



ESTUDO DE CASO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DO FMEA NO CRAVAMENTO DA RODA POSTERIOR EM UMA MONTADORA AUTOMOTIVA

Rivaldo José de Oliveira Júnior¹
rivaldoj3@gmail.com

Adalberto Nunes de Siqueira²
adalberto.siqueira@estacio.br

RESUMO

O artigo consiste em estudar a aplicação da ferramenta FMEA, assim mostrando os modos de falha e seus maiores riscos, mantendo a condição de base e a plena produção. A metodologia foi aplicada através de uma ferramenta de grande relevância utilizada na engenharia de manutenção. Esse método é conhecido como Análise de Modo de Falhas e Efeitos ou FMEA, vindo do inglês *Lailure mode and effects analysis* e tem uma grande contribuição aos gestores na tomada de decisão. Com a utilização desta fantástica ferramenta é traçado um caminho, visando a análise e do modo assim garantindo uma maior confiabilidade do equipamento. O estudo visa conhecer e priorizar as causas através da aplicação da ferramenta com a integração ao pilar de PM (Manutenção Profissional). Durante o estudo foi proposto melhorias nos procedimentos das preventivas, com o sentido de aumentar a confiabilidade do equipamento. A utilização desse conceito é o caminho deste artigo, visando também aumentar confiabilidade desse equipamento, por meio de coleta de dados e formando planilhas que possam mensurar a frequência de um desvio no processo de manufatura. No entanto, a carga de esforço executada no momento do torque é 160 Newton, levamos em consideração o período de trabalho da ferramenta, quantas vezes é executado e o material da mesma. Com a aplicação do FMEA este estudo mostra e prova o quanto o método é eficiente na gestão de manutenção podendo ser replicado para inúmeros equipamentos.

Palavras chaves: Método FMEA, Torque, Confiabilidade.

¹Aluno da Pós-Graduação de Engenharia da Manutenção Industrial do Centro Universitário Estácio do Recife.

²Professor e Coordenador da Pós-Graduação de Engenharia da Manutenção Industrial do Centro Universitário Estácio do Recife.

ABSTRACT

The article consists of studying the application of the FMEA tool, thus showing the failure modes and their major risks, maintaining the basic condition and full production. The methodology was applied through a very relevant tool used in maintenance engineering. This method is known as Failure Mode and Effects Analysis or FMEA, coming from the English Failure mode, effects analysis, and has a great contribution to decision makers. Thus ensuring greater reliability of the equipment. The study aims to know and prioritize the causes through the application of the tool with the integration with the PM (Professional Maintenance) pillar. Improvements in preventive procedures were proposed during the study to increase equipment reliability. The use of this concept is the path of this article, also aiming to increase the reliability of this equipment through data collection and forming spreadsheets that can measure the frequency of a deviation in the manufacturing process. However, the stress load performed now of torque is 160 Newton; we take into account the working period of the tool, how many times it is executed and its material. With the application of FMEA this study shows and proves how efficient the method is in maintenance management and can be replicated to numerous equipment.

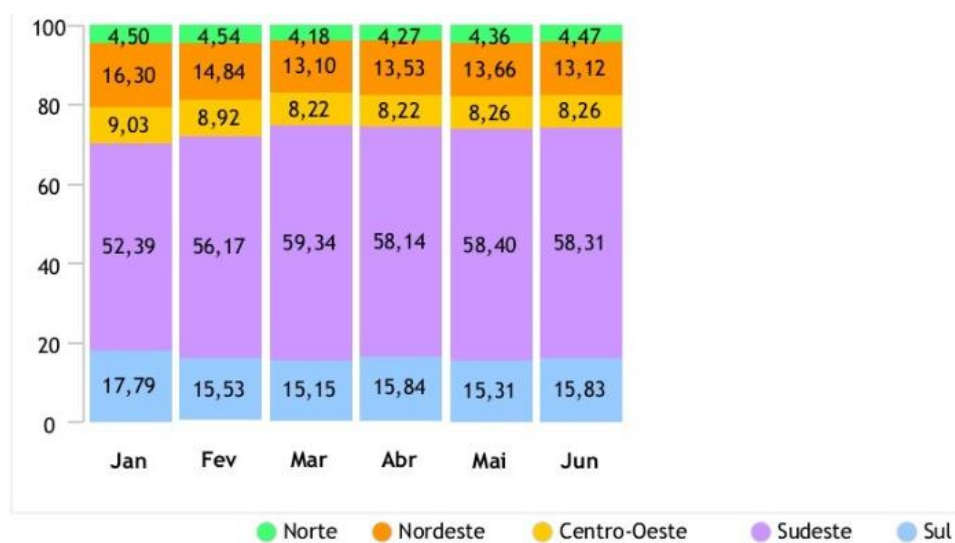
Keywords: FMEA Method, Torque, Reliability.

1. INTRODUÇÃO

O setor automotivo no Brasil está cada vez mais competitivo, tendo uma grande ênfase em confiabilidade, cada vez os consumidores estão mais exigentes, e as organizações transformadoras estão com volumes cada vez maiores.

Com as exigências do consumidor, e com as adaptações no cenário econômico e sócio-cultural, as organizações têm se preocupado cada vez mais com alguns aspectos dos produtos. No ramo automotivo o mercado mais competitivo. De acordo com Fenabrave (Federação Nacional de Distribuição de Veículos), o mercado vem se comportando de uma forma reativa, ou seja, no último mês de junho tivemos 181.291 veículos leves emplacados. O percentual de vendas por região é verificado na Figura 1.

Figura 1: Percentual de vendas por região



Fonte: Fenabrave, 2019.



A figura 1 mostra o maior número de emplacements é Sudoeste com 58,31% e em segundo lugar é a região Sul com 15,83% e em terceiro lugar vem o Nordeste com 13,12% .

Essa pesquisa beneficiará tanto a organização quanto o cliente, de modo atacar de forma continua a qualidade do torque do equipamento. O objetivo a que se pretende é identificar através de dados coletados por tempo de vida da ferramenta e seu desvio quando não se atende as especificações técnicas.

Vale salientar que o período de trabalho do ferramental é intenso devido a demanda de veículos sendo fabricados e o regime de trabalho deste equipamento tem contribuído com o aumento de falha. No período analisado entre março a junho de 2019, o torque foi responsável por 12 falha no processo. Com o objetivo de aumentar a confiabilidade do equipamento e consequentemente sua disponibilidade foi adotado o FMEA (*Lailure mode and effects analysis*) no torque das rodas posterior 4x4 e assim ajudando os gestores na tomada de decisão em ocorrências por falha.

O presente trabalho tem como objetivo geral apresentar de forma macro uma análise referente aos desvios de processo interno e os resultados atingidos com aplicação de ferramentas FMEA. Este estudo apresenta a simplicidade e eficiência do uso dessa ferramenta básica para análise e resolução de problemas, podendo ser utilizadas por todos os níveis da organização. E como objetivos específicos: apresentar a ferramenta (FMEA); aplicar a ferramenta (FMEA); analisar a aplicação das ferramentas (FMEA) e apresentar os resultados de aplicação (FMEA).

2. METODOLOGIA

2.1. Tipo de estudo

Segundo Martins (2002), estudo de caso é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente. Visa conhecer o seu “como” e os seus “porquês”, evidenciando a sua unidade e identidade própria.

Este capítulo apresenta o desenvolvimento, juntamente com a linha de pesquisa em que foi realizado o trabalho. Este estudo de caso apresenta a aplicação da ferramenta FMEA de processo para melhorar a confiabilidade no desempenho, qualitativo e quantitativo de uma máquina de torque e ângulo.

Para o sistema que estamos analisando existe uma integração direta entre a mecânica e a elétrica e a sensibilidade de um mega sistema com controla todos os dados de uma montagem inteira. Os principais subsistemas são: Sistema de comunicação, sistema de dados, sistema de migração de dados, sistema de aperto, sistema de ângulo e sistema de OK/KO.

Neste estudo, essa estrutura do FMEA foi posta na máquina de torque, método de montabilidade considerado (REPORT), ou seja, que afeta diretamente o cliente e tem que ser garantido com sucesso na execução.

2.2. Descrição da unidade de negócio

É um conglomerado industrial ítalo-americano, entre os fundadores da indústria automobilística europeia com sede em Amsterdam e ações listadas nos EUA e na Itália,



focado no setor automotivo, o grupo projeta e produz automóveis, caminhões, tratores, máquinas agrícolas, motores, transmissões, peças fundidas, autopeças e sistemas de automação industrial, entre outros. No setor de automóveis, a companhia desenvolve suas atividades industriais e de serviços por meio de sociedades localizadas em 50 países e mantém relações comerciais com clientes em mais de 190 países e comprometida em acompanhar a evolução do setor que, cada vez mais, alcança altos índices de qualidade, produtividade e competitividade. Isso se traduz com investimentos constantes em tecnologia, gestão, equipamentos de última geração e conhecimento para que os produtos oferecidos sejam os melhores. Atualmente no park fabril localizado em Pernambuco estão empregadas 13.600 pessoas levando em consideração montadora e supply park que formam 16 empresas satélites. A unidade de negócio hoje produz 1040 carros por dia nos três turnos, contando com quatro processos de montabilidade: Prensas, Funilaria, Pintura e Montagem e um pátio rotativo que suporta 12.000 unidades em estoque. Produzindo diretamente para o mercado interno e temos clientes como: Argentina, Chile, Uruguai e México. A montadora é considerada a mais tecnologia do grupo contando com a fabricante dos equipamentos com uma base dentro do park industrial full time.

2.3 Aplicação do FMEA nos sistemas de torque

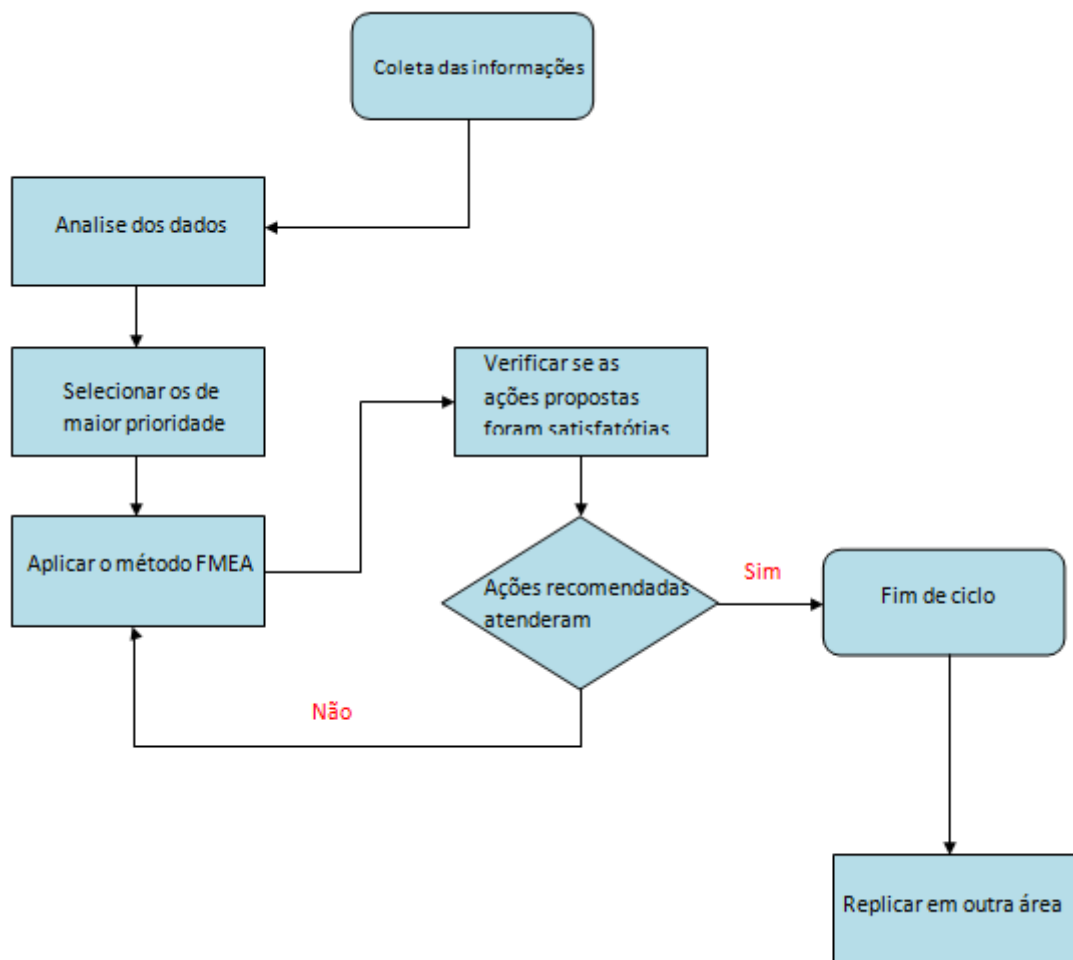
No sistema de aperto de um componente existe subsistemas, tais eles: subsistema de torque e subsistema de ângulo ambos trabalham inteiramente em conjunto. Porém em uma avaliação primária identificou-se que o mix de produto sendo manufaturado causa um impacto extremamente significativo na eficiência do equipamento, ou seja, quanto mais carros 4x4 sendo produzidos teremos um esforço maior nos equipamentos e sucessivamente um desgaste do ferramental.

Como resultado direto, constatou um elevado número de falhas na aplicação de torque e ângulo devido há desgaste prematuro do equipamento.

2.4 Forma de coleta de dados

Contando com uma equipe de profissionais extremamente qualificados adotou um período de observação e coleta de dados levando em consideração o tempo de operação, mix manufaturado, intervenções corretivas e sistema de montabilidade como um todo. Foram coletados dados pelos especialistas e convocando reuniões de formato, Brainstorming que tem como significado tempestade de ideias, com esse pensamento, utiliza-se ferramentas que podem buscar a opinião de cada colaborador da empresa. Suas idéias de melhoria para o problema levantado. Segundo (Miguel 2001). Em nosso estudo essa ferramenta vai gerar muitas soluções que precisam de organização. No período de 3 meses, (05/2016 a 08/2016), informações essas obtidas no banco de dados da empresa objeto de estudo conforme figura 2.

Figura 2: Fluxograma de atividades de desenvolvimento do estudo



A figura 2 mostra o fluxo e a linha de raciocínio que vamos seguir neste estudo de caso, as etapas que serão seguidas no desenvolver deste trabalho.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O método FMEA surgiu em 1949 na Indústria Militar Americana e nos anos 60 a NASA, através do Apollo Space Program, foi a pioneira no seu desenvolvimento e evolução. O FMEA constitui uma das técnicas de análise de risco mais utilizadas no domínio de engenharia de produto, a qual analisa os possíveis modos de falhas dos componentes de um sistema e indica os efeitos e a criticidade destas falhas sobre outros componentes e sobre o sistema. O FMEA consiste em uma técnica de análise que foi desenvolvida para ser aplicada principalmente a componentes (hardware), cujo objetivo primordial é “radiografar” cada um dos componentes de um sistema a fim de levantar todas as maneiras pelas quais o componente possa vir a falhar e avaliar quais os efeitos



que estas falhas acarretam sobre os demais componentes e sobre o sistema (instalação, equipamento, etc.)

Na elaboração do FMEA, cada componente é examinado de forma a identificar seus possíveis modos de falha. Para cada modo de falha são atribuídos três valores: a probabilidade de ocorrência de um modo de falha (“O”), a severidade do impacto de tal falha (“S”) e a capacidade dos meios de detecção desta falha antes que ela realmente ocorra (“D”). A simples multiplicação destas três variáveis gera o valor do risco, denominado.

Com aplicação da ferramenta, segundo Viana (2002), é possível responder as seguintes perguntas:

- Que modos de falha podem ocorrer?
- Quais sistemas e subsistemas podem ser afetados com o modo de falha?
- Quais consequências terão os sistemas e subsistemas? Ou danos físicos, segurança, qualidade e perda financeira?
- Qual o plano de contramedida deve ser tomado para evitar as devidas falhas?

De acordo com Carvalho e Rabechini (2005), os riscos podem ainda ser identificados e agrupados em categorias.

Para averiguar os resultados a metodologia adotada para elaboração desse trabalho foi o estudo de caso. Segundo Martins (2002), estudo de caso é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente. Visa conhecer o seu “como” e os seus “porquês”, evidenciando a sua unidade e identidade própria. Buscando evidenciar o “como” e o “porquê” da utilização das ferramentas num contexto de uma empresa, foi adotado essa metodologia para a condução desse trabalho.

Este trabalho tem como objetivo uma empresa de grande porte, afim de fixar o conteúdo em sua totalidade, desde a investigação até os resultados obtidos, e de trazer retornos benéficos à empresa. A fim de validar a teoria estudada. A implementação aconteceu a partir de coleta de dados em linha de produção e análise do ambiente dia a dia da empresa.

Esta metodologia pode ser comprovada com a verificação do desenvolvimento do trabalho.

3.1 Noções fundamentais do FMEA

Para obter resultados satisfatórios baseados em noções quantitativas vamos utilizar o cálculo do índice de risco. Tendo de três tipos.

Índice risco = I ocorrência * I severidade * I detecção de falhas

Cada um dos índices possui valores que vão de 0 a 10 representando um grau de falha do pior e o melhor modo de falha.

3.2 Ocorrência

A ocorrência corresponde à probabilidade em que uma causa escrita anteriormente venha a ocorrer. Geralmente para reduzir a ocorrência da causa ou mecanismo, é necessário que façam alterações no projeto. A análise da ocorrência é feita em uma escala qualitativa de 1 a 10, sendo que o critério utilizado para gerar a tabela deve ser consistente para garantir uma melhora no processo. A Tabela 1 apresenta o critério de avaliação sugerido (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Tabela 1: Nível de detecção de falha

Probabilidade de Falha	Taxas de falha possíveis	Índice de Ocorrência
Muito Alta: Falhas Persistentes	100 por mil peças	10
	50 por mil peças	9
Alta: Falhas frequentes	20 por mil peças	8
	10 por mil peças	7
Moderada: Falhas ocasionais	5 por mil peças	6
	2 por mil peças	5
	1 por mil peças	4
Baixa: Relativamente poucas falhas	0,5 por mil peças	3
	0,01 por mil peças	2
Mínima: Falha improvável	≤ 0,01 por mil peças	1

Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2009, p. 179).

A tabela 1 nos mostra de forma clara a taxa de falha e em que probabilidade se enquadra e o índice ocorrência e em que perfil a manutenção irá atuar de forma assertiva, (corretiva ou até mesmo de modo preventivo).

3.3 Severidade

Neste item é feito um levantamento qualitativo da severidade dos efeitos listados anteriormente, através do nível de impacto que a falha pode gerar em relação a satisfação do cliente (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). Essa avaliação geralmente é analisada por uma escala de 1 a 10. O número 1 indica que o efeito não é sério ou não será percebido pelo cliente e o número 10 remete ao pior resultado do modo de falha. Neste caso a segurança do cliente poderá ser comprometida ou o custo da falha gerar sérios problemas financeiros à empresa (PALADY, 2004). Caso o cliente afetado esteja fora da fábrica, como por exemplo, uma montadora, a avaliação da severidade pode estar fora da organização, devendo o cliente ser consultado, tendo em vista que o conhecimento e dos efeitos que serão percebidos por ele (MOURA, 1997).

Tabela 2: I Severidade

Índice de severidade	Valores
O cliente não tomará conhecimento	1
Leve aborrecimento	1-3



Insatisfação do cliente	4-6
Alto grau de insatisfação	7-8
Atinge normais de segurança	9-10

Fonte: Ben-Daya e Raouf.

A tabela 2 nos ajuda a visualizar o índice de severidade do desvio de processo e em que nível de satisfação está o andamento de montabilidade na manufatura e a gravidade.

3.4 Detecção

A detecção refere-se a uma estimativa, onde os controles atuais são capazes de detectar a falha antes que passe para um processo subsequente. Utiliza-se uma escala de 1 a 10, onde 1 representa uma situação de fácil detecção e 10 representa uma situação delicada, de difícil detecção. Segundo Martins (2013), o índice de detecção avalia a probabilidade de o problema chegar até o consumidor ou no processo seguinte.

Tabela 3: I Detecção

Probabilidade de não detectar a falha	Probabilidade (%) de um defeito alcançar o cliente	Valores
Remota	0-5	1
Baixa	6-15	2
	16-25	3
Moderada	26-35	4
	36-45	4
	46-55	6
Alta	56-65	7
	66-75	8
Muito alta	76-85	9
	86-100	10

Fonte: Ben-Daya e Raouf.

A tabela 3 deixa muito claro a probabilidade de não detectar uma falha em um sistema e assim podendo alcançar um cliente final causando um impacto imensurável. Diante disso é mostrado o modo de falha atrás do nível de risco que aquele sistema possa obter no produto depois de pronto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

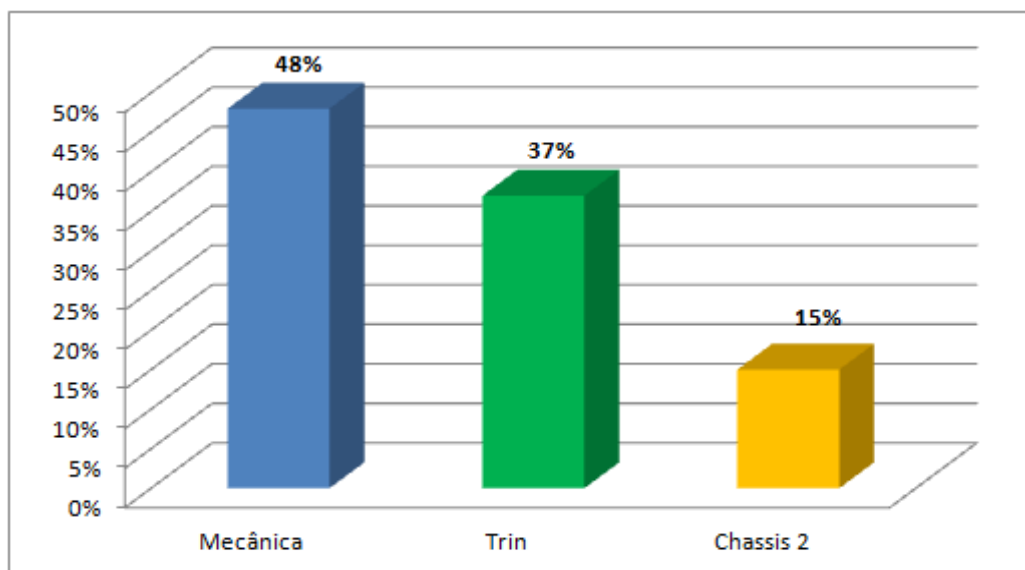
Os dados primários coletados foram analisados e estratificados pela equipe especializada, e em seguida foi feita a identificação para qual o maior desvio no processo de fabricação descritos em cada análise.

4.1 Por Área



Com as informações mostradas na figura 3, buscou-se evidenciar em qual área temos o maior índice de ocorrências. O gráfico a seguir identifica a área.

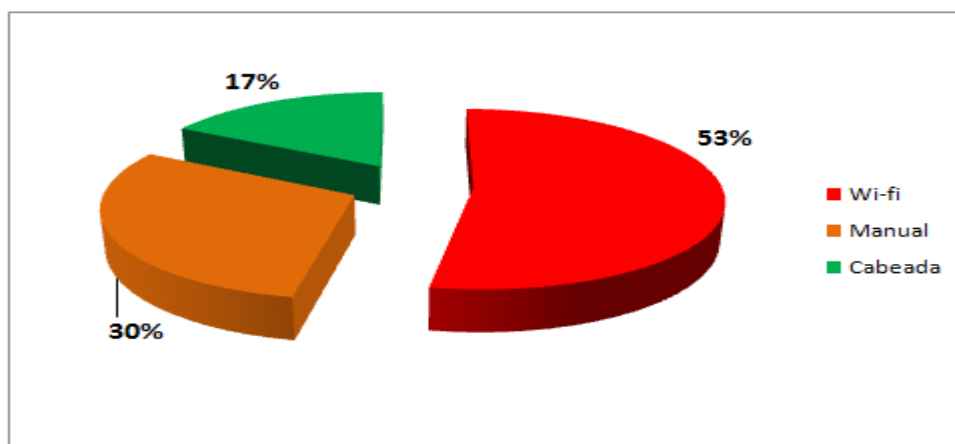
Figura 3: Por Área



A figura 3 informa que os nossos maiores problemas estão na área da mecânica onde faz todo o aperto pesado.

4.2 Tipo de Apertadeira

Figura 4: Tipo de Apertadeira

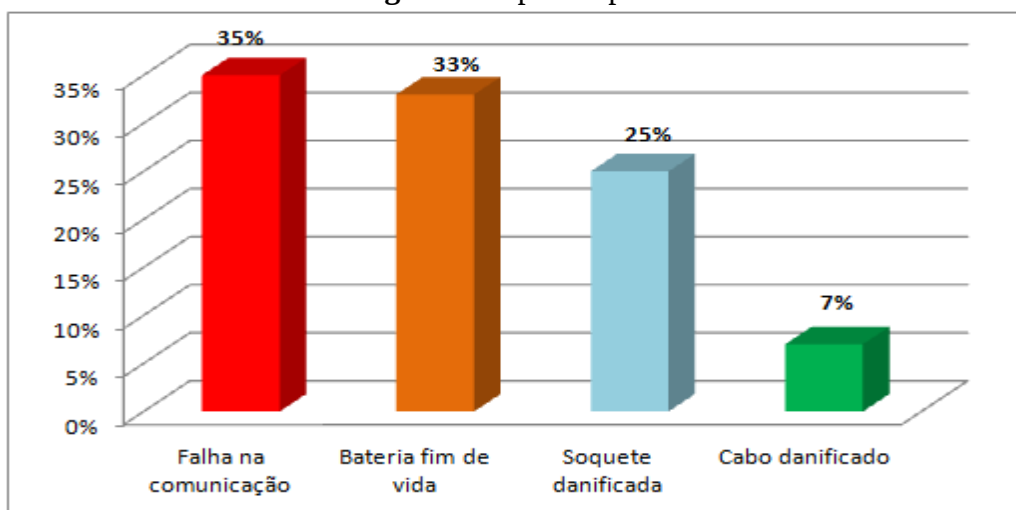


Verifica-se na Figura 3 que existe uma quantidade de bastante relevante de anomalias referente as apertadeiras com comunicação via wi-fi tendo um percentual (53%).

4.3 Tipos de problemas

Com a identificação do tipo de apertadeira é feito um afinilamento para discernir o motivo específico relacionado ao processo que está deixando o gráfico acentuado. A figura 5 a seguir exibi de forma clara nossos maiores problemas.

Figura 5: Tipos de problemas



A figura 5 informa que 35% está no problema de falha na comunicação, em segundo lugar vem bateria fim de vida com (33%) e em terceiro soquete danificada (7%).

Perante os números obtidos comprovou-se que este modo de falha impacta diretamente o sistema produtivo, pois boa parte de processo tem fixações com apertadeiras que garantem de forma efetiva o torque e ângulo na montabilidade. Este modo de falha apresenta valores de grande importância no processo de montabilidade, mostrou que com esse controle atual da manutenção é bem difícil prever a ocorrência deste modo de falha. Neste estudo foram sugeridas novas ações visando um controle melhor e monitoramento das falhas (Figura 6).

Figura 6: Análise do modo de falhas e efeito (FMEA)

Análise do modo de falha e efeito (FMEA)														
FMEA de Processo			Sistema: Mecânica		Data:		Área envolvida							
Item	Componente	Modo(s) de falha em potencial	Efeito(s) potencial(s) mecanismo(s) de falha	Controle atual / Prevenção	S	O	D	RISCO (SxOxD)	Ação(ões) recomendada(s)	Responsáveis e data alvo de finalização	Resultados das ações			
											Ações tomadas	S	O	D
1	São os concores de wi-fi que ficam nas apertadeiras, esses são interligados diretamente ao siste fabril.	Não finalizar o torque/ângulo por completo	Sistema para por inteiro assim não liberando para a proxima operação	Devido a poeira excessiva na base que faz a interligação ao sistema, Alén disso o não monitoramento de subsistemas					Implementação do procedimento de AM nos conectores da base wi-fi	Coordenação de sistemas de MEIOS				
2	Sistema de alimentação do NPL que faz a liberação da operação	Falta de comando do sistema para realizar a operação	NPL não mostrar que operação deve ser feita	Criação do check lista para monitorar de forma eficaz os conectores de alimentação					Criar rota de monitoramento durante o processo de montagem	Coordenação de sistemas de MEIOS				



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, pretendeu estudar a aplicação da ferramenta FMEA e analisar seus resultados.

Observou-se que as empresas cada vez mais necessitam evoluir na gestão de produção para mantê-la sob controle, isto é, processos estáveis. Tomando como referência à aplicação de ferramenta, com base em ações corretivas, de melhorias ou preventivas e metodologias tem-se uma perspectiva de sustentabilidade dos seus sistemas.

A proposta desse estudo foi analisar os resultados depois da aplicação da ferramenta, na área de montagem, onde o objetivo foi atingido, uma vez que mostrou o método utilizado para fixação.

Desta forma, a ferramenta oferece os dados necessários para a compreensão da razão dos problemas e determinação das soluções para eliminá-los, bem como a formulação de planos de ações. Após a implantação das melhorias sugeridas e verificação da eficácia das medidas tomadas, recomenda-se o prosseguimento deste trabalho através da análise e atualização do Diagrama de Pareto, como forma de identificar as causas de outros problemas, ou a existência de novos, que ocorrem no processo produtivo.

Contudo, cabe ressaltar que não existe um processo pronto, uma vez que cada indústria tem seu modelo aplicável de gestão própria, as soluções variam.

Todavia, acredita-se que o estudo por si só não pode ser generalizado, pois o artigo estudado foi aplicado em um setor da planta fabril, é necessário que o mesmo seja aplicado em outras áreas.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Marly; ROBECHINI, Roque. **Fundamentos de Gestão de Projetos - Construindo Competências para Gerenciar Projetos**, 2018.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FENABRAVE – Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores <http://www3.fenabrave.org.br:8082/plus/modulos/listas/index.php?tac=indices-e-numeros&idtipo=1&id=766&layout=indices-e-numeros>> Acesso em 12 Ago 2019.

MARTINS, Claudinei Portella. **Aplicação da ferramenta FMEA no desenvolvimento do processo e cadastro de um produto rodoviário**. 2013. 83 f. Monografia



(Graduação) –Cursode Engenharia Mecânica, Unijuí – Universidade Regional do Noroeste do Estado o Rio Grande do Sul. Panambi. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/1281> Acesso em 20 ago. 2019.

MARTINS, Petrônio. **Administração da produção** - 2ª edição, 1999.

MIGUEL, P. A. C. **Qualidades: Enfoques e Ferramentas**.1. Ed. São Paulo: Artliber, 2001.

MOURA, Luciano Raizer. **Qualidade simplesmente total: uma abordagem simples e prática da gestão da qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

PALADY, Paul. **FMEA: análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.

VIANA, João. **Administração de Materiais - Um Enfoque Prático**, 2002.