

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JÚLIA DE ASSIS MARTINI**

**ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA DO PROCESSO DE  
VULCANIZAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2**

**PONTA GROSSA**

**2017**

**JÚLIA DE ASSIS MARTINI**

**ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA DO PROCESSO DE  
VULCANIZAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia

**PONTA GROSSA**

**2017**



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ**  
**CÂMPUS PONTA GROSSA**  
Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção



## **TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC**

**ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA DO PROCESSO DE VULCANIZAÇÃO  
EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

por

*Júlia de Assis Martini*

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 20 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Juan Carlos Claros Garcia**  
Prof. Orientador

**Prof. Fábio Neves Puglieri**  
Membro titular

**Prof. Ana Maria Bueno**  
Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

## RESUMO

MARTINI, Júlia de Assis. **Análise dos modos e efeitos de falha do processo de vulcanização em uma indústria automotiva**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso 2 – Bacharelado em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

A confiabilidade na qualidade do produto por parte dos clientes pode ser o grande diferencial das empresas em busca do sucesso no mercado. Todos os envolvidos no processo buscam, de diferentes maneiras, eliminar ou reduzir as falhas que interferem na qualidade final. A engenharia de produção possibilita a aplicação de suas ferramentas de forma inteligente a agir de forma positiva nos resultados produtivos da empresa. Neste estudo, foram aplicadas ferramentas da Engenharia de Produção para a análise do processo de vulcanização em uma indústria automotiva. Primeiramente, foi realizado o Mapeamento dos Processos para conhecimento dos setores e operações, então a Análise de Processos Críticos por Especialistas para determinação da área a ser estudada, e com dados coletados, aplicou-se o FMEA. Com o resultado obtido, foram identificadas falhas críticas do processo e propostas soluções para a minimização das falhas.

**Palavras-chave:** Análise de falhas. Mapeamento de processos. Melhoria contínua.

## ABSTRACT

MARTINI, Júlia de Assis. **Analysis of the modes and failure effects of vulcanization process in an automotive industry.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso 2 – Bacharelado em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Reliability in the quality of the product by the customers can be great difference of the companies in search of success in the market. All involved in the process seek, in different ways, eliminate or reduce as failures that interfere with the final quality. Production engineering enables you to intelligently apply your tools to act positively on your company's bottom line. In this study, tools of the Production Engineering were applied for an analysis of the vulcanization process in an automotive industry. First, the Process Mapping was carried out for the knowledge of the sectors and the operations, then a Critical Process Analysis by Experts for the determination of the studied area, and with the data collected, the FMEA was applied. With the result obtained, were identified critical process failures and proposed solutions were to minimize failures

**Keywords:** Failure analysis. Mapping processes. Continuous improvement.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Exemplo de cálculo do risco.....	22
Tabela 2 - Priorização das falhas.....	36

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 OBJETIVOS.....	9
1.1.1 Objetivo Geral.....	9
1.1.2 Objetivos Específicos.....	9
1.2 JUSTIFICATIVA.....	9
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	10
<b>2 REVISAO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
2.1 DEFINIÇÃO E TIPOS DE FALHAS .....	11
2.2 PROCESSOS.....	12
2.2.1 Definições – Componentes de Processos	
<b>Erro! Indicador não definido.</b>	
2.2.2 Detecção de Falhas .....	15
2.3 DEFINIÇÃO DE FMEA.....	16
2.4 APLICAÇÃO E ANÁLISE DO MÉTODO FMEA .....	19
2.4.1 Pontos importantes do FMEA .....	23
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	25
3.1.1 Quanto a sua natureza .....	25
3.1.2 Quanto à abordagem do problema .....	25
3.1.3 Quanto aos procedimentos técnicos.....	25
3.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA .....	26
3.3 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	26
<b>4 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>27</b>
4.1 MAPEAMENTO DOS PROCESSOS .....	27
4.1.1 Início .....	27
4.1.2 Extrusora .....	27
4.1.3 Moinho Aberto de Cilindros - MAC.....	27
4.1.4 Calandra .....	28
4.1.5 Confecção.....	28
4.1.6 Varal .....	28
4.1.7 Prensa Cabos .....	28
4.1.8 Prensa Têxtil.....	29
4.1.9 Prensa Rotocure .....	29
4.1.10 Inspeção... ..	30
4.1.11 Acabamento e expedição .....	30
4.2 ANÁLISE DO PROCESSO CRÍTICO POR ESPECIALISTAS .....	30
4.3 FMEA .....	30
4.3.1 Análise das falhas.....	31
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSOES .....</b>	<b>33</b>

<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A metodologia de Análise dos Modos e Efeitos de Falha (FMEA), do inglês *Failure Mode and Effect Analysis* é uma ferramenta amplamente utilizada que, a princípio, busca por meio da análise de falhas potenciais, antecipar e evitar que ocorram falhas no processo ou produto.

Apesar de o FMEA ser uma ferramenta requisitada no desenvolvimento de novos produtos, é possível a aplicação do FMEA em processos já existentes pois é uma das ferramentas mais importantes e utilizadas para melhorar a confiabilidade de um produto (FERREIRA e TOLEDO, 2001), diminuindo a probabilidade de falha no processo ou produto e aumentando a garantia de funcionamento do produto em período pré-determinado, em condições adequadas de operação.

A confiabilidade do produto é essencial para a satisfação do cliente, pois as falhas podem gerar altos danos de produtividade que refletem negativamente em todas as outras áreas da empresa. Conforme Fogliatto e Ribeiro (2009), a confiabilidade e a qualidade estão inter-relacionadas no processo produtivo.

A análise FMEA pode ser classificada em vários tipos, entre eles, o FMEA de produto e FMEA de processo são os mais conhecidos, diferenciando-se apenas quanto ao objetivo. Na FMEA do produto são estudadas as falhas que possam ocorrer dentro das especificações do projeto do produto, e a FMEA de processo considera as falhas no planejamento e execução de processo. Neste estudo, focaremos apenas no FMEA de processo.

O FMEA é uma metodologia ideal para identificar os possíveis modos de falha para um produto ou processo, avaliar o risco associado a esses modos de falha e priorizar as ações corretivas, além de identificar e executar ações necessárias para a correção das falhas encontradas.

Visto isso, neste estudo foi utilizado a análise FMEA para melhoria das falhas de processo encontradas no processo de vulcanização em uma indústria automotiva. As falhas, que podem acontecer em qualquer etapa do processo, prejudicam a vazão do produto final pois demandam muito tempo de reparos. O gargalo na etapa de inspeção para realização dos reparos pode afetar diretamente o faturamento da empresa, deste modo, quanto menor o índice de falhas do processo, melhor a qualidade do produto e fluidez do produto final.

Quando identificadas as falhas mais prejudiciais, ações de melhoria podem ser tomadas.

Neste estudo, foi identificado a necessidade da eliminação ou redução das falhas de processo existentes na produção de correias transportadoras. Reduzindo as falhas de processo a vazão de correias é maior pois as correias não necessitam da realização reparos na linha de inspeção, que se torna o gargalo em muitos períodos do mês. Desta forma, o faturamento da empresa é garantido, pois todas as correias programadas terão a destinação ao cliente na data correta.

## OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Aplicar a análise FMEA no processo de vulcanização em uma indústria automotiva.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar o processo produtivo da empresa em questão;
- Encontrar pontos críticos do processo;
- Utilizando a ferramenta FMEA analisar as falhas de processo encontradas;
- Propor sugestões de melhoria a partir dos dados coletados.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

As organizações que buscam excelência no processo de gestão de falhas almejam continuamente a redução e eliminação das falhas que estão inerentes aos seus produtos e serviços (SLACK et al, 1997).

A vantagem competitiva é uma constante preocupação dos estrategistas de grandes empresas, que buscam a harmonização de todas as áreas da empresa, para que em conjunto, possam atingir ou ultrapassar as metas e ter resultados além do esperado.

Apesar das cobranças de produtividade, questões relacionadas à segurança e qualidade estão sempre em primeiro lugar. Não há bom resultado se essas duas áreas não estiverem dentro dos padrões.

Neste estudo será contemplada uma discussão voltada à qualidade. Nunes (2001) atenta-se para o fato de que os padrões de qualidade, tanto nos serviços quanto nos produtos, passaram a ser extremamente exigentes e a análise das falhas representaram, em muitos casos, a garantia de sucesso das empresas.

Segundo Helman e Andrey (1995), a necessidade cada vez maior em melhorar a qualidade de produtos e serviços e a satisfação dos clientes tem

popularizado vários métodos e técnicas. Estas ferramentas têm como objetivo melhorar a confiabilidade de produtos ou processos, ou seja, aumentar a probabilidade de um item desempenhar sua função sem falhas

Neste cenário, as empresas buscam profissionais capacitados de analisarem amplamente o processo, atentando-se às condições internas e externas, podendo identificar os problemas e propondo soluções inteligentes. O profissional da engenharia de produção é capaz de utilizar diferentes ferramentas para identificar, modificar, padronizar, e de forma geral, melhorar os processos já existentes.

Para execução deste estudo, partiu-se da necessidade de redução das falhas de processo encontradas em uma indústria do setor automotivo utilizando o FMEA.

Para a implementação da ferramenta, é necessário que se tenha conhecimento do processo, pois a causa raiz da falha pode estar em outro posto do processo. Para este estudo, foi proposto o Mapeamento de Processos para identificação e análise do processo, e então, foi realizada a Análise dos Processos Críticos por Especialistas (APCE) para identificação do local a ser aplicado a análise FMEA.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em 6 Capítulos. O Capítulo 1 apresenta o objetivo geral, os objetivos específicos e a justificativa deste trabalho. O Capítulo 2 traz a revisão bibliográfica referente à definição de falhas, definição da Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA), sua aplicação, benefícios, desenvolvimento e análise. A metodologia é apresentada no Capítulo 3 e define a finalidade, abordagem, objetivo e classificação da pesquisa, e também como será feito o desenvolvimento. O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento da pesquisa e no Capítulo 5 é apresentado resultados e discussões e, por fim, a Conclusão encontra-se no Capítulo 6.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo revisa os principais pontos referentes à definição de falhas, métodos utilizados para detecção e ferramentas utilizadas para análise das falhas de processo encontradas no estudo.

### 2.1 DEFINIÇÃO E TIPOS DE FALHAS

Segundo Slack et al. (2002), nenhum processo produtivo é inatingível quando se fala em falhas, porém, em algumas situações é essencial que os produtos e serviços não falhem, pois podem acarretar em grandes prejuízos para diversas áreas da empresa.

As falhas ocorrem em diversos setores do nosso dia-a-dia, alguns extremamente críticos, como em casos relacionados à saúde, outros que afetam momentaneamente, como as falhas em serviços públicos ou privados, entre tantos outros, e há também as falhas presentes na indústria, podendo ou não afetar o cliente final, esta que trataremos neste estudo.

No caso da indústria, os responsáveis pelas análises dos processos e melhoria devem identificar e diferenciar as falhas presentes.

Para Rausand e Oien (1996), a falha é o fim da habilidade de um item de executar sua função exigida.

Fagundes & Almeida (2004) traz uma diferenciação entre falha e defeito. Sendo falha “toda alteração física ou química no estado de funcionamento do equipamento que impede o desempenho de sua função requerida e o leva invariavelmente à indisponibilidade” e defeito “toda alteração física ou química no estado de funcionamento de um equipamento que não o impede de desempenhar sua função requerida, podendo o mesmo operar com restrições”.

As empresas buscam constantemente a redução ou eliminação de falhas, há processos em que falhas são inaceitáveis, mas em outros casos, a tratativa adequada dada à falha encontrada é essencial para garantir vantagem competitiva do produto

ou processo em questão, garantindo ao cliente final, completa satisfação na utilização de seu produto e a confiabilidade da qualidade da empresa.

Sendo processo, um conjunto de atividades e etapas que em conjunto, transformam o insumo de entrada no produto final com valor agregado, as falhas de processos interferem diretamente na qualidade final do produto, prejudicando as metas da empresa.

O melhoramento da produção busca formas de prevenir que as falhas ocorram, buscando combater as causas de perdas e falhas no processo produtivo. Além disso, trata de maneiras de se recuperar caso algumas falhas ocorram no decorrer do processo (Slack, 1997).

Dentre as principais falhas de processo catalogadas por Rodrigues (2004) estão as falhas prematuras ou de partida, ocorrem no período inicial de operação do processo e tem relação direta com a adaptação dos equipamentos, capacitação dos operadores, falta de maturidade na gestão do processo ou falta de informação sobre a atividade. Nesta etapa, a taxa de falhas deve ser decrescente.

As falhas aleatórias ou casuais, ocorrem no período de plena operação do processo e estão relacionadas a diversas causas aleatórias, que podem ser de natureza técnica, operacional e humana. Nesta fase, para que o processo seja eficaz, a taxa de falhas deve apresentar valor mínimo constante.

E por fim, as falhas por desgaste, que ocorrem pelo desgaste do processo devido ao tempo de utilização e de sua vida útil. Seu desgaste pode ser antecipado devido à manutenção não adequada ou a falta dela, o que causará envelhecimento, fadiga ou desgaste nos equipamentos, ou até mesmo problemas de gestão.

O controle de falhas imprime diretamente indicadores da empresa e controles de desempenho, alinhando com as diretrizes estratégicas da organização.

## 2.2 PROCESSOS

Segundo Pinho et al. (2006), a visão do processo permite uma melhor identificação das falhas, uma vez que o entendimento do desencadeamento das atividades do processo dá à empresa uma compreensão mais clara das tarefas executadas no negócio.

Visto que falhas são inerentes ao processo, os responsáveis pela produção devem contar com mecanismos que garantam a detecção das falhas assim que possível.

### 2.2.1 Definições – Componentes de Processos

Segundo Jacobs (2012), os processos de produção são utilizados para todos os materiais que conhecemos, para o autor, os processos podem ser divididos em três etapas, a primeira, é a aquisição de insumos que serão utilizados, a segunda etapa é a fabricação, e a terceira e última, o envio ao cliente.

Esta definição é simplória vista da complexidade de uma cadeia de suprimentos, esta que para Furlanetto (2002) é considerada uma rede de sistemas de manufatura e distribuição que transforma a matéria prima em produtos intermediários ou acabados, e os distribui aos consumidores, dependendo do produto em questão, a cadeia de suprimentos necessita do auxílio de terceiros, ou até produtores estrangeiros (Jacobs, 2012).

Dentro desta cadeia, existem muitos processos que interligam as áreas da indústria, para este estudo, deixaremos para outra oportunidade de estudo entre as áreas e focaremos apenas no processo produtivo em questão.



**Figura 1: Etapas da Produção. Adaptado de Administração de Operações e Cadeia de Suprimentos (Jacobs, 2012).**

A figura 1 imprime a sequência que deve obedecida para que o processo seja realizado, uma etapa não pode adiantar-se ou sobrepor-se à outra.

Jacobs (2012) também salienta da importância do processo para determinação de estratégias de produção, como ferramental, layout, operacional, etc. As fábricas devem ser organizadas de modo a atender ao fluxo e garantir que o processo seja contínuo.

### 2.2.2 Detecção de Falhas

Segundo Slack (1997), há formas eficientes de procurar falhas no processo, como:

- Diagnósticos no processo – os colaboradores verificam que o serviço é aceitável durante o próprio processo.
- Diagnóstico de máquina – uma máquina é testada fazendo ela passar através de uma sequência pré determinada de atividades para identificar possíveis falhas.
- Entrevistas na saída – no final do expediente, os colaboradores podem realizar anotações que facilitam a detecção de futuros problemas.
- Grupos focados – grupos de clientes que podem realizar visitas identificando possíveis pontos de falhas de processo.

Juntamente com o apoio operacional de detecção, outras ferramentas devem ser utilizadas de maneira mais profunda para auxiliar na detecção das falhas.

Para conhecimento das atividades que constituem o processo como entradas, saídas, fornecedores e clientes, entre outros, o mapeamento de processos é uma ferramenta que tem a finalidade de clarear o entendimento das mesmas a fim de melhorar o processo já existente ou implantar uma nova estrutura de processos. (VILLELA, 2000).

Existem diferentes mapas de processo, com diferentes características e abordagens. Neste estudo, será utilizado o flowchart. As definições são baseadas na publicação de Damélio (2011) e são apresentadas a seguir.

#### 2.2.2.1 Flowchart (Fluxograma)

Um fluxograma é uma representação gráfica da sequência de passos que compõem um processo e pode ser utilizado para identificação dos pontos críticos do processo. Quanto maior a complexidade do fluxograma, maior sua utilidade, maior o nível de detalhamento e entendimento do fluxo do processo. O fluxograma permite identificar e analisar cada estágio do fluxo do processo. (Slack, 1997).



Sendo uma das ferramentas mais conhecidas, o fluxograma é muito utilizado, com eficiência, pelas indústrias para a melhoria dos processos, pois inclui todos os processos passíveis de melhoria e identifica as perdas no processo e as atividades que não geram ganho para a empresa.

Damélio (2011) definiu os seguintes passos para a realização do flowchart:

- 1) Definir os limites dos processos
- 2) Manter o fluxo do processo da esquerda para direita, e de cima para baixo
- 3) Fazer uso de todos os símbolos necessários
- 4) Manter os símbolos na mesma distância um dos outros para facilitar o entendimento
- 5) Deve-se evitar que as setas se cruzem
- 6) Certificar que as saídas estão corretamente classificadas

### 2.2.3 Análise de Processos Críticos por Especialistas

Para Medori e Steeple (2006), as organizações adotam ou desenvolvem métricas apropriadas com base em determinados critérios para se medir a eficácia dos processos, tais métricas geralmente são expressas por meio de indicadores previamente formulados e desenvolvidos de acordo com as características e necessidades do processo.

As medições de desempenho de cada etapa do processo, quando bem aplicadas e executadas, demonstram a performance de cada setor ou etapa, sabendo onde deve-se atacar de imediato.

De forma geral, as análises dos processos podem melhorar o desempenho organizacional e auxiliar na vantagem competitiva das empresas.

A análise dos processos críticos por especialistas (APCE) busca, no mapeamento de processos, as etapas influentes para a ocorrência de falhas, e o processo mais crítico.

Esta fase é importante para direcionar a análise de modos de falha, pois segrega o processo em sua criticidade. Os processos críticos são aqueles que resultam na ocorrência de falhas, podendo alterar o processo ou produto em suas características previstas, acarretando em diferentes prejuízos para a empresa (custos, produtividade, confiabilidade, etc.). Os processos que não são críticos, podem ser

reparados durante as etapas seguintes, porém, sem prejudicar a qualidade final do produto.

É aconselhável que esta análise seja realizada por uma equipe multifuncional, pois há pontos de vista técnicos que divergem quanto à classificação da falha, quanto mais ampla for a discussão, enriquece a análise e direciona-a de maneira inteligente.

### 2.3 DEFINIÇÃO DE FMEA

A Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA) é uma metodologia direcionada para a identificação de potenciais modos de falhas por meio da avaliação de riscos, para um produto ou processo antes que os problemas ocorram. A maneira ideal de aplicação seria antes do produto entrar no mercado, na fase de desenvolvimento do processo, porém, a aplicação desta ferramenta em processos já existentes também resulta em visíveis benefícios.

Segundo Yang et al. (2006), a ferramenta FMEA pode ser entendida como uma metodologia sistemática que permite identificar as potenciais falhas de um sistema, projeto e/ou processo, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos associados, antes que tais falhas aconteçam. O objetivo é eliminar os modos de falha ou reduzir os riscos associados.

Conforme Helman & Andery (1995), a FMEA é usada para identificar todos os possíveis modos potenciais de falhas e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio basicamente dedutivo.

Segundo Stamatis (2005) existem 4 tipos de FMEA mais utilizados. São eles:

1. FMEA de sistema (*System FMEA*) – Usado para analisar sistemas e subsistemas do início do desenvolvimento do conceito e do projeto. Um FMEA de sistema foca nos modos de falha potenciais, causados por deficiências do sistema ou das funções dos sistemas. Nas análises são incluídas interações entre sistemas e elementos (subsistemas) de um sistema;

2. FMEA de produto (*Design FMEA – DFMEA*) – Usado para analisar produtos antes de sua liberação para fabricação. Um DFMEA foca em modos de falha causados por deficiências de projeto do produto;
3. FMEA de processo (*Process FMEA - PFMEA*) – Usado para analisar processos de fabricação e montagem. Um PFMEA é focado em modos de falha causados por deficiências de processo de fabricação ou montagem.
4. FMEA de Serviço (*Service FMEA*) – Usado para analisar serviços antes de eles chegarem ao consumidor. Um FMEA de serviço foca em modos de falha causados por deficiências do sistema ou do produto.

A análise de risco é a principal componente do FMEA. Esta análise fornece uma abordagem estruturada ajudando a equipe envolvida a priorizar os resultados antes de concluir a análise de riscos.

A equipe de aplicação do FMEA determina o efeito de cada falha e pontos potenciais de falha no processo ou produto, e se centra em três tipos tradicionais de análise: probabilidade de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D).

A severidade é, de acordo com Hecht (2004), uma análise quantitativa do impacto que a falha pode causar ao produto ou processo. A ocorrência, é a probabilidade com que um modo de falha pode ocorrer. (JUNIOR, SANT ANNA, 2010). E por fim, a detecção, que é uma estimativa da eficácia dos controles existentes em detectar as causas ou os modos de falhas antes de ocorrerem novamente. (DORNELES; MATSCHULAT; RODRIGUES, 2010)

Um risco, que é o resultado matemático dos valores atribuídos a cada componente, é um evento futuro que ameaça a realização completamente bem-sucedida do produto ou processo. Por outro lado, a análise certa é uma oportunidade de benefício potencial que pode afetar positivamente a empresa de alcançar suas necessidades técnicas, de custo, de cronograma, financeiras, entre outras.

O FMEA possui diversas definições semelhantes descritas por diferentes autores.

Para Stamatis (2002), o objetivo do FMEA é identificar ações corretivas necessárias para prevenir falhas, impedindo que estas atinjam os clientes, melhorando a confiabilidade, durabilidade e qualidade de um produto ou serviço. Para ele, um FMEA bom e consistente em identificar modos de falha conhecidos e potenciais, identificar causas e efeitos dessas falhas, priorizar as falhas de acordo

com o nível crítico da mesma e prover acompanhamento de problemas e das ações corretivas.

Pinho (2008) diz que o objetivo principal do FMEA é determinar os efeitos e consequências de falhas em sistema e equipamentos, saliente também que o FMEA é um método utilizado para busca de falhas potenciais durante a etapa de projeto de um produto ou serviço e consequente redução de custos com eventuais correções futuras.

Segundo Fernandes (2005), o FMEA é um método que, por meio de uma sequência lógica, avalia severidade de falhas, a forma como essas podem ocorrer e como serão detectadas e, tem como resultado a informação de como um sistema, produto ou processo está mais sujeito a falhas.

Outra opinião de Slack, Chambers e Johnston (2008), o FMEA é um método que tem como objetivo proporcionar análise de falhas, através de um checklist constituído de três perguntas chave: “qual é a chance de a falha ocorrer?”, “qual seriam os efeitos da falha se esta ocorresse?” e “qual é a chance que esta falha seja detectada antes que atinja o cliente?”. Os autores dizem ainda que, por meio de uma avaliação quantitativa dessas três questões, calcula-se Número de Prioridade de Risco (NPR), que serve como informação de quais falhas são mais críticas para o sistema.

Segundo Palady (1997), o FMEA é uma ferramenta para prognóstico de problemas e também um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados. É uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para identificação das soluções para prevenir problemas e mais eficaz em termos de custo. O mesmo ainda define o FMEA como um método estruturado para avaliação e condução de desenvolvimento de projetos e funciona como um diário dos projetos de desenvolvimento e melhoria dos produtos, processos e serviços.

Conforme Bastos (2006), a realização do FMEA do processo inicia-se a partir de um fluxograma de processo, o qual deve indicar as características do produto e do processo detalhado a cada operação.

## 2.4 APLICAÇÃO E ANÁLISE DO MÉTODO FMEA

Slack (1997) decompõe o FMEA nos seguintes passos:

Passo 1 – Identificar todas as etapas do processo produtivo.

Passo 2 – Listar todas as formas possíveis segundo as quais as etapas do processo poderiam falhar.

Passo 3 – Identificar os efeitos possíveis de falha.

Passo 4 – Identificar as causas possíveis das falhas para cada modo de falha.

Passo 5 – Avaliar a probabilidade de falha, a severidade dos efeitos de falha e a probabilidade de detecção.

Passo 6 – Calcular o número de prioridade de risco (RPN) multiplicando as três avaliações entre si.

Passo 7 – Instigar ação corretiva que irá minimizar falhas nos modos de falha que mostram um alto número de prioridade.

Como descrito anteriormente, para cálculo do risco no Método FMEA, os três componentes de análise são multiplicados para imprimir um valor de prioridade:

1) Severidade (S): A gravidade é descrita em uma escala de 10 pontos, em que 10 é o nível mais alto.

2) Ocorrência (O): Ocorrência é descrita em uma escala de 10 pontos, em que 10 é o nível mais alto.

3) Detecção (D): Detecção é descrita em uma escala de 10 pontos, em que 10 é o nível mais alto. Para este componente, quanto mais alta a nota, significa que maior a dificuldade de detecção, e quanto menor a nota, melhor é a detecção.

As tabelas 1, 2 e 3, elaboradas por Toledo (2012) mostram quais os parâmetros para determinação da nota do componente.

SEVERIDADE		
ÍNDICE	SEVERIDADE	CRITÉRIO
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorreu
2	Pequena	Ligeira deteriorização no desempenho com leve descontentamento do cliente
3		
4	Moderada	Deteriorização significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
5		
6		
7	Alta	Sistema deixa de funcionar e há grande descontentamento do cliente
8		
9	Muito Alta	Idem ao anterior, porém afeta a segurança.
10		

**Tabela 1: Determinação dos parâmetros de Severidade.**

Fonte: Toledo (2012).

OCORRENCIA			
ÍNDICE	OCORRENCIA	PROPORÇÃO	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk > 1,67
2	Pequena	1:20.000	Cpk > 1,00
3		1:4.000	
4	Moderada	1:1.000	Cpk < 1,00
5		1:400	
6		1:80	
7	Alta	1:40	
8		1:20	
9	Muito Alta	1:8	
10		1:2	

**Tabela 2: Determinação dos parâmetros de ocorrência.**

Fonte: Toledo (2012).

DETECÇÃO		
ÍNDICE	DETECÇÃO	CRITÉRIO
1	Muito Grande	Certamente será detectado
2		
3	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
4		
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6		
7	Pequena	Provavelmente não será detectado
8		
9	Muito Pequena	Certamente não será detectado
10		

**Tabela 3: Determinação dos parâmetros de detecção.**

**Fonte: Toledo (2012).**

O risco RPN (*Risk Priority Number*), é a multiplicação da severidade, ocorrência e detecção

$$(R = S \times O \times D) \text{ (MATOS; MILAN, 2009)}$$

A nota mínima de RPN pode ser de 1 ponto, enquanto a máxima pode chegar a 1000 pontos, pois para a análise, não é permitido a nota zero para nenhum dos componentes.

Mesmo com a nota final, representada pelo RPN, a análise deve ser feita de maneira cautelosa, de modo a identificar o componente que deve receber atenção prioritária.

Como na tabela 1, em 4 análises, foi obtida a mesma nota, porém, o plano de ação para resolução do problema deve ser diferente em cada caso.

Tabela 4 - Exemplo de cálculo do risco

	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Detecção (D)	RPN: SxOxD
Falha potencial 1	2	8	4	64
Falha potencial 2	8	2	4	64
Falha potencial 3	2	4	8	64
Falha potencial 4	8	4	2	64

Fonte: Autoria própria

Neste exemplo, as prioridades serão das falhas potenciais 2 e 4, pois obtiverem maior pontuação no componente severidade, mas a falha 4 tem maior ocorrência, as falhas 1 e 3 obtiveram a mesma pontuação para severidade, porém a falha 1 tem maior ocorrência do que a 4. Deste modo, a priorização das falhas para este exemplo ficou:

- Primeira prioridade: Falha Potencial 4
- Segunda prioridade: Falha Potencial 2
- Terceira prioridade: Falha Potencial 1
- Quarta prioridade: Falha Potencial 3.

O método desenvolve um esquema que atribui um valor baseado na situação real da falha. Cada análise é uma maneira inteligente de separar e filtrar os dados coletados, de modo a obter uma imagem clara da situação atual podendo priorizar os casos que requerem uma ação corretiva.

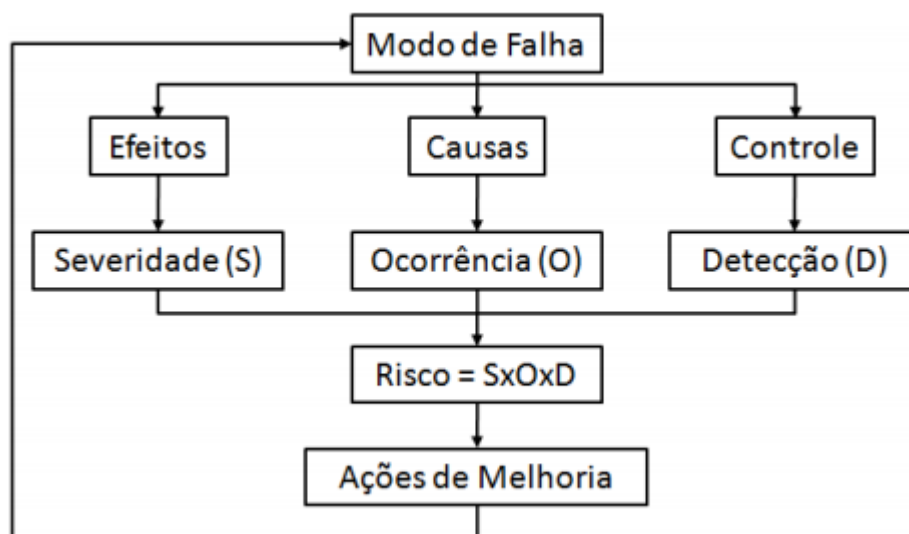


Figura 2: Correlação entre os elementos da análise FMEA.

Fonte: Carpinetti (2010).



Na figura 2, Carpinetti mostra uma forma simplificada de entender o método FMEA composta por três etapas: identificação das falhas e definição de prioridades, planos de ação para eliminação das falhas e análise das falhas após implementação das ações propostas.

#### 2.4.1 Pontos importantes do FMEA

O modo de falha potencial é a lacuna a qual o processo pode falhar e não atingir os requisitos básicos e intenções do projeto. Os modos de falha devem ser traduzidos dos sintomas perceptíveis pelos clientes para termos técnicos, a fim de aprimorar a análise e buscar a causa raiz do problema. (Lipol, 2011).

Para Palady (2007), a causa potencial da falha é definida em como e quando a falha pode ocorrer, e descrita em situações que esta pode ser corrigida ou controlada dentro de qualquer instância do projeto antes desta ocorrer.

Franceschini (2001) ressalta que com a aplicação do FMEA, a concepção dos produtos e processos é melhor desenvolvida, melhora a confiabilidade, a qualidade e a segurança, o que impacta diretamente na satisfação dos clientes. Com o desenvolvimento da ferramenta, é possível aplicar também outros conceitos da engenharia de produção, como por exemplo o Lean Manufacturing, podendo reduzir processos sem valor agregado.

Os benefícios de custo associados ao FMEA geralmente estão ligados à capacidade de reconhecer potenciais modos de falha com antecedência ao processo, quando são menos custosos para serem tratados. (Lipol, 2006). Outra vantagem contábil acontece quando são encontradas melhorias no processo diminuindo o custo da produção ou da garantia do produto.

O FMEA pode não ser tão eficaz para o sistema por tratar problemas pontuais, por isso a sua combinação com outras ferramentas da qualidade, que abranjam a visão do processo é interessante para a análise final.

Outro ponto citado por Wang, Chin, Poon and Yang (2009) é o valor encontrado no resultado da multiplicação dos fatores. A análise pode ser direcionada para outro sintoma que não o mais grave devido à combinação da multiplicação dos

fatores. O FMEA exige um conhecimento prévio do processo em questão para que a priorização das falhas possa ser feita de maneira inteligente.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O foco principal desta pesquisa é a análise do processo produtivo de uma indústria do setor automotivo, de modo a identificar as falhas em potencial do processo. O desenvolvimento do Referencial Teórico baseou-se em estudos prévios, baseados principalmente em livros e artigos.

Nesta etapa, são apresentadas as classificações da pesquisa quanto à sua natureza, abordagem do problema e procedimentos técnicos.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

##### 3.1.1 Quanto a sua natureza

A pesquisa é considerada de natureza aplicada, pois o intuito é a aplicação prática da solução encontrada a partir dos dados que foram coletados e tratados.

##### 3.1.2 Quanto à abordagem do problema

A pesquisa tem caráter exploratória, pois conta com o referencial teórico previamente apresentado e os dados cedidos pela empresa, a fim de encontrar a melhor solução para a problemática apresentada e resolvê-la em conjunto com a geração de conhecimento técnico.

##### 3.1.3 Quanto aos procedimentos técnicos

Como procuramos compreender, explorar e descrever falhas encontradas no processo, e assim encontrar uma solução integrada para a temática apresentada, a pesquisa é classificada como um estudo de caso

### 3.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Este trabalho será aplicado em uma indústria do setor automotivo, localizada na cidade de Ponta Grossa, no interior do estado do Paraná, a empresa é uma unidade de muitas existentes por todo o mundo. De origem alemã, a sede é localizada em Hannover.

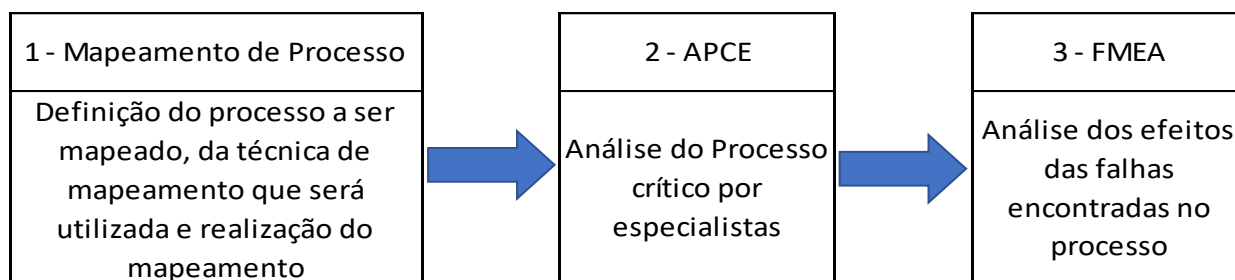
A unidade em que o estudo foi realizado, iniciou suas atividades em 2011. Atualmente conta com cerca de 200 funcionários, divididos entre os setores administrativo e operacional. A produção acontece de modo ininterrupto com turnos com rotatividade 6x2.

Instalada em um parque industrial que contava anteriormente com 3 unidades da mesma matriz, a unidade contribui com uma significativa participação no faturamento da empresa.

A produção da unidade que foi aplicada a pesquisa produz correias transportadoras, divididas em dois grandes grupos: *Industry* e *Minning*.

### 3.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

Para contribuição com o tema e conclusão do estudo, na primeira etapa do estudo foi realizado um levantamento dos processos analisados, para isto, foi utilizada a ferramenta de mapeamento de processos. Após esta fase, os dados coletados passaram por análise de uma equipe multifuncional para definição de quais dados seriam tratados, e então a análise FMEA foi realizada com os dados coletados. A figura a seguir exemplifica a estrutura realizada:



**Figura 4- Estrutura da pesquisa**  
**Fonte: Autoria própria (2017)**

## 4 DESENVOLVIMENTO

Como anteriormente apresentado, o desenvolvimento do trabalho foi dividido em três etapas, para então ser feita a análise conclusiva do estudo.

### 4.1 MAPEAMENTO DOS PROCESSOS

Aqui estão descritos todos os processos da produção de correias transportadoras, o flowchart do processo encontra-se em anexo.

#### 4.1.1 Início

O processo se inicia quando o material a ser processado, no caso a borracha, dá entrada na fábrica. O almoxarife transporta com os paletes com a empilhadeira do almoxarifado até a área de espera em frente à extrusora. Deve haver material para dois processos além do que está em andamento. O operador da extrusora quantifica e libera o material a ser processado.

#### 4.1.2 Extrusora

Na extrusora ocorre o primeiro processamento do material. O operador responsável posiciona na esteira da extrusora a ponta da borracha contida no palete. Há um grande funil e um fuso, onde a borracha é fragmentada. Há um limite de temperatura a ser atingido pois pode ocorrer a pré-vulcanização do material.

#### 4.1.3 Moinho Aberto de Cilindros - MAC

O MAC (Moinho aberto de cilindros), que recebe a borracha proveniente da extrusora através de uma esteira, aquece e mistura o material até obter as características necessárias para ser enviado à próxima etapa.

#### 4.1.4 Calandra

A etapa conseguinte é a Calandra. A calandragem é um dos processos mais importantes e complexos da produção. Trata-se de uma alimentação contínua de borracha em cilindros, com aberturas diferentes para cada especificação do produto semiacabado em andamento, para a formação deste, em mantas de formato laminar, impregnação de borracha em tecidos ou cobertura de carcaça (tecidos emborrachados “empilhados”). A complexidade da calandragem se dá devido aos muitos ajustes de parâmetros que a máquina exige.

#### 4.1.5 Confeção

A confeção é uma etapa em que os processos dependem exclusivamente dos subprodutos provenientes da calandra. A confeção realiza os seguintes processos: dublagem de mantas, dublagem de tecidos emborrachados, dublagem de Rolling e junção lateral. Em um caso, após a passagem pela confeção, o produto semiacabado retorna para a calandra para mais uma cobertura de borracha, chamamos este processo de cobertura de carcaça.

#### 4.1.6 Varal

Quando os processos da calandra e da confeção são finalizados, as bobinas de mantas dubladas e Rolling são posicionadas em uma área de transição entre as máquinas já citadas e as prensas, que chamamos de varal.

#### 4.1.7 Prensa Cabos

##### 4.1.7.1 Torre de Cabos

A torre de cabos é o local onde são organizadas as bobinas de cabos de aço que serão utilizadas na correia. Há 5 diferentes diâmetros e duas especificações de cabos (“s” e “z”), que devem ficar intercalados. Cada correia exige um número diferente de cabos, por isso, os setups são extremamente complexos. A saída dos

cabos determina a exatidão da formação da estrutura da correia, o distanciamento entre os cabos e a tensão dos mesmos.

#### 4.1.7.2 Prensa Fria

A prensa fria é onde se forma a correia crua. Bobinas de mantas são alocadas nos lados superior e inferior da plataforma e são soltas encontrando os cabos, o que forma uma espécie de sanduíche. Na prensa fria há toda a preparação para que a correia crua chegue adequadamente na presa.

#### 4.1.7.3 Prensa Cabos

A prensa de correias de cabo de aço possui 10,8 metros de comprimento. A largura é ajustável para cada correia com o auxílio de guias e chapas, estas ferramentas que também interferem diretamente na espessura da correia. Para cada tipo de correia os parâmetros de temperatura, pressão e tempo são ajustados. Assim que a metragem vulcanizada sai da prensa, é feito o corte de rebarba, inspeção visual e então a correia é bobina em um carretel autoportante grande.

#### 4.1.8 Prensa Têxtil

A prensa têxtil pode receber dois subprodutos: o Rolling, que entrará direto para a vulcanização, ou a carcaça e a manta, confeccionados separadamente, que serão dublados na própria prensa, e não na confecção como em outros processos. A prensa têxtil possui 9,6 metros de comprimento, e assim como nos cabos, é ajustável com guias e chapas para a determinação da largura e da espessura, assim como os parâmetros de vulcanização (pressão, temperatura e tempo).

#### 4.1.9 Prensa *Rotocure*

A prensa *Rotocure*, é uma prensa de vulcanização contínua, em que a velocidade é um dos parâmetros a ser ajustado, juntamente com a temperatura e pressão. A *Rotocure* suporta apenas correias têxteis, porém com espessuras

consideradas baixas, portanto, somente correias com uma ou duas lonas são vulcanizadas nesta prensa.

#### 4.1.10 Inspeção

A inspeção é o caminho final de todas as correias provenientes das prensas. Nesta etapa as correias são reparadas quando necessário, alinhadas e embaladas. Há também o controle de metragem e peso da correia final.

#### 4.1.11 Acabamento e expedição

Após passar pela inspeção, as correias recebem o acabamento necessário, são identificadas, etiquetadas e estão prontas para liberação.

No apêndice A encontra-se o fluxograma referente aos processos citados.

## 4.2 ANÁLISE DO PROCESSO CRÍTICO POR ESPECIALISTAS

Após realizado o mapeamento dos processos da produção de correias transportadoras, foram identificados alguns pontos críticos do processo, em que há potencial de ocorrência de falha.

Para enfoque do estudo, o processo de vulcanização foi selecionado para a análise FMEA. Deu-se esta prioridade por dois principais motivos: após a vulcanização, a borracha não pode ser retrabalhada pois o processo é irreversível e, é neste processo que algumas falhas provenientes da Calandra e da Confecção são identificadas, por isso, analisando as falhas encontradas na vulcanização, há chances de uma abrangência maior na resolução dos problemas.

## 4.3 FMEA

A base de dados dos estudos do FMEA foi feita a partir de dados coletados nos meses de janeiro, fevereiro e março do ano de 2017.



A empresa mantém um controle das falhas encontradas e sua periodicidade por tipo de correias, o líder do setor de vulcanização controla este levantamento.

A repetição das falhas nos passou informações suficientes para a determinação da ocorrência, enquanto a severidade e detecção foram determinadas a partir de estudos do processo.

#### 4.3.1 Análise das falhas

##### 4.3.1.1 Cabo exposto

A norma que rege a produção de correias determina espessuras mínimas para a fabricação da correia. Caso haja um cabo exposto, sabemos que houve problemas com a confecção das mantas ou com os parâmetros utilizados na vulcanização. O aparecimento de cabo exposto com a correia em campo, já instalada, prejudica a sua funcionalidade pois o cabo não pode estar em contato com o material transportado.

##### 4.3.1.2 Corte inapropriado da borda

As bordas devem estar cortadas corretamente, sem rebarbas e sem corte excessivo, o que diminui a largura da correia vulcanizada. Para a instalação da correia, há uma estrutura já determinada que atende à largura requisitada, portanto, para perfeita funcionalidade, a correia deve estar com a largura dentro das especificações, e as bordas ajustadas corretamente.

##### 4.3.1.3 Deslocamento dos cabos

Caso um ou mais cabos de aço percam a tensão, uma parte da correia pode ficar frouxa. Quando um cabo de aço perde a tensão, provavelmente afetará muitos metros da correia até que seja perceptível. A saída dos cabos de aço da torre de cabos deve ser analisada novamente, assim como os pentes utilizados.

#### 4.3.1.4 Bolhas

Caso a correia seja enviada ao cliente com bolhas, certamente receberá uma reclamação e um registro de não conformidade. Dependendo do material transportado, as bolhas podem impossibilitar a utilização da correia.

#### 4.3.1.5 Objetos estranhos

Há casos em que são encontrados objetos metálicos e outros corpos estranhos em partes da correia. Por mais que não prejudique o funcionamento da mesma, é fora dos padrões de qualidade do produto.

#### 4.3.1.6 Guias encavaladas

Quando a vulcanização se inicia com a guia encavalada, a temperatura e pressão aplicadas no processo geram um resultado diferente do que o esperado. Em cada caso a falha pode ocorrer de uma maneira diferente, porém, em todos eles os danos são grandes e irreversíveis.

#### 4.3.1.7 Tecido exposto

Assim como o cabo exposto, se houver tecido exposto, além de não atingir as normas de qualidade pode prejudicar o funcionamento da correia em campo.

#### 4.3.1.8 Falta de vulcanização na correia

Devido a problemas da máquina, pode acontecer a falta de vulcanização da correia. Depois de identificado, o problema é facilmente reparado, pois a área sem vulcanização pode passar por novo processo e sair em perfeito estado.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após determinação do local de aplicação do FMEA, buscou-se o levantamento das falhas da vulcanização nos três primeiros meses do ano de 2017.

As falhas foram catalogadas a partir da ocorrência em cada correia produzida, isso significa que não há um padrão de ocorrência de falhas por correias.

Algumas podem apresentar mais de uma falha, e outras nenhuma. Assim, o levantamento foi feito pela ocorrência de maneira geral, não se diferenciando em relação à correia produzida.

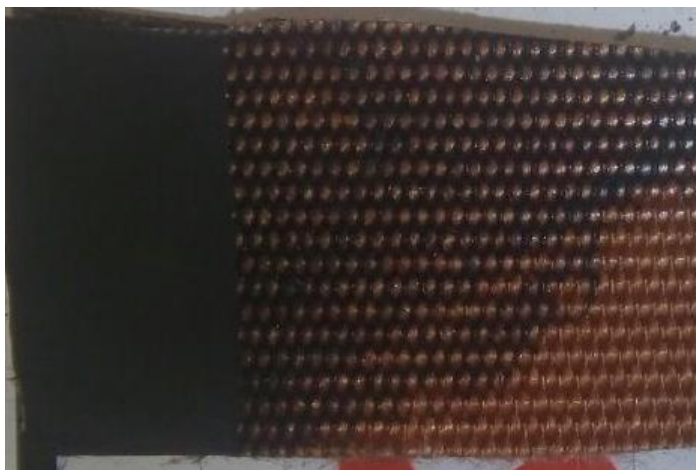
A tabela 2 traz a análise realizada, listando 8 falhas detectadas no período determinado.

Os parâmetros de cada componente do FMEA foram determinados à partir da revisão bibliográfica apresentada, portanto, cada índice de ocorrência, severidade ou detecção foram identificados e pontuados de acordo com o acervo de falhas da empresa.

As figuras 1, 2, 3 e 4 são alguns dos tipos de falha encontradas no processo de vulcanização que foram analisadas com a ferramenta FMEA aplicada.



**Figura 1: Bolhas.**



**Figura 2: Tecido exposto.**



**Figura 3: Cabo exposto.**



**Figura 4: Objetos estranhos.**

FMEA								
Nº	ITEM/FUNÇÃO DO PROCESSO	MODOS DE FALHA POTENCIAL	EFEITOS DA FALHA EM POTENCIAL	S	O	D	RISCO (RPN)	AÇÕES RECOMENDADAS
1	Prensa Cabos - Vulcanização	Cabo exposto	Danos à funcionalidade da correia em campo	7	5	2	70	Os parâmetros da produção devem ser revistos para evitar nova ocorrência.
2	Prensas - Vulcanização	Corte inapropriado da borda	Danos à correia - risco de não atingir as especificações do cliente	2	3	2	12	Os operadores devem ser treinados e orientados novamente e os instrumentos utilizados devem ser avaliados.
3	Prensa Cabos - Vulcanização	Deslocamento dos cabos	Perda de tensão na correia	7	2	4	56	Os ajustes de parâmetros devem ser revistos para garantir que estão dentro do padrão.
4	Prensa Têxtil - Vulcanização	Bolhas aparentes	Danos à correia - infiltração de líquidos, óleos, etc.	2	6	4	48	A análise deve ser aprofundada pois muitas variáveis podem causar o aparecimento de bolhas.
5	Prensas - Vulcanização	Objetos estranhos	Não cumprimento das normas de qualidade	6	5	4	120	Reorientação das instruções de trabalho para os operadores da Prensa fria e da Calandra.
6	Prensas - Vulcanização	Guias encavaladas	Danos severos ao comprimento em Vulcanização	8	2	3	48	Toda a equipe deve ser retreinada e acompanhada nos próximos processos de troca de guias.
7	Prensa Têxtil - Vulcanização	Tecido exposto	Danos à funcionalidade da correia em campo	7	3	2	42	Problemas provenientes da Calandra - parâmetros devem ser analisados e operadores retreinados.
8	Prensa Rotocure - Vulcanização	Falta de Vulcanização da correia	Não cumprimento das normas de qualidade	6	3	8	144	Deverá ser feito ThermoCap e os parâmetros utilizados devem ser revistos.

Tabela 2: FMEA.

Fonte: Autoria Própria.

De acordo com os resultados encontrados na aplicação do FMEA, a priorização da resolução das falhas deve seguir a seguinte sequência apresentada na tabela a seguir:

**Tabela 1 - Priorização das falhas**

<b>Prioridade</b>	<b>Falha</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>RPN</b>
1	Falta de Vulcanização da correia	6	3	8	144
2	Objetos estranhos	6	5	4	120
3	Cabo exposto	7	5	2	70
4	Deslocamento dos cabos	7	2	4	56
5	Bolhas aparentes	2	6	4	48
6	Guias encavaladas	8	2	3	48
7	Tecido exposto	7	3	2	42

**Fonte: Autoria própria**

Como apresentado anteriormente, o valor final da análise é o resultado de três critérios pontuados, severidade, ocorrência e detecção, porém, sem peso entre os critérios, o que neste estudo pode ser prejudicial para o intuito da aplicação da ferramenta.

A primeira falha a ser priorizada, falta de vulcanização, apresentou alta nota de critérios, resultando em um risco mais alto, porém, é a falha que tem a resolução mais simples e não há o risco de se perder o produto. Para a segunda falha a ser priorizada, é sensato, pois objetos estranhos podem tomar tempo alto de reparo, atrapalhando a programação de produção, e caso não sejam encontrados antes da correia ser expedida, os problemas podem ser ainda maiores. Para as falhas consequentes apresentadas como prioritárias, não há risco de perda do produto, porém, quando evitadas, não dependem tempo de reparo das falhas. O maior problema encontra-se na sexta falha a ser priorizada, as guias encavaladas. Como a ocorrência é baixa e a detecção é fácil, recebeu pontuações baixas, porém, é a falha que acarreta nas piores consequências. Dependendo da metragem da correia em que isto ocorra, não há recuperação e a correia é perdida, o valor de reposição da mesma interfere negativamente nos resultados da empresa.

Para cada falha encontrada e analisada foi realizada uma recomendação de melhoria de modo a eliminar ou minimizar a ocorrência das mesmas. A revisão dos parâmetros de produção e treinamento da equipe operacional apareceram como

recomendação para mais de uma falha, devendo ter atenção especial da equipe de solução de problemas.

## 6 CONCLUSÃO

Para realização deste estudo, foi realizada uma análise em uma indústria do setor automotivo, que produz correias transportadoras. Para entendimento do processo, foi realizado o Mapeamento dos Processos para se obter uma visão geral da fábrica, e então, houve a Análise dos Processos Críticos por Especialistas, para determinar em qual etapa do processo seria aplicado o FMEA.

Foi determinado que a etapa de vulcanização para análise, pois o vulcanização da borracha é um processo irreversível e, nesta etapa, são encontradas falhas provenientes dos processos anteriores e difíceis de serem identificadas antes da vulcanização.

As ferramentas utilizadas foram viáveis para a identificação do processo e para análise dos pontos críticos. Porém, a análise FMEA não é viável para priorização de falhas no processo de vulcanização pois verificamos que falhas que ocorrem com menor frequência e são facilmente detectáveis, receberam risco baixo, mesmo tendo alto índice de severidade, as quais podem ser as mais prejudiciais para a produção. E outras falhas que são facilmente solucionadas receberem alto índice de priorização. Portanto, a equipe de melhoria de processos deve procurar outra ferramenta além do FMEA para priorização das falhas a serem solucionadas.

Há outras ferramentas da engenharia de produção que podem ser aplicadas no processo deste estudo para identificar a aplicabilidade para a resolução dos problemas identificados. A melhoria dos processos é um processo contínuo, significativo e necessário para a constante disputa pela qualidade e sucesso de vendas.



## REFERÊNCIAS

BASTOS, A. L. A. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Como Ferramenta de Prevenção da Qualidade em Produtos e Processos – Uma Avaliação da Aplicação em um Processo Produtivo de Usinagem de Engrenagem. **Anais do XXVI ENEGEP**, Fortaleza - CE, 2006.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 1ª edição, São Paulo, Atlas, 2010.

Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, Third Edition, April, 2001, **Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual** by Adare Carwin Limited.

Damélio, R. **The Basics of Process Mapping**, 2nd Edition, 2011.

DORNELES, V.; MATSCHULAT, E.; RODRIGUES, D. **Análise de Modo e Efeito de falha Potencial – FMEA – Apostila e tabelas Recomendadas para Severidade Ocorrência e Detecção**. São Leopoldo, 2010.

FAGUNDES, L.D. & ALMEIDA, D. A. **Mapeamento de Falhas em concessionárias do setor elétrico: padronização, diagramação e parametrização**. In: Anais do XI SIMPEP, Bauru - SP. 2004.

Fiorenzo Franceschini and Marizio Galetto. **A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in FMEA** by International Journal of Production Research, 2001.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FURLANETTO, Egídio Luiz. **Formação das Estruturas de Coordenação das Cadeias de Suprimentos: Estudos de Caso em Cinco Empresas Gaúchas**. 2002. 306 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002

HECHT, H. **System reliability and failure prevention**. Boston: Artech House, 2004.

HELMAN H. & ANDERY, P. R. P. **Análise de Falhas. Aplicação de FMEA e FTA.** Belo Horizonte: Editora Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

JACOBS, F. R.; CHASE, R. B. **Administração de operações e da cadeia de suprimentos.** 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 750 p.

JUNIOR, R. P. S. P.; SANT' ANNA, A. P. **Composição probabilística no cálculo das prioridades na FMEA.** Revista Sistema e Gestao, v. 05, n. 03.

MATOS, R, B.; MILAN, M. **Aplicação sistêmica da Análise do Modo de Falhas e Efeitos (FMEA) para o desenvolvimento de Indicadores de Desempenho de Empresas de Pequeno Porte.** Viçosa-MG, 2009.

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC):** análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001.

PALADY, P. **FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeitos.** São Paulo: IMAN, 1997.

PINHO, A. F.; LEAL, F. & ALMEIDA, D. A. **A Integração entre o Mapeamento de Processo e o Mapeamento de Falhas:** dois casos de aplicação no setor elétrico. In: Anais do XXVI ENEGEP, Fortaleza - CE, 2006.

RAUSAND, Marvin; OIEN, Knut. **The basic concepts of failure analysis.** Reliability Engineering and System Safety, 1996.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Ações para a qualidade:** GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2002.

STAMATIS, D.H. **Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution:** ASQC Quality Press. 1995.

VILLELA, Cristiane da Silva Santos. **MAPEAMENTO DE PROCESSOS COMO FERRAMENTA DE REESTRUTURAÇÃO E APRENDIZADO ORGANIZACIONAL.** 2000. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

WANG, Y. M.; CHIN, K, S.; POON, G, K,K.; YANG, J.B. **Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean.** Science Direct.

WIRTH, R.; BERTHOLD, B.; KRÄMER, A.; PETER, G. **Knowledge-based support of system analysis for the analysis of Failure modes and effects.** Engineering Applications of Artificial Intelligence, 1996.

YANG, C.; YUAN, C.; LIN, W.; LIN M. & HUANG, J. **A study on applying FMEA to improving ERP introduction an example of semiconductor related industries in Taiwan.** International Journal of Quality & Reliability Management. v. 23, n<sup>o</sup> 3, pp. 298-322, 2006.

## **APÊNDICE A - Fluxograma e mapeamento do processo**

