

# SISTEMÁTICA DE TRATAMENTO DE FALHAS NO ÂMBITO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL COM A UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA FMEA EM UM GRANULADOR DE FERTILIZANTES

Jivago Santana de Sá Reis <sup>1</sup>; Nelson Pimenta Neto<sup>2</sup>; Cleiton Silvano Goulart<sup>3</sup>; Gerson Alavance<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Faculdade de Talentos Humanos - FACTHUS, Uberaba (MG), Brasil

<sup>2,3</sup> Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF - MCTIC, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

jivagosantana@hotmail.com, nelson.neto@facthus.edu.br, cleiton.goulart@facthus.edu.br; galavance@facthus.edu.br

**RESUMO:** Este artigo visa otimizar os resultados das análises de falhas, aplicado como Estudo de Caso em uma Empresa de Fertilizantes, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do produto e serviço. Adotou-se a metodologia Análise de Modo e Efeitos da Falha (FMEA), aplicada para a análise dos modos de falhas, contribuindo no tempo de desenvolvimento das análises, fator custo, e gerando um processo de padronização na Empresa. Procurou-se, não demonstrar apenas a falha de um equipamento, mas definir uma sistemática de tratamento de falhas. As informações de operação e funcionamento do equipamento e/ou processo, são geradas por softwares automatizados, na sala de controle da Empresa de Fertilizantes. O operador registra através de Ordem de Serviço (OS) as ocorrências de falha ou condições anormais do equipamento, de forma genérica. A padronização do modo como são registradas as ocorrências, contribuiu para o melhor entendimento dos profissionais envolvidos, facilitando a identificação e localização da falha. Foi possível observar ainda que a equipe de inspeção de equipamentos deve estar preparada e integrada junto à equipe de operação para informações mais precisas e coerentes das falhas. Padronizar e identificar os modos de falha, de forma sistêmica, resultou em um trabalho eficaz para Engenharia, garantindo quantificar e qualificar os resultados obtidos.

**PALAVRAS CHAVE:** Análise de falhas, Confiabilidade, Falha, FMEA.

## SYSTEMATIC TREATMENT FAILURES AS INDUSTRIAL MAINTENANCE WITH THE USE OF FMEA TOOL IN A GRANULATOR FERTILIZERS

**ABSTRACT:** This paper aims to optimize the results of failure analysis, applied as a case study in a Fertilizer Company in order to increase product reliability and service. Adopted the mode of analysis methodology and Effects of fault (FMEA), applied to the analysis of failure modes, contributing to the development time of the analysis, cost factor, and generating a standardization process in Company. It was attempted, not only demonstrate the failure of a equipment, but define a systematic treatment failures. The operation information and operation of the equipment and / or process, are generated by automated software, the Company's Control Room fertilizer. The operator records through Administrative Order (OS) fault occurrences or abnormal condition of the equipment, generically. Standardizing the way they are recorded occurrences, could contribute to a better understanding of the professionals involved, facilitating the identification and fault location. It is observed that the equipment inspection team should be prepared and integrated with the operating team for more accurate and consistent information of failures. Standardize and identify failure modes, systemically, may result in an effective job for Engineering, ensuring quantify and qualify the results.

**KEYWORDS:** Failure analysis, Reliability, Failure, FMEA.

### INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje uma metodologia muito utilizada nas empresas com a finalidade de aumentar a confiabilidade do produto e serviço é a Análise de Modo e Efeitos da Falha (FMEA). Baseando-se nessa ferramenta, este trabalho propõe a utilização desta aplicada a um Estudo de Caso em um equipamento chamado de Granulador de uma Indústria de fertilizantes situada no Triângulo Mineiro - MG. Assim, procurou-se nessa análise, padronizar o método e aumentar a confiabilidade dos produtos e serviços realizados. O objetivo foi a padronização sistêmica de tratamento de falhas dessa Empresa de Fertilizantes neste equipamento em específico.

Este estudo teve início após a verificação da ocorrência de falhas que se tornaram repetitivas e com muitas informações incoerentes, ocasionando-se em uma análise de falhas superficial, resultando ainda em paradas de produção e prejuízos para a empresa.

A implantação de uma sistemática de tratamento de falhas no âmbito da manutenção industrial é importante, pois estrutura o gerenciamento das informações sobre falhas, e das ações subsequentes. Sendo necessário que equipes multidisciplinares sejam treinadas, contribuindo assim em um ambiente organizacional confiável para resultado das análises dos modos de falhas. Um método é o primeiro passo para que se resulte em uma meta.

Análise de Modo e Efeitos da Falha (FMEA), para Carpinetti (2012), é uma metodologia que objetiva avaliar e minimizar riscos por meio da análise das possíveis falhas (determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha) e implantação de ações para aumentar a confiabilidade.

Causa – é o meio pelo qual um elemento particular do projeto ou processo resulta em um Modo de Falha.

Efeito – as consequência que foram ocasionadas tomando efeito, devido à falha.

Modo de Falha – são as categorias de falha que são normalmente descritas. (KARDEC, NASCIF, 2013).

O FMEA foi criado nos Estados Unidos da América (EUA) pelo exército americano para adequação de melhoria de produto e processo da indústria aeroespacial. Começou a ser desenvolvido na década de 80, na ação de melhorias e eliminando possíveis falhas. (CARPINETTI, 2012).

A Organização Internacional para Padronização (ISO) TS/16494 a qual estabelece a *Quality System Requirements* (QS) 9000, desenvolvida nos setores automobilístico norte americano, (*General Motors, Ford, Chrysler*), adota a realização do FMEA como um dos requisitos de qualidade e procedimentos para proporcionar melhoramento contínuo e prevenção de defeitos na redução de custo.

O objetivo básico do FMEA é, portanto, buscar diminuir as possibilidades do produto (equipamento) falhar durante sua operação ou uso, ou seja, busca-se aumentar a confiabilidade do produto. Confiabilidade aqui deve ser entendido como a probabilidade de um item desempenhar sua função especificada, durante certo intervalo de tempo em determinadas condições de uso. (SCAPIN, 2007).

Para aplicação do método FMEA em um determinado produto, deve-se formar um grupo de trabalho que irá definir a função ou característica daquele produto relacionar todos os tipos de falhas potenciais que possam ocorrer, descrever no formulário, para cada tipo de falha, suas possíveis causas e efeitos, atribuir índices para avaliar os riscos e, por meio desses riscos, discutir prioridades e ações de melhoria. (TOLEDO et al., 2013).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo de caso na Empresa de Fertilizantes foi realizado durante uma parada de manutenção que ocorre anualmente. Através desta parada o estudo dos levantamentos dos modos de falha pode ser realizado com maior segurança.

O método FMEA foi aplicado em um Granulador de criticidade alta, cuja a sua função pode ocasionar a parada de produção. Sua finalidade é estabelecer a granulometria apropriada para o produto especificado. (FERNANDES, 2011).

Para a definição dos modos de falha para cada componente, deve-se observar o local de instalação do equipamento em campo e o projeto especificado do mesmo. Um dos primeiros critérios para obter uma melhor tratativa das falhas, foi determinar todos os possíveis

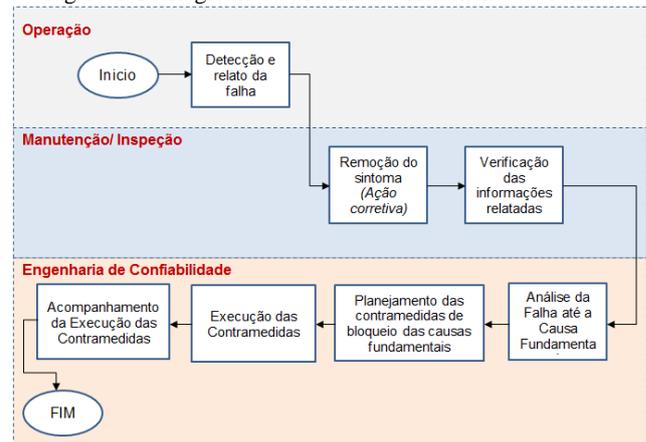
modos de falhas que podem ocorrer naquele equipamento, com intuito de padronizá-las.

Após o levantamento de todos os modos de falhas, foi criado um sistema (*software*), com o objetivo de atentar a equipe de operação para que as informações padronizadas possam ser usufruídas por todos.

No Apêndice 2, tem-se o funcionamento de como o formulário FMEA deve ser preenchido. Pode-se observar a definição do conteúdo de cada coluna. Na parte inferior da figura há um fluxograma que mostra a sequência de preenchimento do formulário, baseada em perguntas que devem ser formuladas, discutidas e respondidas pelo grupo multidisciplinar em cada etapa. Neste caso as equipes envolvidas foram Operação, Inspeção, Manutenção e Engenharia de Confiabilidade.

A figura 1 representa um modelo de fluxograma de como deve funcionar todo o processo do tratamento das falhas. Este fluxograma demonstra como está sendo estabelecido e padronizado o tratamento dos modos de falhas com a utilização do FMEA.

Figura 1: Fluxograma do Sistema de Tratamento de Falhas.



Fonte: Autor, 2017

**Detecção e relato da falha:** de acordo com instrumentos e sensores instalados no equipamento, é possível verificar as anomalias apresentadas tais como: temperatura alta, vibração excessiva, desalinhamento, entre outros. Em seguida essas informações de irregularidade são enviadas para sala de controle. Com as informações das anormalidades na sala de controle, a equipe de operação relata a falha, e logo em seguida deve registrar no formulário do FMEA.

**Remoção do sintoma (Ação corretiva):** Equipes responsáveis pela primeira avaliação sobre a falha primária, que são Manutenção e Inspeção, irão corrigir a falha de acordo com a criticidade ou risco apresentado.

**Verificação das informações relatadas:** As equipes de Manutenção e Inspeção irão verificar as falhas que foram relatadas pela equipe de operação através do preenchimento do formulário FMEA. Se as falhas identificadas estiverem de acordo com os manuais da manutenção, a mesma será encaminhado para a Engenharia de confiabilidade.

Se não estiver de acordo com os manuais da manutenção, deve-se retornar ao preenchimento da etapa inicial do formulário FMEA, para discutir e verificar a falha, em busca de uma falha primária mais assertiva para Engenharia de Confiabilidade.

**Análise da Falha até a Causa Fundamental ou Causa Raiz:** Logo em seguida a falha que foi identificada pelas equipes de Operação, Inspeção e Manutenção, serão enviadas para a equipe de Engenharia de Confiabilidade, a qual deve realizar um estudo rigoroso de investigação, com o objetivo de buscar o real motivo, ou seja, encontrar a causa raiz.

**Planejamento das contramedidas de bloqueio das causas raízes:** Após a Engenharia de Confiabilidade identificar a causa raiz, deve-se executar contramedidas, evitando outras possíveis falhas.

**Execução das Contramedidas:** Executar as ações identificadas na análise de falha, para sanar a falha fundamental.

**Acompanhamento da Execução das Contramedidas:** Verificar e medir se as ações implantadas estão sendo positivas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do FMEA neste estudo possibilitou identificação das falhas em um produto, ou em seus componentes, sendo estas falhas importantes para gerenciar ações de eliminação ou redução do risco caracterizado a cada falha.

O operador registrava através de ordem de serviço – OS, as ocorrências de falha ou condições anormais do equipamento, de forma genérica. A padronização do modo como são registradas as ocorrências, pode contribuir para o melhor entendimento dos profissionais envolvidos, facilitando a identificação e localização da falha.

No Quadro 1 demonstra-se como era preenchido de maneira generalizada as informações das falhas ocorridas. A “tag” de equipamento GN-20 refere-se ao granulador sob análise. No campo “Observações” é onde a equipe de operação descreve quais as falhas estão sendo detectadas, porém muitas das vezes de forma generalizada, podendo não ser a falha propriamente escrita ou lançar várias falhas sendo de fato uma única falha com descrições diferentes. As informações sem padronização geravam grandes transtornos tanto para análise de falhas como para a produção.

O campo “Tempo de Desvio” indica o tempo em horas que o equipamento ficou parado.

Com as informações do Quadro 1, a análise e tomada de ações em função das falhas apresentadas, são muita das vezes superficial em função da carência de padronização e métodos bem aplicados, aumentando a possibilidade de risco no fator: (tempo, custo e produção).

No Gráfico 1, levantado sem o controle proposto, verifica-se grande reincidência de falha e tempo de equipamento.

Com base nos dados do Quadro 1 e Gráfico 1, é possível identificar algumas falhas descritas de forma

diferente, porém que caracterizam o mesmo tipo de evento, por exemplo:

- Quebra do Mancal da Roda de Apoio.
- Troca do Rolamento do Mancal na Roda de Apoio.

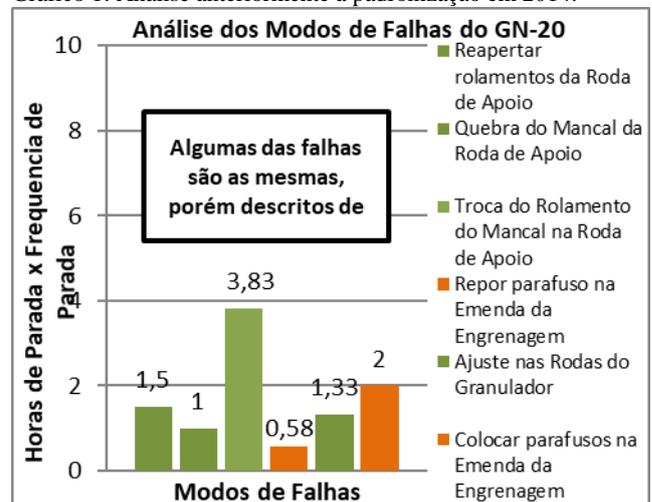
Ambos eventos podem ser relacionados a um único modo de falha: Quebra do Mancal na Roda de Apoio. A informação posta desta forma possibilitaria para a Engenharia de Confiabilidade uma análise de falha mais específica e direcionada.

Quadro 1: Preenchimento das falhas antes da padronização da implantação do FMEA 2014.

Equipamento	Observações	Responsável	Tempo de Desvio	Data
GN-20	Reapertar rolamentos da Roda de Apoio	Manutenção	1,5	06/01/2014
GN-20	Quebra do Mancal da Roda de Apoio	Manutenção	1	13/01/2014
GN-20	Troca do Rolamento do Mancal na Roda de Apoio	Manutenção	3,83	24/01/2014
GN-20	Repor parafuso na Emenda da Engrenagem	Manutenção	0,58	04/02/2014
GN-20	Ajuste nas Rodas do Granulador	Manutenção	1,33	07/01/2014
GN-20	Colocar parafusos na Emenda da Engrenagem	Manutenção	2	04/02/2014
TOTAL			10,24	

Fonte: Autor, 2015

Gráfico 1: Análise anteriormente a padronização em 2014.



Fonte: Autor, 2015

Na Tabela 1 apresenta-se um exemplo de como foi estabelecido o formulário FMEA na Empresa de Fertilizantes. Para o melhor entendimento da Tabela 1 é apresentado nos apêndices 1, 2 e 3 um modelo completo, deste formulário.

Propõe-se que, após o recebimento das informações do software automatizado, ou seja, falhas que foram detectadas, o operador juntamente com a equipe de Inspeção e Manutenção se reúna para preenchimento do formulário FMEA, documento padrão técnico no qual se

devem encontrar todas as características dos modos de falha, efeitos e causa.

Tabela 1: Formulário FMEA Produto 2015.

Análise de Modos e Efeitos de falhas				
Código da peça: 126G		<input type="checkbox"/> FMEA de processo <input checked="" type="checkbox"/> FMEA de produto		
Nome da Peça: Mancal da Roda de Apoio				
Folha: Nº 15 de 2015				
Descrição do produto ou processo	Função(ões) do produto	Tipo de falhas potencial	Efeito de falha potencial	Causa da falha em potencial
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Mancal da Roda de Apoio	Apoio e alinhamento para o eixo	Quebra	Eng. Conf.	Eng. Conf.
		Desbalanceado	Eng. Conf.	Eng. Conf.
		Sobrecarga	Eng. Conf.	Eng. Conf.

Fonte: Adaptado de Carpinetti (2012).

A aplicação do FMEA foi importante porque pôde proporcionar para a empresa:

- Uma maneira sistemática de catalogar informações sobre falhas dos produtos;
- Aumento do conhecimento sobre os problemas nos produtos;
- Discussão e planejamento de ações de melhoria no projeto do produto, baseados em fatos e dados devidamente monitorados, o que contribui para melhoria contínua;
- Redução de custos, por meio da prevenção da ocorrência de falhas e mecanismos de controle;
- Cooperação multidisciplinar e de trabalho em equipe.

Para obter-se confiabilidade no preenchimento do formulário FMEA, foi implantado um sistema na localização dos modos de falhas e melhor entendimento para os operadores e a equipe multidisciplinar.

No Quadro 2, segue exemplo de como foi realizado o preenchimento das falhas. Está descrito o passo a passo na qual o operador busca as informações para relatar as falhas já padronizadas no sistema (software implantados).

Com a integração das equipes envolvidas é possível identificar uma causa primária de forma mais assertiva em menos tempo.

A implantação da Sistemática de tratamento de falhas com a utilização da ferramenta FMEA, contribuiu para organizar a empresa, pois é possível estruturar os processos e definir procedimentos padrões que devem ser seguidos.

Para melhor entendimento é apresentado no Quadro 3 os resultados que foram alcançados antes e após a padronização dos modos de falha, considerando como parâmetros de análise a eficiência do FMEA. Os resultados foram comparados com os históricos de 2014 e 2015 (momento da implantação). Os aspectos que foram analisados foram: os períodos de parada, produção e arrecadação (valor de venda = lucro + custos).

Para a apresentação e comparação dos resultados obtidos, considerou-se o período de produção de 24h/dia, durante 30dias/mês e o valor de arrecadação (valor de venda = lucro + custos) de R\$630/tonelada de fosfato, com produção de 70t/h.

Quadro 2: Sistema dos Modos de Falhas

### Lançamentos de Falhas

TAG	Componente	Condição
GN-20	Base	Corrosão ou Oxidação
GN-20	Base	Dano Físico ou Deterioração
GN-20	Base	Desgaste
GN-20	Base	Desnivelamento
GN-20	Base	Fixação ou Aperto inadequado
GN-20	Base	Quebra ou Ruptura
GN-20	Base	Rigidez insuficiente ou Frag. Estrutural
GN-20	Base	Trinca ou Defeito no Material
GN-20	Estrutura	Corrosão ou Oxidação
GN-20	Estrutura	Dano Físico ou Deterioração
GN-20	Estrutura	Deformação
GN-20	Estrutura	Desalinhamento
GN-20	Estrutura	Fixação ou Aperto inadequado
GN-20	Estrutura	Quebra ou Ruptura
GN-20	Estrutura	Trinca ou Defeito no Material
GN-20	Motor Elétrico	Agarramento ou Emperramento
GN-20	Motor Elétrico	Aquecimento excessivo
GN-20	Motor Elétrico	Aterramento (falha ou falta)
GN-20	Motor Elétrico	Circuito Aber. (desconec. ou fio romp.)
GN-20	Motor Elétrico	Contaminação
GN-20	Motor Elétrico	Controle (falha)
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Acabamento Superficial inadequado
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Agarramento ou Emperramento
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Aquecimento excessivo
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Contaminação
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Corrosão ou Oxidação
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Dano Físico ou Deterioração
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Deformação
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Desalinhamento
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Desgaste
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Desalinhamento
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Quebra ou Ruptura
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Sobrecarga
GN-20	Mancal da Roda de Apoio	Vibração excessiva ou anormal

Fonte: Autor, 2015.

Analisando o Quadro 3, percebe-se as seguintes melhorias após a implantação do sistema FMEA:

Quadro 3: Resultados Obtidos.

RESULTADOS OBTIDOS				
Descrição	2014	2015	GANHOS	%
Período de Parada	4 DIAS (96 HORAS)	6 HORAS	90 HORAS (Disponibilidade)	93,75%
Desempenho da produtividade (ton/mês)	43.680 ton	49.980 ton	6.300 ton (Produção a mais)	14,43%
Desempenho de Arrecadação (Vendas)	R\$ 27.518.400,00	R\$ 31.487.400,00	R\$ 3.969.000,00	14,43%
Perca de Produção e Arrecadação	13,33%	0,83%	Menos Perda de Produção consequentemente será maior a Lucratividade	12,50% (Diferença entre as percas)

Fonte: Autor, 2015.

- Período de parada: foi reduzido de aproximadamente de 4 dias (96 horas, 2014) para 6 horas (2015), uma diminuição de 93,75% em relação a 2014;
- Desempenho da Produtividade: a produtividade em toneladas/mês aumentou 14,43% em relação a 2014. Apresentando valores de produção de 49.980t (2015) e 43.680t (2014), ou seja, 6.300ton produzidas a mais;
- Desempenho da arrecadação: assim como a produtividade, aumentou 14,43% em relação a 2014. Apresentando valores de R\$31.487.400,00 (2015) e R\$27.518.400,00 (2014), ou seja, R\$3.969.000,00 a mais arrecadada.

Constatou-se que, após a implantação da metodologia de padronização, houve a diminuição das perdas de produção e arrecadação causadas de 13,33% (2014) para 0,83% (2015).

## CONCLUSÃO

Na implementação do FMEA, quanto às etapas, observou-se que as decisões e ações relacionadas à melhoria do desempenho nas análises de falhas contribuíram para o alcance dos objetivos e metas definidas. O que resultou em decisões estratégicas para as análises de falha, aumentando a capacidade de produção na indústria.

O objetivo de padronizar de forma sistemática o tratamento de falhas na Empresa de Fertilizantes em um Granulador, com a utilização do método do FMEA, contribuiu positivamente para a Empresa, direcionando de maneira confiável quais seriam verdadeiramente as falhas deste equipamento, reduzindo a probabilidade da ocorrência de falhas do produto, eliminação na reincidência de falhas, falhas potenciais, análise das falhas estruturada, diminuindo riscos de erros e melhorando a

qualidade em procedimentos administrativos, possibilitando a otimização do tempo e custos.

Através dos resultados obtidos, sugere-se que a sistemática de tratamento de Falhas no âmbito da Manutenção Industrial com a utilização da metodologia FMEA aplicada a este equipamento seja aplicada também a outros equipamentos considerados “críticos” com a finalidade de garantir maior confiabilidade nos produtos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: Normatécnica, 1994. 37 p

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade**: Conceitos e Técnicas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

FERNANDES, Nilson Jose. **Efeito das impurezas ferro, Alumínio e Magnésio na cadeia de processamento Químico do Fosfato**. 2011. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção**: Função Estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

PACCOLA, Jose Eduardo. **Manutenção e Operação de Equipamentos Móveis**. São Paulo: Jac Editora, 2011.

SCAPIN, Carlos Albert. **Análise Sistemática de Falhas**. 2. ed. Nova Lima: Indg Tecnologia e Serviços Ltda, 2007.

TOLEDO, Jose Carlos de et al. **Qualidade**: Gestão e Métodos. Rio de Janeiro: Arte & Ideia, 2013.

XENOS, Harialus Georgius D'philippos. **Gerenciamento a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

**APÊNDICE 1: FORMULÁRIO FMEA**

Análise de Modos e Efeitos de Falhas															
Código da peça: Nome da peça: Folha: Nº _____ de _____.		<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input checked="" type="checkbox"/> FMEA de Produto													
Descrição do produto ou processo	Função(ões) do produto ou processo	Tipo de falha potencial	Efeito de falha potencial	Causa da falha em potencial	Controles Atuais (detecção e prevenção)	Índices atuais			Ações de melhoria						
						S	O	D	R	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Ações implantadas	Índices após a melhoria		
						S	O	D	R			S	O	D	R
Equipe de Operação	Registro feito pela equipe de Operação, Inspeção e Manutenção	Registro feito pela equipe de Operação, Inspeção e Manutenção	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade

Fonte: Adaptado de Toledo *et al.*, 2013

**APÊNDICE 2: FORMULÁRIO FMEA COMENTADO**

Análise de Modos e Efeitos de Falhas																
Código da peça: Nome da peça: Folha: N° _____ de _____.	<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto															
	Índices atuais		Ações de melhoria			Índices após a melhoria										
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
Produto/ processo objeto de análise	Função (ões) do produto ou processo	Tipo de falha potencial	Efeito de falha potencial	Causa da falha em potencial	Controles Atuais (de detecção e prevenção)	S	O	D	R	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Ações implantadas	S	O	D	R
	Função e/ou características que devem ser atendidas pelo produto. Ex: suportar o conjunto do eixo.	Forma e modo como as características ou funções podem deixar de ser atendidas. Ex: erro de desbalanceado, rugoso, trincado...	Efeitos (conseqüências) do tipo de falha, sobre o sistema eo cliente. Ex: vazamento de ar, ruídos, desgaste prematureo, etc.	Causas e condições que podem ser responsáveis pelo tipo de falha em potencial. Ex: erro de montagem, falta de lubrificação, etc.	Medidas preventivas e de detecção que já tenham sido tomadas e/ou são regularmente utilizadas nos produtos/ processos da empresa.	S	O	D	R	Ações recomendadas para a diminuição dos riscos	Responsável e prazo		S	O	D	R
FLUXOGRAMA	Quais funções ou características devem ser atendidas?	Como a função ou característica pode não ser cumprida?	Que efeitos tem este tipo de falha?	Quais poderiam ser as causas?	Quais medidas de prevenção e descoberta poderiam ser tomadas?	S	O	D	R	Quais os riscos prioritários?			S	O	D	R
Quem está sendo analisado?						S	O	D	R				S	O	D	R

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

Fonte: Adaptado de Toledo *et al.*, 2013

**APÊNDICE 3: FORMULÁRIO FMEA – EXEMPLO DE PREENCHIMENTO**

Análise de Modos e Efeitos de Falhas																	
<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input checked="" type="checkbox"/> FMEA de Produto																	
Código da peça: 20G3 Nome da peça: Granulador Folha: Nº 15 de 2015 Data: 04/02/2015																	
Descrição do produto ou processo	Função(ões) do produto ou processo	Tipo de falha potencial	Efeito de falha potencial	Causa da falha em potencial	Controles Atuais (detecção e prevenção)	Índices atuais			Ações de melhoria								
						S	O	D	R	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Ações implantadas	S	O	D	R	
Mancal da Roda de Apoio	Apoio e Alinhamento para o eixo	Quebra ou Ruptura	Temperatura acima da temperatura do projeto	Erro de Montagem. Subdimensionamento dos caços.	Treinamento do responsável na manutenção, pois o mesmo não estava utilizando os caços corretos no mancal, de acordo com o projeto.	10	9	6	960	Recolocar os estabelecidos no projeto	Renato, Dia 04/02/2015 com prazo de 6 horas para correção da solicitação	Foram implantados 2 caços de acordo com o projeto.	2	4	3	24	Engenharia de Confiabilidade
Equipe de Operação	Registro feito pela equipe de Operação, Inspeção e Manutenção	Registro feito pela equipe de Operação, Inspeção e Manutenção	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade					Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade	Engenharia de Confiabilidade					Engenharia de Confiabilidade

Fonte: Adaptado de Toledo *et al.*, 2013