

HENRIQUE YOSHIKAWA

IMPLEMENTAÇÃO DE FMEA EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DE CAMINHONETES.

Guaratinguetá

2012

HENRIQUE YOSHIKAWA

IMPLEMENTAÇÃO DE FMEA EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE
CAMINHONETES.

Trabalho de Graduação apresentado
ao Conselho de Curso de Graduação
em Engenharia Elétrica da
Faculdade de Engenharia do
Campus de Guaratinguetá,
Universidade Estadual Paulista
como parte dos requisitos para
obtenção do diploma de Graduação
em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Prof. Dra. Marcela A. Guerreiro Machado.

Guaratinguetá

2012

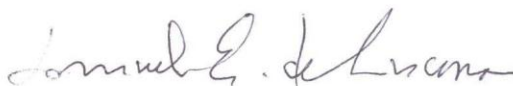
Y656i	Yoshikawa, Henrique Implementação de FMEA em uma linha de produção de caminhonetes / Henrique Yoshikawa – Guaratinguetá : [s.n], 2011. 72 f : il. Bibliografia: f. 49 Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. Orientadora: Prof. Dra. Marcela A. Guerreiro Machado 1. Controle de qualidade 2 Gestão da qualidade total 3. I. Título
	CDU 658.56

**IMPLEMENTAÇÃO DE FMEA EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE
CAMINHONETES**

HENRIQUE YOSHIKAWA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Prof. Dr. Samuel Euzédice de Lucena
Coordenador

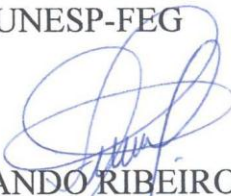
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dra. MARCELA A. GUERREIRO MACHADO
Orientadora/UNESP-FEG



Prof. Dr. DURVAL LUIZ SILVA RIUCCILLI
UNESP-FEG



Prof. Msc. FERNANDO RIBEIRO FILADELFO
UNESP/FEG

Março de 2012

DADOS CURRICULARES

HENRIQUE YOSHIKAWA

NASCIMENTO	09.02.1984 – SANTOS/ SP
FILIAÇÃO	Tadahiro Yoshikawa Nana Yoshikawa
1999/2001	Colégio Olavo Bilac/ Ayres de Moura – São José dos Campos/SP
2004/2011	Curso de Graduação em Engenharia Elétrica Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp – Guaratinguetá.

Dedico este trabalho aos meus pais, amigos da faculdade e amigos da República Palace II, por sempre me apoiarem nos momentos mais difíceis tanto na vida pessoal quanto na acadêmica. Aos professores por terem tornado esta realização possível.

Henrique Yoshikawa

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente ao meu pai, Tadahiro Yoshikawa, e minha mãe, Nana Yoshikawa, por me darem a oportunidade de estudar em uma instituição conceituada para a minha formação profissional.

Aos professores que contribuíram para minha formação profissional, destacando a minha orientadora Prof. Dra. Marcela A. Guerreiro Machado.

Aos amigos da faculdade, que foram importantes para a minha formação pessoal e profissional, sempre todos unidos nos momentos bons e nos momentos de dificuldades.

E finalmente a Deus.

*“O sofrimento é passageiro, desistir é para
sempre”.*

Lance Armstrong

Yoshikawa, H.. **Implementação de FMEA em uma linha de produção de caminhonetes.**, 2011. Trabalho de Graduação. (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

Atualmente a qualidade de um produto final é tão importante quanto o preço que pagarão por ele, para a satisfação de ter algo durável e que exerça sua função tão bem quanto foi informado. Este trabalho tem como objetivo definir as etapas do processo de implementação de um novo projeto em uma linha de produção, visando garantir a qualidade do produto e do processo, definindo cada etapa com os responsáveis de cada área da fábrica, implementando novas ferramentas e métodos, melhorando o processo com lições aprendidas com projetos anteriores, colhendo informações na linha de produção para analisar a necessidade de controles mais rigorosos para a prevenção de erros. Com a definição do cronograma após estudos da planta onde foi implementado o novo projeto, estabelecer os objetivos de cada fase para garantir a qualidade do processo e do produto.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade, Planejamento, Plano de Controle, FMEA, Error Proofing.

Yoshikawa, H. **Quality Planning for Implementation of New Projects**, 2011. Undergraduate Final Work. (Bachelor in Electrical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

Currently the quality of a final product is as important as the price they pay for it, to the satisfaction of having something durable and exercising its function as well as has been informed. This work aims to define the stages of the process of implementing a new project in a production line in order to ensure product quality and process, defining each step with those responsible for each area of the factory, implementing new tools and methods, improving process with lessons learned from previous projects, gathering information on the production line to analyze the need for rigorous controls to prevent errors. With the definition of schedule after studies of the plant where the new project was implemented, establish the goals of each phase to ensure the quality of process and product.

KEYWORDS: Quality, Planning, Control Plan, FMEA, Error Proofing.

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivo	2
1.2	Justificativa de um planejamento de qualidade para implementação de um novo projeto...	2
1.3	Desenvolvimento do trabalho	3
2	Controle da qualidade total.....	4
2.1	Qualidade	5
2.2	Controle de Novo Projeto	6
3	Planejamento da qualidade para implementação de um novo projeto em uma empresa automobilística	9
3.1	Pessoas.....	9
3.2	Implementação da qualidade.....	11
3.2.1	Estabelecimento de padrões de qualidade.....	12
3.2.2	Desenvolvimento de planos por objetivo.....	13
3.2.3	Fornecedores	13
3.2.4	Aplicação de FMEA	20
3.2.5	Definição de plano de controle.....	23
3.2.6	Processo de garantia da qualidade.....	24
4	Eliminação de erros do processo	Error! Bookmark not defined.
4.1	Error proofing.....	26
4.1.1	Detecção.....	27
4.1.1.1	Métodos de verificação	27
4.1.1.2	Métodos de inspeção.....	29
4.1.1.3	Métodos de correção.....	30
4.1.2	Comunicação da fonte de erro.....	31
4.1.2.1	Sistema andon	32
4.1.2.2	Contenção de erro.....	34
4.1.3	Correção/prevenção	35
4.2	Linha de produção de caminhonetes.....	39
4.2.1	A empresa.	40

4.2.2	Estudo de caso.....	40
4.2.3	Custo.....	44
5	Considerações finais	46
6	Referências.....	47
7	Bibliografia consultada	49
8	Anexo A	50
9	Anexo B	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 -	Linha de montagem de uma empresa automobilística	10
Figura 2 -	Identificação da causa raíz.....	15
Figura 3 -	Relatório dimensional da Metrologia.....	17
Figura 4 -	Máscara do Relatório de Análise e Solução de Problema.....	18
Figura 5 -	Sistema Andon em uma linha de produção de veículos.....	32
Figura 6 -	Componentes do Sistema Andon.....	33
Figura 7 -	Exemplo de Parada de Linha.	33
Figura 8 -	Diagrama de contenção de erros.....	34
Figura 9 -	Matriz de Projeto de Produto e Processo.....	37
Figura 10 -	Indicação da posição errada da furação.....	41
Figura 11 -	Sensor de posicionamento da furação.	43
Figura 12 -	Carroceria do Modelo Cabine Dupla	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Custo de retrabalho do teto	45
----------	-----------------------------------	----

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1	Exemplo de definição de índice Severidade.....	22
----------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EQF – Engenheiro de Qualidade de Fornecedor

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* - Metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha

FPS – *Fix Position Stop*

MEVPM - Mural de Exibição Visual de Processo de Montagem

RPN – *Risk Priority Number*

SCE – Sistema de Cobrança da Engenharia

1 INTRODUÇÃO

Atualmente nos mercados nacional e internacional, os clientes, tanto consumidores finais quanto outras empresas, consideram que a importância de um produto ter uma boa qualidade é igual ou maior do que a do preço a ser pago. Isso se deve a globalização, com acesso a diferentes produtos de diversos países que concorrem com os produtos nacionais, havendo competição de mercado, como por exemplo, quando se compra uma camisa e deseja que esta tenha uma vida útil maior.

Com tantos fabricantes no mercado, o cliente pode exigir por um produto com qualidade, mas com um preço mais acessível, pois se não conseguir com um fabricante, haverá uma oferta melhor de outro.

Em uma fábrica também são exigidos produtos com qualidade, considerando que cada área pode ser considerada como cliente e também fornecedor para as demais, sendo assim exigidos níveis de qualidades a serem atingidos em cada etapa da implementação do projeto, mas também estudando os custos envolvidos para não extrapolarem os gastos destinados ao projeto, visando o lançamento de um produto para concorrer e ser referência no mercado.

Assim, os defeitos que eventualmente ocorrem em uma linha de manufatura são indesejáveis no ciclo de produção, mas mesmo com toda a ajuda da automação de parte ou total da linha de produção que diminuem os erros por fadiga das pessoas ou por distração, ainda são gerados produtos que não atingem o nível de qualidade exigido.

Para isso deve ser estudada uma maneira de melhorar o processo para alcançar resultados melhores e satisfatórios.

1.1 Objetivo

Esse trabalho visa descrever as etapas necessárias para garantir que um novo projeto seja implementado na linha de produção, garantindo a qualidade do processo e do produto; evitando a necessidade de serem feitos ajustes no projeto por algum problema que apareça após seu lançamento. Assim estudando o FMEA, entender a ferramenta e a necessidade de se implementar o *Error Proofing* no processo.

Definindo as metas e datas para cada etapa de implementação do novo projeto, e ainda estudando o processo para que seja confiável, prevenindo e eliminando os possíveis erros de montagem que possam ocorrer durante a fabricação.

1.2 Justificativa de um Planejamento de Qualidade para Implementação de um Novo Projeto

O mercado é muito dinâmico, vem crescendo nas últimas décadas com a globalização, então para se destacar em meio de tanta concorrência, é preciso oferecer produtos com baixo custo, mas com uma boa qualidade, fazendo com que os clientes façam a fama da empresa, assim quando for lançar novos produtos, os clientes não terão dúvidas para adquiri-los.

Então é necessário que o produto seja muito bem planejado desde sua criação, com pesquisas de mercado e até sua implementação na linha de produção.

Assim, para que a empresa consiga implementar um novo projeto em sua linha de produção com um baixo custo e com uma boa qualidade, é necessário um bom planejamento com todas as áreas da planta. Definindo as pessoas responsáveis por cada área, treinando os montadores, controlando o processo nos pontos mais importantes, implementando métodos a prova de erro, analisando *feedback* das áreas para reavaliação dos objetivos traçados, controlando as peças de fornecedores.

Desta forma garantir um processo robusto com redução/eliminação de problemas, diminuindo a necessidade de retrabalhos, diminuindo os gastos adicionais de manufatura e aumentando a qualidade final do produto.

1.3 Desenvolvimento do Trabalho

Este trabalho é dividido em quatro capítulos de forma a facilitar o entendimento, descrevendo as etapas necessárias para a implementação de um novo projeto, bem como os métodos utilizados e suas ferramentas.

No segundo capítulo desenvolve-se o tema do trabalho, descrevendo a necessidade do controle da qualidade de um processo/produto com cada etapa para garantir a qualidade do novo produto.

Com as etapas apresentadas para o controle de um novo projeto, no terceiro capítulo mostra-se detalhadamente como é aplicada em uma empresa automobilística cada etapa do controle de qualidade de um novo projeto, como apresentado no capítulo dois, não necessariamente na ordem ou com todas as etapas da rotina, cabendo a cada empresa decidir quais são as mais importantes para o seu processo.

No quarto capítulo analisa-se um caso na linha de produção de caminhonetes para que possa ser observado como o planejamento de qualidade é importante para que a empresa possa controlar seu processo, eliminando/prevenindo problemas, consequentemente diminuindo o custo de manufatura e garantindo a qualidade.

No último capítulo encerra-se o trabalho com base na conclusão do resultado do estudo de caso, relacionando a importância do planejamento de qualidade para se implementar um novo projeto em uma linha de produção.

2 CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL

Neste capítulo são apresentados conceitos sobre Qualidade Total, que junta técnicas de administração multidisciplinar de um conjunto de Programas, Ferramentas e Métodos para se controlar o processo de produção nas fábricas, para obter melhor qualidade nos produtos e sendo mais competitivo com menor custo possível, para atender as exigências do mercado e ainda a satisfação de cada cliente.

Com o lançamento de um novo produto, a empresa sempre corre um risco muito grande de qualidade, e por isso é muito importante que ela tenha um plano bem estruturado de atividades a serem seguidas, e que cada etapa seja completada para prosseguir para a próxima, fazendo com que tais riscos sejam minimizados ou eliminados, pois a aceitação no mercado depende da qualidade do projeto.

Segundo Figenbaum (1994), a qualidade passou a ser mundial, sendo a chave para orientar com eficácia qualquer empresa parte do mundo, em crescimento do mercado em lucratividade, por meio de liderança na qualidade. Sendo necessário o controle da qualidade, pois com a concorrência, que hoje não é somente local, mas também sofre a influência dos produtos importados, é necessário que a empresa mantenha sempre o padrão conhecido por seus clientes.

Quando um novo produto é projetado com suas normas e tolerâncias, que no final apresenta-se um produto impecável, ao ser aplicado na linha de produção, produção em massa, começa a apresentar resultados insatisfatórios na hora de se realizar a montagem, causando problemas para os montadores, é necessário um acompanhamento das áreas envolvidas (Engenharia de Produto, de Produção e de Qualidade), para que não seja necessário readequar o projeto à realidade do chão de fábrica, assim quanto menor for a mudança no projeto após o início da produção, melhor é o nível da qualidade do produto.

Não somente em relação ao produto final que o controle de qualidade deve se preocupar, mas também com os planos de manutenção da linha de montagem,

devendo se preocupar com o ciclo de vida do projeto na linha de montagem assim determinando períodos de manutenção preventiva definindo a frequência necessária de revisão de equipamentos e ferramentas para um bom funcionamento e garantindo assim uma boa qualidade de manufatura.

Então é necessário montar um escopo do controle de implementação do novo projeto, sendo importante ter início juntamente com a pesquisa do produto no mercado, recolhendo informações para atender as exigências que os clientes apontam serem as mais importantes. O controle deverá assegurar a confiabilidade do produto em todos seus componentes, sendo feitos testes antes da produção e sua utilização. Uma ajuda pode ser o aprendizado com experiências anteriores, onde o novo produto contém características semelhantes ao modelo anterior.

2.1 Qualidade

Este é um conceito muito subjetivo, pois que é bom para uma pessoa, para outra pessoa pode não parecer , dependendo assim da percepção de cada um.

Com um mundo globalizado, com acesso a informações instantâneas de qualquer lugar do mundo, o conceito de qualidade também está cada vez mais difundido pelos países. Assim novos produtos são desenvolvidos para atingir a população não somente do país onde foi concebido, mas também para atingir o mercado internacional, como no caso de celulares que são iguais em qualquer outro país.

Para o consumidor final, a qualidade de um produto é cada vez mais importante, ainda mais quando o preço é um quesito decisivo para a aquisição. Sendo assim, as empresas são obrigadas a tornar seu processo mais eficiente após implementação de programas da qualidade para um retorno rápido por esse investimento, em consequência se tornar mais competitivas no mercado (FIGENBAUM,1994) .

2.2 Controle de Novo Projeto

Para que a qualidade do projeto seja assegurada, deve-se incluir um projeto de sistemas para o produto, determinar uma amplitude aceitável de parâmetros de qualidade e confiabilidade dos componentes e submontagens e ainda determinar tolerâncias e especificações de dimensões para o funcionamento ideal do produto.

Por isso, todas as áreas da empresa devem se comunicar para que seja feita a aprovação final, sendo necessário envolver a área de custo, de logística, manufatura entre outros, com o intuito de garantir a qualidade e minimizar os custos envolvidos no seu desenvolvimento.

Em diferentes empresas os planos de controle podem variar de empresa para empresa, pois cada uma depende de diferentes fatores para que seu produto seja fabricado. Porém as atividades do plano de controle podem fazer uso da produção-piloto com desenvolvimento em níveis de qualidade que podem ser retirados em amostragens ou ainda no caso de produção unitária, deverá recorrer a técnicas como estabelecimento de padrões e análise da qualidade e desempenho de projetos anteriores, similares ao que se encontra em fase de desenvolvimento.

Na atividade de controle do novo projeto deve ser feita a partir de uma rotina definida para estabelecer uma estrutura do sistema de qualidade. É importante a classificação de novos produtos que também estarão sujeitos a essa rotina.

Os critérios principais para essa classificação são os riscos de consequências desfavoráveis geradas por erros no projeto em termos de satisfação do cliente (confiabilidade, segurança e manutenção), assim como do custo da qualidade, e abrangendo possível responsabilidade por parte do produto.

Cada critério da classificação de acordo com o uso do cliente e com as circunstâncias econômicas de cada empresa, baseadas em questões de condições de manter a rotina de controle do novo projeto ou ainda condições de arcar com os custos do programa de ensaios de rotina.

Para produtos dos quais depende a segurança de pessoas e da propriedade, o programa de controle de um novo projeto deve ser feito, independente da situação econômica.

A rotina do controle de um novo projeto pode ser descrita nos passos mostrados a seguir, com diferentes etapas para garantir a implementação do projeto com uma boa qualidade (FIGENBAUM, 1994):

- 1- Identificação de uma oportunidade no mercado para atender os clientes;
- 2- Análises técnicas, de produção, de uso pelo cliente e de comercialização são realizadas com base no mercado que se destinará e também no próprio produto;
- 3- Especificações genéricas podendo assumir a forma de:
 - a) Proposta de venda no caso de produção unitária;
 - b) Especificações funcionais preliminares para produtos de fabricação em massa;
 - c) Estabelecimento preliminar da abrangência do programa de qualidade para o produto;
 - d) Definição global dos objetivos de serviço e manutenção, exigências de qualidade no desempenho, objetivos do ciclo de vida e outras metas relacionadas ao produto;
- 4- Execução do projeto preliminar;
- 5- Preparação dos primeiros protótipos, com programas de testes das características do produto, incluindo os componentes e submontagens;
- 6- Revisão do projeto preliminar com base nos resultados dos testes. A classificação preliminar das características do projeto é continuada, procedimentos de testes são avaliados, capacidade industrial e de montagem são avaliados, objetivos de custo são revistos, níveis de qualidade são escolhidos, mudanças no projeto são definidas e revistas, e ainda são feitas considerações sobre a produção e processo;

7- Projeto intermediário é executado, incluindo desenhos para produção, e novos protótipos são feitos;

8- Testes são realizados com o projeto intermediário e é executada uma revisão. Continua a classificação das características e da exigência de produção, montagem e teste. *Marketing* e estimativas de preço sofrem revisão;

9- Projeto final é completado juntamente com especificações, padrões, garantias, planejamento da qualidade e desenhos finais da produção;

10- Produção de amostras;

11- Procedimentos de expedição e serviço são definidos;

12- Estudos de capacidade são executados para equipamentos e processos;

13- Supervisores e funcionários da produção são treinados. Produção piloto é feita com a utilização de amostras compostas com unidades da produção. Os resultados dos ensaios dessas amostras são incorporados ao projeto e às especificações sempre que exigido;

14- Projeto final é revisto. Produto, equipamento, processos, facilidades e resultados de testes de desenvolvimento são analisados por funções que precisam se familiarizar com esses assuntos e que podem trazer sugestões construtivas. Objetivos básicos de custos do produto e de seu ciclo de vida são revisados para assegurar a meta do custo do projeto. Testes para qualificação do produto são concluídos. Liberação para fabricação de ferramentas de produção e outras facilidades é concedida, consistente com a aprovação e complementação da revisão final do projeto;

15- Propagandas no mercado são confirmadas, manuais de informação do produto, publicações de serviço e treinamentos auxiliares são completados, todos voltados para a qualidade;

16- O item é liberado para o início de produção.

3 PLANEJAMENTO DA QUALIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM NOVO PROJETO

Neste capítulo são abordados os passos para implementação do programa de qualidade para a produção de um novo carro em uma montadora de automóveis, apresentando as etapas de cada fase para garantir a um lançamento bem sucedido.

Nas montadoras, os novos projetos são introduzidos nas linhas de montagens já existentes, então são necessárias algumas adaptações para atender o padrão de qualidade desejada aproveitando para melhorar ferramentas, equipamentos e até processo.

Segundo Matos (2009), uma organização que se propõe a implementar uma política de gestão voltada para qualidade gera credibilidade do cliente, bem como exige menos retrabalho e recursos adicionais.

3.1 Pessoas

Para se implementar o projeto na linha de produção deve ser definido o time de Qualidade de Lançamento (Gerente de Qualidade e Engenheiros de Qualidade), assim identificando cada área, Engenharia de Manufatura, Engenharia de Produção, Materiais, Manutenção e Qualidade.

O Gerente da Qualidade é responsável pela implementação do novo projeto na linha de montagem de um automóvel deve conhecer cada uma das pessoas disponíveis em sua planta.

Para assim dividi-las em times, e aproveitar o melhor de cada pessoa, fazendo que possa exercer o melhor trabalho conforme sua competência.

Para isso, é definido um time da Qualidade onde cada Engenheiro de Qualidade fica responsável por um setor da linha de montagem, desde a montagem da carroceria, passando por pintura, montagem interna da carroceria, parte mecânica e parte final de juntar a parte mecânica com a parte de controle e acabamento do automóvel. Na Figura 1 mostra-se as áreas de uma montadora de veículos. Como cada linha de montagem ainda é muito grande e composta de vários trabalhadores, é necessário que tenha um supervisor para cada para que possa coordenar cada líder de pequenos times que ainda é necessário ser feita uma divisão (MARTIN, 2007).

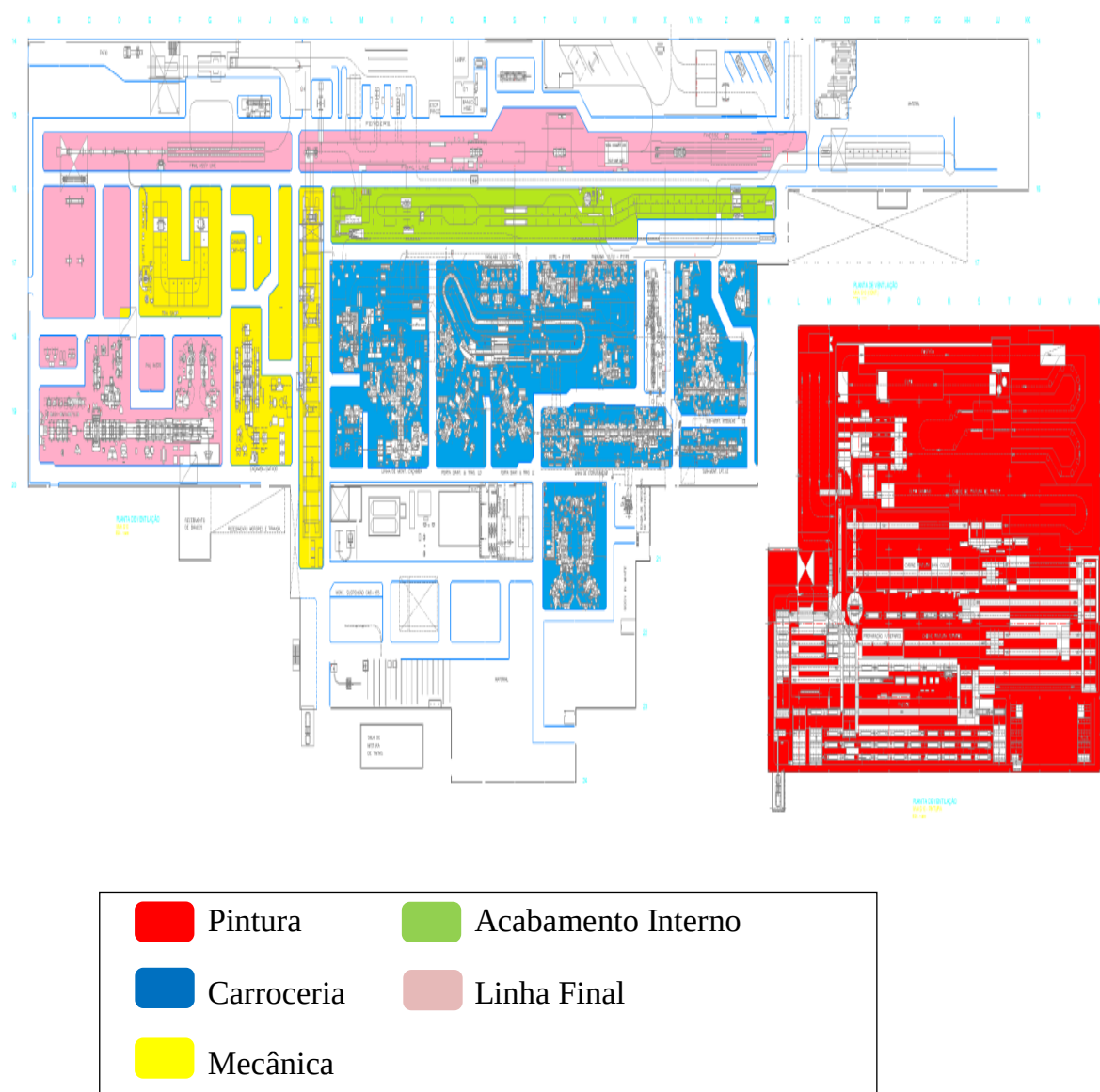


Figura 1 : Linha de montagem de uma empresa automobilística.

Cada engenheiro responsável deve então elaborar o roteiro de montagem para cada estação, indicando passo a passo cada operação a ser realizada, quais peças, ferramentas e equipamentos deve ser utilizados.

Definido os responsáveis pelos times, é necessário montar um plano de treinamento ajudando assim a montar o cronograma para a implementação completa do projeto até o lançamento.

Para a montagem do cronograma é necessário que cada Engenheiro responsável divida bem os dias de treinamento para que cada um dos líderes de time de uma linha de montagem possa receber as instruções de montagem de cada posto de trabalho, familiarizar com as peças, ferramentas e equipamentos necessários até que esteja apto a realizar o trabalho conforme o roteiro definido para que a operação seja feita com segurança e qualidade no tempo definido.

Após o treinamento, os líderes de time estão aptos a instruir os montadores em todas as estações de trabalho, e cada montador ainda deve aprender cada operação de todas as estações do seu time para que seja feito o rodízio, garantindo assim que na falta de um dos membros, o outro possa cobrir, e também para que cada montador não trabalhe o dia inteiro na mesma função, causando insatisfação.

3.2 Implementação da Qualidade

Para a implementação da qualidade na linha, inicialmente deve-se levar em consideração o que foi aprendido com o processo de montagem do modelo de automóvel anterior ao novo projeto.

Esses aprendizados nada mais são do que as boas práticas para realização de cada operação aprendida ao longo da vida do modelo na linha de montagem que foram

destacadas na observação de oportunidades para a melhoria contínua e assim adaptar para o novo projeto.

3.2.1. Estabelecimento de Padrões de Qualidade

Como, atualmente, muitos projetos em fábricas de automóveis são globalizados, então as empresas criam padrões de qualidade internacionais para atender os gostos dos mais diferentes tipos de clientes.

Para isso, cada empresa cria padrões a serem seguidos em todos os projetos.

Para atingir tais padrões, a engenharia de produto que desenvolve cada carro deve sempre estar em contato com a engenharia de manufatura, e de produção, para que seja garantido que as especificações exigidas para o produto sejam viáveis para a manufatura realizar as operações. Assim é feita a Engenharia Simultânea onde as áreas envolvidas (Engenharia de Produto, de Processo, de Qualidade, Manuseio de Materiais e Comercial) façam reuniões constantes para terem o retorno de cada ação tomada e seus resultados para constantemente melhorar o processo e o produto antes de seu lançamento.

Mas nem sempre esse processo é capaz de eliminar eventuais conflitos que somente são identificados na montagem, por isso é importante que haja reuniões envolvendo todas as áreas responsáveis para que o problema seja identificado e tomado a devida ação de correção.

Um exemplo de padrão de qualidade seria a força necessária para se fechar a porta de um carro quando as janelas estão fechadas; neste caso, se exceder o padrão estabelecido de força para que a porta seja fechada totalmente, o cliente fica insatisfeito por ter que fechar com mais força, levando um desgaste maior de componentes da porta, ocasionando por consequência ruídos indesejáveis.

3.2.2 Desenvolvimento de Planos por Objetivo

Para a montagem do cronograma de implementação, a Engenharia de Qualidade deve elaborar planos de montagem por objetivo para cada área (Carroceria, Pintura, Acabamento Interno da Carroceria, Mecânica e Acabamento Final), estabelecendo datas para que a pessoa envolvida em cada área seja treinada e todos os testes em equipamentos sejam feitos para finalmente fazer a montagem de teste de cada fase com o nível de qualidade desejado.

Somente se passa para a próxima fase de testes se o objetivo definido foi alcançado.

Junto ao plano deve ser feito *Workshop* para a introdução de novas diretrizes para todos trabalhadores, e também deve-se revisar os novos objetivos de qualidade do produto final para o novo projeto, para que as unidades auditadas no final da linha não excedam o definido.

3.2.3 Fornecedores

A peças referentes a fornecedores devem ser listadas e divididas em grupos de avaliações:

- Análise dimensional, peças que tenham geometria regular ou que tenham maior facilidade de se fazer a medição como, por exemplo, a espessura de chapa de um suporte ou o posicionamento de furos em chapas. Caso as peças possuam geometrias irregulares e necessitam a inspeção dimensional para que seja feito o encaixe com as outras demais peças, então é encaminhado a área de metrologia que compara o desenho nominal com as peças, levando em consideração suas tolerâncias especificadas em projeto;

- Análise dimensional das peças em gabaritos que representam a carroceria do automóvel;

- Análise dos materiais que compõem as peças conforme normas estabelecidas pela empresa ou mesmo pela legislação do país;

Conforme os resultados apresentados pelas análises, sendo ele de conformidade, é documentado que foi analisado e aprovado nas características que interessam, caso contrário, também é documentado e levado a reuniões para ser discutido, conforme a Engenharia Simultânea, com a presença do fornecedor, engenheiro de produto, engenheiro de produção, manuseio de materiais, engenheiro de qualidade, para assim acordarem os planos de ação a serem tomados e datas estabelecidas para as peças reclamadas sejam entregues com as modificações para atenderem os padrões e manter o cronograma.

Cada reunião de Engenharia Simultânea deve ser documentada e designada o responsável por cada um dos itens discutidos, para que na próxima reunião sejam cobrados os resultados às devidas pessoas.

Para cada fase de implementação do projeto de um novo automóvel, é estabelecido um nível de qualidade para que as peças atinjam uma porcentagem do dimensional.

São divididas em fases para que sejam feitos testes das ferramentas, robôs de solda, e equipamentos e ainda para que os montadores sejam treinados.

Assim, cada fase exige uma porcentagem do dimensional nominal, isso significa que as peças devem possuir alguns pontos, importantes para a integridade estrutural, dentro do dimensional nominal de projeto.

Com a ajuda das reuniões podem ser feitos os levantamentos das dificuldades e, assim, atingir as metas de cada fase para que possam passar para outra e gradativamente melhorar a qualidade das peças e também do processo.

Caso o problema não consiga ser sanado no período estipulado, a entrega das peças futuras deve ser descrita quais são as falhas ainda contidas e liberadas pelo engenheiro de produto responsável.

Ainda é necessário listar os fornecedores que não conseguiram atingir os níveis de qualidades atingidos, para que sejam analisados e que a Engenharia decida continuar com as peças, mesmo sabendo de seus problemas, e depois a análise se deverá ser escolhido um novo fornecedor para as peças.

Quando já estiver em fase de montagem no restante da linha, para serem feitos os acabamentos e parte mecânica, poderá haver reclamação de montagem devido a peças de fornecedores, motivos diversos então cabe aos analistas de qualidade fazerem a detecção da causa raiz com os seguintes passos:

-Atender ao chamado da linha de produção assim analisando previamente as possíveis causas, como mostra o fluxograma representado pela Figura 2, para excluir as hipóteses e identificar a real causa do problema:

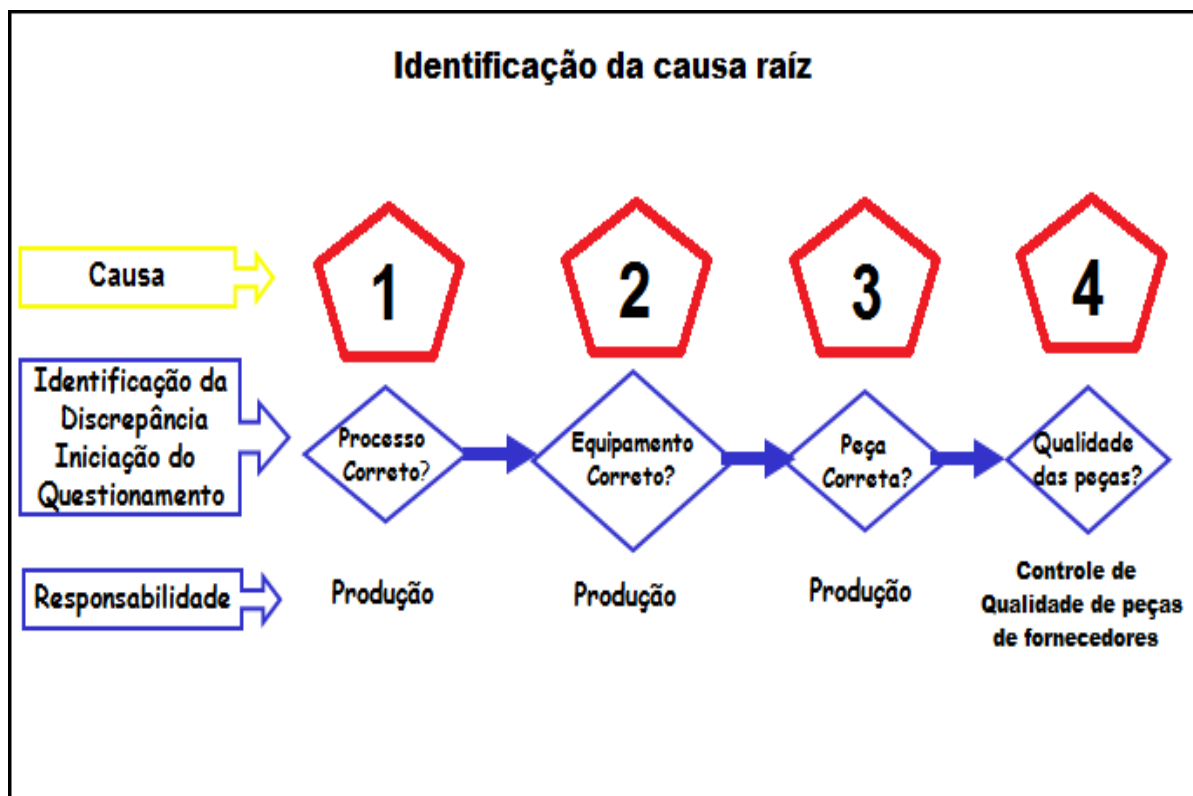


Figura 2 : Identificação da causa raiz. Modelo GMB.

Assim cada causa deve ser feito como se segue:

- Conferir se o processo está correto, se os documentos relatam as corretas e melhores práticas de montagem, se estes são dispostos aos trabalhadores em locais adequados, se houver uma sequência de montagem deve-se conferir a aplicação, se o operador foi devidamente treinado, se o operador está seguindo o padronizado de suas operações.

- Conferir se a ferramenta utilizada está correta, se a ferramenta está funcionando corretamente, se está calibrada, se os turnos de trabalhos usam a mesma ferramenta, se emite sinal sonoro/visual, se a estação de trabalho está à prova de erro, se as manutenções preventivas estão sendo realizadas.

- Conferir se é a peça correta, se é a identificação correta da peça (*Part Number*) correto para a operação, se as peças estão alocadas corretamente nos equipamentos, se todos os cartões Kanban estão disponíveis, se existir dispositivo à prova de erro e verificar o funcionamento do mesmo.

- Conferir a qualidade da peça, analisando a causa raiz, fazendo dimensional, verificando visualmente ou conferindo o material.

Utilizar as ferramentas disponíveis para realizar as medições de dimensionais no próprio setor de controle de qualidade de peças de fornecedores, comparando a peça reclamada com as especificações dadas em desenho, e quando necessário utilizar o serviço do departamento de metrologia para obter dimensões de peças com superfícies que não são regulares.

A partir do relatório emitido pela metrologia, ilustrado pela Figura 3, interpretar e identificar pontos em desacordo com os limites permitidos.

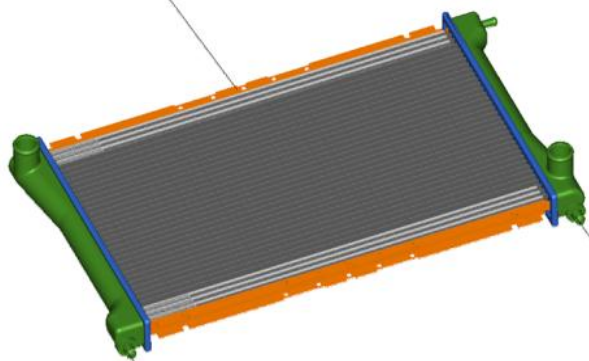
RELATÓRIO DIMENSIONAL																																																															
METROLOGIA - ENGENHARIA DA QUALIDADE																																																															
NOME DA PEÇA:		PROBLEMA:																																																													
LAUDO: ☐ Aprovado ☐ Rejeitado ☐ Informativo		RD N°:	OBSERVAÇÃO:																																																												
 <table border="1" style="font-size: 8px;"> <tr><th colspan="4">PNT1</th></tr> <tr><th></th><th>NM</th><th>MB</th><th>DV</th></tr> <tr><td>X</td><td>557.708</td><td>557.708</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>Y</td><td>0.000</td><td>0.079</td><td>0.079</td></tr> <tr><td>Z</td><td>1060.716</td><td>1060.747</td><td>0.031</td></tr> </table> <table border="1" style="font-size: 8px;"> <tr><th colspan="4">CIR2</th></tr> <tr><th></th><th>NM</th><th>MB</th><th>DV</th></tr> <tr><td>X</td><td>490.170</td><td>490.170</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>Y</td><td>366.048</td><td>365.730</td><td>-0.318</td></tr> <tr><td>Z</td><td>659.132</td><td>659.162</td><td>0.000</td></tr> </table> <table border="1" style="font-size: 8px;"> <tr><th colspan="4">CIR1</th></tr> <tr><th></th><th>NM</th><th>MB</th><th>DV</th></tr> <tr><td>X</td><td>490.138</td><td>490.138</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>Y</td><td>-344.547</td><td>-344.547</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>Z</td><td>658.410</td><td>658.410</td><td>0.000</td></tr> </table>				PNT1					NM	MB	DV	X	557.708	557.708	0.000	Y	0.000	0.079	0.079	Z	1060.716	1060.747	0.031	CIR2					NM	MB	DV	X	490.170	490.170	0.000	Y	366.048	365.730	-0.318	Z	659.132	659.162	0.000	CIR1					NM	MB	DV	X	490.138	490.138	0.000	Y	-344.547	-344.547	0.000	Z	658.410	658.410	0.000
PNT1																																																															
	NM	MB	DV																																																												
X	557.708	557.708	0.000																																																												
Y	0.000	0.079	0.079																																																												
Z	1060.716	1060.747	0.031																																																												
CIR2																																																															
	NM	MB	DV																																																												
X	490.170	490.170	0.000																																																												
Y	366.048	365.730	-0.318																																																												
Z	659.132	659.162	0.000																																																												
CIR1																																																															
	NM	MB	DV																																																												
X	490.138	490.138	0.000																																																												
Y	-344.547	-344.547	0.000																																																												
Z	658.410	658.410	0.000																																																												
OPERADOR :		PLANO (X): CIR1, CIR2, PNT1																																																													
DATA :		LINHA (Z): CIR1, CIR2																																																													
SOLICITADO POR :		ORIGEM (Y): CIR1																																																													
		Peça N°:																																																													
_____ Supervisor - Metrologia																																																															

Figura 3 : Relatório dimensional da Metrologia. Modelo da Sala de medidas da GMB-SJC.

Caso haja questionamento quanto a qualidade do material da peça em questão e seja necessário avaliá-lo, então uma amostra, dependendo da peça que for, como, por exemplo, um parafuso a amostra necessária é de 10 unidades no mínimo, para que seja enviado para análise laboratorial; posteriormente é emitido um relatório identificando a situação de cada características que devem ser controladas por normas estabelecidas pelo engenheiro de produto.

- Documentar um Relatório de Análise e Solução de Problema (RASP), ilustrado pela Figura 4, para cada reclamação feita pela linha, constando todas as características da situação, assim como a identificação (*Part Number*) de cada peça, a descrição do problema, o contato do Fornecedor, a quantidade de peças suspeitas no

estoque, a identificação da sequência de peças boas para a produção, peças que estão de acordo com as especificações (peças OK), e em caso da necessidade de retrabalho ou seleção, descrever as atividades e ações tomadas para a resolução. Junto a abertura do relatório deve ser feita uma documentação em um sistema interno para controlar o tempo de reação; Após a análise do problema, é necessário dar o status de NÃO PROCEDENTE, caso não tenha sido ocasionado o defeito por parte do fornecedor, ou ser PROCEDENTE, para o caso de ter sido demérito do próprio, sendo necessária a abertura de uma Notificação como um demérito para o fornecedor no sistema interno da empresa;

Relatório de Análise e Solução de Problema				RASP Nº. _____ / _____	
				DATA	
Dados do Problema:					
Descrição do Problema:				Origem:	
				Interplant. ☐	
				Linha ☐	
				Seleção ☐	
				Outros ☐	
Turno:					
Dados da Peça:			Conclusões:		
Nome da Peça:			Problema Procedente: SIM ☐ NÃO ☐		
Fornecedor:			DOWNTIME ☐ STOCKOUT ☐ PLANT DISRUPTION ☐		
DUNS:			PRR :		
Contato:			Caso o problema não seja procedente descrever conclusão:		
Data / Lote:					
Nº Peça	Qtd Suspeita	Qtd Checada:	Qtd Rejeitada:		
Emitir aviso de material crítico < 2 DIAS			SIM ☐ NÃO ☐		
Insp: Ass.					
EQF: Ass.					
Aprov: Ass.					
Documentos anexos:					
RLB Nº:					
Seleção & Retrabalho			Breaking Point		
Seleção & Retrabalho			Breaking Point:		
Métodos / Critérios - Treinamento e Validação:			Identificação peças:		
			BP Série:		
			Resultado Seleção & Retrabalho		
P/Nº	Quant. Aprovada:	Quant. Devolvida:			
SCRAP Nº:					
Horas Gastas em análises:					
Tempo Uso Utilidades:					
Executor:			Ass:		
Aprovação:			Ass:		

Figura 4 : Máscara do Relatório de Análise e Solução de Problema. Utilizado na GMB-SJC.

- Contatar o Fornecedor e o EQF (Engenheiro de Qualidade de Fornecedor) da peça caso a reclamação da linha de produção seja procedente, pedindo uma medida de contenção como selecionar e segregar peças com problemas de qualidades que estejam no ponto de uso da linha e também no estoque;

- Verificar o sistema de manuseio de peças para certificar quantas peças podem conter o mesmo problema para contatar o Fornecedor e o EQF para que possa ser emitido um documento no sistema interno da empresa para formalizar a reclamação e o plano de ação;

- Após a verificação no sistema de manuseio, checar no estoque a locação das peças, se todas se encontram na fila e posição correspondente e verificar se não há peças no recebimento central da fábrica, onde é feita a entrega do fornecedor;

- Sendo necessário um retrabalho ou seleção do estoque, emitir uma Análise de Risco para descrever o problema a ser identificado e como retrabalhar e segregar as peças em desacordo, para garantir a segurança das pessoas envolvidas nas atividades. Sendo necessária a descrição de passo a passo do que deve ser verificado, como deve ser feito o retrabalho, materiais a serem utilizados, a forma de identificar as peças após a atividade, lançar as horas gastas pelas pessoas envolvidas;

- Quando feita uma seleção do estoque, caso haja peças em desacordo, fazer a documentação destas para devolução ao Fornecedor (SCRAP), ou ainda podendo ser sucateada, conforme for combinado;

- Após analisado o problema, documentado com o RASP, ter feito o contato com o EQF e o fornecedor, ter feito os itens acima descritos é emitido um demérito no sistema da empresa, que pode ser acessado por outras plantas da outros países. O demérito usa como base as informações do RASP referente ao problema analisado para informar o sistema a ocorrência, o que gerou o problema, o plano de ação do fornecedor em cima do chamado, as horas trabalhadas tanto o membro de time do Controle de Qualidade de Peças de Fornecedores (analisando o problema) quanto as horas da empresa terceirizada utilizadas para fazer o retrabalho ou seleção, no caso de exceder dez horas utilizadas para a resolução do problema, deve ser apontado para o

fornecedor. Uma vez emitido o demérito no sistema, o fornecedor deve respondê-lo, em um período de sete dias corridos, concordando com a descrição ou ainda pode não aceitar caso não concorde com o demérito;

- Após análise das quatro possíveis causas, constatando que não é problema de processo ou da qualidade da peça, é acionado o Engenheiro de Produto responsável pela peça para indicar o problema e possíveis causas para a revisão das especificações de material e desenho, para que não haja mais incidentes na linha de montagem.

3.2.4 Aplicação de FMEA

O método *Failure Mode and Effect Analysis* – Metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha (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 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, como instalação, equipamento, etc.

A Aplicação de FMEA no processo visa evitar, por meio de análises, que ocorram falhas no projeto, ou seja, detectar falhas antes que o projeto seja implementado na linha de produção, diminuindo as chances do processo falhar, tornando mais confiável (CLAUSING, 1994).

Apesar desta ferramenta ter sido desenvolvida para novos projetos, acabou sendo aplicada de diversas maneiras. Sendo utilizada para diminuir falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de falha em processos administrativos, e ainda aplicada em análise de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos.

Para processos, no FMEA são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo tendo como base as não conformidades do produto com as especificações em projeto.

A análise consiste basicamente na formação de um grupo de pessoas que identificam para o produto/processo em questão suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha.

Em seguida são avaliados os riscos de cada causa de falha por meio de índices e, com base nesta avaliação, são tomadas as ações necessárias para diminuir estes riscos, aumentando a confiabilidade do produto/processo.

- Descrição dos objetivos e abrangência da análise: em que se identifica qual(ais) produto(s)/processo(s) será(ão) analisado(s);

- Formação dos grupos de trabalho, para a definição dos integrantes do grupo, que deve ser de preferência pequeno (entre quatro e seis pessoas) e multidisciplinar (contando com pessoas de diversas áreas como qualidade, desenvolvimento e produção);

- Planejamento das reuniões, com agendamento antecipado e com o consentimento de todos os participantes para evitar paralisações;

- Preparação da documentação, para formalizar o estudo;

Na avaliação dos riscos os pontos a serem analisados são:

- Função(ções) e característica(s) do processo;
- Tipo(s) de falha(s) potencial(is) para cada função;
- Causa(s) possível(eis) da falha;
- Controles atuais existentes na linha.

Assim são definidos os índices de severidade, ocorrência e detecção para cada causa de falha, de acordo com os critérios definidos. O Quadro 1 mostra os níveis de impacto do produto final na satisfação do cliente.

Quadro 1: Exemplo de definição do índice Severidade.

SEVERIDADE		
Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorre
2 3	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente
4 5 6	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
7 8	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente
9 10	Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança

Para a melhoria do processo, o responsável pela aplicação do FMEA deve utilizar seus conhecimentos, criatividade e outras técnicas, lista todas as ações e medidas que podem ser realizadas para diminuir os riscos:

- Medidas de prevenção total ao tipo da falha.
- Medidas de prevenção total de uma causa de falha.
- Medidas que dificultam a ocorrência de falhas.
- Medidas que limitem o efeito do tipo de falha.
- Medidas que aumentam a probabilidade de detecção do tipo ou causa de falha.

Analisaar cada medida quanto sua viabilidade, e assim definir as que serão implementadas.

Cada análise de FMEA deve ser revisada sempre que ocorrerem alterações no processo. Mesmo que não haja alteração, a análise deve ser regularmente revisada confrontando as falhas potenciais imaginadas pelo avaliador com as que realmente

ocorrem no cotidiano do processo, de forma a permitir a incorporação de falhas não previstas.

Assim, com o FMEA pode-se obter um banco de dados das falhas do processo, ter um melhor conhecimento dos problemas, ter ações de melhoria no projeto do processo baseando nos dados e devidamente monitorados (melhoria contínua), diminuição de custos por meio de prevenção.

3.2.5 Definição de Plano de Controle

Para novos projetos, primeiramente deve ser feita a revisão características fundamentais do produto para considerar os níveis de severidade, ocorrência e detecção.

Analisando no processo as operações que necessitam um controle rigoroso do processo, como enchimento de fluídos dos diversos sistemas de um carro. Sempre buscando informações em lições aprendidas com projetos anteriores que podem apresentar as mesmas características (Hu, 2007).

Assim, a empresa deve fazer um banco de dados de processos que devem ser controlados, definindo as frequências de manutenção, as especificações para a adequada utilização e os responsáveis.

As atividades devem ser efetuadas em relação ao planejamento da produção, considerando os requisitos para as operações que a Engenharia considera importante de serem controladas. Assim, devem ser identificados os recursos para as operações para poder ser incorporado controle do processo.

Garantir a implementação de novas ferramentas e dispositivos exigidos pelo novo projeto e planejando uma utilização para que seja utilizada durante todo o ciclo do projeto na linha de produção.

Em uma empresa automobilística, os controles se fazem necessários nas operações que exijam torques para fixação, como parafusos, e ainda utilizados em processos que necessitam controle de enchimento, de fluídos, para que não seja abastecido menos que o especificado, causando mau funcionamento, ou abastecendo a mais, causando custo excessivo.

Com *workshops* realizados, é possível levantar as necessidades de cada operação que necessita de controle, fazendo assim que o processo seja mais confiável.

Assim, com o plano de instalação de equipamento e facilidades é possível obter o perfil de garantia mínima, que deve assegurar a impossibilidade de produção de defeitos e sua saída da planta.

3.2.6 Processo de Garantia da Qualidade

Com todos os trabalhos realizados para a implementação do novo projeto na linha de produção, com o produto sendo testado na linha e já havendo amostras do produto final, é necessário a verificação da qualidade conforme as especificações definidas, confrontando, os índices estabelecidos com a pontuação da auditoria, sendo esta auditoria feita pelo time da qualidade especializada em detectar defeitos que um cliente reclamaria se chegasse o produto a suas mãos (MARTIN, 2007).

Define-se então qual é a amostragem por dia de unidades do produto a serem auditadas e o índice gerado pela auditoria, e ainda são definidas as novas operações do time de auditoria para o novo projeto.

Com os índices da auditoria, em caso de extrapolar, deve ser feito um trabalho conjunto das Engenharias para que os problemas não cheguem no final do processo, realizando novos *Workshops* e treinamentos.

Com o processo já fabricando pequenas quantidades de carros, devem ser montados veículos para diferentes propósitos:

- Teste destrutivo: testar as soldas, colas, parafusos e porcas para garantir a integridade do veículo;
- Teste de resistência: testar o veículo quanto a possibilidade de pontos de ferrugem, comprometendo a integridade;
- Teste de Impacto: testar o veículo em colisões para garantir a segurança do motorista e passageiros.

Todos esses testes servem para a Engenharia estudar maneiras de melhorar o produto e adequar as legislações dos países onde esse será comercializado.

4 ELIMINAÇÃO DE ERROS DO PROCESSO

Conforme o controle de novos projetos, devem ser feitos estudos na linha de produção para que o processo seja mais enxuto e que garanta a qualidade.

Um dos métodos utilizado em estudos para melhorar a linha de produção, seja em um projeto que já está implementado na linha ou um novo, é o *Error Proofing*, para garantir que o processo seja realizado da forma estabelecida pela Engenharia e assim eliminar retrabalhos, que causam custos adicionais (CUSATO, 2011)

Para o estudo da necessidade de se implementar o *Error Proofing* em uma operação é preciso ser feito um FMEA. Conforme o resultado do cálculo, levando em consideração a severidade, a ocorrência e como é feita a detecção do problema em questão, é analisado o *Risk Priority Number* – Número de Prioridade de Risco (RPN) que é o produto dos três índices, e conforme for a severidade do problema e o valor do RPN é então decidido se será necessária a implementação de *Error Proofing* na operação.

4.1 Error Proofing

O *Error Proofing* é um processo de antecipar, detectar e prevenir erros e defeitos que afetam adversamente os clientes, devendo assim, ser projetado um modo de falha de um produto ou processo, ou alterar a operação para ajudar o operador a reduzir ou eliminar erros.

Nas linhas de produção são facilmente observados quando numa estação de montagem onde o operador deve fazer a montagem de uma peça que possui uma geometria simétrica, podendo assim causar dúvida de como deve ser montada, então para sua montagem a peça é projetada com pinos com espaçamentos assimétricos,

garantindo que ela seja montada somente na posição correta, ainda pode ser citado o Poka Yoke (CUSATO, 2011).

Para isso deve seguir as seguintes etapas:

- Detecção: Detecção do erro por julgamento humano ou por dispositivos automáticos, sendo desejado a certificar que os erros sejam detectados conforme acontece, e não somente no final do processo.
- Comunicação: *Feedback*, uma forma de retorno.
- Correção/Prevenção:

4.1.1. Detecção

4.1.1.1. Métodos de Verificação

Métodos de verificação de características

Deve ser analisada uma característica física de uma peça ou de um processo e compará-la com um padrão para determinar se um erro ocorreu.

Método de características de produto: identificar uma característica física da peça ou produto para determinar se um erro ocorreu.

Exemplos: diâmetro interno, diâmetro externo, espessura, cor, textura, orientação, etc.

Exemplos de equipamentos utilizados: sensores, leitura elétrica de dispositivos, pinos localizadores, dispositivos de montagem, etc.

Métodos para características de processo: identificar a característica do processo, tal como torque, pressão do ar ou temperatura, para determinar se um erro ocorreu.

Exemplos: pressão do ar, calor, vazão, tempo ou qualquer coisa que afete o processo.

Exemplos de equipamentos utilizados: manômetros de pressão do ar, dispositivos eletrônicos, sensores, etc.

Métodos de verificação de contagem

Para a realização deste método inclui-se um número pré-determinado de tarefas ou passos de processos realizados por um operador ou máquina.

Se o número pré-determinado de passos necessários para o processo não é observado, um erro será detectado.

Exemplo: torquímetro de estalo (contando o número de parafusos em uma montagem).

Métodos de verificação de sequência de movimentos

Este método consiste em revisar os erros em uma sequência de etapas a serem concluídas por operação ou elementos, sendo aplicado em operações onde se deve seguir uma sequência pré-determinada ou crítica.

Exemplos: peças sobrepostas (cobertas) precisam ser apertadas em uma sequência definida, etc.

4.1.1.2. Métodos de Inspeção

Método de inspeção na fonte

Deve ser feita uma inspeção para detectar erros na estação que dão origem aos defeitos:

- O erro é detectado na estação e o defeito é prevenido na mesma;
- Retroalimenta o sistema e toma ação sobre o erro e impede que ele se transforme em defeito;
- Verifica os fatores que causam o defeito ao invés de revisar o defeito em si;
- Requer a intervenção imediata do operador para prevenir a ocorrência do defeito;
- Usa dispositivo para detectar erros;
- Segura o processo antes que o erro se transforme em defeito.

Método de inspeção informativo

É uma inspeção que retroalimenta a ocorrência do defeito, ao processo de trabalho. Em seguida o processo toma alguma ação para corrigir o defeito.

Inspeções sucessivas: É feita uma inspeção o mais próximo possível da operação. Este método também proporciona uma realimentação do erro e da origem do defeito:

- Utilizar marcador para mostrar a operação concluída;
- A redução de defeitos depende das habilidades na resolução de problemas.
- Informar o processo anterior o defeito ocorrido.

- Seguir as inspeções do processo.

Auto-Inspeções: Este método de inspeção é realizado na estação e proporciona uma realimentação imediata:

- Detecta o erro na estação após a ocorrência do defeito;
- Inspecciona o próprio trabalho.;
- Retroalimenta o processo imediatamente;
- Define ações corretivas instantaneamente;
- Melhora a habilidade de como chegar a causa raiz do problema;
- Verifica defeitos particulares.

Método de inspeção de julgamento

- Proporciona pouca ou nenhuma resposta para o operador;
- Não ocorre na estação;
- Incorporada na inspeção no final da linha;
- Pode capturar os defeitos antes do embarque;
- Fraco retorno ao processo.

4.1.1.3. Métodos de Correção

Método corretivo de alerta

- Informa ao operador que um erro ou defeito ocorreu;

- O operador é responsável em impedir que o defeito passe para o próximo processo (estação);
- Usa alarmes sonoros: sirenes, buzinas, campainhas, etc;
- Usa alarmes visuais: luzes piscando, placas indicadoras.

Método corretivo de controle / detenção

Para o processo quando o erro é detectado:

- Previne automaticamente que o defeito passe para o processo seguinte;
- Requer interação do operador com o defeito;
- O operador deve corrigir e buscar ajuda;
- O processo fica pronto para continuar quando a solução está implementada.

4.1.2 Comunicação da Fonte de Erro

Uma vez detectado um erro, é importante certificar-se de que a fonte do erro saiba sobre ele. Um Método de Correção de Alerta e/ou um de Controle/Parada ocorrerá, comunicando os erros e defeitos de volta à fonte. Na maioria dos casos, algum tipo de contenção precisará ser implementado.

O Método de Correção de Alerta informa ao operador que um erro ou defeito acaba de ocorrer. Tipicamente, esse método é uma exibição visual ou um alarme sonoro, fornecendo, assim, informação de retorno imediata ao operador. Esse sistema pode incorporar luzes piscantes de diversas cores, mas pode incorporar também medidores de pressão, medidores de leitura de torque, etc.

O Método de Correção de Alerta pode:

- Informar o operador de que um erro ou defeito acaba de ocorrer;

- Ativar um alarme audível ou visual;
- Requerer intervenção do operador

4.1.2.1 Sistema Andon

Sistema Andon consiste em uma maneira de aviso a fonte de forma sonora e/ou visual, onde o operador informa ao superior que alguma operação no processo causou alguma falha, para assim ser corrigido antes de passar o produto para a próxima operação.

Sistemas Andon, ilustrado pela Figura 5, são usados como uma forma para o operador indicar que um erro ocorreu. Podem ser usados tanto em Estações de Trabalho, como em Estação de Verificação.



Figura 5 : Sistema Andon em uma linha de produção de veículos. Modelo GMB.

O diagrama ilustrado pela Figura 6 fornece um resumo desses componentes. Note a Corda de Puxar do Andon que o operador usa para indicar um problema. A luz

da estação de trabalho, alto-falantes de áudio e Quadro Andon são todos usados para comunicar o problema.

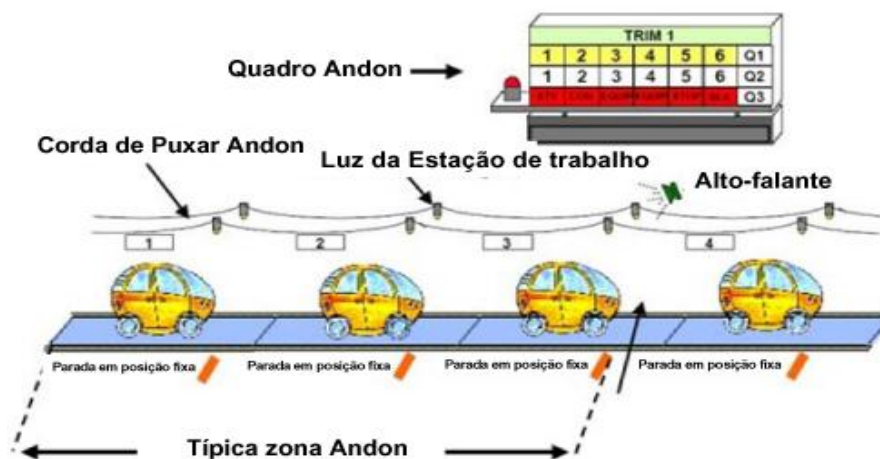
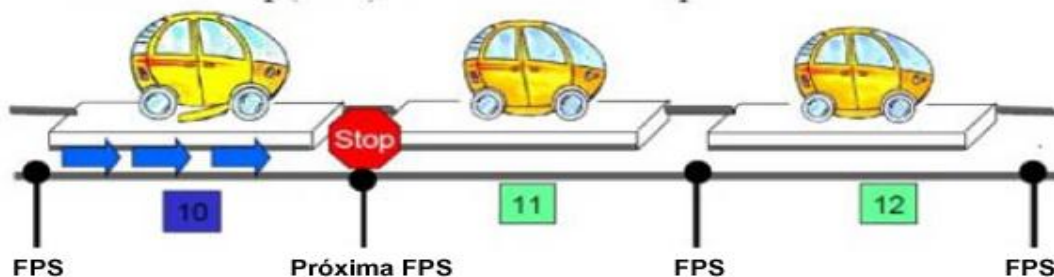


Figura 6 : Componentes do Sistema Andon. Modelo GMB.

Paradas de Linha Andon

Caso o Andon seja acionado e o líder não vá verificar a causa da chamada, na própria linha existem pontos fixos de paradas que não deixam o processo continuar, como mostra a Figura 7:

- Se a corda for puxada e o problema não for resolvido, a linha continua a mover-se até que o veículo atinja a próxima parada de posição fixa (FPS). Então a linha pára.



- O único momento em que a linha deve parar imediatamente é quando Executar Parada for ativado.

Figura 7 : Exemplo de Parada de Linha. Modelo GMB.

Assim o problema não passa para a próxima estação, afetando a operação seguinte, evitando que o processo seja parado por um tempo muito maior se for uma operação importante que as demais dependem dela.

4.1.2.2 Contenção de Erro

O seguinte diagrama da Figura 8 mostra a estratégia de contenção de erros preferida nas Fábricas de Montagem de Veículos.



Figura 8 : Diagrama de contenção de erros. Modelo GMB.

Um triângulo é usado, uma vez que a meta é conter a maioria dos erros na estação do operador. Nem todos os erros podem ser abordados imediatamente na estação do operador. Isso significa que alguns erros são abordados na Estação de Verificação e alguns (espera-se que muito poucos) no final da linha (CUSATO, 2011).

Comunicando o erro imediatamente, a correção do erro pode começar imediatamente.

Importante que o erro não deixe a fábrica, chegando até o cliente, pois assim causa insatisfação, e para isso as empresas utilizam métodos, treinamentos e palestras para os funcionários para alertar a importância de se seguir os trabalhos padronizados de cada operação.

Nas empresas são criados níveis de aceitação de defeitos, em cada um deles são definidos até onde pode chegar:

- Nível 1 : O defeito não deixa a fábrica, havendo uma área separada para os reparos;
- Nível 2 : O defeito não deixa a linha de montagem, sendo necessário corrigi-lo antes do final do processo;
- Nível 3 : O defeito não deixa o time, seção da linha, não deixando que passe para o time posterior;
- Nível 4 : O defeito não deixa a estação de trabalho, onde é feita a operação que o defeito ocorreu, sendo corrigido no mesmo lugar;
- Nível 5 : O defeito não é gerado, com um bom treinamento, instrução e condições de trabalho, este nível é o desejado por todas as empresas, pois assim não há custos extras de manufatura.

4.1.3 Correção/Prevenção

Corrigir/Prevenir erros consiste em envolver os responsáveis pelas áreas e implementar a ação corretiva de *Error Proofing* para evitar recorrência de erros.

Para corrigir e evitar que erros futuros aconteçam, há diversos requerimentos que precisam ser inclusos no Processo de *Error Proofing*:

- Utilizar os processos de solução de problemas da de qualidade como, por exemplo, os 5W2H, 5 porquês, diagrama de Ishikawa;
- Capturar as lições aprendidas a serem utilizadas em outros projetos através do Processo de Desenvolvimento de Veículo global de modo que projetos de processo e produto futuros evitem que o mesmo erro ocorra novamente.

Error Proofing e Resolução de Problemas são estratégias intimamente integradas.

Para se implementar o Error Proofing em uma linha de produção para um novo projeto, deve haver requisitos para a aplicação durante atividade de projeto de produto padrão.

Esses requisitos podem ser alimentados por fontes formais e também por experiência anterior e suas boas práticas, e ainda a “voz do cliente”, que inclui tanto o cliente quanto as instalações de fabricação que utilizam os subsistemas e componentes que a empresa é responsável.

Ainda se faz necessário a comunicação com os fornecedores caso haja modificação nas peças que fabricam, certificando que o processo dele satisfaça os requisitos de *Error Proofing*.

Uma das atividades de projeto de processo e produto que o *ErrorPproofing* faz parte é o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).

Análise de Efeitos e Modo de Falha (FMEA) é uma atividade importante que identificará onde falhas potenciais ocorrerão no projeto ou processo. Um método que é usado para abordar e diminuir essas falhas são as técnicas de *Error Proofing*. O FMEA deve ser um condutor-chave de esforços proativos de *Error Proofing* (GODOY, 2010).

O FMEA é um dos principais métodos para avaliar o risco potencial de montagem e fabricação inerente ao projeto do produto.

Um nível de risco de moderado a alto levará a uma ou mais das seguintes atividades de remediação de risco (reprojeto do produto, dispositivos de error proofing) e planos de controle mais rígidos (CUSATO, 2011).

A Matriz de Projeto de Produto e Processo é uma ferramenta que pode ser utilizada para determinar uma abordagem adequada para ser tomada ao aplicar o *Error Proofing*.

Tem o objetivo de ser uma ferramenta que você pode usar para tomar as ações adequadas para resolver um modo de falha potencial.

É um auxílio ao *Error Proofing* que está disponível para você usar quando tem um problema atual ou antecipado e está buscando maneiras de fazer *Error Proofing* nele.

A matriz, mostrada na Figura 9, lista abordagens comuns que podem ser usadas para o error proofing, e exemplos de referência que podem ajudar a mostrar como essa abordagem foi usada em programas de veículos anteriores.

FAILURE MODES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
DESIGN/PROCESS GUIDELINES	Part installed in wrong orientation	Part installed in wrong side	Part missing - operation missed	Wrong part can be processed/installed	Wrong Color	Part not secured	Parts installed in wrong sequence	Part damaged
DESIGN FEATURES								
A: Combine parts including interface. Reduces complexity of assembly. Operator best People Practices through model mix.		A2	A3	A4	A6			
B: Integrate parts for ease of assembly (Reduce # of parts)			B3			B6	B7	
C: Positive Orientation - can be installed only one way - locating, alignment, and rotational features in design (dots, pins, etc.)	C1	C2	C3	C4				
D: Design product such that the successive sequence of assembly will detect error		D2	D3	D4		D6	D7	
PROCESS CONTROL - (Controlled by NAO Error Proof Infrastructure)								
E: Install NAO Part Selection Layer		E2		E4	E5			
F: Install NAO Part Selection Verification Device		F2	F3	F4	F5	F6	F7	
G: Utilize computerized torque tool			G3	G4		G6	G7	
H: Utilize sensor tool to detect presence of part, feature of part, color of part, orientation of part, present part, taste, color, etc.	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
I: Design parts to utilize VCVS (Vehicle Component Verification System) barcode scanning system after installation		I2	I3	I4	I5			
J: Design electronic module to utilize serial data communications and		J2	J3	J4				

A Matriz de Projeto de Produto e Processo de Error Proofing indica abordagens padrão de Error Proofing que podem ser utilizadas para modos de falhas comuns.

Figura 9 : Matriz de Projeto de Produto e Processo. Modelo GMB.

As colunas captam os modos de falha em comum que podem ser encontrados, as linhas indicam abordagens potenciais de *Error Proofing* que podem ser utilizadas, as

células na intersecção de cada coluna e linha indicam se há exemplos contendo informações adicionais.

A linha superior lista os modos de falha em potencial, podendo ser peça montada em orientação errada, peça faltando, peça errada, cor errada, peça danificada, entre outras.

Um dos modos de falha é identificado durante a Análise de Efeitos e Modo de Falha de Processo (PFMEA), completando a Folha de Verificação de *Error Proofing* para um futuro programa de veículo, ou ao fazer a resolução de problema de um problema de produção em um programa de veículo atual.

As linhas da Matriz indicam métodos ou abordagens comuns de *error proofing*. Essas são abordagens padrão de *error proofing* que devem ser consideradas ao tentar resolver um modo de falha potencial. Com a primeira coluna contando com as diretrizes de prova de erros.

Essas diretrizes são separadas em três grupos: um para diretrizes lidando com Características de Projeto, Controle de Processo e Controles Visuais.

Há quatro abordagens gerais para o *error proofing* com características de projeto a fim de evitar que erros aconteçam.

- Tornar peças comuns, incluindo a interface. Reduzir a complexidade de montagem; o operador usa o mesmo trabalho padronizado através do modelo;
- Integrar peças para facilidade de montagem (reduzir número de peças).
- Orientação Positiva - pode ser instalada de apenas uma maneira - localização, alinhamento, recursos anti-rotação no projeto (guias, pinos, etc.);
- O projeto de produto, como a sequência sucessiva de montagem detectará o erro.

Para *error proofing* usando controles de processo, são utilizadas algumas abordagens, como utilizar ferramenta de torque computadorizada, projetar peça para utilizar o sistema de leitura de código de barras, utilizar sensor ou ferramenta para

detectar a ausência de peça, característica de peça, cor de peça, orientação de peça, peça presente, contador de ciclo, etc.

Se surgirem questões com relação ao *error proofing*, os dois caminhos de resolução de questão disponíveis são via Painel de Exibição Visual de Processo de Montagem, ou utilizando o Sistema para Cobrança da Engenharia (SCE) tomar as ações necessárias para solução do problema.

O Mural de Exibição Visual de Processo de Montagem (MEVPM) é um processo que permite a visualização do processo de montagem para um programa de veículo no início do processo de desenvolvimento, sendo utilizado desde o início do programa do veículo.

Questões mais importantes que requerem soluções de *error proofing* durante as fases de lançamento e produção de veículo devem ser rastreadas utilizando o SCE.

Questões capturadas através do Processo MEVPM e SCE são levadas de volta através de bancos de dados de Boas Práticas e Lições Aprendidas para formar o ponto de partida para requisitos em programas futuros.

Fazer o *error proofing* no projeto através da mudança de uma característica de projeto é a abordagem preferida.

Entretanto, em muitos casos, o nível de risco, juntamente com restrições de projeto, custo e tempo, pode levar ao uso de controles de processo ou controles visuais como a solução de *error proofing* adequada.

4.2. Linha de Produção de Caminhonetes.

O caso estudado foi um problema identificado na linha de produção de caminhonetes. Local onde foi implementado o projeto da nova caminhonete.

4.2.1 A Empresa

A empresa estudada localiza-se no Vale do Paraíba, onde havia inicialmente (1959) uma fundição de peças para a produção dos motores, um processo pioneiro naquela época. A capacidade da fábrica era de 25 mil motores por ano.

O complexo é um dos maiores complexos industriais do país, e emprega um efetivo de mais de 8.000 pessoas. Nos seus 2,7 milhões de metros quadrados de área total e de 500 mil m² de área construída, abriga duas linhas de montagem e a Injetora onde são feitos componentes de plástico.

No complexo também funciona a fábrica de motores e transmissões, que produz motores completos destinados à exportação para países de várias regiões do mundo e componentes de motores.

Os motores lá produzidos também são fornecidos para outras montadoras.

O ritmo de produção da fábrica de motores é de cerca de 145 transmissões e 170 motores, em média, por hora. No total são aproximadamente 5.000 unidades powertrain por dia ou 110 mil por mês. Por ano, a produção supera os 1,2 milhão de unidades powertrain.

4.2.2 Estudo de Caso

Por motivo de confidencialidade, somente foi possível fazer o estudo da aplicação do FMEA no processo do modelo antigo da caminhonete.

Apesar de não ser um estudo no projeto novo, é possível constatar a eficiência da ferramenta para a detecção e eliminação do problema em uma linha de produção.

Na planta estudada, do ano de 2009 até 2011 que foi produzida a última versão da caminhonete (Versão A) com base na primeira versão lançada em 1995, a produção de caminhonetes era dividida em 2 turnos, sendo que o 1º turno com uma produção

média de 120 unidades e o 2º turno com 130, diariamente eram produzidas 250 unidades.

O problema a ser estudado ocorreu na operação de montagem do painel do teto, pois havia a possibilidade de montagem errada, causando um retrabalho do carro, podendo haver variação no dimensional das partes envolvidas e fragilização da estrutura.

O montador podia confundir o posicionamento do painel do teto pois a furação para a fixação do bagageiro na parte frontal era praticamente na mesma posição da furação da parte traseira, como mostra a Figura 10 abaixo:



Figura 10 : Indicação da posição errada da furação.

Para este caso foi feito o FMEA para constatação da necessidade de se aplicar o *error proofing* na operação da montagem do painel do teto.

Realizado no dia 20/01/2011 para a última versão do modelo que estava em produção, sendo somente realizado nesta data, pois em tal versão foi mudada o bagageiro.

O RPN (*Risk Priority Number* – Número de Prioridade de Risco) é um valor que a empresa estabelece dependendo da severidade como limite para o processo estar dentro do controle ou necessita ações de prevenção/correção.

Seu valor é calculado através dos critérios de Severidade(S), Ocorrência(O) e Detecção(D) conforme a Equação 1:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Na empresa estudada, para severidade maior ou igual a 9 o RPN tem que ser menor ou igual a 40, já para severidade menor ou igual a 8, o RPN deve ser menor ou igual a 100.

Como o RPN calculado a partir da Equação 1 para o passo 5, com uma severidade 9 deu maior do que 40 (Anexo B) , então é necessária tomada de ação de prevenção/correção, para isso foi aplicado Error Proofing na operação de montagem do painel do teto.

Aplicando o *Error Proofing*, primeiro foi analisado o Método de Verificação: Neste caso foi utilizada a verificação por característica para certificar o posicionamento correto dos furos traseiros para a instalação do bagageiro de teto.

O método de inspeção para esse caso foi o de inspeção na fonte, onde o erro foi detectado na estação de montagem e foi feita a prevenção no local.

O método de correção utilizado foi o de controle e parada de processo, sendo necessário que o processo seja parado quando o erro é detectado, prevenindo que a unidade com defeito seja passada para a próxima operação.

Segundo o FMEA feito, onde houve estudo da estruturação da cabine devido na etapa 5 do processo, onde o problema do teto que foi constatado que a severidade era de nível 9, indicando um perigo com aviso prévio , falha que pode afetar a segurança na operação do veículo.

Ainda envolve uma não conformidade com a legislação governamental com aviso prévio, ou ainda pode causar um risco ao operador.

Para o índice de ocorrência, com quatro unidades por dia, foi constatado que o nível era 1, pois era remota devido a sua frequência durante a produção, com um PPM menor que 10, significando menos que 0,001% da produção.

E para o índice de detecção, o nível foi constatado como 10, onde o problema da estruturação da cabine não será detectada de nenhuma forma na linha de produção.

Assim o RPN com $S=9$, $O=1$ e $D=10$, e utilizando a Equação 1 totaliza em 90.

Como o RPN é 90 e a severidade para o problema avaliado foi de 9, então é necessário a aplicação do error proofing na operação da montagem do painel do teto.

Para solucionar esse problema, foi instalado junto ao robô que faz a solda do teto um sensor na posição correta de um dos furos, como mostra a Figura 12, somente dando continuidade na operação se o programa reconhecer o furo e liberar.



Figura 12 : Sensor de posicionamento da furação

4.2.3 Custo

A frequência com que o problema ocorria na linha era de 4 unidades por dia, considerando o primeiro e o segundo turno.

Cada unidade que fosse retrabalhada necessitava de um trabalhador para desmontar o teto, remover o forro do teto, depois remover da fixação das colunas “A”, “B” e “C”, para poder fazer os furos de fixação do bagageiro do teto. A Figura 13 abaixo ilustra a cabine dupla da caminhonete:

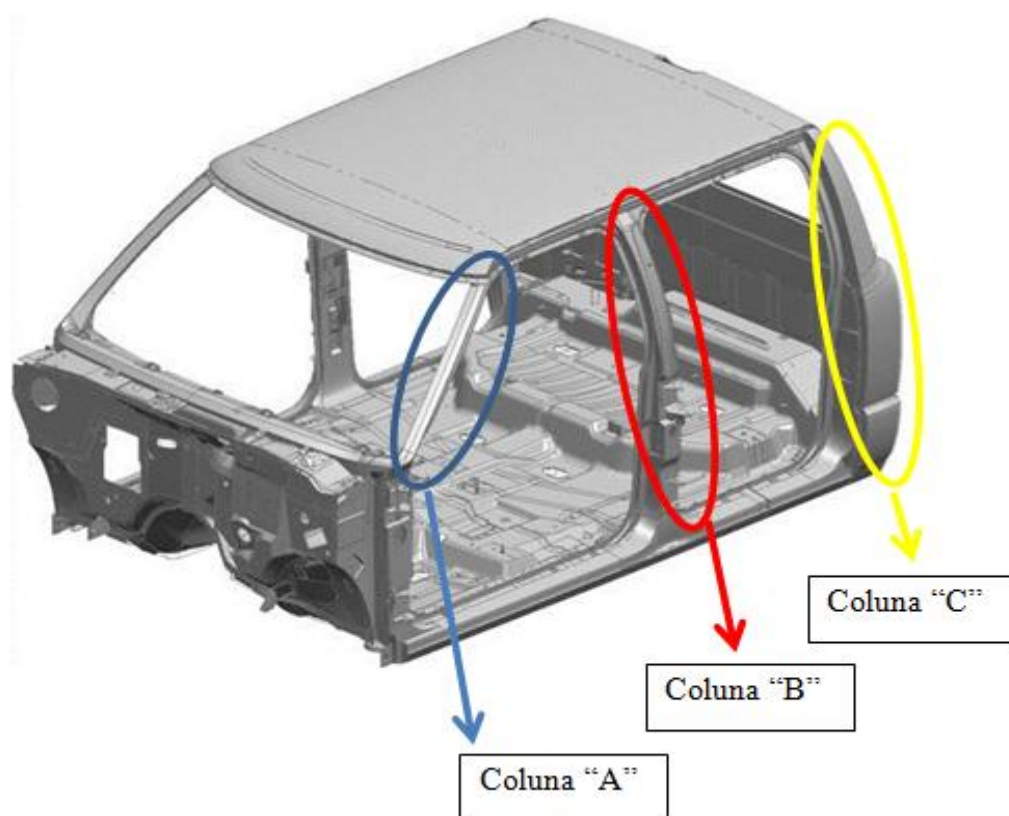


Figura 13 : Carroceria do Modelo Cabine Dupla

Para o retrabalho, o trabalhador gastava quatro horas de trabalho. Cada hora de trabalho incluindo o material, energia, ar comprimido, ferramenta e a mão de obra custavam em média R\$60,00 (sessenta reais). A Tabela 1 abaixo mostra o custo dos retrabalhos nos períodos diário, semanal mensal e anual.

Tabela 1 : Custo de retrabalho do teto.

Custo				R\$ / hora de trabalho
Frequência	Unidades	Horas de trabalho	R\$	
Dia	4	16	R\$ 960,00	
Semana	20	80	R\$ 4.800,00	
Mês	80	320	R\$ 19.200,00	
Trimestre	160	640	R\$ 38.400,00	
Semestre	320	1280	R\$ 76.800,00	
Ano	640	2560	R\$ 153.600,00	
				R\$ 60,00

Segundo os dados, com a implementação de *Error Proofing* na operação da montagem do painel do teto foi reduzido um custo de praticamente R\$160.000,00 (cento e sessenta mil reais) em um ano em retrabalho, praticamente o valor comercial de duas caminhonetes. Este custo é causado por apenas um erro de montagem, sendo que uma linha de montagem possui centenas de operações.

Com esta implementação, a empresa não tem um ganho somente com a redução do retrabalho, pois ao ser detectado o problema, há a necessidade de parar a operação, retirar a unidade com defeito, levar até a área de retrabalho, e depois do retrabalho, retornar para a linha de montagem da carroceria para terminar o processo. Ainda há o agravante de que cada unidade é sequenciada, por consequência todo o material disposto na linha de montagem já fica disponível para ela, considerando que algumas peças possuem dimensões maiores que são disponibilizadas em menores quantidade e somente minutos antes de sua montagem, como por exemplo os bancos.

Assim o ganho da empresa é mensurável a partir do retrabalho eliminado e ainda há um ganho no processo que se torna mais confiável e enxuto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em algumas empresas ainda não há um planejamento bem estruturado de qualidade para implementação de novos projetos por optar apenas em adaptar a linha de produção às necessidades dos novos projetos, não se preocupando com os esforços requeridos após seu lançamento em corrigir erros remanescentes, podendo até mesmo ter que mudar alguma característica do produto.

Com base no que foi apresentado no trabalho, é possível verificar a importância de cada etapa do planejamento para que o projeto seja implementado na linha de produção. Também é importante a conscientização de todos envolvidos em seguir os planos estabelecidos para que os objetivos sejam alcançados.

Com o estudo de caso é possível observar a importância de se controlar o processo em pontos imprescindíveis para eliminar/prevenir erros no processo adicionando custos de manufatura. Com o estudo em apenas uma operação foi constatada uma economia de praticamente o valor de duas caminhonetes. Estendendo para outras operações, a redução de gastos da empresa pode ser muito maior. Com essas reduções, a empresa pode investir mais em seu processo para melhorar cada vez mais a confiabilidade do processo, ou mesmo reduzir o preço dos produtos manufaturados.

O sucesso do planejamento de qualidade de implementação de um novo projeto leva a um ganho muito grande à empresa quando é bem estruturado e aplicado, garantindo assim a qualidade do processo e do produto final, consolidando a marca da empresa no mercado.

6 REFERÊNCIAS

CHARLTON, CHARLES. (2009). FMEA (General Motors - Global), Disponível em: [https://gmweb.gm.com/manufacturing/mfg_osc/Quality/FailureModesandEffectsAnalysis\(FMEA\).ppt](https://gmweb.gm.com/manufacturing/mfg_osc/Quality/FailureModesandEffectsAnalysis(FMEA).ppt)

CLAUSING, D. (1994). Better decisions. In: Total quality development: a step-by-step guide to worldclass concurrent engineering. 2.ed., Nova Iorque, The American Society of Mechanical Engineers. Cap. 3, p.60-73. (t: 322).

CLAUSING, D. (1994). The design. In: Total quality development : a setp-by-step guide to worldclass concurrent engineering. 2. ed., Nova Iorque, The American Society of Mechanical Engineers. Cap. 5, p. 175-273.(t: 322).

CUSATO, RENATA N.(2011). Error Proofing For Engineers. Disponível em: <https://gmweb.gm.com/quality/home/LAAMHome/Documents/SocratesBrasil-Qualidade/ErrorProofingforEngineers-english.pdf>

CUSATO, RENATA N. DINNAN, TINA M. MARTINS, FLAVIO L. (2011). Quality Launch Plan(QLP) & Manufacturing Quality Readiness Review. Disponível em: https://gmweb.gm.com/quality/home/LAAMHome/Documents/SocratesBrasil-Qualidade/2_QLP%20e%20MQRR%20Training%20South%20America_11%2003%20Mar.pptx

FIGENBAUM, A. V. (1994). Controle da Qualidade Total. Vol. IV. Aplicações Nas Empresas

GODOY, FRANCISCO SANJUANICO. (2010). PFMEA (General Motors) , Disponível em: <http://powertrain.gm.com/portal/manufacturing/engineering/pfmea>

HU, JASON.(2007). Process Control Plan(PCP). Disponível em : https://gmweb.gm.com/communications/kor_dae_en/ArchiveDocuments/cnmedia748.ppt

MARTIN, LAURA A. (2007). Quality Control Operation System, Disponível em: https://gmweb.gm.com/quality/oq/gmna/Documents/QCOS/QCOS_Overview_June_2010.ppt

MATOS, FERNANDA FERNANDES.(2009). Planejamento e Gestão da Qualidade. Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/planejamento-e-gestao-da-qualidade/26759/>

OLIVEIRA, C. B. M.; ROZENFELD, H. (1997). Desenvolvimento de um módulo de FMEA num sistema comercial de CAPP. (CD ROM). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., Gramado, 1997.Anais. Porto Alegre, UFRGS. (t :662).

REITER-NEUMARK, LINDA M.(2007). Built in Quality Elements. Disponível em: https://share.gm.com/sites/gmu/GMU/Curriculum/Manufacturing/ErrorProofing/error_proofing.ppt

WOOD, MICHAEL L.(2001). Error Proofing. Disponível em: <https://mysite.gm.com/personal/lz06z0/SharedDocuments/25Aug11/ArchitectOverview.pptx>

7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CLAUSING, D. (1994). The design. In: Total quality development : a setp-by-step guide to worldclass concurrent engineering. 2. ed., Nova Iorque, The American Society of Mechanical Engineers. Cap. 5, p. 175-273.(t: 322).

FIGENBAUM, A. V. (1994). Controle da Qualidade Total. Vol. IV. Aplicações Nas Empresas

GODOY, FRANCISCO SANJUANICO. (2010). PFMEA (General Motors) , Disponível em: <http://powertrain.gm.com/portal/manufacturing/engineering/pfmea>

OLIVEIRA, C. B. M.; ROZENFELD, H. (1997). Desenvolvimento de um módulo de FMEA num sistema comercial de CAPP. (CD ROM). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., Gramado, 1997. Anais. Porto Alegre, UFRGS. (t :662).

Anexo A – ÍNDICES DO FMEA

Para o FMEA na linha de produção, são necessários alguns critérios para o cálculo do RPN:

Severity					
Effect	Critério: Efeito da Severidade Este ranking resulta quando um modo de falha potencial resulta em um defeito para o cliente final e/ou para planta de manufatura/montagem. O cliente final deve sempre ser considerado primeiro. Se ambos ocorrer, usar o alto para a alta as duas severidades. (Efeito no Cliente)	Critério: Efeito da Severidade Este ranking resulta quando um modo de falha potencial resulta em um defeito para o cliente final e/ou para planta de manufatura/montagem. O cliente final deve sempre ser considerado primeiro. Se ambos ocorrer, usar o alto para a alta as duas severidades. (Efeito na Manufatura/Montagem)	Ranking	Exemplos de Severidade para GA: Itens adicionais considerar quando determinar a Severidade	GCA
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental sem aviso prévio	Ou falha pode causar risco ao operador (máquina ou montagem) sem aviso prévio.	10	Diretamente relacionado a segurança humana, potencial para causar a perda de controle do veículo ou lida diretamente com acidente. Ex. Falha no sistema de direção ou freio.	50
Perigoso com aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental com aviso prévio	Ou falha pode causar risco ao operador (máquina ou montagem) com aviso prévio.	9	Indiretamente relacionado com a segurança humana, tem impacto na segurança do ocupante em um eventual acidente. Ex. Conector do Airbag NOK - airbag não abre em um eventual acidente. Etiqueta do VIN local incorreto label incorrect stamping leading to a campaign.	50
Muito Alto	Veículo/item inoperável, com perda das funções primárias	Ou 100% do produto pode ser descartados, ou veículo/item reparado na área de reparação com tempo de reparo maior do que 1 hora.	8	Falha "Walk Home". Cliente muito insatisfeito "Plant disruption (Definição global)" / Parada de Linha de Produção > 20 minutos de parada. Defeito sempre requererá reparação "off line" Top 20 CPV de Total de Veículos na Garantia Ex. Conexão elétrica NOK - veículo não dá partida ou o motor pára.	50
Alto	Veículo/item operável, mas com nível de desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.	Ou produto pode ser classificado ou uma porção (menor do que 100%) descartada, ou veículo/item reparado na área de reparação com tempo de 30 minutos a 1 hora.	7	Inclui ruídos visíveis, inclui funções não vitais Cliente insatisfeito - Quase todos os clientes retornarão com o veículo para reparo na garantia. "Plant disruption (Definição global)" / Prada de linha de produção < 20 minutos, Warranty Top 20 CPV SMT Ex. Ajuste do retrovisor externo inoperante. Teto-solar com vazamento de água. Ruído irritante em todas condições de condução.	10
Moderado	Veículo/item operável, mas com item(s) de Conforto/Conveniência inoperável(is). Cliente sente desconforto	Ou a porção (menor do que 100%) do produto pode ser descartada sem classificação, ou o item reparado na área de reparação com tempo menor do que 1 hora.	6	Desconforto para o cliente. 50 - 80% dos clientes retornariam para um reparo em garantia. Item Conveniente inoperante. "Plant disruption (Definição global)" 100% de reparos ou inspecionando "on line" fora do takt time. Top 20 IPTV Total de Veículos na garantia. Ex. Intermitência, ruído altosob algumas condições de condução. Dome lamp inoperante. Esforço no fechamento do porta malas.	10
Baixo	Veículo/item operável, mas com item(s) de Conforto/Conveniência operável(is) com nível de desempenho reduzido. O cliente sente alguma insatisfação.	Ou 100% de produtos pode ser retrabalhado, ou veículo/item reparado "off line", mas não vai para área de reparo.	5	~ 50% de clientes retornariam para reparo em garantia. Pequeno "disruption" para linha de produção e impacta Grupo de Trabalho. POderia ser reparado "Offline". Top 20 IPTV SMT de Garantia Ex. Sujeira na pintura no cofre.	10
Muito Baixo	Itens: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não conforme. Defeito notado pela maioria dos clientes (maior que 75%).	Or product may have to be sorted, with no scrap, and a portion (less than 100%) reworked.	4	Defeito reclamado por muitos clientes <20% retornariam para o reparo em garantia. Pequeno "disruption" para linha de produção e impacta Grupo de Trabalho. Reparo "Online" fora do takt time. Ex. Ajuste de Farol (Gap em V)	5/10

Menor	Itens: Forma e acabamento/Chiado e Barulho não-conforme. Defeito notado pela média dos clientes(50% de clientes).	Ou uma porção (menor do que 100%) de produtos pode ser retrabalhado, sem descarte, "Online" mas fora da estação.	3	Defeito reclamado por poucos clientes <10% retornariam para o reparo em garantia. Pequeno "disruption" para linha de produção e impacta Grupo de Trabalho. Reparo na estação "Online" no takt time Ex. Ajuste de portas (Desnível de porta sem ruído de vento)	5
Muito Menor	Fit and Finish/Squeak and Rattle item does not conform. Defect noticed by discriminating customers (less than 25%).	Ou uma porção (menor do que 100%) de produtos pode ser retrabalhado, sem descarte, "Online" mas na estação.	2	Defeito reclamado por clientes dicriminadores. Menor "Disruption" para a linha de produção mas contido na Estação de Operação no takt time. Ex. Sujeira na pintura no fechamento do porta-malas.	1
Nenhum	Nenhum efeito discriminador.	Ou ligeiramente inconveniente para a operação ou operador, ou nenhum efeito.	1	Nenhum efeito. Ex. Sujeira em pintura interior do cofre.	1

Ocorrência

Ranking	Probabilidade de Falha	Taxa de Falhas Prováveis (por mil peças)	Partes por Milhão (PPM)	Ppk	Escalada de Taxa de Linha - Exemplo para uma produção Trimestral	Escala para Taxa de linha - Entre com o volume Diário	Porcentagem da produção
					15750	250	
10	Muito Alta: Falhas Persistentes	≥ 100	> 100000	< 0.55	1575	25	10%
9		50	50.000	≥ 0.55	787,5	12,5	5%
8	Alta: Falhas Frequentes	20	20.000	≥ 0.78	315	5	2%
7		10	10.000	≥ 0.86	157,5	2,5	1%
6	Moderada: Falhas Ocasionais	5	5.000	≥ 0.94	78,75	1,25	0,50%
5		2	2.000	≥ 1.00	31,5	0,5	0,20%
4		1	1.000	≥ 1.10	15,75	0,25	0,10%
3	Baixa: Falhas de pouca Relevância	0,5	500	≥ 1.20	7,875	0,125	0,05%
2		0,1	100	≥ 1.30	1,575	0,025	0,01%
1	Remota: Falha é improvável	≤ 0.01	≤ 10	≥ 1.67	0,1575	0,0025	0,001%

Detecção

Ranking	Detecção	Critério	Tipo de Inspeção:			Suggested Range of Detection Methods	GA Exemplos
			Prova de Erro	Calibração	Inspeção Manual		
10	Absoluta Incerteza	Certeza absoluta de não detecção.			X	Não pode detectado ou não é checado	
9	Muito Remoto	Controle provavelmente não detectará.			X	Controle é feito de forma indireta Indirect or random checks only.	
8	Remoto	Controle tem pobre chance de detecção.			X	Controle é feito somente com inspeção visual.	Documentado a Verificação da Especificação de Qualidade no Trabalho Padronizado.
7	Muito Baixo	Controle tem pobre chance de detecção.			X	Controle é feito somente com dobro de inspeção visual.	Documentado a Verificação da Especificação de Qualidade no Trabalho Padronizado de dois operadores(segundo operador ou Estação de Verificação)
6	Baixo	Controle pode detectar.		X	X	Controle é feito com métodos gráficos, como CEP (Controle Estatístico do Processo).	Ferramentas Pneumáticas - verificação diária, Testemunha marca na peça instalada, Witness mark on installed part, Verificação Tátil
5	Moderado	Controle pode detectar.		X		Controle é feito com base na variação da calibração depois das peças deixarem a estação, ou a calibração Ir/ Não Ir em 100% de peças depois das peças deixarem a estação.	Teste de Infiltração de Água 100% Online, Teste sniffer Online A/C, Verificação dos conectores elétricos (Apertar/ Puxar), Teste de Ruído em 100%, 100% Click wrench
4	Moderadamente Alto	Controle tem boa chance de detectar.	X	X		A detecção de erros em operações subsequentes, ou na calibração de configuração e na primeira peça checada (pra causa de configuração somente).	Brake system checks - air decay, Vision system in subsequent teams, Gauging performed on setup and first-piece check for capable processes only
3	Alto	Controle tem boa chance de detectar.	X	X		Erro de detecção na estação, ou erro de detecção em operação subsequentes por multiplas camadas de aceitação: fornecer, selecionar, instalar, verificar. Não pode aceitar peça discrepante.	Ferramenta de Torque com controle elétrico não ligado a parada de linha, Scanner não ligado a parada de linha, Sistema Vision dentro da equipe, within team, Barreira de Luz, Verificar o DVT por função , Operador subsequente não poder realizar a tarefa
2	Muito Alta	Controle quase certo de detecção.	X	X		Erro de detecção na estação (calibração automática com característica de parada automática). Não pode passar peça discrepante.	Ferramenta de Torque com controle elétrico não ligado a parada de linha, Scanner não ligado a parada de linha, Barreira de Luz com parada de linha, Alinhamento de rodas
1	Quase certamente	Controle certo de detecção.	X			Não se pode produzir peças discrepante porque item tem prova de erro pelo projeto do processo/produto.	

Anexo B – FMEA ESTUDO DE CASO

O FMEA para a operação de montagem do painel do teto da caminhonete.
Análise de cada critério para a operação da montagem do painel do teto:

Process FMEA PROCESS FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS											
Description: PROC. DE POSICIONAR TETO Model Year(s): CD LD/LD Vehicle: MVA S10 Core Team: LEANDRO/ ZAMITH / VALDINEI / RAPHAEL						Process Responsibility: LEANDRO/ ZAMITH Key Date: 20/01/2011		FMEA Number: PFMEA-8 Prepared By: LEANDRO/ ZAMITH FMEA Date (Orig.): 20/01/2011 Revision Date: 20/01/2012			
Process Step #	Dept # and Sect #	Process Function/Req.	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	S E V	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	O C C	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	D E T	R P N
1	ESTRUTURAÇÃO	ENCAXAR PAINEL TRASEIRO NA UNIDADE	FALTANTE	PERDA DE PRODUÇÃO (RETRABALHO)	5	OPERACIONAL	1			10	50
2	ESTRUTURAÇÃO		DANIFICADA	PERDA DE PRODUÇÃO (RETRABALHO)	6	OPERACIONAL	1			10	60
3	ESTRUTURAÇÃO		DESLOCADA	PERDA DE PRODUÇÃO/ (VARIAÇÃO DIMENSIONAL)	6	OPERACIONAL	1			10	60
4	ESTRUTURAÇÃO	POSICIONAR ALICATE NA UNIDADE	DESLOCADA	RETRABALHO VARIAÇÃO DIMENSIONAL	6	OPERACIONAL	1		DISPOSITIVO LOCALIZADOR (#5 ESTRUTURAÇÃO)	3	18
5	ESTRUTURAÇÃO	APLICAR 2 PONTOS DE SOLDA NA TRAVESSA TRASEIRA LD"	PONTOS FALTANTES	FRAGILIZA A ESTRUTURA (RUIDO)	9	OPERACIONAL	1			10	90
6	ESTRUTURAÇÃO		EXCESSO DE PONTOS	FRAGILIZA A ESTRUTURA (TRINCAS)	9	OPERACIONAL	1			10	90
7	ESTRUTURAÇÃO		PONTOS SOLTOS	FRAGILIZA A ESTRUTURA (RUIDO)	9	OPERACIONAL	1			10	90

8	ESTRUTURAÇÃO				9	EQUIPAMENTO MAQUINA DE SOLDA PONTO (CMP10066/89)	1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA MP:21020004		10	90
9	ESTRUTURAÇÃO		PONTOS COM REBARBA	RETRABALHO (RUIDO)	9	OPERACIONAL	1			10	90
10	ESTRUTURAÇÃO				9	EQUIPAMENTO MAQUINA DE SOLDA PONTO (CMP10066/89)	1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA MP:21020004		10	90
11	ESTRUTURAÇÃO		PONTOS FURADOS	FRAGILIZA A ESTRUTURA (RUIDO)	9	OPERACIONAL	1			10	90
12	ESTRUTURAÇÃO				9	EQUIPAMENTO MAQUINA DE SOLDA PONTO (CMP10066/89)	1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA MP:21020004		10	90
13	ESTRUTURAÇÃO	APLICAR 4 PONTOS DE SOLDA NA TRAVESSA TRASEIRA LD"	PONTOS FALTANTES	FRAGILIZA A ESTRUTURA (RUIDO)	9	OPERACIONAL	1			10	90
14	ESTRUTURAÇÃO		EXCESSO DE PONTOS	FRAGILIZA A ESTRUTURA (TRINCAS)	9	OPERACIONAL	1			10	90
15	ESTRUTURAÇÃO		PONTOS SOLTOS	FRAGILIZA A ESTRUTURA (RUIDO)	9	OPERACIONAL	1			10	90
16	ESTRUTURAÇÃO				9	EQUIPAMENTO MAQUINA DE SOLDA PONTO (CMP10066/89)	1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA MP:21020004		10	90
17	ESTRUTURAÇÃO		PONTOS COM REBARBA	RETRABALHO (RUIDO)	9	OPERACIONAL	1			10	90
18	ESTRUTURAÇÃO				9	EQUIPAMENTO MAQUINA DE SOLDA PONTO (CMP10066/89)	1	MANUTENÇÃO PREVENTIVA MP:21020004		10	90
19	ESTRUTURAÇÃO		PONTOS FURADOS	FRAGILIZA A ESTRUTURA (RUIDO)	9	OPERACIONAL	1			10	90

