

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

Marco Antonio Vergilio Corrêa, Centro Universitário de Paulínia – UNIFACP,  
[mavc66@gmail.com](mailto:mavc66@gmail.com)

Marcio Magera Conceição, Universidade de Guarulhos,  
[magera1963@gmail.com](mailto:magera1963@gmail.com)

Joelma Telesi Pacheco Conceição,  
[joelma.telesi@gmail.com](mailto:joelma.telesi@gmail.com)

Evandro Ferigato, Faccamp,  
[evandroferigato@gmail.com](mailto:evandroferigato@gmail.com)

### RESUMO

Este artigo objetiva analisar a contribuição gerada pela combinação de duas ferramentas de gestão da qualidade na aplicação de melhorias para a Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho, demonstrando a utilização da ferramenta de Análise dos Modos de Falha e Efeito – FMEA (do inglês, Failure Mode and Effect Analysis) aplicada em conjunto com o modelo PDCA em procedimentos realizados por uma indústria geradora. É demonstrada a abrangência da técnica frente ao estudo das ações inseridas no processo, contribuindo para obter melhorias que visam além da qualidade final do produto, a revisão e análise aprofundada de procedimentos para a ampliação da segurança das pessoas e das instalações, além do controle e manutenções das mesmas. Nota-se que ao aplicar as duas ferramentas em conjunto, o FMEA e o PDCA, o índice de falhas diminuiu em mais de 80%, conforme o case usado neste trabalho. Entretanto, este modelo tem seus resultados mais confiáveis quando se aplica na gestão da segurança e saúde do trabalho, conforme exemplificado no artigo.

**Palavras-chave:** Segurança, Manutenção, Qualidade, FMEA, PDCA.

**Data de recebimento:** 12/06/2020

**Data do aceite de publicação:** 15/06/2020

**Data da publicação:** 30/06/2020

# UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

## USE OF THE FMEA METHOD WITHIN THE PDCA CYCLE APPLIED TO WORK SAFETY

Marco Antonio Vergilio Corrêa, Centro Universitário de Paulínia – UNIFACP,  
[mavc66@gmail.com](mailto:mavc66@gmail.com)

Marcio Magera Conceição, Universidade de Guarulhos,  
[magera1963@gmail.com](mailto:magera1963@gmail.com)

Joelma Telesi Pacheco Conceição,  
[joelma.telesi@gmail.com](mailto:joelma.telesi@gmail.com)

Evandro Ferigato, Faccamp,  
[evandroferigato@gmail.com](mailto:evandroferigato@gmail.com)

### ABSTRACT

This article aims to analyze the contribution generated by the combination of two quality management tools in the application of improvements to Occupational Health and Safety Management, demonstrating the use of the Failure and Effect Modes Analysis tool - FMEA (from English, Failure) Mode and Effect Analysis) applied in conjunction with the PDCA model in procedures performed by a generating industry. The comprehensiveness of the technique is demonstrated in view of the study of the actions inserted in the process, contributing to obtain improvements that aim beyond the final quality of the product, the review and in-depth analysis of procedures to increase the safety of people and facilities, in addition to the control and maintenance. Note that when applying the two tools together, the FMEA and the PDCA, the failure rate decreases by more than 80%, according to the case used in this work. However, this model has its most reliable results when it is applied in the management of occupational safety and health, as exemplified in the article.

**Keywords:** Safety, Maintenance, Quality, FMEA, PDCA.

### INTRODUÇÃO

Com a evolução da Gestão da Segurança e Saúde do trabalho e a ampliação das exigências do mercado competitivo, tornou-se cada vez mais comum a utilização de ferramentas de apoio desenvolvidas pela área da administração e da gestão da qualidade, que trazem características práticas e dinâmicas que atendem à necessidade de organizar, mensurar e rever procedimentos fundamentais para a segurança do trabalho.

O atendimento a normas reconhecidas internacionalmente, desenvolvidas para garantir a segurança e saúde dos profissionais, entre elas a OHSAS 18001 (*Occupational Health and Safety Assessment Series*) e a norma britânica BS 8800 (*Guide to Occupational Health and Safety Systems*), objetiva garantir que, além de buscar qualidade e eficiência, as empresas priorizem a saúde, bem estar e segurança de toda a sua equipe e que busquem melhoria contínua em seus procedimentos, garantindo aos clientes internos e externos o seu comprometimento e cuidado nos processos produtivos. Entre tantas estratégias aplicadas na Gestão da Segurança do Trabalho, o ciclo PDCA – Planejar, Fazer, Controlar e Avaliar, e a FMEA – Ferramenta de análise do modo e efeito da falha, inicialmente utilizados

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

na Gestão da Qualidade, são apenas um exemplo da versatilidade de ferramentas que se apresentam como soluções quando adaptadas à realidade de organizações em seus diversos setores. (PONGELUPPE, 2002).

A ferramenta de análise FMEA surgiu nos Estados Unidos, em 1949, inicialmente desenvolvido para fins militares, buscando detectar para posteriormente prever problemas decorrentes de falhas em equipamentos e sistemas com potencial de desencadear agravantes para pessoas e consequências danosas para a missão, bem como ampliar a confiabilidade de equipamentos e componentes. (MATOS; MILAN, 2009).

A partir da década de 80, a indústria automobilística adotou a ferramenta FMEA, então adaptada pela área de engenharia, na busca por qualidade e no atendimento de especificações da ISO 9000 (*International Organization of Standardization*) visando reduzir custos de produtividade e melhorarias na qualidade de produtos e processos (MATOS; MILAN, 2009).

O Método FMEA, tem sua origem do inglês, *Failure Mode and Effect Analysis*, ou Análise dos Modos de Falha e Efeito e se trata de uma ferramenta utilizada atualmente nas diversas áreas da engenharia, com a finalidade de promover uma análise crítica de todo um processo produtivo, identificando as possíveis falhas e seus modos e mensurando os efeitos desta falha, tornando possível, num segundo momento, propor soluções baseadas na eliminação ou mitigação de suas causas.

Associada a outras ferramentas e aplicada sistematicamente, possibilita monitorar de forma contínua um processo ou produto e estabelecer ações corretivas e/ou de melhoria, estabelecendo-se metas e padrões de checagem, operação e controle (SAKURADA, 2001).

Graças à suas características que promovem um gerenciamento de ações no sentido de melhorá-las, a engenharia de segurança do trabalho é mais uma área que se utiliza desta ferramenta como forma de prever e evitar falhas em procedimentos que possam culminar em acidentes ou perdas. No entanto, a aplicação de ferramentas como o FMEA, associadas ao PDCA, embora tenham um potencial de melhorar resultados, atuando como um prognóstico de falhas, dependem de um conjunto de ações de envolvimento por parte da equipe de trabalho, que abrangem o registro, a qualidade e transparência das informações, disponibilidade de acesso a dados, participação e comprometimento. Após sua execução, a avaliação de resultados e alterações nos procedimentos, comparação com resultados anteriores e estabelecimento de metas, são partes essenciais do processo para a obtenção de sucesso (MATOS; MILAN, 2009).

### 1 MÉTODO

A aplicação do FMEA elenca o registro sistemático ações que servem como base de dados para comparações e revisão de procedimentos e levantamento de informações necessários na busca de melhoria contínua (SAKURADA, 2001).

Para elaboração da FMEA, a análise dos modos de falhas e efeitos leva-se em consideração os seguintes fatores:

#### MODO DE FALHAS

Não conformidade que pode afetar o processo bem como a integridade física do trabalhador e/ou pessoas e patrimônios próximos ao local;

# UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

## CAUSA DA FALHA

Fato ou fatores que poderão ocasionar a falha;

## EFEITO DA FALHA

Evento gerado pela falha, e as consequências que acarretará ao trabalhador, ao ambiente ou aos recursos de processo;

Para definição da possibilidade de ocorrência de quaisquer eventos e/ou mensuração da grandeza das consequências provenientes deste evento, bem como a determinação do grau de risco atual e desejado, pode-se levar em conta quaisquer escalas numéricas com grandeza variável em função da complexidade do processo ou item sendo analisado, sendo uma escala da ordem de 1 (um) a 10 (dez) normalmente a mais utilizada. Para determinação destas grandezas deve-se valer dos seguintes índices:

**P:** Probabilidade de Ocorrência da Falha (1 a 10);

**G:** Gravidade ou Severidade do Efeito da Falha (1 a 10);

**D:** Dificuldade na Detecção da Falha (1 a 10).

Determinadas as grandezas acima, obter-se-ão os fatores de risco e confiabilidade do processo e/ou do sistema como um todo, através das expressões:

**FRi:** Fator de Risco Inicial ( $FRi=P*G*D$ );

**Ci:** Confiabilidade Inicial ( $Ci=100-FRi/10$ ) (%);

**FRf:** Fator de Risco Final ( $FRf=P*G*D$ );

**Cf:** Confiabilidade Final ( $Cf=100-FRf/10$ ) (%).

Nota-se que os índices P, G e D partem de 1 (um), ou seja, de antemão se assume que nenhum método, nenhum processo, nenhum componente, nenhuma peça ou parte de um evento é isento de *falha* e/ou *risco*, quer analisado em conjunto ou individualmente, ou seja, sempre existe a possibilidade da falha, do risco e do erro, principalmente quando da presença humana no processo, não se devendo de forma alguma atribuir um valor menor que este para nenhum dos índices. Assim, ter-se-á o *Fator de Risco* do item analisado variando de 1 (um) a 1.000 (mil), o que resultará em uma *Confiabilidade* variando de 99,9% (noventa e nove vírgula nove por cento) ou seja, extremamente confiável, mas ainda com a possibilidade de falha, até 0% (zero por cento), ou seja, um evento extremamente crítico só obtido já com a falência do sistema ou item analisado.

O valor da *Confiabilidade Final* deve ser elaborado primeiramente, atribuindo-se os índices P, G e D mínimos para que o processo funcione de forma adequada e *segura*, visando o que se deseja obter em excelência e, é claro, em função das características próprias do que se está analisando, sem extremismos inconsequentes e/ou subjugando a importância do item frente à complexidade de todo o conjunto, lembrando que este é o maior causador de erros que levam a

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

grandes acidentes ou catástrofes, ou seja, uma pequena parte ou componente ínfimo deve ser considerado como qualquer outro.

- Confiabilidade é a probabilidade de um determinado item, componente, equipamento, máquina ou sistema desempenhar a sua função especificada no projeto, de acordo com as condições de operação especificadas, em um intervalo específico de tempo.

Em reforço ao que aqui se alega, que um ínfimo componente frente a um grande equipamento pode ser o causador de uma grande catástrofe, destaca-se o caso do Airbus da Air France que partiu do Rio de Janeiro, com 228 pessoas a bordo, com destino a Paris. Na noite de 31 de maio de 2009, depois de passar por Fernando de Noronha, caiu no mar, em meio a uma forte tempestade, não deixando sobreviventes. Segundo a investigação, o *tubo pitot*, sensor que mede a velocidade do avião, foi obstruído por cristais de gelo, o piloto automático se desligou e os pilotos passaram a receber informações contraditórias. Ou seja, um dos menores componentes do sistema de navegação da aeronave foi o causador da falência total de todo sistema (G1.com.br/2011).

Os valores da *Confiabilidade Inicial* devem ser determinantes para o *start* das medidas de segurança cabíveis, ou seja, valores de *Confiabilidade Inicial* inferiores a um determinado percentual ou distante dos valores da *Confiabilidade Final*, que pode ser atribuído individualmente a cada caso, disparam os processos de manutenção, checagem ou substituição do item, por exemplo, conforme determinações que podem inclusive constar da FMEA.

Destaca-se pela FMEA que o “objetivo fim” é que todo o sistema opere minimamente dentro dos índices registrados na *Confiabilidade Final*, obtendo-se *eficiência, qualidade e segurança no processo como um todo*.

## 2 O PDCA

Do inglês, *Plan – Do – Check – Act ou Adjust*.

Planejar – Fazer (Executar) – Checar – Agir (Melhorar).

O PDCA, também conhecido como “*Roda de Deming*” é um método interativo de gestão da qualidade, em quatro etapas, que objetiva a melhoria contínua dos processos e produtos através de constante controle de todas as operações, através de um ciclo contínuo de planejamento, aplicação, checagem e melhoria (MATOS; MILAN, 2009).

Embora amplamente utilizado na gestão da qualidade, com objetivo de se atingir a maior proximidade possível da excelência do que se fornece, pode ser utilizado em qualquer ramo ou atividade, visando com que se obtenha através de um nível de gestão ágil, claro e objetivo, a excelência no fator *segurança*, tanto dos métodos e processos, como das instalações como um todo. São seus princípios:

### PLANEJAR

Estudar o processo e estabelecer *Objetivos e Metas*;

### FAZER / EXECUTAR

Aplicar o que foi proposto, a *Ação / Correção*;

# UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

## CHECAR

Avaliar o resultado da correção, se insatisfatório: *reinicie*;

## AGIR / MELHORAR

Implementar o treinamento e tornar *padrão* o controle.

### 3 O FMEA E O PDCA

Assim, com o objetivo de se obter condições de segurança e confiabilidades cada vez maiores para um processo e/ou sistema como um todo, baseado inclusive na gestão da qualidade, pode-se desenvolver a ferramenta FMEA de modo que ela siga um ciclo PDCA, adaptando-se, ou “encaixando”, cada item do FMEA às etapas do PDCA, onde basicamente pode-se partir de sete etapas básicas em relação ao que se estuda (analisa), a cada parte e/ou evento, sendo estas:

- 1 – Análise do Processo / Riscos;
- 2 – Análise das Falhas (Modo – Causa – Efeito);
- 3 – Análise dos Controles (Confiabilidade Inicial);
- 4 – Análise das Providências;
- 5 – Executar as correções propostas;
- 6 – Verificar os resultados;
- 7 – Padronizar o controle (Confiabilidade Final).

O Ciclo PDCA é uma ferramenta que contribui para a aplicação de controles de processos, envolvendo estratégias de planejamento, definição de procedimentos, controle de padrões e revisões para melhoria (LIMA, 2006). Tal processo ocorre de maneira contínua e sistemática, resumida esquematicamente conforme demonstrado na figura 1.

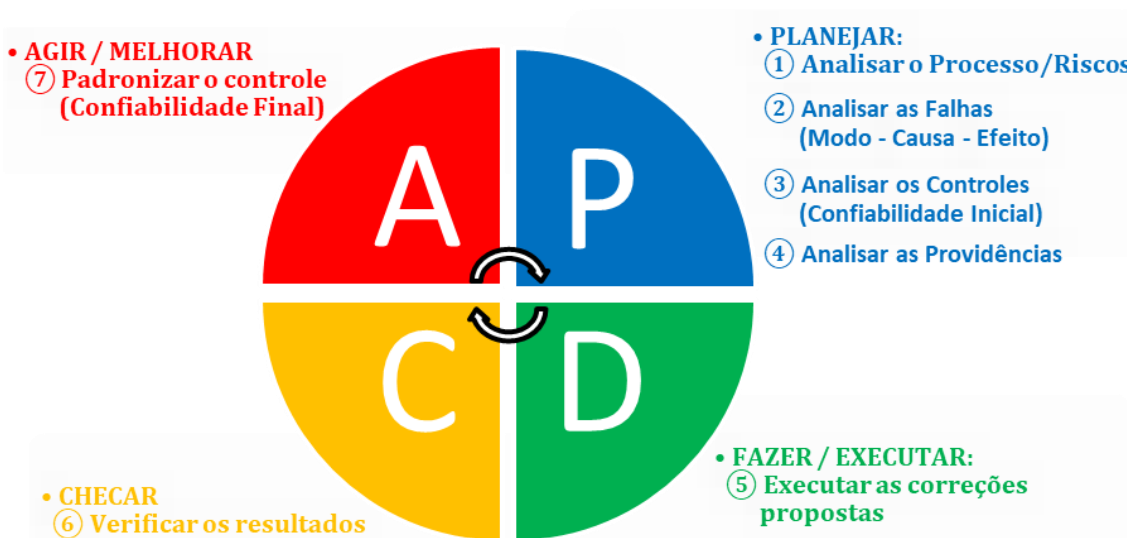


Figura 1 – O FMEA baseado no PDCA

### 4 FMEA – APLICAÇÃO PRÁTICA

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

A título de exemplo, adotar-se-á uma Usina Termoeétrica, apresentando um FMEA simplificado apenas do Inventário Descritivo, ao final deste, nas Figuras 3, 4 e 5.

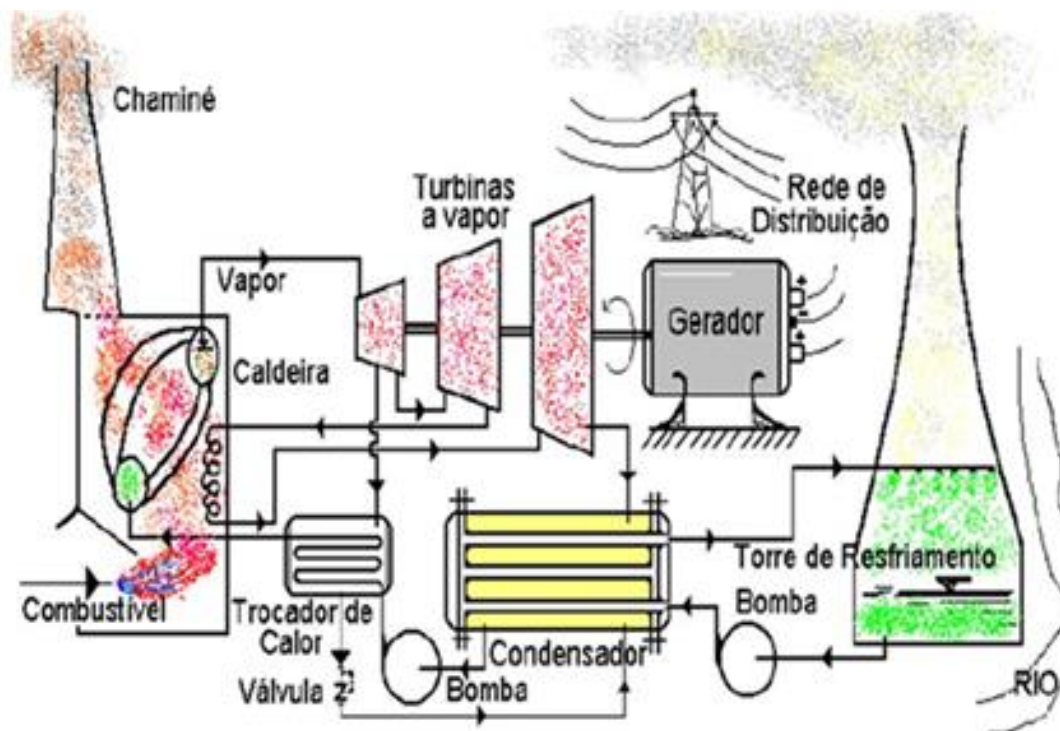


Figura 2 - Esquema simplificado de uma Usina Termoeétrica

Os pontos críticos foram identificados, após a análise do fluxograma produtivo. Também de forma simplificada, a título exemplificativo, pode-se considerar o Inventário Descritivo da usina como segue:

- 1 – Máquinas – Processo Principal (Geração de Energia);
- 2 – Máquinas – Processo Secundário (Arrefecimento do Condensador);
- 3 – Instrumentos Medidores;
- 4 – Instalações.

### ANÁLISE DO PROCESSO

Mais uma vez, a título exemplificativo, destacou-se para a Análise do Processo apenas um evento pra cada subitem do Inventário Descritivo, sendo:

- 1 – Máquinas – Processo Principal (Geração de Energia):
  - 1.1 – Caldeira;
  - 1.2 – Turbinas;
  - 1.3 – Gerador;
  - 1.4 – Condensador;
  - 1.5 – Motor Bomba I;
  - 1.6 – Trocador de Calor.

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

2 – Máquinas – Processo Secundário (Arrefecimento do Condensador):

- 2.1 – Torre de Arrefecimento;
- 2.2 – Motor Bomba II;
- 2.3 – Condensador (Mesmo do 1.4).

3 – Instrumentos Medidores:

- 3.1 – Nível:
  - 3.1.1 – Combustível;
  - 3.1.2 - Água Torre Arrefecimento;
- 3.2 – Temperatura:
  - 3.2.1 – Combustível;
  - 3.2.2 – Caldeira;
  - 3.2.3 – Condensador;
  - 3.2.4 - Trocador Calor;
  - 3.2.5 - Torre Arrefecimento;
- 3.3 – Pressão:
  - 3.3.1 – Caldeira;
  - 3.3.2 - Bomba I;
  - 3.3.3 - Bomba II;
- 3.4 – Rotação:
  - 3.4.1 – Gerador;
- 3.5 – Potência:
  - 3.5.1 – Gerador.

4 – Instalações:

- 4.1 – Depósito Combustível;
- 4.2 – Tratamento Água;
- 4.3 – Reservatórios;
- 4.4 – Chaminés;
- 4.5 – Tubulações Hidráulicas;
- 4.6 – Instalações de Medição;
- 4.7 – Rede Distribuição;
- 4.8 – Edificações.

### ANÁLISE DE CONTROLES

A Análise dos Controles é baseada nas grandezas dos índices P, G e D, que podem ser mensurados em uma escala de 1 a 10, onde:



## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

**Tabela 1** - Sugestão para Determinação do Grau de Risco dos Índices P, G e D

GRAU	P: PROBABILIDADE	G: GRAVIDADE	D: DETECÇÃO
01	Improvável	Nenhuma	Prazo de Validade
02	Remota	Sem Danos	A Olho Nu
03	Pouco Remota	Danos Pequenos	Facilmente Perceptível
04	Baixa	Danos Médios / Sem feridos	Perceptível
05	Média	Danos Médios / Feridos Leves	Vistoria de Rotina
06	Alta	Lesões Médias	Vistoria Detalhada
07	Eminente	Danos Severos	Manutenção Preventiva
08	1 Caso Registrado	Lesões Graves / Parada Simples	Peça / Objeto Lacrado, Selado ou Interno
09	2 Casos Registrados	Lesões Graves / Parada Parcial	Indeterminado
10	3/+ Casos Registrados	Risco de Morte / Parada Total	Imperceptível sem equipamentos e/ou testes específicos



**Fonte:** Elaborada pelo autor

O Grau de Risco é diretamente proporcional a Probabilidade de Ocorrência do evento, bem como a Gravidade de sua ocorrência, ou seja, quanto maior a possibilidade de ocorrência ou maior a gravidade, maior será o Grau de Risco, já a Detecção é inversamente proporcional ao Grau de Risco, ou seja, quanto maior a facilidade de detecção, menor o Grau de Risco.

Deve-se levar em conta ainda, quanto a Probabilidade da falha ou de ocorrência do evento, que com o passar do tempo desde a última manutenção e/ou instalação do item as possibilidades de ocorrência serão cada vez maiores, independente de quaisquer outros fatores, pois isto está ligado diretamente à vida útil do componente, que pode se degradar em função do tempo de trabalho, condições atmosféricas, manutenção indevida, sobrecarga, fadiga do material e outros diversos fatores inerentes a cada situação. Um exemplo típico seria a correia dentada de um automóvel, onde geralmente se recomenda a substituição a cada 60.000 quilômetros, ou seja, atingida esta quilometragem esta correia poderá se romper a qualquer momento, não significando que seja imediatamente.

Ainda em referência ao tempo de uso do componente, como o caso da correia dentada do exemplo, fica claro que se trata de um valor estatístico médio, ou seja, poderá ocorrer a falha ou falência em média a cada 60.000 quilômetros. Por isso se trata de um fator de alto risco que deve ser analisado com cautela, pois no caso de um veículo que trafegue sempre em condições de trânsito lento, com congestionamentos frequentes, o motor passará muito tempo em funcionamento sem haver aumento significativo da distância percorrida, ou seja, sem aumento da quilometragem, diferente de um veículo que maioritariamente trafegue por rodovias, como também o caso de um motor estacionário de um gerador, devendo-se então optar-se por um controle através de horas de uso. Por isso, para estas estimativas de controle, o Manual de Instruções do equipamento se torna um

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

grande aliado, devendo o mesmo ser consultado integralmente e, sempre que possível, manter cópia próximo ao equipamento.

Baseado nos índices acima sugeridos, na Tabela 1, se estabelece quando as medidas corretivas deverão ser adotadas, ou seja, quando a Confiabilidade Inicial atingir um determinado valor, medidas deverão ser tomadas. Para o exemplo proposto, a título ilustrativo adotar-se-á que medidas deverão ser tomadas quando a Ci for de 70% (setenta por cento) para itens individuais do processo ou, 80% (oitenta por cento) para um conjunto de itens do processo, ou seja, se a Caldeira (item 1.1 do FMEA ao final deste) atingir a Confiabilidade Inicial de 70%, a mesma entrará em processo de correção e manutenção, já se o índice geral de Confiabilidade Inicial do conjunto gerador de energia (itens 1.1 a 1.6 do FMEA ao final deste) atingir 80%, todo o sistema deverá passar por checagem imediata, de tal sorte que a avaliação deficiente em um conjunto de itens merece correções antecipadas.

O índice de Confiabilidade Final é o que se deseja obter em relação ao processo, de tal sorte que após um ciclo completo de checagem (PDCA), se estude a possibilidade de melhora deste índice, de forma individual a cada item ou de forma geral, o que tornaria o processo mais eficiente e seguro, sendo isto obtido mediante constantes treinamentos da equipe envolvida, manutenções preventivas constantes, ambiente de trabalho sadio e alegre, envolvimento de todos os setores da indústria.

### ANÁLISE DAS PROVIDÊNCIAS

As providências são relativas à Confiabilidade Inicial, a apurada no momento, onde quanto menor esta confiabilidade, ou mais distante da Confiabilidade Final, mais breve deverá ser o prazo para manutenção e/ou correção do apurado, objetivando se atingir a Confiabilidade Final, a desejada.

Primordial que além do prazo se destaque o procedimento a ser adotado, ou seja, a ação necessária, bem como se defina o responsável pelo cumprimento desta ação.

O FMEA deve ser alimentado diariamente ou em períodos pré-estipulados, em função do grau de risco e/ou complexidade dos eventos ou processo como um todo.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nenhum sistema ou processo é perfeito, o risco sempre existirá nos cabendo a implementação dos métodos de estudo e controle e treinamentos contínuos que visem minimizar ao máximo seus efeitos, mas isto só é possível de ser atingido em um ambiente sadio e harmonioso, onde as relações interpessoais se deem de forma aberta, onde o diálogo prevaleça e todos estejam engajados em obter o melhor para si e para o próximo; o bem estar da empresa depende não só da sua atuação, mas do coletivo, então seja além de um profissional um ser motivador que incentive a participação de todos, mostre que seu colaborador é parte fundamental da engrenagem do sucesso.

A aplicação desta ferramenta em conjunto propicia uma diminuição do risco em 80%, trazendo para a indústria uma vantagem competitiva em relação aos riscos

## **UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO**

naturais que o segmento tem durante seu processo de fabricação. Assim, a utilização da ferramenta FMEA e o PDCA pode propiciar dentro da segurança do trabalho um alternativa para diminuir os riscos da cadeia produtiva.

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

<b>CORRÊA, Marco A. V.</b>		<b>ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E EFEITOS - FMEA</b>																		Data:		
		Objeto: <b>USINA TERMOELÉTRICA</b>						Resp.: <b>Eng. Marco A. V. Corrêa</b>												<b>24/03/2020</b>		
		Estudo: Classificação do Inventário Descritivo Analítico, para estudo e análise: Máquinas, Equipamentos, Instalações e Instrumentos e as condições de Modo de Falha e Consequência da Falha.																		Folha:		Rev.:
																		<b>01/03</b>		<b>01</b>		
ANÁLISE DO PROCESSO					ANÁLISE DAS FALHAS			ANÁLISE DE CONTROLES										ANÁLISE DAS PROVIDÊNCIAS				
#	ITEM	FUNÇÃO	RISCO		FALHAS			ATUAIS (Apuradas)					NECESSÁRIOS (Desejado)					AÇÕES	RESPONSÁVEL	PRAZO REPARO		
			AMBIENTAL	TRABALHO	MODOS	CAUSA	EFEITO	TIPO	P	G	D	FRi	Ci	TIPO	P	G	D				FRf	Cf
<b>1. MÁQUINAS - PROCESSO PRINCIPAL (GERAÇÃO DE ENERGIA)</b>								<b>80,1%</b>					<b>94,8%</b>									
1.1	Caldeira	Produção do vapor pressur.	Físico	Acidente	Entupimento válvula segurança	Acúmulo de detritos ou ferrugem	Explosão	Local	6,0	10,0	5,0	300,0	70,0%	Local	1,0	10,0	5,0	50,0	95,0%	Trocar	Manutenção	IMEDIATO
1.2	Turbinas	Propulsionar o gerador	Físico	Acidente	Engripar o eixo	Falta de lubrificação	Parada do processo	Local	8,6	7,0	5,0	301,0	69,9%	Local	1,0	7,0	5,0	35,0	96,5%	Lubrificar	Operação	IMEDIATO
1.3	Gerador	Gerar energia	Físico	Acidente	Desgaste do indutor	Tempo de serviço	Parada do processo	Local	1,0	9,0	10,0	90,0	91,0%	Local	1,0	9,0	10,0	90,0	91,0%			
1.4	Condensador	Condensar o vapor usado	Físico	Acidente	Entupimento	Acúmulo de detritos	Explosão	Local	2,0	10,0	10,0	200,0	80,0%	Local	1,0	10,0	10,0	100,0	90,0%	Expurgo	Manutenção	15 DIAS
1.5	Motor Bomba I	Retornar a água p/ caldeira	Físico	Acidente Ergonômico	Desgaste da gaxeta	Tempo de serviço	Vazamento	Local	10,0	5,0	6,0	300,0	70,0%	Local	1,0	5,0	6,0	30,0	97,0%	Troca gaxeta	Manutenção	IMEDIATO
1.6	Trocador de Calor	Pré-aquecer a água de retorno	Físico	Acidente	Perfuração	Desgaste natural	Vazamento	Local	1,0	6,0	1,0	6,0	99,4%	Local	1,0	6,0	1,0	6,0	99,4%			
<b>2. MÁQUINAS - PROCESSO SECUNDÁRIO (ARREFECIMENTO DO CONDENSADOR)</b>								<b>79,0%</b>					<b>97,0%</b>									
2.1	Torre de Arrefecimento	Resfriar água condensador	Físico Químico	Acidente	Diminuição de volume	Acúmulo de impurezas	Perda de eficiência	Local	9,0	5,0	6,0	270,0	73,0%	Local	1,0	5,0	6,0	30,0	97,0%	Dragagem	Manutenção	3 DIAS
2.2	Motor Bomba II	Circular água condensador	Físico Químico	Acidente Ergonômico	Desgaste da gaxeta	Tempo de serviço	Vazamento	Local	5,0	5,0	6,0	150,0	85,0%	Local	1,0	5,0	6,0	30,0	97,0%	Reaperto e ajuste	Operação Manutenção	3 DIAS
2.3	Condensador (Mesmo do 1.4)	Conforme processo principal																				

**P** ≡ Probabilidade de Ocorrência da Falha (1 a 10) - **G** ≡ Gravidade ou Severidade do Efeito da Falha (1 a 10) - **D** ≡ Dificuldade na Detecção da Falha (1 a 10)  
**FRi** ≡ Fator de Risco Inicial (FRi=P\*G\*D) - **Ci** ≡ Confiabilidade Inicial (100-FRi/10)(%) - **FRf** ≡ Fator de Risco Final (FRf=P\*G\*D) - **Cf** ≡ Confiabilidade Final (100-FRf/10)(%)

**Figura 3 - Exemplo de FMEA, folha 01/03**

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

CORRÊA, Marco A. V.		<b>ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E EFEITOS - FMEA</b>																		Data:		
		Objeto: <b>USINA TERMOELÉTRICA</b>									Resp.: <b>Eng. Marco A. V. Corrêa</b>									<b>24/03/2020</b>		
		Estudo: Classificação do Inventário Descritivo Analítico, para estudo e análise: Máquinas, Equipamentos, Instalações e Instrumentos e as condições de Modo de Falha e Consequência da Falha.																		Folha: <b>02/03</b>	Rev.: <b>01</b>	
ANÁLISE DO PROCESSO				ANÁLISE DAS FALHAS				ANÁLISE DE CONTROLES										ANÁLISE DAS PROVIDÊNCIAS				
#	ITEM	FUNÇÃO	RISCO		FALHAS			ATUAIS (Apuradas)					NECESSÁRIOS (Desejado)					AÇÕES	RESPONSÁVEL	PRAZO		
			AMBIENTAL	TRABALHO	MODOS	CAUSA	EFEITO	TIPO	P	G	D	Fri	Ci	TIPO	P	G	D				FRf	Cf
<b>3. INSTRUMENTOS MEDIDORES</b>													<b>77,5%</b>					<b>95,5%</b>				
<b>3.1</b>	<b>Nível</b>																					
3.1.1	Combustível	Aferição	Químico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Falta de combustível	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
3.1.2	Água Torre Arrefecimento	Aferição		Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Deficiência condensação	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
<b>3.2</b>	<b>Temperatura</b>																					
3.2.1	Combustível	Aferição	Químico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Explosão	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
3.2.2	Caldeira	Aferição	Físico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Explosão	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
3.2.3	Condensador	Aferição	Físico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Deficiência condensação	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
3.2.4	Trocador Calor	Aferição	Físico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Deficiência aquecimento	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
3.2.5	Torre Arrefecimento	Aferição	Químico (anticong.)	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Deficiência condensação	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
<b>3.3</b>	<b>Pressão</b>																					
3.3.1	Caldeira	Aferição	Físico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Explosão	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
3.3.2	Bomba I	Aferição	Físico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Vazamentos na linha	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
3.3.3	Bomba II	Aferição	Físico Químico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Vazamentos na linha	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
<b>3.4</b>	<b>Rotação</b>																					
3.4.1	Gerador	Aferição	Físico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Falta de potência	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
<b>3.5</b>	<b>Potência</b>																					
3.5.1	Gerador	Aferição	Físico	Acidente	Falsa indicação	Falta de calibragem	Produto deficiente	Local	5,0	9,0	5,0	225,0	77,5%	Local	1,0	9,0	5,0	45,0	95,5%	Aferição	Operação	<b>3 DIAS</b>
P ≡ Probabilidade de Ocorrência da Falha (1 a 10) - G ≡ Gravidade ou Severidade do Efeito da Falha (1 a 10) - D ≡ Dificuldade na Detecção da Falha (1 a 10) FRi ≡ Fator de Risco Inicial (FRi=P*G*D) - Ci ≡ Confiabilidade Inicial (100-FRi/10)(%) - FRf ≡ Fator de Risco Final (FRf=P*G*D) - Cf ≡ Confiabilidade Final (100-FRf/10)(%)																						

**Figura 4 - Exemplo de FMEA, folha 02/03**

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

<b>CORRÊA, Marco A. V.</b>		<b>ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E EFEITOS - FMEA</b>																	Data:				
		Objeto: <b>USINA TERMOELÉTRICA</b>										Resp.: Eng. Marco A. V. Corrêa							24/03/2020				
		Estudo: Classificação do Inventário Descritivo Analítico, para estudo e análise: Máquinas, Equipamentos, Instalações e Instrumentos e as condições de Modo de Falha e Consequência da Falha.																	Folha:	Rev.:			
ANÁLISE DO PROCESSO					ANÁLISE DAS FALHAS			ANÁLISE DE CONTROLES							ANÁLISE DAS PROVIDÊNCIAS								
#	ITEM	FUNÇÃO	RISCO		FALHAS			ATUAIS (Apuradas)					NECESSÁRIOS (Desejado)					AÇÕES	RESPONSÁVEL	PRAZO			
			AMBIENTAL	TRABALHO	MODO	CAUSA	EFEITO	TIPO	P	G	D	FRi	Ci	TIPO	P	G	D				FRf	Cf	
<b>4. INSTALAÇÕES</b>													<b>81,2%</b>					<b>95,7%</b>					
4.1	Depósito Combustível	Armazenagem de diesel	Físico Químico	Acidente	Vazamento	Falta tratamento	Incêndio e Explosão	Local	2,0	10,0	1,0	20,0	98,0%	Local	1,0	10,0	1,0	10,0	99,0%				
4.2	Tratamento Água	Tratamento ETA/ETE	Físico Químico	Acidente	Entupimento	Falta limpeza	Parada geral	Local	4,0	8,0	8,0	256,0	74,4%	Local	1,0	8,0	8,0	64,0	93,6%	Dragagem	Manutenção	15 DIAS	
4.3	Reservatórios	Armazenamento de água		Acidente	Vazamento	Falta manutenção	Parada geral	Local	4,0	8,0	8,0	256,0	74,4%	Local	1,0	8,0	8,0	64,0	93,6%				
4.4	Chaminés	Eliminação de vapores e queimados		Acidente	Trincas	Falta manutenção	Desabamento	Local	3,0	10,0	10,0	300,0	70,0%	Local	1,0	10,0	10,0	100,0	90,0%	Inspeção	Manutenção	IMEDIATO	
4.5	Tubulações Hidráulicas	Condução de vapores, água e combustível	Físico Químico	Acidente	Conexões soltas	Vibrações	Vazamentos	Local	5,0	9,0	6,0	270,0	73,0%	Local	1,0	9,0	6,0	54,0	94,6%	Inspeção	Operação	15 DIAS	
4.6	Instalações de Medição	Cabines de medidores		Ergonômico	Aquecimento	Ventilação deficiente	Indicação incorreta	Local	10,0	8,0	1,0	80,0	92,0%	Local	1,0	8,0	1,0	8,0	99,2%				
4.7	Rede Distribuição	Condução da energia		Acidente	Isolamentos	Desgastes naturais	Curto circuito incêndio	Local	7,5	10,0	4,0	300,0	70,0%	Local	1,0	10,0	4,0	40,0	96,0%	Troca	Manutenção Operação	IMEDIATO	
4.8	Edificações	Prédios adm. e de processos		Ergonômico	Conservação geral	Desgastes	Desconforto	n/a	10,0	2,0	1,0	20,0	98,0%	n/a	1,0	2,0	1,0	2,0	99,8%				

**P** ≡ Probabilidade de Ocorrência da Falha (1 a 10) - **G** ≡ Gravidade ou Severidade do Efeito da Falha (1 a 10) - **D** ≡ Dificuldade na Detecção da Falha (1 a 10)  
**FRi** ≡ Fator de Risco Inicial (FRi=P\*G\*D) - **Ci** ≡ Confiabilidade Inicial (100-FRi/10)(%) - **FRf** ≡ Fator de Risco Final (FRf=P\*G\*D) - **Cf** ≡ Confiabilidade Final (100-FRf/10)(%)

**Figura 5 - Exemplo de FMEA, folha 03/03**

# UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA DENTRO DO CICLO PDCA APLICADO À SEGURANÇA DO TRABALHO

## REFERÊNCIAS

LIMA, Renata de Almeida - Como a relação entre clientes e fornecedores internos à organização pode contribuir para a garantia da qualidade: o caso de uma empresa automobilística. Ouro Preto: UFOP, 2006.

MATOS, Roselane Biangaman de; MILAN, Marcos. Aplicação sistêmica do modo de análise de falhas e efeitos (FMEA) para o desenvolvimento de indicadores de desempenho de empresas de pequeno porte. Rev. Árvore, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 977-985, Oct. 2009. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622009000500020&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622009000500020&lng=en&nrm=iso)>. access on 29 Mar. 2020. <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000500020>>.

PONGELUPPE, P. C. Modelo de indicadores de desempenho para micro e pequena agroindústria: multi-caso de laticínios. 2002. 169p. Dissertação (Mestrado em...) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002

QUEDA DO VOO 447 da Air France foi provocada por três fatores, diz jornal 'Le Figaro' alega ter tido acesso a relatório final da investigação. Voo da Air France caiu no mar em 1º de junho de 2009 com 228 a bordo; São Paulo; 29/07/2011; “Disponível em: <<http://g1.globo.com/Acidente-do-Voo-AF-447/noticia/2011/07/relatorio-apontara-erro-de-piloto-como-uma-das-causas-da-queda-do-voo-447-diz-jornal.html>>”; “Acesso em : 29/03/20”

SAKURADA, Eduardo Yuji. 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, (Dissertação de mestrado), 2001.