

## ESTUDO DE CASO UTILIZANDO O FMEA PARA ANÁLISE DE RISCO DE UMA ENCARTUCHADORA

João Renato Jordani Silva

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. joaorenatojordani@gmail.com

João Victor Neves Sandre

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. joao\_vitorn.s@hotmail.com

### RESUMO

A análise de falhas é um procedimento investigativo sistemático que utiliza o método científico para identificar as causas de uma falha. É utilizada para prever ou avaliar problemas de acordo com a sua criticidade e, para isso utiliza-se métodos de ensaio e observação para identificar o que ocasionou a falha em determinado componente. O FMEA é um método qualitativo que estuda os possíveis modos de falha dos componentes, sistemas, projetos e processos e os respectivos efeitos gerados por esses modos de falha. O modo de falha é a expressão utilizada para caracterizar o processo e o mecanismo de falha que ocorre nos itens. O efeito é maneira como o modo de falha se manifesta. Dentro da área de análise falhas, o FMEA é uma ferramenta bastante útil para a detecção de problemas na linha de produção. Analisando alguns dos estudos, foi possível observar que os modos de falha possibilitam a identificação dos componentes que podem afetar o equipamento e, avaliando os efeitos pode-se realizar as recomendações de propostas de solução que dão profissional uma melhor confiabilidade ao relacionar os problemas e desenvolver uma solução efetiva, podendo prevenir quando se terá a necessidade de reparo ou troca de componente.

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

### ABSTRACT

Failure analysis is a systematic investigative procedure that uses the scientific method to identify the causes of a failure. It is used to predict or evaluate problems according to their criticality and, for that, test and observation methods are used to identify what caused the failure in a given component. FMEA is a qualitative method that studies the possible failure modes of components, systems, designs and processes and the respective effects generated by these failure modes. The failure mode is the expression used to characterize the process and the failure mechanism that occurs in the items. The effect is how the failure mode manifests itself. Within the area of failure analysis, FMEA is a very useful tool for the detection of problems in the production line. Analyzing some of the studies, it was possible to observe that the failure modes allow the identification of the components that can affect the equipment and, evaluating the effects, recommendations for solution proposals can be made that give professionals a better reliability when relating problems and developing an effective solution, being able to prevent when there will be a need for repair or component replacement.

**Keywords:** Failure analysis, FMEA, Maintenance, Failure.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de manutenção das indústrias deixou de ser acionado somente quando se tem uma falha aparente em um equipamento. As falhas em equipamentos mecânicos causam paradas que afetam os níveis de desempenho de uma máquina e conseqüentemente a produtividade da empresa, aumentando a necessidade de reparos e trocas de componentes, gerando custos maiores que poderiam ser reduzidos utilizando métodos diferentes.

A análise de falhas é um procedimento investigativo sistemático que utiliza o método científico para identificar as causas de uma falha. É utilizada para prever ou avaliar problemas de acordo com a sua criticidade e, para isso utiliza-se métodos de ensaio e observação para identificar o que ocasionou a falha em determinado componente (Donald, 2013).

Existem diversos fatores que podem ocasionar a falha, por isso, é importante para a indústria poder prever algumas situações antes que aconteçam, podendo obter maior sucesso ao realizar alguma ação preditiva. A falha é um evento indesejável, pois podem ocorrer perdas e danos ou exposição a riscos. A prevenção de falhas ou a determinação de vida e condição para que a falha ocorra de forma prevista são medidas para o sucesso do projeto (Prof. Dr. Rucherd).

Existem diversos métodos que podem ser utilizados para uma análise de falhas, cabe ao profissional escolher a ferramenta que se adapta melhor a situação e propor uma solução com confiabilidade e menor custo. A utilização de ferramentas como a análise de modos e efeito de falhas (FMEA – failure modes and effects analysis) permite identificar equipamentos e/ou processos que possuem maior risco de ocorrência de modos de falha durante a sua operação. Assim, é possível eliminar ou minimizar todos os modos de falha que são considerados críticos ao sistema (Siqueira, 2005).

A FMEA utiliza etapas para identificar causas e efeitos para assim identificar falhas. É uma técnica de avaliação de falhas que indica melhorias no sistema mediante a descoberta de pontos problemáticos (modos de falha), relacionando as falhas nos componentes do subsistema com suas consequências.

A crescente necessidade de melhorar a qualidade dos produtos e economizar durante a produção, popularizou diversos modelos de análise que trazem maior confiabilidade ao processo ou produto. Tendo em vista o tema abordado, o objetivo deste artigo é estudar a ferramenta de análise de falhas FMEA e entender como essa ferramenta funciona e causa um impacto dentro da indústria, além de identificar os potenciais modos de falha de uma encartuchadora e reduzir o número prioridade de risco (RPN).

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Definições

“A Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT), na norma NBR 5462, adota a sigla originária do inglês FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) e a traduz como sendo Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos.” A norma utiliza o termo pane para expressar falha. Ainda segundo a norma, o FMEA é um método de análise que visa estudar os modos de falha que podem ocasionar defeitos em componentes de equipamentos mecânicos, e após determinação dos efeitos ser capaz de identificar cada modo de falha sobre os outros componentes e, assim analisar o efeito sobre a função específica do conjunto (SAKURADA, 2001).

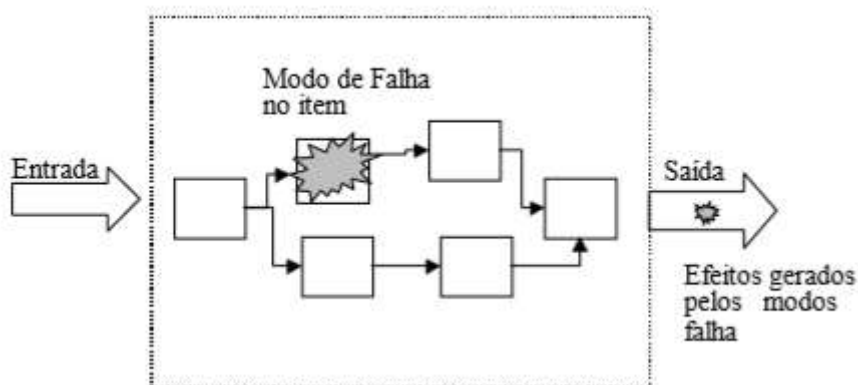
FMEA é uma técnica utilizada por engenheiros com a intenção de garantir que os potenciais modos de falha e suas causas ou componentes associados tenham sido avaliados e localizados. O FMEA é considerado um sumário do conhecimento de um engenheiro, onde ele inclui uma análise dos itens que ele acha pertinente, baseado em sua experiência, de como um produto ou processo é desenvolvido e pode ou porquê causar uma falha (SAKURADA, 2001).

A definição dos termos é um requisito para a utilização da ferramenta e é fundamental de que se saiba exatamente o que é modo de falha e efeitos. MODO é considerado a maneira ou a forma de alguma coisa ser ou se manifestar. FALHA é um defeito ou efeito de alguma coisa falhar. E FALHAR está descrito como “Não dar o resultado desejado, não ser como se esperava” (SAKURADA, 2001).

Desta forma, pode-se então começar a definir MODO DE FALHA como sendo: “a forma do defeito”, “maneira na qual o defeito se apresenta”, “maneira com que o item falha ou deixa de apresentar o resultado desejado ou esperado”, “é um estado anormal de trabalho, a maneira que o componente em estudo deixa de executar a sua função ou desobedece às especificações” (SAKURADA, 2001).

Pode se dizer que os EFEITOS do modo de falha são os resultados produzidos quando estes vêm a ocorrer, são as consequências do modo de falha. Em outras palavras, o efeito é a forma ou maneira de como o modo de falha se manifesta ou como é percebido em nível de sistema. O modo de falha ocorre internamente, em nível de componentes, subsistemas, gerando efeitos externos (SAKURADA, 2001).

Figura 1: Análise de que a sistematização do modo de falha é uma ação interna e efeito uma ação externa



Fonte: Sakurada, 2001

Para a identificação dos modos de falha e efeitos, deve-se fazer perguntas como: Qual o funcionamento deste mecanismo? Qual é o comportamento ideal deste mecanismo? O que isso causa no sistema? Quais danos isto pode gerar ao cliente ou ao ambiente?

## 2.2 O que é o FMEA?

O FMEA é um método qualitativo que estuda os possíveis modos de falha dos componentes, sistemas, projetos e processos e os respectivos efeitos gerados por esses modos de falha. Sua metodologia foi criada para dar uma maior confiabilidade no projeto de novos produtos e processos, porém, devido a sua grande utilidade passou a ser utilizado em larga escala e ser aplicado em diferentes tipos de organizações e empresas.

Através da identificação do processo e do mecanismo gerador da falha, pode-se analisar como este modo de falha se manifesta. Cada componente pode ter diferentes modos de falha, podendo ser mais ou menos críticos de acordo com a função desempenhada. “A relação entre modo de falha e efeito, se bem controlada, pode tornar-se uma ajuda muito grande para a análise da confiabilidade e também para os processos de manutenção a serem adotados (SAKURADA, 2001).

Com base nas análises feitas sobre os modos de falha e seus efeitos, são tomadas ações que posteriormente sofrerão uma reavaliação e documentação. Os dados gerados pelo FMEA têm como função apresentar um prognóstico de falhas e auxiliar o desenvolvimento de melhorias de processos e produtos. Com base nas análises feitas sobre os modos de falha e seus efeitos, são tomadas ações que posteriormente sofrerão uma reavaliação e documentação. Os dados gerados pelo FMEA têm como função apresentar um prognóstico de falhas e auxiliar o desenvolvimento de melhorias de processos e produtos (Sakurada, 2001).

Observando históricos de manutenção e outros tipos de controle existentes é possível quantificar a probabilidade de ocorrência de um determinado modo de falha para que assim sejam definidas ações a serem realizadas, com o objetivo de reduzir o risco e a ocorrência de uma falha ocorrer em determinado mecanismo.

## 2.3 Aplicações do FMEA

Segundo a classificação de STAMATIS (1995) o FMEA possui aplicações em sistemas, projetos, processos e serviços:

### 2.1.1 FMEA de Sistema

O sistema é um conjunto organizado de peças ou subsistemas para desempenhar uma determinada função. Esta aplicação é utilizada para analisar sistemas e subsistemas nas fases iniciais do projeto. O objetivo do FMEA de sistema é analisar e focalizar nos modos de falha entre as funções do sistema. São inclusas as interações entre sistemas e elementos dos sistemas. Otimizar sistemas sempre que possível é algo positivo para a empresa, pois evita que um serviço ou processo seja feito incorretamente ou sem o devido acompanhamento (STAMATIS, 1995).

### 2.1.2 FMEA de Projeto

É utilizado para analisar produtos antes que eles sejam liberados para a manufatura. O FMEA de projeto enfoca os modos potenciais de falha causados pelas deficiências do projeto. Este tipo de análise são as mais executadas em empresas fornecedoras, indústrias e fabricantes, uma vez que os projetos de produtos que influenciam em sua qualidade (ou falta dela) (STAMATIS, 1995).

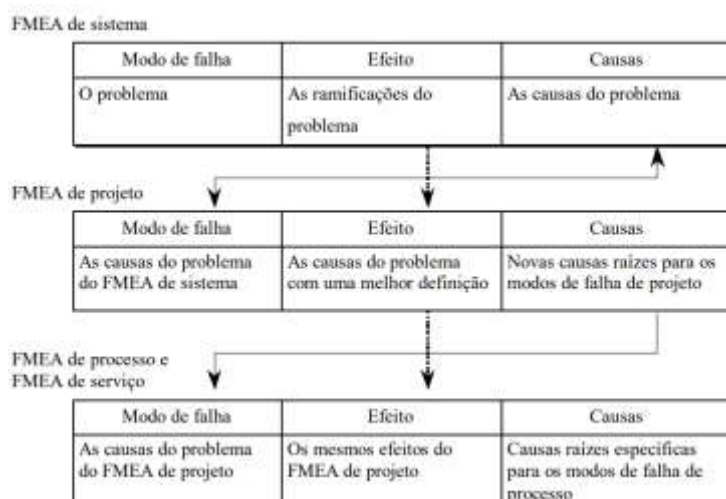
### 2.1.3 FMEA de Processo

É utilizado para analisar os processos de manufatura e montagem. O FMEA de processo enfoca os modos de falhas causados pelas deficiências do processo ou montagem (STAMATIS, 1995).

### 2.1.4 FMEA de Serviço

É usado para analisar serviços antes que eles alcancem o cliente. O FMEA de serviço enfoca os modos de falha (tarefas, erros, enganos) causados pelas deficiências do sistema ou processo (STAMATIS, 1995).

Figura 2: Relacionamento entre os vários tipos de FMEA



Fonte: STAMATIS, 1995

STAMATIS (1995) explica que os modos de falha do FMEA de sistema geram todas as informações essenciais para os FMEAs de projeto e processo, e embora os efeitos permaneçam os mesmos, as causas no FMEA de sistema tornam-se os modos de falhas no projeto, no qual geram suas próprias causas, que finalmente tornam-se os modos de falha no FMEA de processo.

O FMEA sempre é utilizado para melhorar processos ou produtos, seja com base em falhas pré-existentes ou para evitar a ocorrência de falhas potenciais.

## 2.2 Desenvolvimento da FMEA

Segundo VILLACOURT (1992), nos primeiros estágios do ciclo de vida do produto é onde se tem maior influência na confiabilidade do produto. À medida que o projeto amadurece, torna-se mais difícil para alterá-lo. O estudo propriamente dito deve se iniciar listando as características que o projeto ou processo deve satisfazer e aquelas que ele não deve satisfazer. Quanto mais detalhado as características desejadas, mais fácil será identificar os potenciais modos de falha e os seus efeitos e, assim definir melhor as ações corretivas a serem tomadas.

A análise do FMEA pode ser iniciada pelo preenchimento do formulário, uma tabela onde são documentados os dados e iniciado o processo de estudo. O formulário é composto pelos itens abaixo:

- **Cabeçalho**

O cabeçalho é onde ficam agrupadas as informações gerais do FMEA. Contém o número da análise de risco, a identificação e o modelo do equipamento analisado, os responsáveis pelo estudo, o objetivo e a data do documento.

- **Item/Função**

Neste tópico, serão exibidos os itens em análise e os seus componentes. Nesta etapa, pode ser necessário a utilização de uma ou mais colunas, de acordo com análise que está sendo realizada. Por exemplo, se estiver sendo feito a análise de vários sistemas pode-se utilizar quatro colunas: (i) subsistema, (ii) conjunto, (iii) componente, (iv) função.

- **Modos potenciais de falha**

Aqui se inicia o trabalho de análise técnica. Analisando item por item e identificando seus modos de falha potenciais. Deve ser listado todo e qualquer modo de falha, mesmo que a probabilidade de ocorrência seja praticamente nula.

- **Efeitos**

Nesta etapa são definidos os efeitos. Cada modo de falha resultará em um efeito, com exceção de alguns modos de falha que podem provocar mais de um efeito. Os mesmos devem ser descritos para cada modo de falha em análise.

- **Severidade**

A severidade é quantificada através de uma análise utilizando uma escala de 0 a 10, conforme a tabela a seguir.

Figura 3: Escala de severidade

Severidade do efeito		Escala
Muito alta	Quando compromete a segurança da operação ou envolve infração a regulamentos governamentais	10 9
Alta	Quando provoca alta insatisfação do cliente, por exemplo, um veículo ou aparelho que não opera, sem comprometer a segurança ou implicar infração	8 7
Moderada	Quando provoca alguma insatisfação, devido à queda do desempenho ou mau funcionamento de partes do sistema	6 5
Baixa	Quando provoca uma leve insatisfação, o cliente observa apenas uma leve deterioração ou queda no desempenho	4 3
Mínima	Falha que afeta minimamente o desempenho do sistema, e a maioria dos clientes talvez nem mesmo note sua ocorrência	2 1

Fonte: FOGLIATTO, 2011

- **Causas da potenciais falhas**

Esta etapa busca identificar a causa raiz do problema como forma de facilitar a decisão das ações corretivas. A causa potencial de falha pode ser entendida como uma deficiência no projeto, cuja a consequência é o modo de falha. Na medida do possível, todas as causas e mecanismos de falha devem ser listadas cuja a probabilidade de ocorrência não seja praticamente nula.

- **Ocorrência**

A ocorrência relaciona-se com a probabilidade que uma causa ou mecanismo venha a ocorrer. A avaliação da ocorrência também é realizada usando-se uma escala qualitativa de 1 a 10. A escala relaciona-se com a taxa de falha, mas não é diretamente proporcional a esta última.

Figura 4: Escala de ocorrência

Ocorrência de falha	Taxa de falha	Escala	
Muito alta	Falhas quase inevitáveis	100/1000	10
		50/1000	9
Alta	Falhas ocorrem com frequência	20/1000	8
		10/1000	7
Moderada	Falhas ocasionais	5/1000	6
		2/1000	5
		1/1000	4
Baixa	Falhas raramente ocorrem	0,5/1000	3
		0,1/1000	2
Mínima	Falhas muito improváveis	0,01/1000	1

Fonte: FOGLIATTO, 2011

- **Número de Prioridade de Risco (NPR)**

O NPR é o um número utilizado para definir a prioridade das ações corretivas e melhorias de processo. Depois das falhas serem identificadas, é preciso decidir se serão necessárias ações de prevenção adicionais para reduzi-las ou elimina-las, ou seja, o NPR (Número de Prioridade de Risco) é utilizado para auxiliar nessa priorização. A fórmula em geral empregada para a avaliação do risco é a multiplicação simples desses três itens:

$$R = S \cdot O \cdot D \quad (\text{Equação 1})$$

No cálculo do risco leva-se em conta a severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Materiais e métodos

O estudo se baseou em análises de riscos anteriores pertencentes a uma indústria farmacêutica e contou com a ajuda de profissionais da área de embalagem, manutenção, projetos e validação. Foram realizadas algumas pesquisas em campo, para compreender melhor o funcionamento da máquina e como ela desempenha suas funções.

A metodologia utilizada foi de um estudo de caso, que constitui em uma análise de confiabilidade referente a implementação de manutenções preventivas em uma encartuchadora do modelo CPF5-450, como forma de mitigar a ocorrência de manutenções corretivas. Utilizou-se da metodologia FMEA para definir os modos de falha, seus efeitos e causas no equipamento e assim realizar as mitigações necessárias para a definição das ações a serem tomadas.

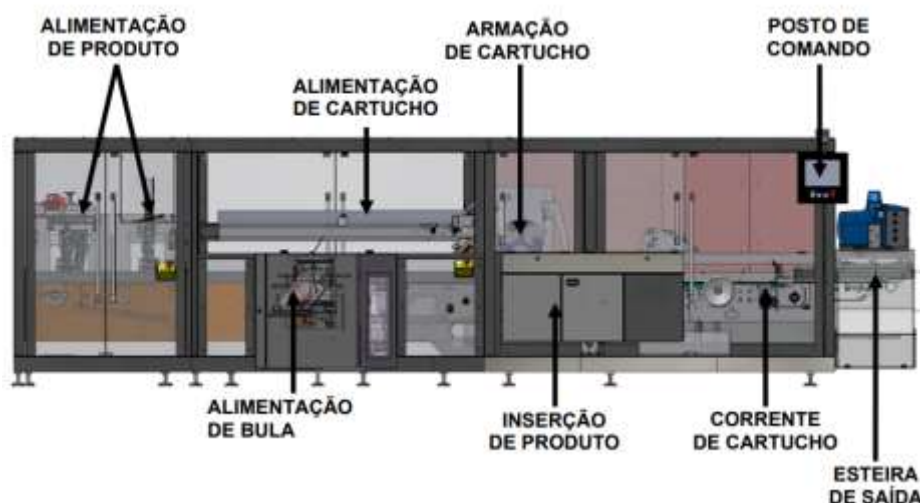
Com base no FMEA, foi criada uma tabela onde os itens estão descritos com suas funções e potenciais modos de falha. Cada item foi analisado com o intuito de reduzir os riscos e diminuir o seu índice RPN e consequentemente diminuir as chances de ter que realizar alguma manutenção corretiva.

#### 3.2 Características do equipamento

Para a realização dos estudos de confiabilidade e análise de risco, é necessário um bom conhecimento do equipamento para compreender melhor os seus modos de falhas e os efeitos causados por ele. Quando se fala em confiabilidade é importante que se possuía uma grande variedade de dados para ser possível fazer uma abrangência completa do equipamento.

A encartuchadora modelo CPF4-450 foi desenvolvida para embalar produtos dentro dos cartuchos, com alto nível de qualidade, produtividade e economia dentro dos conceitos GMP (boas práticas de fabricação), atendendo a norma NR-12 e as diretrizes da comunidade Europeia CE.

Figura 5: Estações de trabalho



Fonte: Manual do equipamento

O equipamento é destinado ao encartuchamento de embalagens como blisters, tubos, frascos, sachês e peças técnicas. Possui uma grande variedade de formatos para se adaptar ao tipo e dimensão da embalagem, sendo realizada a troca do formato a cada troca de produto que será embalado. Antes do início da produção, a máquina passa por uma regulagem onde serão alinhados os pontos de posicionamento dos cartuchos, transferência de bula e material de embalagem primário. É desenvolvida com matéria prima de alto nível de rigidez e durabilidade, normalmente utilizando aço carbono ou inoxidável.

O movimento da máquina é contínuo, produzido através de um eixo principal na parte posterior da máquina. Todos os movimentos mecânicos são transmitidos através de correntes e engrenagens a partir deste eixo. A máquina executa o encartuchamento de duas maneiras possíveis, por inserção ou por cola. Podem também incorporar-se dispositivos de impressão de cartuchos e/ou impressão em abas, assim como leitores de códigos de barras e sistema de controle que verificam as codificações para que o produto final não chegue com erros ao consumidor. A máquina é dividida em estações de trabalho onde são realizadas as alimentações com os materiais de embalagem. Normalmente está acoplada a uma emblistadora e uma encaixotadora, formando assim uma linha de embalagem de comprimidos.

### 3.2.1 Principais componentes

#### 3.2.1.1 Alimentação de bulas

Figura 6: Alimentação de bulas

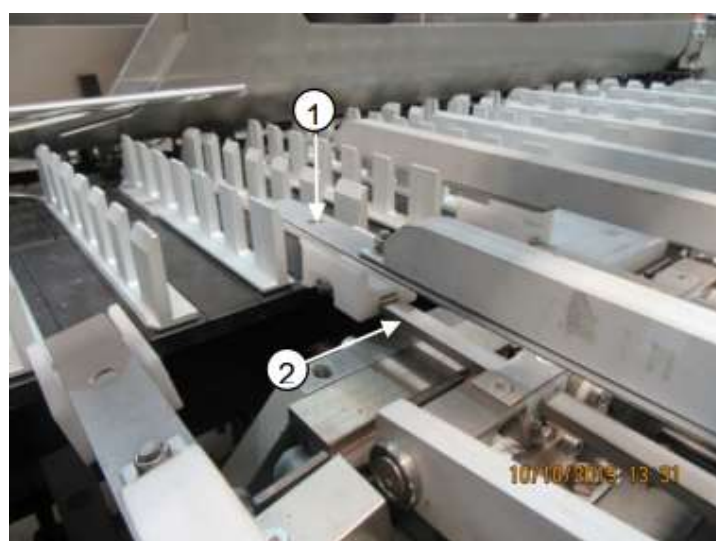


Fonte: Manual do equipamento

Na alimentação de bulas, destacado na figura 6 com o número 1, o dispositivo pega folhas de uma pilha para submetê-las a um número pré-definido de dobras até se obter o formato desejado. Esta quantidade de dobras é adaptada através da montagem e desmontagem das gavetas, que podem se adaptar ao formato de bulas que será trabalhado. A bula dobrada entre duas esteiras transportadoras sai do dobrador de bulas e entra numa pinça. Uma vez presa na pinça, a bula irá acompanhar o movimento da corrente de produto, em movimento sincronizado, até alcançar o ponto de inserção dentro no cartucho.

### 3.2.1.2 Inserção de produtos

Figura 7: Inserção de produtos



Fonte: Manual do equipamento



Para a inserção de produtos dentro do cartucho, a lingueta 1 da pré-inserção, opera frente a haste do alimentador 2, empurrando parcialmente a bula no cartucho. Durante este tempo, o produto não será afetado pela bula.

### 3.2.1.3 Alimentação de cartucho

A alimentação de cartuchos é realizada através da esteira de alimentação e do magazine de cartuchos, destacado na figura 7 com o número 1. Correias dentadas transportam o cartucho na esteira de alimentação até o magazine. Alguns reguladores permitem alterar a largura da esteira para se utilizar diferentes tipos de cartuchos com dimensões diferentes. No magazine, os cartuchos sem movem até a parte de baixo do magazine utilizando o próprio peso e possuem dedos de retenção dispostos em pares, que impedem a queda dos cartuchos pelo extremo do magazine e assegura que extração dos mesmos seja feita um atrás do outro.

### 3.2.1.4 Coleiro

Figura 8: Coleiro



Fonte: Manual do equipamento

A unidade de colagem 1 é onde fica armazenada a cola para a colagem do alumínio no PVC. O ar comprimido para a abertura das cabeças de aplicação de cola pode ser regulado através do manômetro conectado ao rack 2.

### 3.2.1.5 Corrente de produtos

A entrada de produtos ocorre através de um par de correntes de transporte duplo com suporte por roletes, guiado através de placas de plástico 1, com células de produtos descartáveis.

Figura 9: Corrente de produtos



Fonte: Manual do equipamento

## 4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Para a elaboração dos resultados, foi primeiro levantado quais são os principais modos de falha consultando o histórico de manutenção de uma linha de embalagem completa. Através deste histórico, foi concluído que as falhas na encartuchadora são a principal causa de parada na linha e que estas falhas são recorrentes devido à não existir um plano de ação conveniente. Após a elaboração do formulário de FMEA, as ações serão definidas para os problemas mais críticos, aqueles que tem o índice NPR mais alto.

O princípio básico do FMEA é apresentar propostas de modo a reduzir o NPR dos modos de falhas considerados críticos, deste modo, foi realizada uma análise nos 10 itens citados, no sentido de mitigar ou até mesmo reduzir consideravelmente o número de prioridade de risco (NPR).

### 4.1 FORMULÁRIO FMEA

Na tabela 1 está o formulário do FMEA. Na tabela são citados 10 itens com os seus respectivos modos de falha, efeitos, causas e controle existentes. Foi incluso também uma coluna onde se justifica a escolha da classificação do risco, e outra com uma ação mitigada para a redução do NPR.

Tabela 1: Formulário FMEA

Nº	Item do Processo / Etapa	Modo de falha potencial	Efeito no pior caso	S	Causa / Mecanismo da Falha	O	Controles existentes	D	NPR SxOxD	Classificação do Risco Não crítico/ Baixo: 1 a 15 Potencial/ Moderado: 25 a 45 Crítico/ Alto: 60 a 125	Justificativa da avaliação	Ação	Após mitigação				Classificação do Risco Não crítico/ Baixo: 1 a 15 Potencial/ Moderado: 25 a 45 Crítico/ Alto: 60 a 125
													S	O	D	NPR SxOxD	
1	Painel elétricos	Alarmes constantes no painel de controle	Máquina ficar inoperante	3	Falha dos componentes eletrônicos	3	Alarmes no painel do equipamento	3	27	27	<p><b>Severidade:</b> Definida como 3 devido ao fato do painel elétrico da encartuchadora ser onde estão localizados os componentes elétricos e eletrônicos responsáveis pelo controle de força e comando do equipamento. Caso o mesmo venha a ocorrer falhas o mesmo poderá perder desempenho parcial, até a parada total do equipamento.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 3 devido se tratar de um equipamento novo e não possuir histórico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> Definida como 3 por ser possível identificar as falhas através do painel, tanto de forma visual como de forma sonora.</p>	Realizar limpeza do painel elétrico semestralmente	3	1	3	9	9
2	Partes Mecânicas	Acumulo de fuligem nas partes mecânicas.	Desgaste prematuro	3	Atrito mecânico entre partes móveis do equipamento	3	Não há parametro de controle existente	5	45	45	<p><b>Severidade:</b> Definido como 3, devido no compartimento inferior estar presente o sistema de transmissão do equipamento que deve ter sua limpeza realizada semestralmente, afim de evitar acumulo de fuligens e resíduos de graxa.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 3 devido se tratar de um equipamento novo e não possuir histórico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> Definida como 5 por ser necessário realizar uma inspeção visual para detectar e tratar a presença de resíduos.</p>	Realizar limpeza as partes mecânicas semestralmente	3	1	3	9	9
3	Sensores de segurança	Falha na parada do equipamento após acionamento do sistema de segurança	Risco de acidente ao acessar o equipamento	5	Sensores de segurança nas portas de proteção danificados, botoeira de emergência danificada	3	Alarmes no painel de equipamentos	1	15	15	<p><b>Severidade:</b> Definida como 5, devido aos sensores impedirem o acesso a pontos do equipamentos no qual existem riscos de acidentes.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 3 devido se tratar de um equipamento novo e não possuir histórico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> definida como 1, por ser possível detectar através de inspeção visual e através de um alarme no painel de controle do equipamento indicando a falha.</p>	Realizar revisão dos sensores de segurança semestralmente	5	1	1	5	5
4	Buleiro e transferência de falha	Falha na puxada da bula	Ausencia de bula na corrente de bulas	3	Desgaste dos elementos da maquina conjunto	3	Não há parametro de controle existente	5	45	45	<p><b>Severidade:</b> Definida como 3, devido gerar perda de produção ao falhar bulas na corrente de bulas.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 3 devido se tratar de um equipamento novo e não possuir histórico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> definida como 5, visto que a falha na puxada de bulas é detectada através de inspeção visual e intervenção manual do tecnico.</p>	Realizar a revisão do buleiro e transferência de bula semanalmente	3	1	3	9	9
5	Fechamentos de abas	Folga no sistema de fechamento de abas	Cartonagem com abas abertas	3	Desgaste dos elementos da maquina conjunto	3	Não há parametro de controle existente	5	45	45	<p><b>Severidade:</b> Definida como 3, visto que ao apresentar falha no fechamento de abas estará impactando na perda de produção.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 3 devido se tratar de um equipamento novo e não possuir histórico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> definida como 5, visto que a falha na puxada de bulas é detectada através de inspeção visual e intervenção manual do tecnico.</p>	Realizar a revisão do fechamento de abas semestralmente	3	1	3	9	9

6	Conjunto de inserção	Travamento dos inversores	Produto não inserir corretamente nos cartuchos	3	Parafusos sem aperto	3	Não há parametro de controle existente	5	45	45	<p><b>Severidade:</b> Definida como 3, visto que falhas que ocorrem na inserção acarretarão na perda de produção.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 3 devido se tratar de um equipamento novo e não possuir historico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> definida como 5, visto que a detecção da falha ser realizada de maneira visual com tratativa manual do tecnico.</p>	Realizar a revisão do conjunto de inserção semestralmente	3	1	3	9	9
7	Esteira de entrada	Travamento da esteira de entrada	Falha no abastecimento de frascos para máquina	3	Travamento do motor de acionamento da esteira	3	não há parametro de controle existente	5	45	45	<p><b>Severidade:</b> Definida como 3, visto que a esteira de entrada é responsável pelo abastecimento de frascos na máquina, onde caso ocorra seu travamento, estará prejudicando diretamente a produção do equipamento.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 5 por se tratar de um equipamento novo e não possuir historico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> Definida como 5, visto que falhas na esteira de entrada são tratadas de forma manual pelo técnico.</p>	Realizar a revisão da esteira de entrada semestralmente	3	1	3	9	9
8	Cicloide de abertura de cartuchos	Falha na abertura dos cartuchos	Cartucho fechado durante operação	3	Gerador de vácuo danificado	3	Não há parametro de controle existente	5	45	45	<p><b>Severidade:</b> Definida como 3, visto que falhas na abertura dos cartuchos gerarão perda de produção.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 3 por se tratar de um equipamento novo e não possuir historico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> Definida como 5, visto que falhas na abertura de cartuchos são tratadas de forma manual pelo técnico.</p>	Realizar a inspeção do cicloide anualmente	3	1	3	9	9
9	Corrente de bulas	Falha na entrega da bula	bula faltando na inserção	3	Peças danificadas	3	Sensor de presença de bula na corrente de bulas	3	27	27	<p><b>Severidade:</b> Definida como 3, devido a falha na entrega de bulas gerar retrabalho, ocasionando o aumento do custo produção.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 3 por se tratar de um equipamento novo e não possuir historico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> Definida como 3, devido ser possível detectar a falha de modo automatico através dos sensores do equipamento, com tratativa manual do técnico.</p>	Realizar a inspeção da corrente de bulas anualmente	3	1	3	9	9
10	Corrente de cartucho	Travamento da corrente de cartucho	Não fornecimento de cartucho na inserção	3	Desgaste dos elementos da maquina conjunto	3	Sensor de presença de bula na corrente de cartuchos	3	27	27	<p><b>Severidade:</b> Definida como 3, visto que a corrente de cartucho é responsável pela transmissão de cartuchos pela maquina e caso apresente falhas acarretara em perda de produção.</p> <p><b>Ocorrência:</b> Definida como 3 por se tratar de um equipamento novo e não possuir historico de falhas.</p> <p><b>Detectabilidade:</b> Definida como 3, devido ser possível detectar a falha de modo automatico através dos sensores do equipamento, com tratativa manual do técnico.</p>	Realizar a revisão da corrente de cartucho anualmente	3	1	3	9	9

Fonte: Autores

## 4.2 AÇÕES A PARTIR DO FMEA

Quanto ao primeiro item, dos painéis elétricos foi definido como ação realizar uma limpeza e inspeção do painel elétrico semestralmente, pois nele há todo os componentes responsáveis pela força e comandos do equipamento, e caso o mesmo venha a apresentar falhas, poderá ocorrer perda de desempenho parcial até a total parada do equipamento, deixando assim inoperante, que levaria parada e conseqüentemente perda de produção, logo reduzindo o número de risco deste item, o qual é o objetivo do FMEA na pratica, diminuindo seu NPR.

O modo de falha referente ao segundo item, das partes mecânicas, foi definido como ação para mitigar o modo de falha como: Realizar limpeza das partes mecânicas semestralmente, pois, através desta, não aconteceria o acumulo de fuligem nas partes mecânicas gerando o desgaste prematuro das peças, o que reduziria o índice de prioridade de risco deste item, já que depois dessa inspeção e limpeza semestralmente, as partes mecânicas continuariam a funcionar sem o acumulo de fuligem, e sem gerar o efeito no pior caso: desgaste prematuro das peças, mitigando assim, quase que por completo esta falha.

O terceiro item, dos sensores de segurança, foi definido como ação realizar a revisão dos mesmos semestralmente, pois uma falha na botoeira de emergência do equipamento, causaria uma falha na parada emergencial do sistema ou até mesmo as portas de proteções ficarem inoperantes pelo fato do sensor de segurança estar avariado ou com algum tipo de defeito, podendo gerar riscos de acidentes ao acessar o equipamento, e a falha na parada do mesmo. E com essa ação definida diminui-se a ocorrência deste modo de falha, já reduzindo o NPR (Number Priority Risk) deste item.

O item de número 4, o buleiro e transferência de bulas, a ação de mitigação deste foi também realizar uma revisão do buleiro e da transferência de bulas semestralmente, pois uma falha nesse sistema acarretaria numa falha na puxada de bulas, que conseqüentemente causaria uma ausência de bulas na corrente de bulas, que geraria perda de produção, causando retrabalho, e com essa ação reduziria o número de possíveis ocorrências desta falha e reduzindo também o NPR deste item.

O quinto item, de fechamento de abas, foi definido como ação de mitigação a avaliação e inspeção semanalmente do maquinário, afim de verificar se existe folga no sistema de fechamento de abas, e caso exista, realizar uma manutenção corretiva, pois sem realizar a manutenção, essa folga geraria o desgaste dos elementos da máquina conjunto até chegar ao efeito de pior caso: Cartonagem com abas abertas, novamente gerando retrabalho na produção, e com a inspeção, mitiga-se este item pois não deixa o desgaste chegar a tal ponto.

O sexto item, de conjunto de inserção, foi definido como ação de mitigação realizar a revisão do conjunto de inserção semestralmente, afim de evitar o travamento dos insertores, através da folga dos parafusos, e o produto não ser inserido corretamente nos cartuchos, e através desta conferencia, reduz essa incidência, pois toma-se conhecimento e acompanhamento de todo e qualquer tipo de folga que venha a ocorrer no mesmo.

Referente ao sétimo item, da esteira de entrada foi definido como ação de mitigação de riscos uma avaliação semestral, visto que a esteira de entrada é responsável pelo abastecimento de frascos na máquina, onde caso ocorra seu travamento ( do motor de acionamento da esteira) haverá falha no abastecimento de frascos prejudicando diretamente a produção do equipamento gerando paradas indesejáveis e prejuízos na produção em larga escala.

O oitavo item, do cicloide de abertura de cartuchos foi definido como ação de mitigação realizar a inspeção e caso seja necessária intervenção do técnico anualmente, devido a falha no gerador de vácuo gerar uma incongruência na abertura dos cartuchos conseqüentemente deixando o cartucho fechado na inserção do produto, gerando assim perda de produção, paradas e retrabalho. E com esta ação definida diminui-se a ocorrência deste item, diminuindo diretamente o NPR deste item e realizando o objetivo do FMEA para este item e como um todo.

O item de número nove, da corrente de bulas, foi definido como ação realizar uma inspeção e calibração no equipamento anualmente, afim de inspecionar as pinças e calibrar o sensor de presença de bulas,

o qual antes não era inspecionado, reduzindo assim o risco de falta de bulas que seria o efeito de pior caso gerando retrabalho na produção.

Já no décimo item, foi definido como ação de mitigação realizar a revisão da corrente de cartuchos anualmente, visto que a corrente de cartuchos é responsável pela transportação dos cartuchos pela máquina e caso apresente falhas acarretará em não fornecimento de cartucho na inserção dos remédios que além de gerar um desgastes dos elementos da máquina conjunto, também geraria parada e perda de produção.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se então que a análise de falhas é importante num processo como um todo onde se precisa de uma análise e controle do processo, evitando assim, gastos e imprevistos desnecessários, além de tudo, garante também a confiabilidade do processo, sabendo onde, quando e como o modo de falha se reproduzirá, e quais as consequências destas, garante a clareza e assertividade na proposta de intervenção.

Logo, a aplicação da ferramenta estudada (FMEA) em um processo, são inúmeros benefícios, e é uma ferramenta onde pode-se aprimorar cada vez mais e adequar ao tipo de aplicação que se está sendo necessitada. Através deste estudo, pode-se perceber o quão é importante a aplicabilidade de ferramentas as quais garantem confiança, assertividade e flexibilidade, pois todo o processo ficará previsível caso algum componente venha a falhar, e as consequências destes, garantindo assim um maior acervo de manutenções preventivas, manutenções corretivas e até aquisições de melhorias no processo em questão.

## 6 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e manteneabilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- De Cicco, F., Fontazzini, M. L. Tecnologias Consagradas De Gestão De Riscos. 2 ed. São Paulo: Risk Tecnologia, 2003.
- DONALD, J. W. Understanding how components fail. Third edition, 2013.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.
- LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2001.
- Manual do equipamento;
- Prof. Dr. Rucherd C. Princípios de Análise de Falhas em Componentes.
- SAKURADA, E. Y. AS TÉCNICAS DE ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS E ANÁLISE DA ÁRVORE DE FALHAS NO DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE PRODUTOS. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2001.
- SILVA J. L. H. Análise de falhas em elementos mecânicos: aplicação de métodos fiabilísticos. Dissertação realizada no âmbito do Programa Doutoral em Engenharia Mecânica. Universidade do Porto, 2016.
- SIQUEIRA, I. P. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação. 1 Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
- STAMATIS, D. H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. Wisconsin: ASQ Quality Press, 1995.