

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA FMEA PARA A ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DO PROCESSO PRODUTIVO EM INDÚSTRIA DE ALIMENTOS NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ.

Rydjel Luiz da Silva Oliveira¹

Resumo: Nas indústrias, a busca por vantagens competitivas é constante. Para alcançá-las, é crucial monitorar o processo produtivo, detectando possíveis falhas e implementando medidas corretivas preventivas. Este estudo se propõe a identificar potenciais falhas em um processo produtivo de uma indústria alimentícia utilizando a metodologia FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha). O processo escolhido como objeto deste estudo foi a linha de produção do produto da linha de pipoca de uma empresa localizada na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte. O objetivo de detectar componentes com maiores números de falhas e altos níveis de prioridade de risco, foram alcançados, assim, estabelecendo um conjunto de ações corretivas e preventivas que minimizem os modos de falhas em potencial. Concluiu-se que a ferramenta FMEA pode ser empregada como suporte de melhoria da confiabilidade, servindo também como modo de avaliação dos componentes mecânicos/eletromecânicos que compõem a linha do processo produtivo.

Palavras-chave: FMEA ; Confiabilidade; Melhoria, Implementar medidas corretivas.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade no setor industrial impulsiona as empresas a buscar constantemente aprimoramentos, especialmente na indústria alimentícia, um pilar crucial da economia brasileira. Nesse cenário dinâmico, onde inovações são constantes e novas tecnologias surgem diariamente, a necessidade de identificar falhas nos equipamentos e buscar técnicas importantes tornam-se ainda mais importantes e ainda mais urgentes, pois envolve o fornecimento de produtos essenciais e o cumprimento de rigorosas normas de qualidade e segurança. Diante da crescente demanda por alimentos seguros e de pressão para reduzir custos, a otimização dos processos de produção torna-se uma prioridade.

Nesse contexto, a metodologia de Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) se destaca como uma ferramenta essencial para promover a excelência em projetos e processos. De acordo com Helman e Andery [1], o FMEA é um método para análise de falhas em produtos ou processos (técnicos ou administrativos). Sua principal vantagem é a capacidade de prever problemas e prevenir antes que estes ocorram. A FMEA oferece suporte na identificação de vulnerabilidades, contribuindo significativamente para a busca da melhoria contínua [2]. Conforme mencionado por Santos [3], a aplicação da FMEA abrange diversas áreas de uma organização, como o desenvolvimento de produtos, análise de processos, setores industriais e administrativos, manutenção de ativos e confiabilidade, visando proporcionar benefícios significativos ao negócio. Além disso, sua implementação permite antecipar problemas potenciais, facilitando a tomada de decisões estratégicas e aumentando a eficiência operacional.

Tendo em vista esse cenário, o problema central da pesquisa consiste na aplicação da metodologia FMEA em um processo de uma indústria de alimentos situada na cidade de Mossoró, localizado no estado do Rio Grande do Norte. Dessa forma, a importância do presente trabalho concentra-se em disseminar o conhecimento referente à metodologia do FMEA em um ambiente fabril e complementar a literatura sobre o assunto.

O FMEA é uma ferramenta utilizada para identificar e analisar os modos de falha e suas causas que podem ocorrer no ambiente de produção, além de estudar as possíveis consequências dessas falhas e propor ações de manutenção.

No campo acadêmico, esta pesquisa tem como objetivo aprofundar conhecimentos específicos sobre a prevenção de falhas numa linha de produção utilizando a ferramenta FMEA. Para isso, baseia-se nas abordagens de especialistas como Helman e Andery (1995) e Stamatis (1995), referências importantes no tema. Essas contribuições permitirão contribuir para o conhecimento teórico e entregar uma visão prática e aplicada da metodologia.

Com o uso do FMEA, é possível determinar com maior clareza quais ações podem ser adotadas para eliminar ou reduzir a probabilidade de falhas potenciais. Ele também oferece respostas mais claras e objetivas às questões relacionadas às falhas dos equipamentos, facilitando a tomada de decisões preventivas.

2. OBJETIVOS

O propósito principal deste estudo é detectar potenciais falhas no processo produtivo de uma indústria utilizando a metodologia FMEA de processo. Para atender a esse objetivo geral, objetivos específicos precisam ser atendidos, sendo eles:

- a) realizar o levantamento bibliográfico sobre o problema;
- b) estudar quais componentes da linha de produção necessitam de análise, levantando históricos de manutenção e ordens de serviços de manutenção;
- c) aplicar os conhecimentos de FMEA no processo escolhido;
- d) propor soluções e planos de ação para a empresa.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 *A relação entre manutenção e a confiabilidade*

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR 5462 [4] define manutenção como uma combinação de ações técnicas e administrativas destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Zaions [5] complementa que as atividades de manutenção visam ainda a prevenção de falhas e a garantia da execução dos processos dentro dos parâmetros de disponibilidade, qualidade, prazos, custos e vida útil adequados. Além disso, segundo Slack [6], se a manutenção não consegue prevenir ou mesmo antecipar falhas, então os empenhos necessitam ser conduzidos para reduzir o impacto de tais falhas.

Durante a revolução industrial, a manutenção se tornou essencial para lidar com os desgastes e quebras de equipamentos. Ao longo do tempo, a prática se desenvolveu e evoluiu para a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), que tem como objetivo identificar modos de falha, determinar sua importância e selecionar tarefas preventivas para garantir a confiabilidade e segurança dos equipamentos. A MCC visa assegurar a melhoria contínua da qualidade dos processos e produtos, buscando minimizar custos.

Lafraia [7] corrobora com ABNT [4] definindo que a análise da confiabilidade é a avaliação probabilística de um sistema funcionar dentro de limites estabelecidos, não falhando durante determinado período de tempo em certas condições ambientais, visando proporcionar um bom desempenho funcional com baixo índice de falhas de um produto. Dessa forma, para determinar a probabilidade de sobrevivência de um sistema em um determinado período, deve-se observar o comportamento da taxa de falhas, utilizando-se a modelagem dos tempos até a ocorrência da parada do equipamento [8].

O emprego de uma ferramenta como a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) possibilita a eliminação ou redução dos modos de falha considerados críticos para o sistema. Além disso, essa ferramenta permite estabelecer uma sistemática para priorizar a manutenção de forma econômica, fundamentada na análise de confiabilidade.

3.2 *Análise de Modos e Efeitos Potenciais de Falha (FMEA).*

Segundo Rosa e Garrafa [9], a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) é um método utilizado na indústria para antecipar possíveis falhas em projetos de produtos ou processos. Após identificar as falhas potenciais, medidas podem ser tomadas para reduzir sua ocorrência ou aumentar a detecção. Além disso, essa ferramenta ajuda a avaliar como esses problemas podem afetar o desempenho do sistema, através de um raciocínio dedutivo.

O processo genérico para condução da FMEA constitui-se das seguintes etapas: descrever o produto ou processo; definir funções; descrever os potenciais modos de falha; descrever os efeitos de falhas; determinar as causas; definir métodos de controles ou controles atuais; calcular os riscos; planejar e implementar ações e avaliar os resultados [10].

Luft et al.[11] descreveram a existência de dois tipos de FMEA: de Produto (ou Projeto) e de Processo. Ambas seguem as mesmas etapas e são executadas de maneira semelhante, diferindo apenas em seu objetivo. A FMEA de Produto analisa as falhas que podem ocorrer no produto dentro das especificações do projeto, enquanto a FMEA de Processo considera possíveis falhas no planejamento e execução do processo, também em relação às especificações do projeto. Segundo Aguiar e Mello [12], a utilização da FMEA de Processo permite eliminar pontos fracos no processo, reduzindo o risco de falhas a níveis aceitáveis, buscando a melhoria contínua e mantendo um registro histórico para futuras análises.

De acordo com Gomes e Marinho [10], priorizar as possíveis causas de falhas geralmente envolve o cálculo do Índice de Risco, que aumenta conforme crescem os índices de Ocorrência, Detecção e Gravidade, sendo resultado da multiplicação desses três parâmetros. Assim, quanto maior o risco atribuído a uma causa específica, maior a necessidade de focar na sua resolução. Os autores explicam que o Índice de Ocorrência (O) é uma estimativa combinada das probabilidades de uma causa de falha ocorrer; o Índice de Severidade (S) mede o impacto da falha no cliente, caso ocorra; e o Índice de Detecção (D) indica a probabilidade de identificar a falha antes que ela afete o cliente.

Para aplicar essa técnica, a pontuação é pré-definida em uma escala numérica de 1 a 10, onde 1 indica pouca relevância e 10 representa um alto grau de relevância da falha. Essa escala é utilizada para avaliar a severidade das falhas, a probabilidade de ocorrência e as chances de não detecção de cada anomalia em potencial. A multiplicação

dessas três pontuações resulta no Número de Prioridade de Risco (RPN – Risk Priority Number), que expressa a criticidade da falha.

Conforme o Quadro 1, são apresentados os índices para a severidade das falhas, esse índice ajuda a classificar o impacto potencial de uma falha no sistema, componentes ou processos da linha de produção estudada, de acordo com uma escala de severidade que vai de 1 a 10, de forma que, quanto maior o índice de severidade, maior a urgência em tratar a falha para evitar danos maiores ao sistema ou riscos à segurança

Quadro 1: Índice de severidade de uma falha.

Índice	Severidade	Crítérios Governamentais
1	Nenhuma	Nenhum efeito perceptível
2	Muito pequena	Efeito muito leve sobre o desempenho do sistema
3	Pequena	Mínimo efeito sobre o desempenho do sistema
4	Mínima	Pequeno efeito sobre o desempenho do sistema, afetando o produto.
5	Moderada	Efeito moderado sobre o desempenho do sistema, afetando o produto.
6	Significativa	Performance do sistema de produção comprometida, sujeita a parada da linha de produção.
7	Alta	Performance da produção do produto é gravemente afetada.
8	Extrema	Produto ou sistema inoperável, mas com segurança.
9	Grave	Efeitos potenciais críticos. Possibilidade de danos físicos ao cliente final e complicações com regulamentações governamentais.
10	Perigosa	Efeitos críticos e repentinos. Relacionados com a segurança dos clientes (quando há risco de morte).

Fonte: Adaptado de Stamatis (1995)

O Quadro 2 refere-se à classificação do valor correspondente à quantidade estimada de vezes que uma falha pode ocorrer devido a uma determinada causa, essa escala vai de 1 a 10, sendo que valores maiores indicam maior frequência ou probabilidade de ocorrência, esse índice é fundamental para a priorização de falhas, pois quanto mais provável for o aparecimento de uma falha, maior será a necessidade de ações preventivas ou corretivas.

Quadro 2: Índice de ocorrência de uma falha.

Índice	Ocorrência	Crítério	Proporção
1	Quase nunca	Insucesso improvável. Não há histórico de falhas	1:1.000.000
2	Muito remota	Falhas raras	1:20.000
3	Remota	Suscetível a muito poucas falhas	1:4.000
4	Muito baixa	Suscetível a poucas falhas	1:1.000
5	Baixa	Falhas ocasionais	1:400.
6	Moderada	Moderado número de falhas	1:80.
7	Moderadamente	Moderadamente elevado número de insucessos prováveis	1:40.
8	Alto	Alto número de falhas prováveis	1:20.
9	Muito alto	Muito alto o número de falhas prováveis	1:8.
10	Quase certa	Falhas quase certas. Histórico da existência de falhas em projetos semelhantes	1:2.

Fonte: Adaptado de Stamatis (1995)

O quadro 3 apresenta o índice de detecção de uma falha, sendo útil para avaliar a capacidade de detectar uma falha antes que ela afete o sistema da linha de produção. Esse índice vai de 1 a 10, onde valores maiores indicam menor probabilidade de a falha ser detectada, ou seja, quanto mais próximo de 10, mais difícil será identificar a falha.

Quadro 3 - Índice de detecção de uma falha.

Índice	Deteção	Crítério
1	Quase certa	Linha de produção para de forma consequente
2	Muito alta	Fácil de detectar a falha por qualquer funcionário
3	Alta	Operador da linha de produção tem a habilidade e experiência para detectar a falha
4	Moderadamente	Com bastante atenção é possível detectar
5	Moderada	Falha se reflete de forma clara no produto.
6	Baixa	Falha se reflete de forma discreta no produto
7	Muito Baixa	Operadores encontram dificuldades em detectar
8	Remota	Apenas a equipe da manutenção é capaz de detectar
9	Muito remota	É necessário um especialista para detecção da falha
10	Quase impossível	Não existe nenhuma técnica conhecida disponível

Fonte: Adaptado de Stamatis (1995)

3.3 Número de prioridade de Risco

Na metodologia FMEA, o NPR (Número de Prioridade de Risco) é essencial para avaliar e priorizar modos de falha em sistemas ou produtos. Ele quantifica o risco associado a cada falha e orienta a equipe a focar em problemas de maior impacto. A NPR ajuda a identificar rapidamente os pontos mais críticos, permitindo uma tomada de decisão baseada em dados objetivos e promovendo ações corretivas e preventivas.

Para visualizar a criticidade, o NPR é calculado a partir da multiplicação dos índices de severidade, ocorrência e detecção, assim, com os resultados, é feita a identificação dos componentes com valores de risco mais elevados. Isso permite estabelecer limites de criticidade, definindo quando um problema precisa de intervenção urgente. Assim, a NPR organiza modos de falha por criticidade e direciona esforços para garantir segurança e confiabilidade no sistema.

3.4 Vantagens do FMEA

O método FMEA tem sido utilizado para ajudar na definição e priorização de ações corretivas em projetos, identificando características críticas e significativas e estabelecendo um formulário de prevenção de falhas, diversos pesquisadores em diferentes áreas têm aplicado essa ferramenta com sucesso. Utilizando essa ferramenta, é possível aumentar a satisfação dos clientes, pois ela visa evitar erros antes que aconteçam. O método FMEA destaca as falhas que apresentam os maiores riscos percebidos pelos clientes. Dessa forma, é possível reduzir as chances de falhas no produto, aumentando sua confiabilidade.

A metodologia FMEA quando bem aplicada traz inúmeras vantagens para a organização, tais como redução de falhas, redução de desperdícios e custo, uma das principais causas de grande utilização do método está a não padronização dos formulários, o que possibilita que cada empresa promova a implantação de acordo com as suas características. No entanto, essa ferramenta apresenta algumas limitações que podem impedir os melhores resultados. Como exemplo, podemos considerar a chance de haver demora do processo caso o estudo seja muito complexo e se estenda a análise, além de poder precisar de atualizações constantes, pois com o tempo, novas falhas podem ser percebidas.

3.5 Aplicação do FMEA em indústrias de alimento

A exigência da implantação de um método como o FMEA, que visa diretamente garantir a qualidade dos produtos, possui grande relevância em praticamente todas as cadeias produtivas, e um grande número de agentes dificulta ainda mais a garantia de qualidade do produto sendo necessária a implementação de práticas dessa natureza em todos os elos.

Considerando as reflexões anteriores, é evidente que a questão da qualidade é de grande abrangência, transcendendo a mera uniformização dos produtos. No contexto dos alimentos, essa questão assume uma importância

ainda maior, dado o potencial impacto na saúde dos consumidores caso os produtos não atendam aos padrões de qualidade adequados.

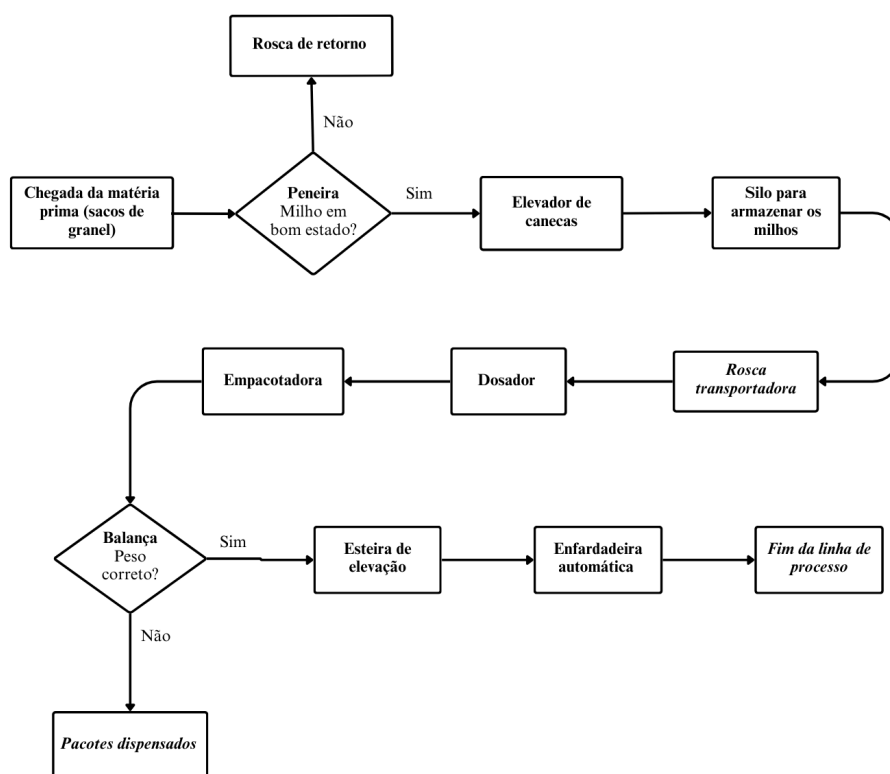
O estudo de caso é uma metodologia de pesquisa que examina um fenômeno em seu contexto específico, com o objetivo de propor otimizações para o sistema de produção da indústria. A partir da análise das áreas críticas da empresa, foi identificada uma oportunidade que se traduziu em uma chance promissora para o desenvolvimento de uma abordagem focada na melhoria da qualidade, utilizando a ferramenta FMEA.

3.6 Apresentação do processo produtivo a ser estudado

O objetivo desse processo produtivo é a fabricação de um produto bastante popular no Brasil, o milho de pipoca, especificamente denominado como “Dona Clara”. Durante a linha de produção, existem máquinas e componentes importantes que integram e resultam o produto final, o mesmo produto que traz mais alto nível de satisfação e confiança para o consumidor em todo o país.

O fluxograma do processo de produção do milho de pipoca estudado, é composto por alguns componentes que necessitam de uma considerada atenção para manutenção, pois, de acordo com históricos, ordens de serviços e testemunhos de operadores das máquinas, existem melhorias para serem realizadas visando um futuro melhor funcionamento dos equipamentos mecânicos e eletromecânicos. A figura 1 mostra a representação do fluxograma da linha de produção do produto.

Figura 1: Fluxograma da linha de produção do milho de pipoca



4. METODOLOGIA

A partir de estudos na empresa sobre históricos de manutenções, relatos de supervisores de produção e manutenção e ordens de serviços anteriores, foi aplicada uma planilha de FMEA sobre a linha de produção estudada, envolvendo os componentes mecânicos/eletromecânicos que nela exigiam maiores demandas de manutenção corretiva e preventiva.

Dentre os critérios para a escolha dos componentes da linha de produção a ser desenvolvida para a aplicação da técnica FMEA, optou-se pelos equipamentos com maiores números de falhas registradas nos históricos de manutenção.

Um fator também importante para a escolha desses componentes foram as planilhas que registravam as ocorrências de serviço (OS) da equipe de manutenção, onde nelas foi observado com frequência um tempo maior do que o esperado para a realização das manutenções preventivas. Foi importante analisar o tempo dessas paradas e a

eficiência da manutenção das mesmas, assim, concluindo que seria necessário uma atenção ainda mais crítica para determinados equipamentos das máquinas envolvidas da linha de produção.

O tempo de observação das ordens de serviços e históricos de manutenções corretivas foi de 5 meses.

A observação dos mancais de esteiras também se tornaram fundamentais neste período, pois o ambiente da linha de produção por muitas das vezes se tornava prejudicial graças a entrada de poeiras e sujeiras que existiam durante a limpeza da linha.

Todos os itens estudados são importantes e afetam diretamente o fluxo de produção da linha da pipoca, pois com a falha dos mesmos, a linha de produção de forma iminente se sujeitava a paradas corretivas, assim resultando em perdas de produção e rendimentos significativos para a gestão. O levantamento realizado teve como objetivo abordar esses itens que enfrentam maiores desafios para a equipe de manutenção, assim, consequentemente trazendo ações e melhorias que podem auxiliar para diminuição desses problemas.

Após a conclusão da fase de estudos, foi iniciado o preenchimento do formulário FMEA, conforme apresentado na Tabela 1, classificando cuidadosamente cada modo de falha com base em três critérios principais: gravidade, frequência de ocorrência e nível de detecção.

Para avaliar o impacto dos efeitos associados aos modos de falha, utilizou-se a escala de severidade detalhada no Quadro 1, o que permitiu um julgamento preciso sobre a gravidade de cada falha possível.

Na etapa seguinte, proceda à quantificação da frequência das causas com base na escala de ocorrência apresentada no Quadro 2, fornecendo uma visão detalhada da probabilidade de cada falha ocorrer.

Por fim, completou-se o campo de detecção, considerando a capacidade do sistema de identificação de possíveis falhas, conforme a escala descrita no Quadro 3.

Esses critérios combinados permitiram uma análise estruturada e abrangente dos riscos envolvidos, fundamentando as próximas etapas do processo de FMEA.

Os artigos e trabalhos de referência complementam essa abordagem prática, oferecendo exemplos acessíveis e fáceis de como organizar as informações e estabelecer critérios claros e objetivos para o preenchimento da tabela. Apesar de não ter seguido um padrão de tabela mais robusto, o resultado foi uma metodologia de análise estruturada e eficiente, garantindo que a tabela FMEA atendesse aos objetivos de forma precisa e focada.

O modelo da planilha FMEA elaborado pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1: Modelo elaborado para a aplicação da técnica FMEA.

FMEA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE MILHO DE PIPOCA EM INDÚSTRIA LOCALIZADA EM MOSSORÓ/RN			CONDIÇÕES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				
Componente/Função	Modo de falha	Efeito de falha	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR	Propostas de tarefas para a manutenção
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

A tabela 2, demonstra a pontuação de NPR (Nível de prioridade de risco) para cada componente mecânico ou eletromecânico da linha de produção estudada, assim, também sugerindo propostas de tarefas para a manutenção realizar como modo de ação.

Tabela 2: FMEA da linha de produção de milho de pipoca em uma indústria localizada na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte.

FMEA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE MILHO DE PIPOCA EM INDUSTRIA LOCALIZADA EM MOSSORÓ/RN			CONDIÇÕES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				
Componente/Função	Modo de falha	Efeito de falha	Severidade	Ocorrência	Deteção	NPR	Propostas de tarefas para a manutenção
Mancais da esteira de elevação/Suportar e guiar o Eixo da esteira de elevação	Falta de lubrificação	Aumento de atrito, calor excessivo	4	5	4	180	- Ressaltar a importância de lubrificação nos DD's. - Aplicar tampas de proteção para os mancais.
	Contaminação, entrada de poeiras e sujeiras, acúmulo com a graxa	Danos ao rolamento, ocasionando em parada corretiva por falha do mancal	6	6	5		
Peneira de vibração/Filtrar os graneis	Umidade dos graneis	Aglutinação dos graneis, afetando a qualidade da pipoca	4	3	8	96	- Controlar umidade na entrada do sistema produtivo, realizar pré-secagem.
		Acúmulo de matéria na tela da peneira					
		Desgaste da tela					
Dosador/Controlar e distribuir quantidade certa do ingrediente	Equipamento com vazamento	Contaminação do ambiente de produção	3	5	2	120	- Exercer treinamento aos soldadores para sempre realizar a recuperação de pintura após a solda bem feita - Inspeção visual dos dosadores - Calibrar durante manutenções preventivas
		Perda de material					
	Descalibração	Quantidade incorretas de milhos sendo dosados	8	3	5		
Balança de Fluxo/Medir o peso de cada produto após o empacotamento	Eixo e rolos desgastados ou empenados	Variação/oscilação do peso	6	7	4	168	- Verificar dimensões dos rolos e eixos armazenados no almoxarifado
Mordente/Cortar e selar a embalagem	Desgaste ou queima da resistência	Falha no sistema de aquecimento, atrapalhando a selagem	8	5	2	80	- Verificar se os terminais olhais são compatíveis com os parafusos. - Analisar se existe mal contato do terminal com a resistência
		Perda de material (embalagem)					
Datador da empacotadora/Imprimir informações específicas nas embalagens	Configuração inadequada dos parâmetros de impressão	Impressão irregular, borrada ou ilegível	7	5	4	140	- Realizar treinamentos dos técnicos/representantes da Perfor para os técnicos e operadores
		Falha nas aplicações de informações importantes de lote do produto					
Colarinho da Enfardadeira	Ajuste/alinhamento incorreto	Costes pequenos ou desgaste no material de embalagem	3	5	4	60	- Injeção visual - Teste operacional

A análise FMEA realizada na linha de produção da pipoca identificou 10 possíveis modos de falhas em 7 componentes críticos, onde cada um desempenha funções essenciais para o correto funcionamento da linha de produção. Com base nessas falhas, foram propostas 3 ações corretivas:

- Instalar proteções nos mancais – para evitar danos nos rolamentos por desgaste ou contaminação.
- Realizar a calibração do dosador durante a manutenção – assegurando a exatidão na dosagem da pipoca.
- Controlar a umidade dos grãos na chegada ao sistema produtivo – prevenindo aglutinação dos graneis e desgastes na tela da peneira.

Além disso, foram recomendadas 9 ações preventivas:

- Capacitações sobre técnicas de soldagem, visando a melhoria da qualidade e durabilidade das soldas.
- Treinamentos e discussões sobre a relevância da lubrificação durante as manutenções preventivas, reduzindo atritos e desgastes dos rolamentos.
- Inspeções visuais periódicas, com o objetivo de identificar falhas potenciais antes que se tornem críticas.
- Análise de possíveis falhas de contato nos terminais olhais, garantindo a integridade da resistência dentro do mordente.
- Verificar se os terminais olhais são compatíveis com os parafusos que integram o mordente
- Verificar e estudar dimensões corretas dos rolos e eixos armazenados para futuro uso nas balanças
- Testes operacionais da máquina enfardadeira antes da liberação para a produção, observando a posição e desempenho do colarinho.

O FMEA indicou ainda que os componentes com maior número de prioridade de risco (NPR) são os mancais da esteira de elevação, dosador, balança de fluxo e datador.

Os mancais de esteira são classificados como componentes importantes para ser atuados na manutenção preventiva, e existiu com frequência reclamações de operadores sobre as recorrentes situações de sujeiras e faltas de lubrificação dos rolamentos. O dosador devido a sua importante função de controlar a quantidade de pipoca em cada embalagem produzida, sendo um componente que necessita de atenção também para a sua integridade física, pois houve com frequência problemas de vazamentos. A balança de fluxo, responsável por colaborar para a confiabilidade dos produtos, auxiliando na percepção daqueles produtos com pesos elevados. E o datador, responsável por passar informações sobre data de vencimento e lote, tem a sua grande importância para a confiabilidade do cliente final.

Os mancais da esteira de elevação revelaram serem os componentes com grande índice de severidade e ocorrência simultaneamente, com o resultado de 180 (NPR), graças aos danos recorrentes em rolamentos, ocasionando em paradas para manutenções corretivas. Sendo seguido pela balança de fluxo resultando em 168 (NPR), a qual apresenta oscilação indevida de peso do produto após o empacotamento, ocorrendo a partir das danificações de eixos e rolos que compõem a balança, assim, sendo necessária com bastante frequência a troca desses elementos para o funcionamento ideal da balança. Terceiro componente com maior número de NPR, com pontuação de 147, foi o datador, onde foram observadas falhas com grande índice de ocorrência sobre a legibilidade das informações impressas nas embalagens, afetando diretamente a qualidade do produto final. Tais fatos colaboraram para que estes componentes tivessem alto número de prioridade de risco e fossem, portanto, considerados críticos.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a aplicação da ferramenta FMEA com o objetivo de identificar e priorizar os modos de falha em uma linha de produção alimentícia, visando a realização de uma análise de confiabilidade eficaz e a proposição de ações que promovam melhorias na prevenção e redução das falhas dos componentes analisados no sistema produtivo.

O estudo evidenciou a aplicabilidade da metodologia FMEA por meio da análise dos problemas existentes na linha de produção. A FMEA demonstrou ser plenamente adequada aos equipamentos investigados, resultado de uma análise detalhada do processo que possibilitou a identificação dos modos, efeitos e ações corretivas para a mitigação das falhas. Ao final, foi possível calcular o Número de Prioridade de Risco (NPR) com base nos fatores de severidade, ocorrência e detecção, permitindo a recomendação de ações direcionadas à mitigação dos riscos mais críticos presentes no sistema produtivo analisado.

A análise do estudo de caso identificou quatro componentes críticos no sistema, que apresentaram os maiores Números de Prioridade de Risco (NPR): os mancais da esteira de elevação, o dosador, a balança de fluxo e o datador. Portanto, os procedimentos de manutenção preventiva devem priorizar esses elementos. Por fim, foram propostas, em tabela, tarefas específicas e aplicáveis à manutenção de cada um dos componentes, fundamentadas nos modos de falha identificados.

A aplicação da análise FMEA demonstrou sua potencialidade na redução de paradas associadas a manutenções corretivas na linha de produção estudada. Isso ressalta a importância de aprimorar o plano de manutenção e de promover treinamentos técnicos para a equipe de manutenção e para os operadores das máquinas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: Fundação Christino Ottoni, 1995.
- [2] FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e manutenção industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- [3] SANTOS, L. O. et al. Análise dos modos de falhas e seus efeitos (FMEA): uma avaliação das publicações em periódicos nacionais e internacionais. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 4., 2017, Sergipe. Anais...Sergipe: UFS, 2017.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.
- [5] ZAIONS, D. R. Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel. 2003. 219 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.
- [6] SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- [7] LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2001.
- [8] MACHADO, A.; ANDRADE, J.J.O. Emprego da confiabilidade para o estabelecimento de estratégias de manutenção na indústria metal-mecânica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33.,

[9] ROSA, L. C.; GARRAFA, M. Análise dos modos de falha e efeitos na otimização dos fatores de produção no cultivo agrícola: subprocesso colheita da canola. Gest. Prod., v. 16, n. 1, p. 63-73, 2009.

[10] GOMES, F. V.; MARINHO, M. H. N. Aplicação de FMEA e CEP para redução de sucata em uma indústria metalúrgica. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 4, n. 3, p. 11-23, 2019.

[11] LUFT et al. FMEA: aplicação no setor de engenharia em uma metalúrgica. In: SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR, 3., 2013, Horizontina. Anais... Horizontina: Faculdade Horizontina, 2013.

[12] AGUIAR, D. C.; MELLO, C. H. P. FMEA de Processo: uma proposta de aplicação baseada nos conceitos da ISO 9001:2000. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

[13] STAMATIS, D. H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. ASQC Quality Press, 1995.