

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
MAICON GALIANO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHAS: gerenciamento de riscos FMEA

Varginha
2012

MAICON GALIANO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHAS: gerenciamento de riscos FMEA

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel, sob orientação do Professor Me. Alexandre de Oliveira Lopes.

Varginha

2012

MAICON GALIANO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHAS: gerenciamento de riscos FMEA

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: ____/____/____

Prof. Me. Alexandre de Oliveira Lopes

Dedico este trabalho especialmente a minha família que me apoiaram nesta caminhada em busca do conhecimento e da sabedoria. Aos meus colegas de trabalho que me depositaram responsabilidades e almejavam que eu alcançasse a plenitude.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, meu irmão por todo apoio dado ao decorrer do curso, aos meus colegas e professores que dividiram comigo experiências que levarei por toda minha vida profissional e pessoal.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais
voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho descreve de forma abrangente a ferramenta de gerenciamento e análise de modo e efeito de falhas – FMEA, de projeto ou de processo que, de um modo geral, tem por objetivo prevenir falhas, atraso, parada de máquina, acidentes de trabalho entre outros prejuízos para a organização através de registros previamente feitos. A idéia de maior relevância, através deste trabalho é a apresentação de conceitos e posterior conscientização, para que a ferramenta FMEA deixe de ser mais um procedimento meramente burocrático e passe a ser mais ativa dentro dos projetos e processos da indústria, alcançando a redução de gastos desnecessários e a confiabilidade do produto final.

Palavras-chave: FMEA. Ferramenta da Qualidade Total. Análise de modo e efeito de falhas.

ABSTRACT

This paper describes a comprehensive tool for managing and analyzing failure mode and effect - FMEA, design or process that, in general, aims to prevent failure, delay, stop construction, accidents at work between other damage to the organization through records previously made. The idea of greater relevance, this work is the presentation of concepts and subsequent awareness so that the FMEA tool ceases to be merely another bureaucratic procedure and to become more active within the projects and processes in the industry, cost reduction achieved too many and reliability of the final product.

Keywords: *FMEA. Total quality tool. Mode and effect analysis of failures.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cronograma de aplicação do FMEA de Produto/Processo.....	16
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índice de Ocorrência.....	25
Tabela 2: Índice de Gravidade.....	26
Tabela 3: Índice de Detecção.....	27
Tabela 4: Avaliação do Índice de Risco	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	13
2.1 O que é FMEA	14
2.2 Histórico FMEA.....	14
2.3 Definições do termo FMEA	15
3 TIPOS DE FMEA	15
3.1 Quando realizar o FMEA	16
3.2 Situações para aplicação da ferramenta.....	16
4 DIRETRIZES GERAIS DO FMEA	17
4.1 Estrutura básica.....	18
4.2 Definições de escopo	18
4.3 Identificação dos parâmetros da ferramenta.....	18
4.4 Utilização do formulário de FMEA	20
5 ÍNICIO DOS TRABALHOS DE FMEA	28
5.1 Trabalho em equipe.....	29
5.2 Impacto na organização e na direção	29
6 OBJETIVOS DO FMEA	29
7 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS	32
ANEXO A FORMULÁRIO DE FMEA	33

1 INTRODUÇÃO

A análise de modo e efeitos de falhas tornou-se um elemento essencial para o sucesso do gerenciamento de projetos. Uma gestão de riscos de produto e processo não eficaz pode levar o projeto a atrasos, falhas e até ao cancelamento, o que vem a ser prejudicial à organização. Os riscos em projetos podem ser definidos como eventos indesejáveis que podem causar atrasos, gastos excessivos e resultados insatisfatórios. É com esta proposta que o trabalho corrente apresenta uma análise do papel do FMEA no processo de tomada de decisão em desenvolvimento de produtos e processos em prol da melhoria contínua. O FMEA vem se firmando como uma das ferramentas mais importantes no aprimoramento contínuo da qualidade e na redução de custos do produto tornando-o cada vez mais competitivo e, desta forma, visa atender cada vez mais as exigências dos clientes.

Muitos usuários têm a impressão de que FMEA nada mais é do que uma burocracia na documentação necessária dentro da empresa, uma vez que, para a idealização do projeto (seja ele de produto ou de processo), já se tenta identificar os problemas que podem surgir e fazendo-se as correções necessárias sem precisar ficar “preenchendo papel”. A diferença básica entre este pensamento e uma aplicação adequada do FMEA é que na maioria das vezes, as mudanças feitas sem a sistemática definida da ferramenta levam os esforços somente para a detecção de falhas, sem ser dada a devida importância para a prevenção das mesmas, que por sua vez, levam à diminuição de ações corretivas, e adaptativas principalmente para projetos futuros.

A idéia maior neste trabalho é apresentação de conceitos e conscientização, para que a ferramenta FMEA deixe de ser mais um procedimento burocrático e aborde a organização para que alcance redução de gastos demasiados e a confiabilidade do produto final.

2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

De acordo Francisco (2011), passamos por várias fases de evolução do sistema de produção, do sistema artesanal, evoluindo para a revolução industrial que consistiu em um conjunto de mudanças tecnológicas e sociais. Hoje podemos dizer que há algumas décadas estamos vivendo a quarta Revolução Industrial, com o conceito do Sistema Toyota de Produção que levou a consolidar o sistema de produção enxuta. Para sustentar este sistema de produção enxuta, se faz necessária a aplicação contínua e profunda da Qualidade Total, na qual são de fundamental importância a participação dos funcionários na sua elaboração, implantação e execução. As empresas hoje precisam reconhecer através da política e ações que fazer qualidade e buscar a satisfação dos clientes em primeiro lugar. O reconhecimento deste princípio fez com que muitas empresas de sucesso dominassem o mercado de produto e serviço nos últimos anos. A qualidade não pode estar separada das ferramentas estatísticas e lógicas básicas usadas no controle, melhoria e planejamento da qualidade. Estas ferramentas foram largamente difundidas, porque elas fazem com que as pessoas envolvidas no controle de qualidade vejam através de seus dados e compreendam a razão dos problemas, desta forma sendo possível determinar soluções para eliminá-los.

Segundo Marco (2010), o professor Japonês Kaoru Ishikawa, um dos pioneiros da Gestão pela Qualidade Total no Japão, afirmava que a aplicação das chamadas “ferramentas da qualidade” era capaz de resolver aproximadamente 95% dos problemas organizacionais. Sem levar em consideração a exatidão do percentual citado pelo Professor Ishikawa, a experiência prática tem demonstrado que a aplicação das ferramentas da qualidade para a solução dos problemas nas organizações resolve, senão todos os maiores dos problemas que se apresentam.

São algumas ferramentas que ficaram consagradas em prol da Qualidade Total:

- a) Diagrama de Pareto;
- b) Diagramas de Causa e Efeito;
- c) Histogramas;
- d) Folhas de Verificação;
- e) Gráficos de Dispersão;
- f) Fluxogramas;
- g) Cartas de Controle.
- h) 5W1H;

- i) *Blainstorming*;
- j) FMEA;

2.1 O que é FMEA

Segundo Toledo e Amaral (2005) a metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), 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. Este é o objetivo básico desta ferramenta e, portanto, pode-se dizer que com sua utilização, diminuem-se as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, aumento da confiabilidade que é a probabilidade de falha do produto/processo. Esta dimensão da qualidade, a confiabilidade, tem se tornado cada vez mais importante para os consumidores, pois, a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo. Além disso, cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter conseqüências drásticas para o consumidor, tais como aviões e equipamentos hospitalares nos quais o mau funcionamento pode significar até mesmo um risco de vida ao usuário. Apesar de ter sido desenvolvida com um enfoque no projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua grande utilidade, passou a ser aplicada de diversas maneiras. Assim, ela atualmente é utilizada para diminuir as falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de falha em processos administrativos. Tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos.

De acordo com Carvalho e Rabechini (2005), para tomar as decisões de forma adequada deve-se estar atento às singularidades de cada organização, como grau de aceitação aos riscos e padrões corporativos para o planejamento e gestão dos riscos.

2.2 Histórico FMEA

Segundo Sakurada (2001) o FMEA teve sua origem nos Estados Unidos no dia 9 de novembro de 1949, como um 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 para determinar os

efeitos nos sistemas e falhas em equipamentos. As falhas foram classificadas de acordo com seus impactos nos sucessos das missões e com a segurança pessoal/equipamento.

Com o aumento da competição e expansão da globalização, o sucesso dos projetos de uma organização se tornou ainda mais decisivo para a conquista do mercado e, ainda assim, vários projetos sofrem atrasos, mudanças de escopo, falhas e, no limite podem até ser cancelados. Em geral, muitos desses problemas podem ser gerados por uma gestão não eficaz dos riscos em projetos, a qual tem se tornado cada vez mais fundamental para o sucesso no gerenciamento dos mesmos (CARBONE; TIPPET, 2004). No entanto, técnicas e ferramentas de Gerenciamento de Riscos, as quais são desenvolvidas e utilizadas para aumentar as chances de sucesso de um projeto, são ainda muito pouco difundidas e empregadas (KUMAR, 2002).

2.3 Definição do termo FMEA

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na norma NBR 5462 (1994), adota a sigla originária do inglês FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e a traduz como sendo Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. Observa-se que a norma utiliza o termo pane para expressar falha. Ainda segundo a norma, o FMEA é um método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de falhas que podem existir para cada item, e a determinação dos efeitos de cada modo de falha sobre os outros itens e sobre a função específica do conjunto. NBR 5462 (1994) a *Military Standard* (MIL-STD 1629A) (1980), identifica como sendo um procedimento pelo qual cada modo de falha potencial em um sistema é analisado para determinar os resultados ou efeitos no sistema e para classificar cada modo de falha potencial de acordo com a sua severidade, Toledo e Amaral (2005).

3 TIPOS DE FMEA

Segundo Toledo e Amaral (2005), este método pode ser aplicado tanto no desenvolvimento do projeto do produto como do processo. As etapas e a maneira de realização da análise é a mesma, ambas diferenciando-se somente quanto ao objetivo. Assim as análises FMEA's são classificadas em dois tipos:

- **FMEA DE PRODUTO:** na qual são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou no

processo decorrente do projeto. É comumente denominada também de FMEA de projeto ou DFMEA.

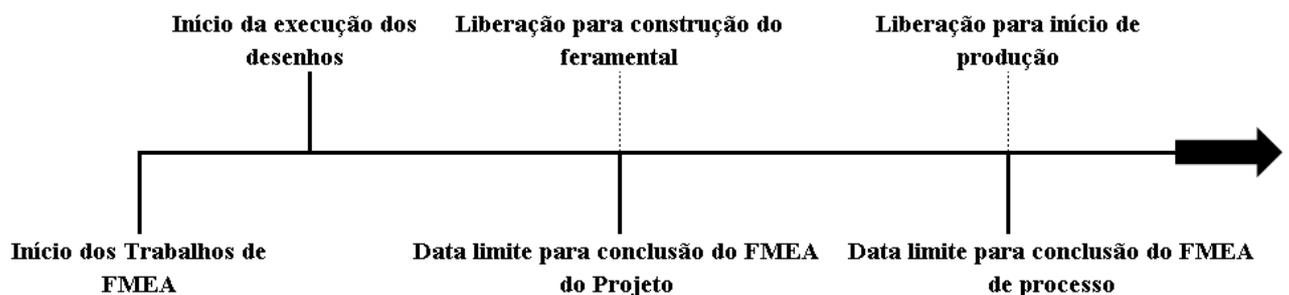
- **FMEA DE PROCESSO:** são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto. (TOLEDO;AMARAL, 2005, p.01)

3.1 Quando realizar o FMEA

O FMEA de projeto é um documento vivo e deve ser iniciado antes ou na finalização do conceito do projeto, ser continuamente atualizado conforme ocorrem mudanças, ou informações adicionais são obtidos durante as fases de desenvolvimento do produto e ser finalizado fundamentalmente antes que os desenhos finais do produto sejam lançados para a confecção do ferramental.

O FMEA de processo também é um documento vivo e deve ser iniciado anteriormente ou no estado de viabilidade, antes do ferramental chegar para a produção e levar em consideração todas as operações de manufatura para componentes individuais de montagens. Embora um FMEA seja necessário, não é preciso que ele seja iniciado em uma folha limpa, os FMEAs anteriores ou “genéricos” pode ser empregados como ponto de partida, (FMEA...,2012,p.13).

Figura 1 - Cronograma de aplicação do FMEA de Produto/Processo



Fonte: FMEA. 4.ed.São Paulo: SETEC Consulting Group,p.13

3.2 Situações para aplicação da ferramenta

O FMEA deve ser realizado desde as etapas iniciais de concepção do projeto e deve estender-se em revisões ao longo do desenvolvimento. Devem ser geradas em três situações diferentes, como diferentes abrangências:

- a) Novos projetos, tecnologias ou processos;

- b) Modificações de um projeto ou processo existente;
- c) Uso de um processo ou projeto em um novo ambiente, local ou aplicação, (FMEA...,2012,p.14).

4 DIRETRIZES GERAIS DO FMEA

FMEA é uma metodologia analítica utilizada para assegurar que os problemas potenciais tenham sido considerados e abordados, ao longo de todo o processo de desenvolvimento de produtos e processos. O seu resultado mais visível é a documentação de conhecimento coletivo das equipes multifuncionais. Parte da avaliação e análise é a estimativa de risco. O ponto importante é que seja realizada uma discussão com relação ao projeto (processo ou produto), à revisão das funções e de quaisquer alterações na aplicação, e aos conseqüentes riscos de falha potencial. Cada FMEA deveria assegurar que seja dada atenção a cada componente no âmbito do produto ou da montagem. Componentes ou processos críticos e relacionados à segurança deveriam receber prioridade mais elevada.

Um dos fatores mais importantes para a implementação bem sucedida de um programa FMEA é a oportunidade. O FMEA é concebido para ser uma ação “antes-do-evento” e não um exercício “após-o-fato”. Para atingir o maior valor, o FMEA deveria ser feito antes da implementação de um produto ou processo no qual exista o potencial de modo de falha. O tempo quando de alterações de produto/processo podem ser implementadas de maneira mais fácil e menos custosa, minimizará as crises de alterações tardias. As ações decorrentes de um FMEA podem reduzir ou eliminar chance de se implementar uma alteração que criaria um problema ainda maior. Idealmente, o processo de FMEA de projeto deveria ser iniciado nas primeiras etapas do projeto, e o processo de FMEA de Processo antes de serem desenvolvidos e adquiridos o ferramental ou equipamento de fabricação e pode também ser utilizado na resolução de problemas.

FMEA também pode ser aplicado às áreas de não-manufatura. Por exemplo, o FMEA poderia ser utilizado para analisar riscos em um processo de administração, ou para avaliação de um sistema de segurança. Em geral, o FMEA é aplicado a falhas potenciais, nos processos de concepção e fabricação de produtos, quando os benefícios são claros e potencialmente significativos (ANALISE...,2008,p.2).

4.1 Estrutura básica

Os formatos do FMEA podem variar baseados nas necessidades da organização e requisitos do cliente. Fundamentalmente, o formato utilizado deveria endereçar: Funções e requisitos do produto ou processo a ser entregue sendo analisados, modos de falhas quando os requisitos funcionais não forem atendidos, efeitos e conseqüências do modo de falha, ações e controles para endereçar as causas do modo de falha e ações para prevenir à re-ocorrência do modo de falha (FMEA...,2012,p.16).

4.2 Definições de escopo

O escopo estabelece limites da análise do FMEA. Ele define o que está incluindo e excluindo, determinado com base no tipo de FMEA que está sendo desenvolvido, isto é, sistema, subsistema ou componente. Antes que o FMEA possa começar, deve-se determinar um entendimento claro do que deverá ser analisado. O que excluir pode ser tão importante quanto o que deve ser incluído na análise. O escopo necessita ser estabelecido no início do processo para garantir uma direção e foco consistentes.

- a) FMEA de Sistema: Um FMEA de Sistema é formado de vários subsistemas. Exemplos de Sistemas na automotiva: Sistema de Chassis, Sistema do “*Powertrain*” (motor e suspensão), Sistema de Interior, etc. O foco do FMEA de Sistema é endereçar todas as interfaces e interações entre sistema, subsistemas, o ambiente e o cliente.
- b) FMEA de Subsistema: Um FMEA de Subsistema é um subconjunto de um FMEA de Sistema. Um exemplo de FMEA de Subsistema na automotiva: Subsistema de Suspensão Dianteira, que é um subconjunto do Sistema Chassis. O Foco do FMEA de Subsistemas é endereçar todas as Interfaces e interações entre os componentes do subsistema e interações com outros subsistemas ou sistemas.
- c) FMEA de Componente: Um FMEA de Componente é um subconjunto de um FMEA de subsistema. Um exemplo na automotiva: uma pastilha de freio é um componente do conjunto freio, que é um subsistema do sistema de Chassis (Análise...,2009,p.18,19).

4.3 Identificação dos parâmetros da ferramenta

- a) Identificar Funções, Requisitos e Especificações: identificar e entender as funções, requisitos e especificações relevantes para o escopo definido. O Objetivo dessa

atividade é esclarecer a intenção do projeto de um item ou o propósito do processo. Isso ajuda na determinação de modos de falhas potencial para cada atributo ou aspecto da função;

- b) Identificar Modos de Falha Potencial: Modo de Falha é definido como a forma ou maneira na qual um produto ou processo poderia falhar em atender a intenção do produto ou requisito do processo. Assume-se que a falha poderia ocorrer, mas não necessariamente ocorre. Uma definição concisa e compreensível da falha é importante, pois ela foca a análise de forma adequada. Modo de falha potencial deveria ser descrito em termos técnicos e não necessariamente como um sintoma percebido pelo cliente. Um grande número de modos de falhas identificadas para um único requisito pode indicar que o requisito definido não está conciso.
- c) Identificar Efeitos Potenciais: Efeitos potenciais de Falhas são definidos como o efeito do modo de falha conforme percebido pelo cliente. Os efeitos ou impactos da falha são descritos em termos do que o cliente pode perceber ou experimentar. O cliente pode ser um cliente interno, bem como o usuário final. Determinar efeitos potenciais inclui a análise das conseqüências das falhas e a severidade ou gravidade dessas conseqüências.
- d) Identificar Causa Potenciais: Causa Potencial de falha é definida como uma indicação em como a falha pode ocorrer, descrita como algo que pode ser corrigido ou pode ser controlado. Causa Potencial de falha pode ser uma indicação de uma fragilidade de projeto, a conseqüência disso é o modo de falha. Existe uma relação direta entre uma causa e seu modo de falha resultante (ex.: se a causa ocorrer, então o modo de falha ocorre). Identificar a(s) causa(s) raiz(es) do modo de falha, com detalhes suficientes, permite a identificação de controles e planos de ação apropriados. Uma análise separada de causa potencial é realizada para cada causa, se existirem múltiplas causas.
- e) Identificar Controles: Controles são aquelas atividades que previnem ou detectam a causa da falha ou modo de falha. Ao desenvolver controles, é importante identificar o que está acontecendo de errado, porque, e como prevenir ou detectar isto. Controles são focados na prevenção vão fornecer o melhor retorno.
- f) Identificar e Avaliar os Riscos: uma das etapas importantes no FMEA de processo é a avaliação de risco. Isso é avaliado em três formas, severidade, ocorrência, e detecção:
 - I. Severidade é uma avaliação do nível de impacto de uma falha no cliente;
 - II. Ocorrência é qual a frequência em que a causa de uma falha pode ocorrer;

- III. Detecção é uma avaliação de quão bem os controles de produto ou processo detectam a causa da falha ou modo de efeito de falha.

Organizações precisam entender os requisitos de seus clientes para avaliação de risco.

- g) Ações recomendadas e Resultados: A intenção de ações recomendadas é reduzir o risco global e a probabilidade que o modo de falha ocorra. As ações recomendadas tratam redução da severidade, ocorrência e detecção.

Os seguintes itens podem ser usados para assegurar que as ações apropriadas sejam tomadas, incluindo, mas não limitando a: garantir que requisitos de projeto, incluindo confiabilidade, sejam alcançados, revisar desenhos e especificações de engenharia, confirmar incorporação em processos de montagem/fabricação e revisar FMEAs, planos de controle e operações relacionadas. Responsabilidade e prazo para completar as ações recomendadas devem ser registradas, uma vez que ações estão completadas e resultados obtidos, as notas atualizadas para severidade, ocorrência e detecção também devem ser registradas, (Análise...,2009,p.21,22).

4.4 Utilização do formulário de FMEA

Para acompanhamento das informações descritas abaixo consultar anexo A.

Campo 1: Identificação da FMEA (produto ou processo)

Identificação de um FMEA de produto ou processo. Essa distinção é muito importante para direcionar a análise que será conduzida. Se for considerado o FMEA de projeto de um produto, as causas de falha serão aquelas pertinentes a problemas no projeto, e, portanto não serão consideradas as causas de falha decorrentes de uma inadequação do processo de fabricação. Ainda que a falha e a consequência sejam as mesmas, o tipo de causa é distinto. Registrar também se trata da primeira análise que está sendo feita, e se o produto ou processo ainda estão em fase de elaboração, ou se trata de uma revisão do produto em produção e ou processo em operação.

Campo 2: Dados de Registro

Colocar as informações básicas que podem facilitar a posterior identificação do produto/processo e do FMEA realizado. Incluir, por exemplo:

- a) Nome do produto e número de série;
- b) Identificação da etapa do processo se for o caso;
- c) Data da liberação do projeto;
- d) Data da Revisão;
- e) Data da confecção do FMEA;
- f) Número da versão do FMEA;
- g) Data da versão anterior, se existir;
- h) Setores responsáveis pela execução;
- i) Coordenador e responsáveis.

Estabelecer um procedimento operacional para registro dos dados.

Campo 3: Item

Numerar os itens considerados. Dependendo da extensão, colocar um item por formulário.

Campo 4: Nome do Componente ou Etapa do Processo

Utilizar o elemento ou etapa do processo de forma clara e concisa. Utilizar a nomenclatura usada internamente na empresa, mesmo que não seja tecnicamente a mais correta. Se o FMEA precisar ser mostrado ao cliente, como requisito contratual utilizar se necessário, mais de um nome para o item (o interno da empresa e como é conhecido pelo cliente).

Campo 5: Função do Componente ou processo

Descrever de maneira sucinta a função que o item (componente, subsistema ou etapa do processo) deve desempenhar. Pergunta-se: Qual é o propósito desta peça (operação)? A resposta definirá a função principal da peça (operação), ter definida claramente a função do

item examinado, ter em mente que as falhas serão sempre uma inadequação a essa função, ou seja, uma redução do nível de desempenho esperado. Por ser útil anexar à descrição da função os resultados esperados para o item, por meio dos valores dos itens de controle estabelecidos para ele, que servirão como “metas de desempenho”.

Campo 6: Modo (tipo) da Falha

Modos de falhas são os eventos que levam associados a eles uma parcial ou total da função do produto e de suas metas de desempenho. Pergunta-se: de que maneira este processo pode fracassar na sua função estabelecida? Quais fatos poderiam ser considerados inconvenientes pelo cliente? Descrever maneira pela qual o componente falha, em termos físicos e objetivos. Por exemplo: cabo cortado, eixo fraturado, nota fiscal emitida com atraso. O esforço deve concentra-se na forma como o processo pode falhar e não se falhará ou não falhará. Encarar as falhas sob a óptica dos elementos básicos que compõem a Qualidade Total de um sistema, particularmente qualidade intrínseca, custo, segurança, prazo de entrega. Evitar descrições genéricas, que não acrescentam nenhuma informação aos técnicos envolvidos na análise ou não possibilite identificar o tipo de falha. Por exemplo: “amplificador com fonte de alimentação queimada” e não “amplificador não funciona”.

Alguns típicos modos de falhas nos componentes:

- Deformação;
- Ovalização
- Ruptura;
- Corrosão/oxidação;
- Queima;
- Desgaste;
- Dobramento;
- Bolhas;
- Amassamento;
- Quebra;
- Fusão;
- Trinca;
- Vazamento;
- Desequilíbrio;
- Estiramento;
- Achatamento;
- Risco;
- Manchas;
- Folgas.

Alguns típicos modos de falhas na montagem e sistemas:

- Endurecimento;
- Desalinhamento;
- Espanamento;
- Obstrução;
- Alta resistência;
- Curto-circuito;
- Aferição irregular;
- Desregulagem;
- Jogo excessivo;
- Ar no circuito;
- Não retorna;
- Ruídos
- Vibração
- Infiltração de água;
- Fusão;
- Aquecimento.

Campo 7: Efeito da Falha

Efeitos da falhas são as formas como os modos de falha afetam o desempenho do sistema, do ponto de vista do cliente. É o que o cliente observa. Pergunta-se: O que acontecerá se ocorrer o tipo de falha descrito? Quais conseqüências poderão sofrer o cliente? Descrever qual é a conseqüência da ocorrência da falha, percebida ou não pelo cliente? Tomar cuidado para não confundir o efeito com o modo de falha. Lembrando que um modo de falha pode ter mais de um efeito e por isso, devem-se relacionar todos eles.

Alguns típicos efeitos de falhas:

- Parada do produto;
- Perda de óleo;
- Operação irregular;
- Curso irregular;
- Entrada de ar/pó;
- Defeito estético;
- Excessivo consumo;
- Pouca aderência;
- Entrada de água;
- Nível irregular;
- Operação intermitente;
- Vibração;
- Sobreaquecimento;
- Ruídos;
- Dificuldade de acionamento;
- Emissão excessiva de fumaça;
- Risco de incêndio.

Campo 8: Causa de Falha

Causa das falhas são os eventos que geram (provocam) o aparecimento do tipo (modo) de falha. Pergunta-se: quais variáveis do processo podem provocar este modo de falha? Descrever de maneira simples e concisa o fator, embora potencial, que é origem da falha. Evitar informações genéricas, buscar a causa fundamental. Deve-se lembrar que as causas das falhas devem ser descritas de tal maneira que possam ser propostas ações preventivas ou corretivas.

Algumas causas típicas de modos de falhas:

- Falta de especificação;
- Projeto inadequado;
- Tratamento térmico inadequado;
- Conexão insuficiente;
- Temperatura inadequada;
- Rugosidade excessiva;
- Pintura inadequada;
- Desbalanceamento;
- Contato defeituoso;
- Material errado;
- Interferências;
- Instabilidade estrutural;
- Curvatura errada;
- Acesso dificultoso;
- Especificação errada;
- Tolerâncias inadequadas;
- Torque errado;
- Consulta a norma desatualizada.

Campo 9: Controles Atuais

Registrar as medidas de controle implementadas durante a elaboração do projeto ou no acompanhamento do processo que objetivam: prevenir a ocorrência de falhas, detectar falhas ocorridas e impedir que cheguem ao cliente.

Como exemplos podemos citar:

- Técnicas de inspeção e ensaios;
- Procedimentos de CEP (gráficos de controle, etc.);
- Sistemas padronizados de verificação do projeto;
- Confrontação com normas técnicas.

Campo 10: Índice de ocorrência

É uma estimativa das probabilidades combinadas de ocorrência de uma causa de falha, e dela resultarem o tipo de falha no produto/processo. Sempre que possível, estabelecer um índice de ocorrência de uma causa de falha, e dela resultarem o tipo de falha no produto/processo; Ver tabela 1 os critérios para o estabelecimento desse índice; A atribuição desse índice dependerá do momento que se está conduzindo o FMEA; Por ocasião do projeto do produto ou processo, não se dispõe de dados estatísticos, uma vez que o produto/processo ainda não existe. Então, basear a 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 o FMEA estiver sendo feito por ocasião de uma revisão do projeto do produto ou processo, então poderão ser usados:

- Relatórios de falhas (internos ou da assistência técnica);
- Históricos de manutenção, quando for o caso;
- Gráficos de controle;
- Outros dados obtidos do CEP;
- Dados obtidos de fornecedores.

Tabela 1: Índice de Ocorrência

Índice	Probabilidade de ocorrência	Ocorrência
1	Muito remota	Excepcional
2	Muito pequena	Muito poucas vezes
3	Pequena	Poucas vezes
4,5,6	Moderada	Ocasional, algumas vezes
7,8	Alta	Frequente
9,10	Muito alta	Inevitável, certamente ocorrerá a falha

Fonte: Sanches, Carlos Failure Mode and Effect Analyze (FMEA) p.17

Campo 11: Índice de Gravidade

É o índice que deve refletir a gravidade do efeito da falha sobre o cliente, assumindo que o tipo de falha ocorra. A atribuição do índice deve se feita olhando para o efeito da falha, e avaliando o quando ele pode “incomodar” o cliente. Uma falha poderá ter tantos índices de gravidade quantos forem os seus efeitos. Ver tabela 2 critérios para o estabelecimento desses índices.

Tabela 2: Índice de Gravidade

Índice	Conceitos
1	Falhas de menor importância; Quase não são percebidos os efeitos sobre o produto ou processo.
2 a 3	Provoca redução de performance do produto e surgimento gradual de ineficiência; Cliente perceberá a falha mas não ficará insatisfeito com ela.
4 a 6	Produto sofrerá uma degradação progressiva; Ineficiência moderada; Produtividade reduzida; Início de frustração por parte do operador do processo ou cliente do produto; Cliente perceberá a falha e ficará insatisfeito.
7 a 8	Mais de 50% a 70% das vezes não se consegue manter a produção a ser requer grande esforço do operador, há baixa eficiência e produtividade; Alta taxa de refugo; Em campo, o produto não desempenha sua função; O cliente perceberá a falha e ficará muito insatisfeito com ela.
9 a 10	Não se consegue produzir, "colapso" do processo; Cliente ficará muito insastifeito com ela.

Fonte: Sanches, Carlos Failure Mode and Effect Analyze (FMEA) p.17

Campo 12: Índice de Detecção

É o índice que avalia a probabilidade de a falha ser detectada antes que o produto chegue ao cliente. O índice de detecção deve ser atribuído olhando-se para o conjunto “modo de falha-efeito” e para os controles atuais exercidos. Ver tabela 3 (critérios para o estabelecimento desses índices).

Tabela 3: Índice de Detecção

Índice	Conceito
1	Muito alta probabilidade de detecção.
2 a 3	Alta probabilidade de detecção, em processos, ações corretivas são tomadas em pelo menos 90% das vezes em que os seus parâmetros saem fora de controle.
4 a 6	Moderada probabilidade de detecção, somente 50% das vezes em que o processo sai de controle são tomadas ações corretivas.
7 a 8	Pequena probabilidade de detecção, nível de controle muito baixo, até 90% das peças produzidas podem estar fora de especificação.
9	Muito pequena probabilidade de detecção, não há nenhum tipo de controle ou inspeção.
10	Muito remota probabilidade de detecção; A falha não pode ser detectada.

Fonte: Sanches, C. Failure Mode and Effect Analyze (FMEA) p.18.

Campo 13: Índice de Risco

É o índice que registra o produto dos três índices anteriores:

$$\text{Índice de Risco} = \text{Gravidade} \times \text{Ocorrência} \times \text{Detecção}$$

As falhas com maior índice de risco devem ser tratadas prioritariamente, e sobre elas deve ser feito um plano de ação para o estabelecimento de contramedidas.

Tabela 4: Avaliação do Índice de Risco

Avaliação	Pontuação do Risco
Baixo	1 a 50
Médio	50 a 100
Alto	100 a 200
Muito Alto	200 a 1000

Fonte: Sanches, Carlos Failure Mode and Effect Analyze (FMEA) p.18

Campo 14: Ações Preventivas Recomendadas

Registrar as ações que devem ser conduzidas para bloqueio da causa da falha ou diminuição da sua gravidade ou ocorrência, registrar o nome do responsável pela implementação da ação de bloqueio, registrar essas ações de forma objetiva e concisa.

Campo 15: Ações Preventivas Adotadas.

Deve ser anotado neste campo, as medidas efetivamente adotadas e aplicadas, lembrando que nem sempre as ações recomendadas são adotadas, por razões de factibilidade e/ou custos.

Quando aos demais campos 16 ao 19, preenchê-los somente após a implantação das medidas recomendadas como o intuito de reavaliar as falhas, esperando-se que os índices de criticalidade tenham seus valores reduzidos (SANCHES, Carlos, 2010, p.10-19).

5 INÍCIO DOS TRABALHOS DE FMEA

Formação da equipe de FMEA:

- a) Determinação do coordenador da equipe (líder), que na maioria das vezes é o próprio responsável pelo projeto/processo;
- b) Determinação dos outros membros da equipe;
- c) Escolha do redator;
- d) Definição do controlador de tempo;
- e) Definição dos objetivos da equipe;
- f) Determinação de regras e diretrizes para a equipe.

Coleta dos dados necessários para a elaboração dos FMEAs tais como desenhos relevantes e outros FMEAs, sejam eles de projetos similares ou etapas anteriores (no caso da Engenharia de Manufatura, seria o FMEA de projeto e no caso da Engenharia de Produção, seriam os FMEAs vindos da Engenharia de Produto e da Engenharia de Manufatura) (FMEA...,2012,p.18).

5.1 Trabalho em equipe

O FMEA é uma ferramenta de prevenção e como tal, depende da capacidade das pessoas em tentar prever todos os possíveis modos de falha, seus efeitos e causas que estão vinculados ao processo de desenvolvimento. E por esta razão que é recomendado o trabalho em equipe para a elaboração dos FMEAs, uma vez que várias pessoas que, de alguma forma, estão ou vão estar ligadas ao projeto, podem contribuir com ideias e colocações que podem passar despercebidas por aqueles que de fato elaboraram os projetos. O engenheiro responsável pelo projeto deve promover o envolvimento direto e ativo de representantes de todas as áreas afetadas. Essas áreas devem abranger, mas não estão limitadas a: engenharia de produtos, engenharia de manufatura, engenharia de produção, manufatura, qualidade, assistência técnica, compras, manutenção, segurança do trabalho e medicina ocupacional (quando for necessário), fornecedores (quando há desenvolvimento conjunto) e o cliente (no mínimo com informações, caso não possa estar presente). A decisão de quem deve ser chamado vai depender de quais são as áreas que vão estar com suas operações relacionadas ao projeto e do momento de desenvolvimento do FMEA (FMEA...,2012,p.19).

5.2 Impacto na organização e na direção

A implementação irá variar dependendo do tamanho e estrutura da organização, um FMEA é desenvolvido por uma equipe multifuncional, o tamanho da equipe dependerá tanto da complexidade do projeto e quanto do tamanho da organização. Os membros da equipe necessitam de expertise relevante, disponibilidade de tempo e autoridade sancionada pela direção. O programa de treinamento deveria ser implementado incluindo: visão geral de administração, treinamento para usuários, fornecedores e facilitadores (FMEA...,2012,p.15).

6 OBJETIVOS DO FMEA

Com a aplicação adequada desta ferramenta, é possível obter melhoria na qualidade do produto, confiabilidade e segurança dos produtos e processos avaliados, redução do tempo de redesenvolvimento do produto e seu custo, documentação e acompanhamento de ações tomadas para reduzir os riscos, auxílio no desenvolvimento dos planos de controle robustos,

além de ajudar os engenheiros a priorizarem e focarem na eliminação ou redução dos problemas do produto e processo e ou evitar que eles ocorram (FMEA...,2012,p.10)

7 CONCLUSÃO

O que mais se busca nas organizações hoje é a otimização da produção reduzindo a chances de eventos indesejáveis como: falhas, atrasos, paradas de máquinas, acidentes de trabalho para aumentar a confiabilidade nos processos, redução de custos, segurança e melhoria nos produtos. Após a apresentação minuciosa de todos os conceitos e definições dessa ferramenta e a forma como pode ser usada dentro de uma empresa, percebe-se que a ferramenta FMEA apresenta mais prós do que contras. Apesar de muitos a denominarem burocrática, quando trabalhada de forma sistemática a ferramenta prevê possíveis falhas e as classifica de forma que a equipe consiga visualizar quais as ações que necessitam ser tomadas com seu grau de importância e além desta principal característica a ferramenta cria um histórico à organização evitando assim que a ocorrência de problemas já solucionados não ocorra novamente, proporcionando a organização maior confiabilidade de seus processos e produtos, aumento da satisfação com o cliente e redução de custos com redesenvolvimento dos projetos, manutenção corretiva e acidentes de trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANÁLISE de modo e efeito de falha potencial (FMEA).**4.ed.Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2008. (Manual de Referência).
- ANÁLISE de modo e efeito de falha potencial. 4.ed.** São Paulo: Interaction Plexus, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade** – Rio de Janeiro, 1994.
- CARBONE, T.A.; TIPPETT, D.D. **Project risk management using the Project risk FMEA.**Engineering Management Journal, v.16, n.4, p. 28-35, 2004.
- CARVALHO, M.M.; RABECHINI Jr, R. **Construindo Competências para Gerenciar Projetos: Teoria & Casos.** São Paulo: Atlas, 2005. 317p.
- FMEA.4.ed.** São Paulo: Setec Consulting Group, 2012
- GIOCONDO, F.C. **Ferramentas básicas da Qualidade**, 2011 Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=CniEMu69GTgC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false> Acesso em 01 de Setembro de 2012.
- KUMAR, R. L. **Managing risks in IT projects: an options perspective.** Information and Management, v.40, p. 63–74, 2002.
- LUCINDA, M.A **Qualidade Fundamentos e Práticas** – BRASFORT Livros, 2010.
- SAKURADA, E. Y. **As técnicas de Análise do Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos.** Florianópolis: Eng. Mecânica/UFSC. (Capítulo 5 da Dissertação de mestrado), 2001.
- SANCHES, C.E **Failure mode and effect analyze (FMEA)**, 2010 Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/80226992/Apostila-Fmea-e-Analise-Do-Valor-2010>> Acesso em 01 de Setembro de 2012.
- TOLEDO, J.C. ;AMARAL,D.C. **FMEA- Análise do tipo e efeito de falha.** GEPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade DEP – UFSCar, 2005.

ANEXO A FORMULÁRIO DE FMEA

FMEA																	
<input type="checkbox"/> Produto 1 <input type="checkbox"/> Processo											Data da Elaboração: 2		Cliente: 2				
											Data da Próxima Revisão: 2		Produto: 2				
											Coordenador: 2		Processo: 2				
											Unidades/Setor: 2		Equipe: 2				
Item	Nome do Componente	Função do Componente	Falhas Possíveis			Controle Atual	Índices			Ações Recomendadas	Responsável	Resultados					
			Modo	Efeito	Causas		G	O	D			R	Ações Tomadas	G	O	D	R
3	4	5	6	7	8	9	1	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19
							0										

Fonte: (SANCHES, Carlos, 2010, p.11).