicial e também da definição da equipe, a execução dos passos que o grupo deve



seguir inicia-se com a análise das falhas em potencial, em seguida, os riscos são avaliados a partir da severidade, ocorrência e detecção dessas falhas. O último passo na aplicação da ferramenta é relacionado com as ações que serão tomadas a partir dos problemas que foram encontrados e analisados.

Em conclusão, o FMEA é uma importante ferramenta que pode antecipar falhas. Os profissionais da área poderão contar com um material teórico que irá ajudar nos rumos a serem tomados para antes e durante a implementação da Análise do Tipo e Efeito de Falha. Como reflexo, no final do sistema a empresa irá aumentar a satisfação do cliente, que terá um produto que atenda as suas necessidades de forma qualitativa.

## Referências

AGUIAR, D. C.; MELLO, C. H. P. **FMEA de Processo: Uma Proposta de Aplicação Baseada nos Conceitos da ISO 9001:2000.** Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_070\\_501\\_10838.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_070_501_10838.pdf)>. Acesso em: 22 nov 2012.

BERGER, D. R. *et al.* **FMEA: Uma Abordagem Conceitual de uma Ferramenta na Prevenção de Falhas.** Congresso Internacional de Administração, 2012.

LAKATOS, E.M. & MARCONI, M.A. **Fundamentos de Metodologia Científica.** São Paulo: Atlas, 2001.

LAURENTI, R.; VILLARI, B. D.; ROZENFELD, H. **Problemas e Melhorias do Método FMEA: uma Revisão Sistemática da Literatura.** Disponível em: < <http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V10N01/06-1211-V10-N1-2012.pdf>>. Acesso em: 24 nov 2012.

LEAL, F.; PINHO, A. F.; ALMEIDA, D. A. **Análise de Falhas Através da Aplicação do FMEA e da Teoria Grey.** Disponível em: < <http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/revistagi/article/view/131/128>>. Acesso em: 25 nov 2012.

MIZUNO, E. **Gerência para Melhoria da Qualidade: As Sete Novas Ferramentas de Controle da Qualidade.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1993.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Provendo e prevenindo problemas antes que ocorram.** Tradução Outras Palavras, São Paulo: IMAN, 1997.

PARIS, W. S. **Ferramentas da Qualidade: Material de Apoio dos Seminários.** Curitiba, 2002.

POLACINSKI, E. **Análise de Modo e Efeitos de Falha (FMEA).** FAHOR - Faculdade de Horizontina, 2012. (PPT).

RODRIGUES, D. M. *et al.* **Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial - FMEA.** SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, disponível em: <



**3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR**

Horizontina - RS - Brasil  
16 a 18 de Outubro de 2013

**SEEMI 2013**  
7º Seminário Estadual de Engenharia Mecânica e Industrial



[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_070\\_501\\_10838.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_070_501_10838.pdf)>. Acesso em: 27 nov 2012.

SILVA, S. R. C.; FONSECA, M.; BRITO, J. **Metodologia FMEA e sua Aplicação à Construção de Edifícios.** Disponível em: <[http://www.fep.up.pt/disciplinas/pgi914/ref\\_topico3/fmea\\_ss\\_mf\\_jb\\_qic2006.pdf](http://www.fep.up.pt/disciplinas/pgi914/ref_topico3/fmea_ss_mf_jb_qic2006.pdf) >. Acesso em: 5 dez 2012.

TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. C. **FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha.** GEPEQ - Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), ([s.d.]).