



UM ESTUDO SOBRE FMEA – ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA
A STUDY ABOUT FMEA - FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

Helivelto Brambilla - heliveltobrambilla@bol.com.br

Prof. Esp. Carlos Rodrigo Volante - carlos.volante@fatectq.edu.br

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC) – SP – Brasil

RESUMO

Atualmente, as organizações buscam cada vez mais competitividade, dentre os diferentes meios utilizados para a sua obtenção, estão as ferramentas de apoio a qualidade. Este artigo apresenta um estudo sobre uma ferramenta de apoio, o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). O objetivo é demonstrar o conceito, história, objetivo, tipos de FMEA, além das etapas para a sua implantação. O método utilizado para a realização deste trabalho foi a revisão bibliográfica, sendo feita por meio de livros, artigos científicos, dissertações e sites. Os resultados obtidos demonstram que com base nas falhas, grau de ocorrência destas e suas severidades, consegue-se diagnosticar a situação atual dos processos e propor melhorias. Porém, a ferramenta também possui falhas e cabe a equipe implantadora amenizá-las. Assim, pode-se concluir que o FMEA quando aplicado com rigor e por pessoas capacitadas, auxilia o cumprimento do objetivo de melhoria da qualidade dos sistemas, produtos, processos e serviços.

Palavras chave: FMEA. Qualidade. Ferramentas da qualidade.

ABSTRACT

Currently, the companies increasingly search for competitiveness, among different ways to its obtainment there are support tools for quality. This article presents a study about one of these support tools, the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). The main purpose is to demonstrate the concept, history, objective, FMEA's types, and the steps for its implementation. This work was based on a bibliographic review, being done through books, scientific articles, dissertations and sites. The results demonstrate that based on failure, their incidence and severity allows diagnosing the current process and propose improvements. However, the tool presents some weakness; therefore, the group in charge of implementing is responsible for reducing the failures. So, it can be concluded that when FMEA is applied thoroughly and by capacitated people it helps fulfill the goal of improving the quality of systems, products, processes and services.

Keywords: FMEA. Quality. Quality tools.

COMO REFERENCIAR ESTE ARTIGO:

BRAMBILLA, H.; VOLANTE, C. R. Um estudo sobre FMEA – análise de modos e efeitos de falha. In: **III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga**. Disponível em: <www.fatectq.edu.br/SIMTEC>. 10 p. Outubro de 2015.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de qualidade para as organizações frente aos clientes é descrito de muitas formas diferentes na literatura. Para Catanozi (2006) nos últimos anos, a qualidade passou a ter prioridade dentro das empresas, o autor acredita que ela se tornou um importante ingrediente para a competitividade e sobrevivência das organizações.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009) para se obter uma chance maior do cliente voltar a comprar, deve-se dar a ele sempre alta qualidade tanto para produtos ou serviços.

Atualmente, as organizações contam com o auxílio de ferramentas, como o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). A análise de possíveis falhas e a eliminação das mesmas antes que ocorram, possibilita a resolução de um problema sem que o mesmo tenha ocorrido anteriormente. Palady (1997) ressalta que, para a obtenção de todos os benefícios de um FMEA, é necessário que o mesmo esteja totalmente integrado na cultura da organização, a ferramenta objetiva o prognóstico de problemas. O autor ainda destaca que o FMEA também é o diário do projeto, já que tudo que é colhido na forma de dados pode ser usado futuramente, evitando que erros de natureza semelhante ocorram novamente, seja em produtos ou serviços.

Este artigo tem por objetivo fazer uma análise sobre o FMEA, seu conceito, história, objetivo, tipos de FMEA, além das etapas para a sua implantação.

A metodologia utilizada para a realização deste artigo foi a pesquisa bibliográfica, sendo ela feita através de livros, artigos científicos, dissertações de mestrado, além de sites. Segundo Diógenes (2005) metodologia é o conjunto de métodos e procedimentos técnicos que visam o direcionamento de uma pesquisa.

O artigo está organizado como se segue: na seção 2 são apresentados os conceitos, histórico, falhas, além dos tipos que a ferramenta possui; na seção 3 são apresentados os passos e métodos para a implantação da ferramenta; e na seção 4 são descritos os resultados, e conclusão do trabalho, além de proposta de melhoria para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Não existe um entendimento quanto a origem do FMEA, porém de acordo com a ASQ - A Global Leader in Quality Improvement & Standards (2014) o FMEA foi desenvolvido em meados da década de 40, de início era utilizado pelo exército americano e só alguns anos depois veio à auxiliar a indústria aeroespacial e mais tarde a automobilística.

Segundo Palady (1997) FMEA passou a ser tido como exigência das normas QS-9000 da Chrysler/Ford/GM, da norma 1629-A do departamento de defesa e de normas de outros setores.

Atualmente, segundo Souza (2012) devido a sua importância e eficácia é utilizado nos mais variados segmentos, não apenas para a prevenção de falhas em andamento, mas também na utilização para o desenvolvimento de novos produtos e/ou processos.

Segundo Palady (1997) o FMEA deve avaliar a severidade das falhas, o modo como elas podem vir a ocorrer, e caso as mesmas ocorram, como detectá-las e corrigi-las antes de causarem reclamações por parte dos clientes. Então, com esse conjunto de medidas, o FMEA intermediará entre as falhas e mostrará o que terá grande impacto ao cliente, no entanto, caberá a equipe responsável pelo FMEA propor e estabelecer as medidas corretivas.

Petronilho (2010 apud. PUENTE et al. 2002) ressalta que, a eliminação das falhas existentes e o aumento da probabilidade de detecção delas devem ser vistas apenas como medidas temporárias, pois se a falha já existe deve-se corrigi-la. Porém, o grande objetivo da ferramenta é fazer com que as falhas sejam eliminadas antes de sua aparição, antes de chegar ao cliente ou consumidor. Para que se atinja esse objetivo são utilizados três fatores de relevância: ocorrência, severidade e detecção. A ocorrência demonstra a frequência com que as falhas ocorrem, a severidade corresponde ao grau de gravidade do efeito da falha, e a detecção se refere ao grau de dificuldade em se detectar a possível falha. Com base nestes três índices é obtido o RPN (número potencial de risco). O RPN é a representação do risco potencial de cada falha, ele é calculado pela equipe elaboradora do FMEA.

A obtenção do RPN se dá através de uma fórmula que é composta por: $RPN = O \times S \times D$, que representam as iniciais dos fatores: ocorrência, severidade e detecção, respectivamente. (PETRONILHO, 2010).

No entanto, há controvérsias sobre o cálculo. Segundo Fernandes (2005 apud. FRANCESCHINI E GALETTO, 2001) para se calcular é levado em consideração que todos os fatores, Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D), possuem a mesma importância, o que muitas vezes pode não ser verdadeiro, pois a severidade acaba por ser o fator mais

importante. Para evitar erros de interpretação algumas empresas estabelecem certas regras, por exemplo, se o RPN atinge determinado número que é utilizado como valor base de auto risco, automaticamente ele é priorizado, ou se a severidade apresentar um índice elevado, mesmo se o RPN for baixo, ele é tratado como prioridade devido ao índice de severidade alto.

Petronilho (2010) explica que o FMEA, por possuir uma forma sistêmica de catalogar as informações dos modos de falha, proporciona obter conhecimento documentado de falhas que já ocorreram.

Quando não se tem à disposição dados colhidos anteriormente torna-se complicado fazer a prevenção, portanto a equipe da implantação deve ter experiência.

Petronilho (2010) destaca que, há uma relação entre a eliminação dos modos de falha e a confiabilidade do produto. Conforme ocorre a eliminação dos modos de falha, a confiabilidade do produto final aumenta consideravelmente, isso faz com que a organização logo perceba o retorno do investimento, já que há uma redução no custo de reparo de falhas.

Entende-se que o objetivo da ferramenta quando atingido, traz a organização um ganho em termos de diminuição de custos com reparos (manutenção), reprojeção ou ainda a perda de clientes ativos e potenciais. Se implantado com planejamento, o gasto que a empresa tem ao implanta-lo tende a ser menor que os ganhos que ela terá, pois, detectar um erro antes que o mesmo venha a ocorrer, diminui custos.

Palady (1997) destaca que existem dois tipos de FMEA:

- FMEA de Projeto: está relacionado com o projeto do produto. É o modo pelo qual um produto pode deixar de cumprir aos requisitos de projetos (exemplo: oxidação). Busca evitar que o produto seja liberado para a produção.
- FMEA de Processo: as causas de falha serão de erros decorrentes do processo de fabricação (exemplo: porosidade interna nas peças em um processo de fundição). Visa evitar que o produto chegue ao cliente.

Segundo o autor, deve-se destacar também que independentemente do tipo de FMEA a ser utilizado, deve-se levar em consideração três variáveis: duração do programa, custo e disponibilidade de pessoal. A falta de planejamento na implantação pode levar a organização a ter perdas de recursos financeiros.

3 IMPLEMENTAÇÃO DO FMEA

Para a execução e implantação da ferramenta deve-se levar em conta alguns critérios. Planejamento e comprometimento da alta gerência é de fundamental importância, existem

também alguns passos para a execução da ferramenta, para tanto, essa seção apresenta o modo sistemático para a execução e implantação do FMEA, além de suas vantagens.

Fernandes (2005) destaca que os passos para a execução do FMEA são:

1. Identificação dos modos de falha conhecidos e potenciais: cria-se uma lista com todas as funções, e então identifica-se como as falhas podem vir a acontecer quando as funções forem solicitadas.

2. Identificação dos efeitos de cada modo de falha e a severidade de cada um: nessa etapa determina-se os efeitos causados pelas falhas, e o impacto que cada uma causará ao cliente. Então a classificação é realizada de acordo com o grau de severidade das falhas, quanto mais próximo de 0 menor o impacto, e quanto mais próximo de 10 maior será a perturbação.

3. Identificação de todas as causas possíveis para cada modo de falha e a possibilidade de ocorrência de falhas relacionadas a cada causa: define-se através de diversos meios quais causas levam uma determinada falha a ocorrer. E então de acordo com fatores como histórico, características do processo ou produto, identifica-se qual é a chance dessas falhas virem a ocorrer. Baseando-se em um índice que vá de 0 a 10, quanto mais alto for o valor, maior a probabilidade de ocorrência da falha.

4. Identificação do meio de detecção no caso da ocorrência do modo de falha e sua respectiva probabilidade de detecção: nessa etapa busca-se a detecção. O autor destaca como a competência em se detectar as falhas em andamento antes que essas cheguem aos clientes. São reconhecidos e classificados os meios de detecção, a classificação se dá de acordo com o potencial de detecção. No índice, o 1 representará uma detecção certa e o 10 baixa possibilidade de detecção.

5. Avaliação do potencial de risco de cada modo de falha e definição de medidas de eliminação ou redução do risco de falha: nessa etapa avalia-se o potencial de risco de cada modo de falha, o método utilizado para medição descrito pelo autor, baseia-se na multiplicação dos índices de severidade, ocorrência e detecção já descrito nesse trabalho. Objetiva-se com isso, priorizar os índices que possuem os valores mais elevados, ou em alguns casos por indicação de algumas normas, priorizar todos os que atinjam um número de índice pré-estabelecido. E então, busca-se as medidas necessárias para redução ou eliminação desses riscos.

No entanto, a equipe deve ajustar as escalas de classificação e de seus valores específicos antes de desenvolver o FMEA. Não existe uma regra obrigatória para o índice, portanto, todos devem conhecer o que foi adotado pela empresa, isso levará a uma economia

de tempo em relação ao desenvolvimento, o que, conseqüentemente, aumentará a precisão das classificações de cada membro da equipe. As organizações utilizam muitas vezes escalas próprias, onde valores diferentes não possuem definições distintas, o que pode gerar discussões por parte dos integrantes da equipe. (PALADY, 1997).

Com isso, fica possível entender que a implantação de um FMEA segue algumas fases de maneira sistemática em um modo sequencial, e que cabe a organização traçar as estratégias para o melhor aproveitamento de seus recursos afim de atingir o objetivo final, que é a melhoria da qualidade em relação ao produto ou serviço que será entregue ao cliente.

Para o desenvolvimento do FMEA, Palady (1997) afirma que, a equipe de implantação do FMEA deve contar com membros de diversas áreas da empresa, desde a engenharia de projeto até a engenharia de embalagens. O trabalho se realizado em equipe e de forma eficaz, garante o máximo de benefícios que a ferramenta possa vir a proporcionar, como a detecção de falhas que nunca ocorreram anteriormente. Sem o conhecimento do especialista da área da possível ocorrência, fica praticamente impossível prever determinada falha. Clientes e fornecedores também devem participar dada a importância dos mesmos para a organização.

A Ilustração 1 representa o processo das entradas, com as falhas que já ocorrem e as com potencial de ocorrência, a atuação do FMEA e as saídas com as falhas detectadas e priorizadas.



Fonte: adaptado de Fernandez (2005 p. 28)

A equipe deve possuir um responsável, ele e os demais membros devem estar atentos quanto as especificações, Palady (1997) destaca quatro sendo elas:

- Especificações de engenharia: incluem exigências funcionais, físicas, dimensionais e químicas.
- Especificações de confiabilidade: estão concentradas nas exigências de engenharia que operam em vários ambientes e durante períodos específicos.
- Especificações de qualidade: são as técnicas usadas para projetar e monitorar a qualidade.

- Especificações do Cliente: refletem o que os clientes querem e esperam do projeto.

Todos os membros devem ter uma visão geral sobre cada especificação, já que cada uma possui diferentes exigências, e então FMEA busca atendê-las.

A ilustração 2 representa uma das possíveis formas de como é o formulário a ser preenchido pela equipe responsável pela implantação do FMEA.

Ilustração 2- FMEA- Análise de efeitos e modos de falha

| FMEA- Análise de efeitos e modos de falha | | | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------|-------------------|---------------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|---------------|
| Cabeçalho | | | | | | | | | |
| Funções | Modos de falhas | Efeitos | Severidade | Causas | Ocorrência | Controles | Detecção | Ações recomendadas | Status |
| | | | | | | | | | |

Fonte: Palady (1997 p.43)

Para Palady (1997) há vários formatos ou versões de formulários, porém eles tendem a seguir um padrão, com os tópicos abaixo apresentados e distribuídos de maneira sistêmica como na Ilustração 2.

- Cabeçalho: mostra os envolvidos, especificações, atividades e datas.
- Funções: o que se deve fazer para satisfazer o cliente.
- Modos de falhas: mostra como as funções deixam de desempenhar o que lhes foi proposto.
 - Os efeitos: mostra o impacto do modo de falha sobre o cliente.
 - Severidade: mostra o grau da gravidade das consequências do modo de falha.
 - As causas: mostra as razões que possibilitam a ocorrência do modo de falha.
 - Ocorrência: mostra a probabilidade de a causa realmente ocorrer.
 - Formas de controle: mostra as medidas tomadas para identificar e eliminar as falhas.
 - Detecção: mostra as probabilidades de detecção da falha antes da mesma ocorrer.
 - As ações recomendadas: mostra o que fazer para prevenir as falhas, reduzir o grau de severidade, e melhorar a detecção.
 - Status: mostra o que está sendo feito para avaliar a viabilidade das ações recomendadas.

O autor ainda destaca que as atribuições feitas nos índices de severidade, grau de ocorrência e detecção devem ter um consenso geral de quem as avaliou, caso os números apontem um grande distanciamento, a equipe deve reavaliar.

Com base nisso, pode-se compreender que a equipe realizadora do FMEA deve estar sempre atenta a coerência dos dados recolhidos, pois esses não deverão apresentar um distanciamento muito longo nos índices quando avaliado por diferentes membros, e que no caso do FMEA, as notas devem ser baixas, pois quando muito altas, indicam que o caso é mais grave.

A ilustração 3 demonstra, para uma melhor compreensão, o que foi salientado até o presente momento, um formulário já preenchido com todos os dados.

Ilustração 3 – Exemplo de formulário FMEA

| COMPONENT OR PROCESS | FUNCTION | FAILURE MODES | FAILURE EFFECTS | FAILURE CAUSES | FAILURE PREVENTION | FAILURE DETECTION | S | O | D | RPN | ACTIONS R/I: |
|----------------------|----------|---------------|-----------------|------------------|----------------------|-------------------|---|---|---|------|--|
| Usinagem | Diâmetro | maior | Trava bomba | maquina instável | treinamento operador | exame 1/10 peças | 9 | 5 | 8 | 360 | |
| | | | | | | | 9 | 1 | 8 | (72) | Reforma máquina R: Supervisor D: 23/4/2003 |

Fonte: Fernandez (2005 p. 24)

O formulário contém todos os dados que são recomendados para uma análise e possível tomada de decisão, já que propõem ação corretiva e apresenta o RPN. Lembrando que, deve-se analisar o RPN de maneira cuidadosa, pois este nem sempre mostra a realidade, como nessa ilustração que apesar de possuir dois RPN com valores muito distintos, ambos possuem índice de severidade alto e devem ser priorizados.

Palady (1997) destaca alguns benefícios do FMEA, sendo eles:

- Aumento da satisfação dos clientes;
- Serve como referência para uma resolução rápida de problemas;
- Auxilia a identificação procedimentos de diagnóstico de falhas;
- Estabelecimento de prioridade para as ações no projeto;
- Identificação das preocupações de segurança;
- Auxílio para definir e priorizar ações corretivas;
- Os dados armazenados servem como histórico, com isso erros passados podem ser prevenidos.

4 CONCLUSÃO

O aumento da competitividade dentro do cenário mercadológico faz as empresas buscarem cada vez mais atender a requisitos que visam a satisfação do cliente, como qualidade, por exemplo. Para isso buscam utilizar ferramentas para auxiliá-las, dentre as opções uma que vem sendo muito utilizada é o FMEA, que objetiva corrigir as falhas existentes antes que cheguem aos usuários, e prevenir as que possam vir a ocorrer. Com isso, o FMEA vem sendo aplicado com grande frequência nos mais diferentes segmentos de organização, e tornou-se até requisito para algumas normas de qualidade.

Partindo dos princípios fundamentais do processo de condução de um FMEA, através das regras básicas da coleta de dados, preenchimento dos formulários, análise dos dados coletados e dos resultados obtidos, e tomando por meio de uma reavaliação e confirmação comparando a situação inicial com a situação final. Com isso, a equipe responsável aumenta suas chances de concretizar e alcançar o objetivo do FMEA, que é determinar um conjunto de ações corretivas ou ações que minimizem os riscos associados antes de chegar ao usuário, aumentando assim a confiabilidade de um sistema, projeto e/ou processo, peça e/ou produto e material.

Através deste trabalho, pode-se observar também a importância do planejamento antes da aplicação desta ferramenta, mostrando que alguns pontos são cruciais, como a escolha da equipe e como a mesma conduz o processo de implantação, comunicando-se de maneira que todos se entendam e saibam exatamente o seu papel dentro dela. Porém, notou-se também que a ferramenta possui falhas que devem ser levadas em consideração. O cálculo de RPN nem sempre relata a situação real, já que atribui valores de mesma importância para todas as variáveis da fórmula, torna-se importante colher e interpretar os dados de forma correta. Assim, concluiu-se que a ferramenta é eficaz nos mais variados segmentos de negócio, desde que implantada corretamente. Como proposta para estudos futuros, aconselha-se uma forma de propor melhoria no sentido que vise uma maneira de não deixar a ferramenta totalmente dependente da equipe de implantação, como acontece atualmente.

REFERÊNCIAS

ASQ - **A Global Leader in Quality Improvement & Standards**. Disponível em: <<http://asq.org/index.aspx>>. Último acesso em out. 2014.

CATANOZI, G. **Programa de qualidade geral**. São Paulo: visual assessoria editorial, 2006.

DIÓGENES, E. **Metodologia e epistemologia na produção científica: gênese e resultado**. 2.ed. Maceió: EDUFAL, 2005.

FERNANDES, J. M. R. **Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no fmea**. 2005. 118p. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. Disponível em <www.teses.usp.br/teses/.../18/.../DissertSouzaRuyVictorBdeCorrig.pdf>. Último acesso em ago. 2015.

PALADY, P. **FMEA análise dos modos de falhas e efeitos**. Prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. 4.ed. São Paulo: IMAN, 2007.

PETRONILHO, R. M. **Avaliação do comportamento geotécnico de pilhas de estéril por meio de análise de risco**. 2010. 173p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. NUGEO, Ouro Preto. Disponível em <<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2356>>. Último acesso em out. 2014.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, R. V. B. **Aplicação do método FMEA para priorização de melhorias em fluxos de processos**. 2012. 152p. Dissertação (Mestrado) – Escola de engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (EESC-USP), São Carlos. Disponível em <www.teses.usp.br/teses/.../18/.../DissertSouzaRuyVictorBdeCorrig.pdf>. Último acesso em jul. 2015.