

Aplicação da ferramenta FMEA no processo de manutenção

Application of the FMEA tool in the maintenance process

DOI:10.34117/bjdv8n6-097

Recebimento dos originais: 21/04/2022

Aceitação para publicação: 31/05/2022

Rafael Chaves da Cunha Vieira

Engenheiro de Produção

Instituição: Centro Universitário Fanor

Endereço: Rua Justino Café Neto, 127, Fortaleza - CE

E-mail: rafael.chaves@hotmail.com

Adonias Gomes Pereira

Técnico de Petróleo e Gás

Instituição: Instituto de Educação Tecnológica Avançada do Amazonas - IETAAM

Endereço: Avenida Sargento Herminio Sampaio 1415, São Gerardo, Fortaleza - CE

E-mail: dodo.sgt@hotmail.com

Charles da Silva Honório

Especialista em Engenharia de Segurança de Processo

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas - UEA

Endereço: Avenida Darcy Vargas 645, Parque 10 de Novembro, Manaus - AM

E-mail: charleshonorio@gmail.com

Eduardo José Rodrigues de Souza

Graduação em Ciência da Computação

Instituição: PUC - Minas

Endereço: Rua Dom José Gaspar, 500, Belo Horizonte - MG

E-mail: ejrsouza01@gmail.com

Norton Carlos de Paula Bezerra

Técnico em Mecânica

Instituição: Escola Técnica Federal do Amazonas

Endereço: Avenida Darcy Vargas 645, Parque 10 de Novembro, Manaus - AM

E-mail: nortonbezerra@hotmail.com

RESUMO

Essa pesquisa abordou a questão da manutenção preventiva em uma empresa distribuidora de energia elétrica com o uso da ferramenta FMEA. O problema de pesquisa detectado foi a presença de falhas na manutenção dos equipamentos de uma empresa de distribuição de energia elétrica. Assim, o objetivo deste trabalho foi aplicar a ferramenta FMEA no processo de manutenção preventiva em uma concessionária de energia elétrica no estado do Ceará. Essa pesquisa é um estudo de caso com abordagem quantitativa, tendo também características exploratórias. As técnicas utilizadas na coleta de dados foram a observação direta e através dos relatórios emitidos pelo sistema da empresa. A partir desses dados, foram aplicados e desenvolvidos todos os passos da FMEA e assim, obtidos indicadores de risco para cada modo de falha, antes e depois, da aplicação da ferramenta. Dentre esses resultados, o modo de falha quebra de condutor, teve seu índice

de risco reduzido de 125 para 20 pontos, e em relação ao modo de falha sobrecarga, caiu 80 para 8 pontos após as ações. Resultados satisfatórios também no quesito vazamento de óleo, índice reduzido de 36 para 8 pontos. Ao final deste trabalho foi possível perceber que a FMEA foi uma técnica muito eficiente para reduzir os modos de falhas, evitando prejuízos para a empresa e os transtornos para a sociedade associados à falta de energia.

Palavras-chave: FMEA, manutenção preventiva, risco.

ABSTRACT

This research addressed the issue of preventive maintenance in an electricity distribution company using the FMEA tool. The research problem detected was the presence of failures in the maintenance of the equipment of an electricity distribution company. Thus, the objective of this work was to apply the FMEA tool in the preventive maintenance process at an electric utility in the state of Ceara. This research has a case study with a quantitative approach, also having exploratory characteristics. The techniques used in the case study were data collection and was carried out through direct observation and through reports issued by the company's system. From this data, all steps of the FMEA were applied and developed, thus obtaining new Risk indicators for each Failure Mode, before and after the application of the tool. Among these results, the driver failure mode, had its risk index reduced from 125 to 20 points, and in relation to the overload failure mode, it dropped from 80 to 8 points after the actions. Satisfactory results also in terms of oil leakage, index reduced from 36 to 8 points. At the end of this work it was possible to realize that the FMEA was a very efficient technique to reduce the failure modes, avoiding losses for the company and the disturbances for the society associated with the lack of energy.

Keywords: FMEA, preventive maintenance, risk.

1 INTRODUÇÃO

O sistema elétrico brasileiro tem grande participação diária na vida dos brasileiros por ser um setor de serviço essencial para a população devido sua dependência e utilidade. A distribuição de energia elétrica em nosso país, é realizada por empresas da iniciativa pública, privada ou mista, nas quais são reguladas por agências reguladoras, podendo ser municipais, estaduais e federais. Logo, os agentes responsáveis pela distribuição de energia elétrica, devem garantir a máxima disponibilidade e continuidade de fornecimento.

Diante disso, as agências reguladoras exigem a melhor qualidade de prestação de serviços possível pelas empresas supervisionadas, e para que esse objetivo seja conquistado é preciso que a manutenção de disponibilidade de equipamentos no setor seja de qualidade e eficiente. Visando diminuição de custos com ações preventivas e ajudar no processo de tomada de decisão das empresas, nesse âmbito, é utilizada a ferramenta

Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) para evitar falhas na prestação de serviço essencial, o que resultaria em perda de bem-estar dos clientes.

Expostas essas considerações, o problema de pesquisa detectado foi a presença de falhas na manutenção dos equipamentos das empresas de distribuição de energia elétrica. Na literatura acadêmica existe disponível um leque de estudos e ferramentas de gestão da manutenção, todas elas visam melhorias de desempenho de custos e serviços prestados, e para este estudo foi escolhido a ferramenta FMEA –*Failure Mode and Effects Analysis* ou Análise de Modos de Falha e Efeitos – para análise do estudo de caso para o estado do Ceará.

A pergunta de pesquisa realizada para aprofundamento do assunto estudado foi: Como a ferramenta FMEA pode contribuir para a melhoria da qualidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica em uma concessionária de energia elétrica no estado do Ceará?

Assim, o objetivo deste trabalho foi aplicar a ferramenta FMEA no processo de manutenção preventiva em uma concessionária de energia elétrica no estado do Ceará.

Ademais, os objetivos específicos da pesquisa foram:

- Identificar o(s) modo(s) de falha com maior índice de risco;
- Verificar os ganhos do uso da ferramenta FMEA no processo de manutenção preventiva.

O trabalho buscou ressaltar a importância da disponibilidade e continuidade de fornecimento de energia elétrica para os três principais atores envolvidos: o sistema elétrico em si, a empresa responsável por sua operação e a sociedade.

Ao analisar as manutenções, a pesquisa contribui para um melhor desempenho do ativo, aumentando a sua confiabilidade, disponibilidade e diminuindo a incidência de falhas, o que beneficia aos atores envolvidos e daí a sua importância.

É ressaltada a importância do tema também para a literatura acadêmica quanto ao teste de efetividade da ferramenta FMEA e quais indicadores ela apresentou, podendo a pesquisa contribuir para a elaboração de novos trabalhos sobre essa temática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

A necessidade de um PCM – Planejamento e Controle de Manutenção - efetivo surgiu como consequência do teor puramente corretivo não-planejado da manutenção na empresa, com ausência de qualquer tipo de planejamento e controle, que, como efeito,

traz altas taxas de falha e baixa disponibilidade dos equipamentos, que acabam diminuindo a competitividade da empresa (DUTRA, 2019).

Assim, verifica-se que é importante o aumento da disponibilidade dos equipamentos. Em consequência, um bom planejamento de manutenção é essencial. O desempenho insatisfatório das máquinas, a manutenção ineficaz e o tempo de manutenção corretiva elevados aumentam as perdas de produção, de mercado e de oportunidades, reduzem os lucros, entre outras decorrências indesejáveis (MARQUES; RIBEIRO, 2012).

O PCM tem como função assessorar a gerência de manutenção em tudo que se refere a planejamento, programação e controle, na administração de contratos de serviços terceiros e avaliar pontos de perda de produtividade, emitindo sugestões (TAVARES; CALIXTO; POYDO, 2005).

Conforme elencado por Dutra (2019), são atividades do setor de PCM: gerenciar os planos de manutenção, elaborar procedimentos técnicos das atividades de manutenção, dimensionar recursos necessários para um bom cumprimento das atividades, gerenciar a carteira de serviços planejados e que, em breve, irão passar para programação, programar as manutenções planejadas no calendário anual, criar cronograma de paradas de manutenção, pleitear paradas de manutenção com setor de produção e operação, otimizar cronograma de acordo com o tempo disponível, calcular e gerenciar indicadores de manutenção, gerenciar com muita proximidade os custos de manutenção, transformar informações qualitativas em dados quantitativos e manter o departamento de manutenção municiados desses dados.

Monchy (1987) diz que em um serviço de manutenção, a função planejamento é particularmente trabalhosa e delicada, os seus trabalhos são variados e a noção de urgência é mais frequente e com maiores consequências que na produção. Ele também cita os problemas a serem resolvidos pelo planejamento da manutenção:

Dependência da produção (paradas de fabricação); segurança (prazos das restrições);

Acompanhamento dos trabalhos subcontratados, geralmente numerosos na manutenção; suprimento das peças de reposição;

Meios de manutenção especiais a tornar disponíveis; triagem das urgências de intervenções corretivas.

Complementando o que o mesmo autor relatou, declara ainda, que a manutenção é responsável por otimizar o parque de equipamentos a partir de três fatores que devem ser controlados e medidos através de tais indicadores:

Fator econômico: menores custos de falhas, menores custos diretos de prestação, economia de energia, etc.;

Fator humano: condições de trabalho, segurança, etc.;

Fator técnico: disponibilidade e durabilidade das máquinas.

2.2 INDICADORES DA MANUTENÇÃO

Viana (2006) relata que os indicadores de manutenção não só acompanham os desafios da manutenção, mas também sua rotina diária. Ainda explica que devem retratar aspectos importantes no processo da planta, e o PCM deve avaliar a melhor forma de monitoramento do processo, acompanhando aquilo que agrega valor.

O Controle da Manutenção deve ser constante, deve acontecer antes, durante e após as atividades de manutenção da planta. O ato de controlar as atividades de manutenção é onde se concentra toda a gestão dos resultados obtidos com as ações planejadas e programadas. O controle da manutenção é feito através da criação e da gestão de indicadores, que servirão como base para a tomada de decisões e desenho de estratégias. Sem os indicadores da manutenção, fica impossível saber se as decisões tomadas são certas ou erradas, assim como em qualquer outra área de atuação (DUTRA, 2019).

Nesse sentido, Dutra (2019) comenta que existem inúmeros indicadores para gerenciamento da manutenção, mas é melhor ter poucos e acompanhá-los bem. Para ele, os indicadores mais importantes são:

Distribuição de atividades por tipo de manutenção: esse indicador revela qual o percentual da aplicação de cada tipo de manutenção está sendo desenvolvido;

Backlog: é simplesmente a carga futura de trabalho. Indica quantos homens hora ou quantos dias, para aquela determinada força de trabalho, serão necessários para executar todos os serviços solicitados;

Cumprimento da programação: outro aspecto importante ligado ao planejamento e coordenação dos serviços é a relação serviços programados – serviços executados;

Tempo Médio entre Falhas (MTBF): podemos considerar que o MTBF (sigla em inglês para *mean time between failures*) é um dos indicadores mais importantes para o setor de manutenção;

Tempo Médio para Reparo (MTTR): O indicador MTTR (sigla em inglês para *mean time to repair*) é usado principalmente para analisar a eficiência dos trabalhos das equipes de manutenção corretiva. Podemos medir de forma prática quanto tempo as

equipes dedicam para a solução de problemas corriqueiros e repetitivos, com a finalidade de encontrar uma causa raiz do problema e assim, traçar uma estratégia para solução;

Disponibilidade: o cálculo da disponibilidade inerente de um equipamento tem muito a dizer sobre os seus processos de manutenção e operação. O objetivo principal do PCM é participar da garantia da disponibilidade e confiabilidade dos ativos;

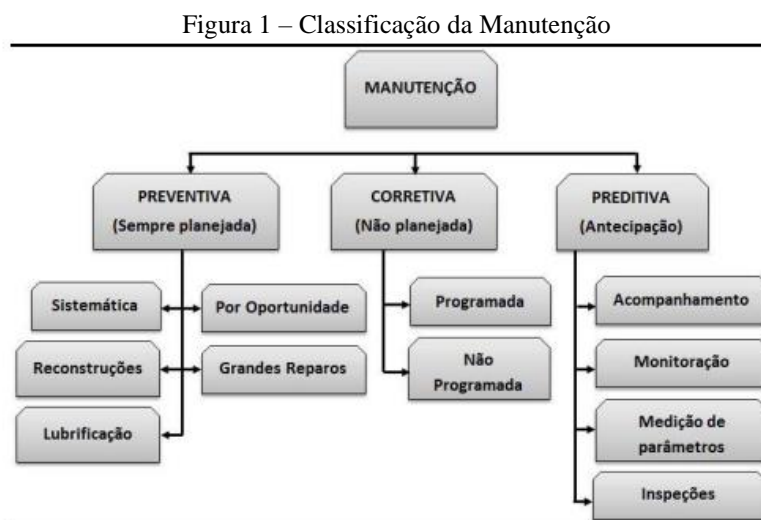
Taxa de falha: é a frequência com que um determinado equipamento apresenta falhas;

Retrabalho: são repetições ocasionadas por problemas ligados a falhas como mão de obra, material, problemas de projeto e problemas de operação.

2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenção fazem parte do processo de planejamento da gestão da manutenção, cada tipo está relacionado com sua forma de atuação, sendo considerados como técnicas estratégicas desse modelo de gerenciamento, que abrange desde a resolução emergencial de uma determinada falha até a melhoria efetiva e contínua (KARDEC; NASCIF, 2012).

A Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN) (2005) apresenta conforme Figura 1, uma conceituação mais abrangente, procurando atender as expectativas de confiabilidade e manutenibilidade da terceira geração da manutenção. A manutenção é classificada em três principais ramos (ou tipos) representados pelas manutenções: corretiva, preventiva e preditiva.



Fonte: Abramam (2005)

2.3.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva tem como principal característica, a falta de planejamento para execução e a impossibilidade de estimar os custos necessários para a atividade de correção, visto que, o início do conserto acontece após a ocorrência da falha, dependendo da disponibilidade da mão de obra e de materiais necessários para o conserto. A manutenção corretiva se divide entre corretiva planejada, onde a ação de correção é proveniente do acompanhamento preditivo, detectivo ou da inspeção, e a manutenção corretiva não planejada, onde o reparo acontece após a falha (KARDEC; NASCIF, 2012).

Ela atua em um fato já ocorrido, não há tempo para preparação do serviço, e infelizmente ainda é mais praticada do que deveria. Gera altos custos, pois a quebra inesperada acarreta perdas na produção, perdas de qualidade, custos indiretos de manutenção, e ainda pode ter consequências inesperadas para o equipamento, pois a extensão dos danos pode ser bem maior (KARDEC; NASCIF, 2009).

Existem casos em que se aplica a manutenção corretiva planejada, por exemplo, em ativos de baixo custo operacional, ativos que não são gargalos, ativos que não fazem parte da linha crítica do processo, ativos de fácil manutenção e ativos que possuem técnicos destinados para o pronto reparo. Deste modo, o planejamento da manutenção deve ter ciência da criticidade e do grau de importância de cada ativo para o processo produtivo e para a organização (PEREIRA, 2011).

Quando a maior parte da manutenção da empresa se baseia na corretiva não-planejada, o departamento de manutenção é refém dos equipamentos, sendo comandado por eles, e não o contrário, como deveria acontecer, e o desempenho empresarial da organização perde muita competitividade (KARDEC; NASCIF, 2012).

2.3.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva, inversamente à política da manutenção corretiva, tem como objetivo evitar a ocorrência da falha, ocorre em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios previamente definidos. É caracterizada por possuir planejamento para execução e ter seus custos necessários estimados para cada atividade a ser desenvolvida. A sua utilização permite que as atividades corretivas sejam reduzidas, impactando positivamente na qualidade, segurança operacional e ambiental (KARDEC; NASCIF, 2012).

Se por um lado a manutenção preventiva permite um bom gerenciamento das atividades e nivelamento dos recursos, além de previsibilidade do consumo de materiais

e sobressalentes, por outro lado promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução das atividades programadas. Assim, deve-se pesar os fatores para que o uso dessa política seja adequado à realidade dos equipamentos, sistemas ou plantas (KARDEC; NASCIF, 2012).

2.3.3 Manutenção preditiva

É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, com o objetivo de definir o melhor instante para a intervenção, com o máximo aproveitamento do ativo (OTANI; MACHADO, 2008).

Os benefícios do uso da manutenção preditiva envolvem redução dos prazos e custos de manutenção, previsão de falhas com maior antecedência, melhoria das condições de operação dos equipamentos, entre outros (REIS; DENARDIN; MILAN, 2010).

2.4 ANÁLISE FMEA

A análise FMEA consiste em uma abordagem que visa identificar e priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas ou processos, através de um sistema lógico que fornece uma estrutura hierarquizada das falhas potenciais, bem como, ações preventivas. Ou seja, a análise parte da causa para chegar ao efeito. A FMEA utiliza sete passos básicos para identificação da causa raiz das falhas, que foram descritos, segundo Kardec e Nascif (2012):

O primeiro passo é identificar o componente e descrever o modo potencial de falha, onde deve-se conter informações sobre o componente e sua função, as possíveis falhas, as causas das falhas e os tipos de mecanismos de controle vigentes;

O segundo passo encarrega-se de analisar o efeito potencial da falha, podendo ser, parada de produção, risco de acidentes, redução de produtividade e qualidade, por exemplo;

O terceiro passo define o nível de gravidade da falha, sua análise está relacionada com a intensidade ou impacto que a falha pode causar se não for solucionada. A partir de regras de pontuação definida pela equipe responsável pela aplicação do FMEA, classifica-se a gravidade dos itens, sua variação ocorre entre 1 e 5 seguindo o seguinte critério: 1. sem gravidade; 2. pouco grave; 3. grave; 4. muito grave; e 5. extremamente grave;

O quarto passo é responsável por fazer o levantamento de informações acerca da frequência da ocorrência de falha. A partir de regras de pontuação definida pela equipe responsável pela aplicação do FMEA, classifica-se a frequência de falhas dos itens, sua variação ocorre entre 1 e 5 seguindo o seguinte critério: 1. pouco frequente; 2. frequência moderada; 3. frequente; 4. frequência elevada; e 5. frequência máxima;

O quinto passo destina-se a obter informação acerca do nível de facilidade para detecção da falha. A partir de regras de pontuação definida pela equipe responsável pela aplicação do FMEA, classifica-se o nível de detectabilidade de falhas dos itens, sua variação ocorre entre 1 e 5 seguindo o seguinte critério: 1. alto nível de detecção; 2. detecção moderada; 3. baixo nível de detecção ; 4. Nível remoto de detecção; e 5. impossibilidade de detecção. Nessa etapa, quanto maior for o valor atribuído ao nível de detecção do item, maior é a dificuldade de intervenção na falha;

O sexto passo é responsável pelo cálculo do número de prioridade de risco (NPR), sua análise faz-se necessária para definir a prioridade das ações de prevenção de falhas. O cálculo acontece através da multiplicação dos valores de gravidade (G), frequência (F), e detectabilidade (D) da falha encontrados em cada item do objeto de estudo. Nessa etapa, quanto maior for o valor de NPR encontrado, conforme o cálculo através da Equação 1, maior é a prioridade de intervenção na falha do item em questão;

Equação 1 – Número de prioridade de risco (NPR)

$$NPR = G \times F \times D$$

Fonte: Kardec; Nassif (2012).

O sétimo passo é responsável por definir a ação de manutenção necessária para erradicação ou a minimização máxima das falhas nos itens. Desse modo, todas as ações precisam conter um prazo, um responsável e monitoramento periódico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa pode ser considerada exploratória. Para Gil (2010), a pesquisa exploratória tem como finalidade principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias. Portanto, pretende-se ampliar o conhecimento relativo à previsão de demanda, integração entre previsão e controle de estoques e suas relações à rentabilidade na empresa estudada.

A presente pesquisa objetivou a não generalização dos resultados obtidos, por essa razão, escolheu-se o estudo de caso para a análise do projeto. “O estudo de caso explora situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos, descrevendo o contexto da investigação e explicando as variáveis causais” (GIL, 2010, p. 37).

A abordagem da pesquisa é quantitativa. Segundo Sampieri (2006), a pesquisa com enfoque quantitativo, dá maior ênfase a coleta de dados, a forma interpretativa, a contextualização do ambiente, os detalhes e as experiências relatadas, para responder as questões de pesquisa e testar hipóteses estabelecidas previamente, desse modo, a pesquisa confia na medição numérica, contagem.

3.2 CENÁRIO DA PESQUISA

O estudo de caso se desenvolveu em uma concessionária de energia elétrica no Ceará, na qual utilizou-se o nome fictício de empresa Beta. A empresa pesquisada atua no setor de geração e distribuição de energia e está presente em 35 países. No Brasil, atua em São Paulo, Rio de Janeiro, Goiás e Ceará, possuindo aproximadamente 18 milhões de clientes.

No Ceará, atua em todo o estado, atendendo aos 184 municípios, possuindo aproximadamente 3 milhões de clientes.

A empresa possui atualmente três Gerências Operacionais, sendo uma gerência classificada como gerência C, outra classificada como gerência B e outra classificada como gerência A.

A utilização da ferramenta FMEA foi realizada na gerência de manutenção A, que abrange as Regionais Fortaleza e Região Metropolitana.

3.3 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os dados referentes a essa pesquisa foram coletados no período compreendido entre abril de 2019 e outubro de 2020. Vale ressaltar que a coleta de dados foi realizada por meio da observação direta e dos relatórios emitidos pelo sistema da empresa. As informações então obtidas foram tabuladas por meio do *Microsoft Office Excel*®.

Segundo Marconi e Lakatos (2010, p. 190), a observação direta intensiva é um tipo de atividade que “[...] utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também examinar fatos ou fenômenos que se deseja estudar”.

3.4 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA

No processo de manutenção preventiva, a atividade de inspeção visual em redes e equipamentos de distribuição de energia elétrica é realizada diariamente.

Dentro da atividade de inspeção, foi realizada a aplicação da ferramenta FMEA no processo de inspeção visual na rede. Diariamente, técnicos e engenheiros da empresa realizam inspeções visuais na rede de distribuição como forma de identificar possíveis pontos que possam ocasionar falhas na rede de distribuição de energia.

A falha, pode ocasionar falta de energia e impactar em indicadores regulados, além de prejudicar a imagem da distribuidora ou até mesmo ocasionar acidentes com a população, como por exemplo a quebra de um condutor por desgaste.

Para a avaliação da gravidade da falha, a empresa utiliza os critérios estabelecidos no Quadro 1.

Quadro 1 – Avaliação de gravidade

AVALIAÇÃO DE GRAVIDADE		
EFEITO	CRITÉRIO: GRAVIDADE DO EFEITO	ÍNDICE DE GRAVIDADE
SEM GRAVIDADE	NENHUM EFEITO IDENTIFICADO, OU INCOVENIÊNCIA INSIGNIFICANTE	1
BAIXA GRAVIDADE	DEFEITO APONTADO APENAS POR CLIENTES ACURADOS, ONDE O PRODUTO DEVEM PASSAR POR CRITÉRIO DE SELEÇÃO	2
GRAVE	CLIENTE INSATISFEITO, ONDE PARTE DA PRODUÇÃO É SUCATEADA E A OUTRA RETRABALHADA	3
MUITO GRAVE	ITEM INOPERÁVEL, OU TODA A PRODUÇÃO DEVE SER SUCATEADA OU COM REPARO ACIMA DE 1 HORA	4
EXTREMAMENTE GRAVE	ITEM INOPERÁVEL, COM TODA A PRODUÇÃO PERDIDA, COM REPARO ACIMA DE 3 HORAS E IMPACTANDO NO MEIO AMBIENTE E SEGURANÇA	5

Fonte: Empresa Beta (2020)

A empresa pesquisada utilizou estes critérios na classificação e avaliação do índice de gravidade para aplicação da ferramenta FMEA no ambiente da manutenção.

Para a avaliação da frequência, a empresa utiliza a classificação do efeito e índice de frequência de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Avaliação de Frequência

AVALIAÇÃO DE FREQUÊNCIA		
EFEITO	CRITÉRIO: FREQUÊNCIA DO EFEITO (VEZES)	ÍNDICE DE FREQUÊNCIA
BAIXA FREQUÊNCIA	1	1
FREQUÊNCIA MODERADA	$2 \leq 5$	2
FREQUENTE	$6 \leq 10$	3
FREQUÊNCIA ELEVADA	$11 \leq 20$	4
MÁXIMA FREQUÊNCIA	$21 \leq X$	5

Fonte: Empresa Beta (2020)

Para a avaliação da detectabilidade, a empresa utiliza os critérios expostos no Quadro 3.

Quadro 3 – Detectabilidade

AVALIAÇÃO DE DETECTABILIDADE		
EFEITO	CRITÉRIO	ÍNDICE DE DETECTABILIDADE
ALTO NÍVEL DE DETECÇÃO	CONTROLE DETECTA PRONTAMENTE AS DISCREPÂNCIAS ANTES DE DAR CONTINUIDADE AO PROCESSO PRODUTIVO	1
DETECÇÃO MODERADA	DETECÇÃO DO EFEITO É VISTO DURANTE O PROCESSO E EM INSPEÇÕES SIMPLES	2
BAIXO NÍVEL DE DETECÇÃO	O EFEITO É IDENTIFICADO POR MEIO DE MEDIÇÕES E INSPEÇÕES MAIS DETALHADAS	3
NÍVEL REMOTO DE DETECÇÃO	O EFEITO SÓ CONSEGUE SER IDENTIFICADO COM UM EQUIPAMENTO DE NÍVEL EXTREMO DE DETALHAMENTO	4
IMPOSSIBILIDADE DE DETECÇÃO	O EFEITO NÃO PODE SER DETECTADO	5

Fonte: Empresa Beta (2020)

No processo de manutenção, onde o estudo de caso foi realizado, quanto mais difícil for a detecção da falha, maior o índice de detectabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação da ferramenta no componente transformador, foi verificado que o modo de falha com maior índice de risco foi a quebra de condutor com Número de Prioridade de Risco (NPR) de 125 pontos, seguido do modo de falha de sobrecarga com 80 pontos.

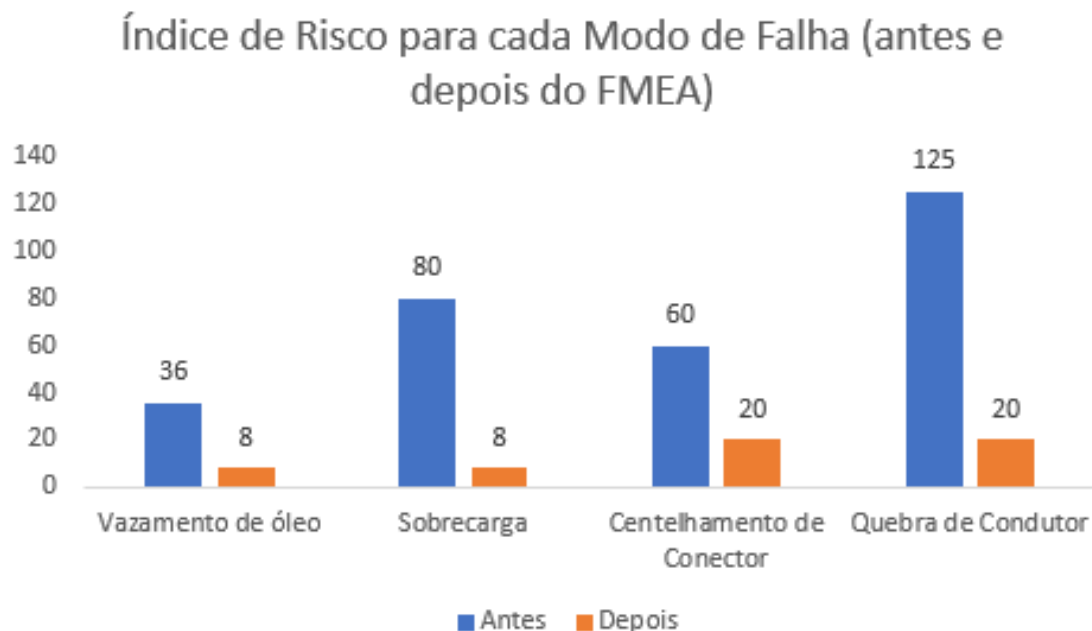
A aplicação da ferramenta permitiu a percepção por parte dos agentes de manutenção da importância de se atuar de forma mais assertiva nestes dois modos de falha que possuem maiores índice de riscos para o componente transformador.

Em relação ao modo de falha quebra de condutor, o número de prioridade de risco antes das ações era de 125 pontos. Após as ações, o índice de risco caiu para 20 pontos, sendo esta redução muito importante para evitar falhas com maior complexidade de manutenção, além de risco à população.

Em relação ao modo de falha sobrecarga, o número de prioridade de risco antes da aplicação do FMEA era de 80 pontos. Após as ações, este índice caiu para apenas 8 pontos. Este fato evita queima de transformadores e transtornos relacionados a falta de energia, devido à demora na substituição do mesmo, além de custos para a concessionária de energia.

O Gráfico 1 mostra as reduções dos índices de risco para cada modo de falha.

Gráfico 1 – Redução do índice de Risco após ações implementadas



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como propósito aplicar a ferramenta FMEA no processo de manutenção preventiva em uma concessionária de energia elétrica no estado do Ceará.

O objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho foram atingidos com sucesso uma vez que a aplicação da ferramenta FMEA permitiu identificar os modos de falha com maiores índices de risco, melhorando a disponibilidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica.

Foram seguidas as sete etapas para a implementação da ferramenta FMEA, fato este que possibilitou as análises, identificação da causa-raiz do problema e execução de ações preventivas.

A utilização da ferramenta FMEA também apresentou-se bastante satisfatória, pois foi possível avaliar cada modo de falha e propor ações preventivas para cada um deles de forma a aumentar a possibilidade de detecção, bem como, reduzir a gravidade e ocorrência destes modos de falha.

No caso da empresa onde a pesquisa foi realizada, os casos de quebra de condutores ocorriam com grande frequência e causavam enormes prejuízos aos processos, além dos prejuízos econômicos e riscos de acidentes com população.

Após a implementação da FMEA, houve a redução dos modos de falhas com maiores índices, já que a causa raiz do problema foi identificado e ações preventivas foram tomadas. Dessa forma, o novo índice de risco, antes de 125, passou a ser de apenas 20, principalmente devido as ações para aumentar a detectabilidade e as ações para evitarem novas ocorrências.

Em termos de indicadores dos processos, foi verificado melhoria significativa em indicadores de qualidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica.

Este trabalho contribuiu para alimentar e melhorar o plano de manutenção da empresa, principalmente no que diz respeito ao plano de manutenção preventiva. Os registros estão em banco de dados confiável de forma a auxiliar nas análises e busca da melhoria contínua.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se a implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade nas demais áreas da empresa e a utilização da ferramenta FMEA em outros processos e componentes críticos do processo de manutenção.

REFERÊNCIAS

- ABRAMAN. **Documento nacional.** Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/403/403.pdf>>. Acesso em: 06 maio. 2019
- DUTRA, J. T. **Planejamento e Controle de Manutenção descomplicado.** Brasília: Engeteles, 2019.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica.** 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2010.
- MARQUES, R. Q.; RIBEIRO, J. L. D. **Criação de um plano de manutenção para o equipamento torno descascadeira utilizando conceitos de manutenção centrada em confiabilidade (MCC) e manutenção produtiva total (MPT).** 2012. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- MONCHY, F. **A função manutenção: formação para a gerência da manutenção industrial.** São Paulo: Durban, 1987.
- MONTINEGRO, T. da S. L. **Estruturação de um modelo de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) em uma usina termelétrica.** 2020. 49 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário 7 de Setembro, Fortaleza, 2020.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, Paraná, v.4, n.2, p. 1-16. 2008.
- PEREIRA, M. J. **Engenharia de manutenção: teoria e prática.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2011.
- REIS, Z. C. dos; DENARDIN, C. D; MILAN, G. S. M. A implantação de um Planejamento e Controle da Manutenção: um estudo de caso desenvolvido em uma empresa do ramo alimentício. *In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO*, 6., 2010, Niterói. **Anais [...]**. Niterói: ENEGEP, 2010. p. 1-23.
- ROSA, L. da S. S. **Análise dos modos e efeitos de falha do compensador estático da Se Bom Jesus da Lapa II baseado em indicadores FMEA.** 2017. 91 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa.** 3. ed. Tradução de Fátima Conceição Murad; Melissa Kassner; Sheila Clara Dystyler Ladeira. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

TAVARES, L. A.; CALIXTO, M.; POYDO, P. R. **Manutenção centrada no negócio.** Rio de Janeiro: Novo Polo, 2005.

VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle de Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.