

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
CARLOS EDUARDO DA SILVA

**ESTUDO DE FALHA NO FUNCIONAMENTO DE UMA MOEGA DE PESAGEM DE
SAL MINERAL EM UMA FÁBRICA DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS ANIMAIS**

Varginha
2021

CARLOS EDUARDO DA SILVA

**ESTUDO DE FALHA NO FUNCIONAMENTO DE UMA MOEGA DE PESAGEM DE
SAL MINERAL EM UMA FÁBRICA DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS ANIMAIS**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS-MG como pré-requisito sob orientação do Prof. Esp. Sidnei Pereira e Coorientação da Prof. Me. Antônio Vital Lara Junior.

Varginha

2021

CARLOS EDUARDO DA SILVA

**ESTUDO DE FALHA NO FUNCIONAMENTO DE UMA MOEGA DE
MICRONUTRIENTES MINERAIS EM UMA FÁBRICA DE ALIMENTOS ANIMAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para a obtenção de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que me deu sabedoria e discernimento, agradeço especialmente aos meus pais e professores, coordenadores que sempre me orientaram durante minhas atividades de estágio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando. Todos aqueles que se fizeram presentes em minha vida nesses anos e que sempre me deram forças para concluir meus objetivos. Agradeço ainda a todos aqueles que cruzaram meu caminho e ajudaram, me fazendo ser quem sou hoje. E agradeço a todos os professores pelo empenho, e pelos ótimos ensinamentos.

RESUMO

O trabalho realizado é um estudo de falha no funcionamento de uma moega de pesagem de micronutrientes minerais em uma fábrica de alimentos animais. Tal abordagem se faz necessária devido a uma falha apresentada pelo equipamento na dosagem de micronutrientes para a alimentação de animais gerando transtornos na produção devido à alta taxa de variação de pesagem. O objetivo deste trabalho é estudar o processo produtivo desde a chegada da matéria prima para a fabricação do sal mineral, sistemas de automação utilizados, consultas em manuais de fabricantes, acompanhamento de processo produtivo. Portanto, o trabalho irá auxiliar no indicador de falha do equipamento, sanando essa falha apresentada para um melhor indicador de produção para não haver perdas de materiais e nem ter gastos indesejados. Todo equipamento necessita de uma manutenção preventiva, tendo que ser verificado e inspecionado dentro do processo, para minimizar os prejuízos e o lucro ser cessante. Pois todo componente de qualquer que seja o equipamento, tem uma vida útil, e eventualmente chega ao seu fim por não ter um acompanhamento com olhar crítico de seu funcionamento. Estudo de falha da moega de pesagem, será essencial! Porque toda parada de máquinas ou equipamentos não programada, acarreta perda de tempo de produtividade causando prejuízos ao setor.

Palavras-chave: Nutrição animal, análise de falhas, Produção, confiabilidade, rentabilidade e Satisfação dos cooperados e clientes.

ABSTRACT

The work carried out is a study of failure in the functioning of a hopper for weighing mineral micronutrients in an animal food factory. Such an approach is necessary due to a failure presented by the equipment in the dosage of micronutrients for feeding animals, causing production disorders due to the high rate of weighing variation. The objective of this work is to study the production process from the arrival of raw material for the manufacture of mineral salt, automation systems used, consultations in manufacturers manuals, monitoring of the production process. Therefore, the work will assist in the equipment failure indicator, remedying this failure for a better production indicator so that there is no loss of materials and no unwanted expenses. All equipment needs preventive maintenance, having to be checked and inspected within the process, to minimize losses and loss of profit. Because every component of any equipment, has a useful life, and eventually comes to an end for not having a critical monitoring of its operation. Failure study in a weighing hopper will be essential! Because every unscheduled shutdown of machinery or equipment results in lost productivity time, causing losses to the sector.

Keywords: *Animal nutrition, failure analysis, production, reliability, profitability and satisfaction of members and customers.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 –Significado dos cinco sentidos.....	14
Figura 02 –5w2h.....	16
Figura 03 –Ilustração moega de pesagem.....	26
Figura 04 –Processos fábrica de sal mineral	27
Figura 05 –Roscas dosadora com incrustação.....	28
Figura 06 –Limpeza das roscas dosadoras	29
Figura 07 –Rolamentos danificados	30
Figura 08 -Troca de rolamentos e mancais.....	31
Figura 09 –Montagem das roscas dosadoras	32
Figura 10 -Roscas dosadoras afetando funcionamento o funcionamento da moega.....	33
Figura 11 –Separação das roscas dosadoras	34
Figura 12 –Roscas dosadoras separadas e travamento da estrutura	35
Figura 13 –Molas e coxins da moega de pesagem	37
Figura 14 -Molas e coxins retirados	38
Figura 15 -Testes nas células de cargas sem os coxins e molas	39
Figura 16 –Drag transportador	41

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 01 -	17
Fórmula 02 -	18
Fórmula 03 -	18
Fórmula 04 -	18
Fórmula 05 -	18
Fórmula 06 -	19

LISTA DE TABELA

Tabela 01 -Materiais comprados	36
Tabela 02 -Testes na produção	40
Tabela 03 -Apontamento de produção.....	42
Tabela 04 -Acompanhamento de produção pós ajustes.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	03
2 REFERENCIAL TEORICO.....	05
2.1 Manutenção.....	06
2.1.1 Tipos de Manutenção.....	06
2.1.2 Manutenção corretiva.....	06
2.1.3 Manutenção preventiva.....	07
2.1.4 Manutenção controlada/ preditiva.....	07
2.1.5 Plano de Manutenção.....	07
2.1.6 projetando e planejando um sistema de manutenção.....	08
2.1.7 Benefícios da manutenção.....	08
2.1.9 Políticas de manutenção.....	09
2.1.10 Modos de utilizar a manutenção.....	10
2.1.11 Manutenção corretiva planejada e não planejada.....	11
2.1.12 Etapas e tempos da manutenção corretiva.....	11
2.1.13 Manutenção preventiva.....	12
2.1.14 Modos de realizar a manutenção preventiva.....	12
2.1.15 Vibração.....	13
2.1.16 Análise de termografia.....	14
2.1.17 Plano de lubrificação.....	15
2.1.18 Responsabilidades da manutenção.....	15
3 MANUTENÇÃO E FERRAMENTAS DE QUALIDADE.....	13
3.1 Manutenção preditiva.....	14
3.1.1 Ferramentas para o aumento de qualidade.....	14
3.1.2 Folhas de verificação.....	15
3.1.3 Brainstorming.....	15
3.1.4 5w2h.....	16
3.1.5 Análise de modo e efeito de falha (FMEA)	16
3.1.6 Documentação do processo.....	17
3.1.7 Confiabilidade.....	17

3.1.8 Disponibilidade.....	18
3.1.9 Manutenibilidade.....	19
3.1.10 Acessibilidade.....	19
3.1.11 Modularização.....	20
3.1.12 Permutabilidade.....	20
3.1.13 Padronização.....	20
4 METODOLOGIA.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 Métodos utilizados.....	28
5.1.1 Limpeza do sistema.....	29
5.1.2 Peças danificadas e troca de componentes e montagem.....	30
5.1.3 Montagem roscas de dosagem.....	32
5.1.4 Materiais.....	36
5.1.5 Ajustes moega de pesagem.....	36
5.1.6 Testes na produção.....	40
6 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A área de pesquisa escolhida para o trabalho foi o processo de fabricação sal mineral em uma fábrica de nutrição animal. Justifica-se pelo fato de que uma moega de pesagem vinha apresentando falhas em seu funcionamento de pesagem e tal equipamento envolve vários outros durante o processo, com paradas não coordenadas e gerando atrasos na produção.

A manutenção é de extrema importância para qualquer empresa, pois seu objetivo é manter a funcionalidade dos equipamentos e manter o processo produtivo. Dentro do processo fabril a engenharia é uma ferramenta que monitora e avalia a condição do equipamento para que seja feita sua programação, prevendo possíveis falhas e para melhorar o desempenho produtivo.

Tais processos são definidos como manutenção corretiva e manutenção preventiva. A manutenção corretiva ocorre quando a quebra da máquina ou equipamento não programado gera transtornos para o processo produtivo. Manutenção preventiva é a manutenção programada, planejada, pré-estabelecida, que segue um cronograma e cria um histórico de manutenção em máquinas e equipamentos de modo que não cause paradas inesperadas.

A manutenção preditiva atua com a prevenção de possíveis causas embasadas em documentos e permite verificar as condições reais do equipamento e o acompanhamento da evolução do defeito, possibilitando em um curto espaço de tempo a troca programada de peças ou ajustes na máquina ou equipamento. Atua de forma a evitar paradas inesperadas no processo produtivo, seguindo critérios e avaliações de máquinas e equipamentos de acordo com as orientações do fabricante.

Dessa forma é possível gerar um cronograma de paradas programadas dentro do processo, além de auxiliar na programação de compra de peças de reposição ou ajustes de forma organizada, ajuda também a auxiliar no desenvolvimento do setor de manutenção criando ritmos de trabalho. É possível assim melhorar a qualidade dentro do processo e dimensionar a quantidade de profissionais que serão necessários no setor, diminuindo o tempo ocioso ou a falta de profissionais.

Além disso, trabalhar com a programação para a compra de peças e insumos utilizados na manutenção, evita estoques desnecessários ou falta de peças, estabelecendo a compra e recebimento. Facilita a identificação de possíveis vazamentos de fluidos no sistema, auxilia no processo de um trabalho mais seguro e sem falhas, paradas inesperadas que produzirá um bom

desempenho no cumprimento de prazos da entrega de produtos e trazendo segurança ao processo e seus clientes.

Portanto, a proposta é avaliar falhas apresentadas dentro do processo de fabricação de sais, com o intuito de ser uma grande ferramenta para o acompanhamento de indicadores e melhorias, de forma organizacional, visando maior produtividade, maximizando os lucros e reduzindo despesas inesperadas.

A pergunta problematizadora desta pesquisa é como avaliar falhas em uma moega de pesagem dentro processo de produção de sal mineral? Pode-se encontrar respostas para essa questão com um levantamento sobre os componentes técnicos de máquinas e equipamentos seguindo as instruções técnicas dos fabricantes e criando um processo de planejamento, com históricos de manutenção, ordens de serviço.

É preciso também conhecer os problemas críticos e sugerindo um plano de controle de manutenção, lubrificação, gerando dados para serem palmilhados e prevendo manutenções futuras planejadas e não inesperadas.

Além disso é necessário apresentar os defeitos no equipamento moega de pesagem, visando apontar melhorias, e otimizar a produção.

As ações previstas para se alcançar essa otimização são:

- a) Avaliar processo produção se sal minerais;
- b) Mostrar quais ferramentas podem ser utilizadas para o reconhecimento da falha;
- c) Levantar os tipos de equipamentos dentro do processo, funcionamento e Nr's;
- d) Desenvolver o banco de dados com documentos, para a criação de históricos de falhas, entendendo e interpretando o motivo de falhas da máquina;
- e) Realizar levantamento de manutenção existentes no processo conhecendo e realizando levantamentos de máquinas e equipamentos;
- f) Realizar a leitura de manuais e fichas técnicas do equipamento seguindo orientação do fabricante quanto a manutenção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção

Pode-se definir indústria como aquelas que produzem para variados segmentos realizando serviços, dentro de um processo produtivo e que devem seguir periodicamente manutenções para assegurar a sua qualidade e melhorar o desempenho dentro de um determinado período. Essas manutenções devem constar em seu processo, utilizando ferramentas e auxiliando para melhorar a performance dos equipamentos, enquadrando uma simples manutenção como o reaperto de um eixo mensal, ou a manutenção de uma um avião e a montagem de um navio.

De acordo com Seleme (2015), toda máquina bem ajustada se desgasta menos, utiliza poucos recursos, obtém maior produtividade, sem paradas indesejadas. Segundo ele, durante o tempo em que se faça manutenção, haverá melhoria e assertividade no processo. Mas ainda é um grande obstáculo o fator financeiro, complexibilidade da manutenção, recursos humanos.

Abraman (2013), cita que segundo a Associação Brasileira de Manutenção e gestão de Ativos, é gasto no Brasil pelas empresas em manutenção aproximadamente 4,69% do produto Interno Bruto, PIB nacional.

Já para o IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (2014), a lucratividade chegou a R\$ 206,5 bilhões, no ano de 2013.

De acordo com Almeida (2014), a manutenção é o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários para o bom funcionamento, sendo previsto o reparo de máquinas, peças e ferramentas.

Almeida (2014) descreve que manutenção é a construção de um projeto, que não observa a máquina em operação. Na concepção do projeto, o dimensionamento de peças, sendo apresentados a sua localização de seus componentes, seguindo informações para manutenções.

A NBR 5462/1994, no seu item 2.81, diz que manutenção e a junção de ações e técnicas administrativas, tratando de supervisão e avaliação de ser colocado um item relatando um seu estado e a função desempenhada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 1994).

De acordo com Seleme (2015), manutenção é a combinação de ações técnicas e administrativas e deve-se incluir a supervisão de colocação ou recolocação de um item para desempenhar a função requerida.

Segundo o Dicionário Aurélio (1986), manutenção são as medidas necessárias para a conservação de alguma coisa ou de alguma situação, os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas.

Avaliando os autores nas citações acima, conclui-se que manutenção são ações conjuntas, não isoladas, que busca o funcionamento adequado de uma máquina ou equipamento. Sendo importante ações assertivas para definir o melhor caminho, economizando no quesito financeiro e aprimoramento operacional.

2.1.1 Tipos de manutenção

Os tipos de manutenção são: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção controlada ou preditiva.

2.1.2 Manutenção corretiva

De acordo com Seleme (2015) o chamado manutenção emergencial, intitula-se manutenção corretiva, e ocorre quando deixamos os equipamentos, máquinas e instalações operando até ocasionar falha, para depois consertar o equipamento.

Manutenção utilizada quando o equipamento sofre desgaste ou um tipo de falha no sistema impossibilitando seu funcionamento (SELEME, 2015, p.21).

Sempre observamos a ocorrência de manutenção corretiva no decorrer de nossas vidas. Podendo ser simples como a troca de uma lâmpada de luz, ou um cabo de aço que está se rompendo devido sofrer um grande esforço com o peso da roupa molhada até a secagem. Presenciamos na rua, quando a prefeitura realiza o calçamento de buracos encontrados, ou uma pessoa com seu carro com a bateria enguiçada.

Para Almeida (2014), um exemplo de manutenção corretiva é quando algo para de funcionar completamente, ou parcialmente, e alguém efetua o reparo desse objeto, voltando ao seu funcionamento.

A engenharia no decorrer dos anos e com a criação de projetos confiáveis e duradouros, sempre visou a manutenção preventiva desses equipamentos, porém eles ainda podem falhar, mesmo se pensando nos mínimos detalhes do projeto. Quando essa situação ocorrer, a manutenção corretiva deve ser rápida, para colocar o equipamento ou máquina em seu

funcionamento em todas as suas funções (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

Nota-se que a manutenção corretiva é presente no decorrer de nossos dias, em variadas situações. Percebe-se que é uma manutenção primitiva, que se ocorre no último caso, depois de houver um mal funcionamento.

2.1.1.3 Manutenção preventiva

De acordo com Almeida (2014), manutenção preventiva é algo planejado, controlado, mantendo a máquina ou equipamento em perfeito funcionamento e evitando imprevistos.

Manutenção essa, que ocorre sempre em paradas pré-estabelecidas dentro do processo, com critérios de acordo com o equipamento e a necessidade do operador desse equipamento, reduzindo ao máximo a possibilidade de falha e desgaste de algum componente (SELEME, 2015, P.21).

Há singularidade na opinião dos dois autores, de que a manutenção preventiva, é uma manutenção planejada e sempre executada em intervalos já pré-definidos, de modo a reduzir o prejuízo de um equipamento parado, ou quebrado por falta de manutenção básica.

2.1.1.4 Manutenção controlada/preditiva

É o tipo de manutenção com base em técnicas e análises, que necessita a supervisão centralizada de amostragem, conseguindo maior qualidade do serviço desejado, visando reduzir ao máximo as intervenções de manutenção preventiva e corretiva.

Visa maior precisão e condições das máquinas ou equipamentos, sendo observado durante o funcionamento do equipamento e utilizando ferramentas precisas e modernas. (SELEME, 2015, P.21).

2.1.5 Plano de manutenção

De acordo com Seleme (2015), plano de manutenção é um documento no qual são descritos a gestão e os procedimentos técnicos a serem usados, como as instalações,

ferramentas, cronogramas e recursos. Nele há também descritas as práticas específicas, recursos e as atividades que garantam o bom funcionamento do projeto ou contrato.

2.1.6 projetando e planejando um sistema de manutenção

Seleme (2015), diz que para projetarmos um sistema de manutenção, precisamos ter em mente que as alterações nos ambientes de trabalho ocorrem rapidamente, e o sistema precisa adaptar-se as novas exigências. Para a eficiência deste sistema temos que atender as necessidades e não ser demasiado complexo, pois pode-se correr o risco de não conseguir adequar de imediato.

Seleme (2015), ainda diz que é preciso ser otimista, porque os recursos são escassos para fazer parte deste processo produtivo. Necessita-se ser especializado, (máquinas, ferramentas, pessoal e demais auxílios) para atender as necessidades da produção e manutenção.

Ele cita que a distribuição dos objetivos do sistema de manutenção deve ser direcionado aos objetivos da empresa, ou seja, não deve ser considerado como um meio em si, mas como parte de todo o sistema integrado.

2.1.7 Benefícios da manutenção

Quando o equipamento apresenta um bom funcionamento, e para por completo, por um desgaste em seu sistema, ou por um aquecimento prejudicando o seu sistema produtivo, conseguimos compreender a importância e utilidade da manutenção (SELEME, 2015).

Essas melhorias ajudam na confiabilidade e na redução de tempo perdido gerado por reparos. Trazendo garantia na execução, sem causar paradas indesejadas na atividade, sendo que o equipamento raramente se quebra ou se desajusta. Assim é possível gerar melhoria na segurança, instalações e equipamentos, não causando problemas frequentes.

Para Almeida (2014), a manutenção aumenta a qualidade e confiabilidade, pois os equipamentos deixam de ser operados de forma inadequada, aumentando significativamente a qualidade do serviço.

Com uma manutenção frequente é possível reduzir custos de operação, aumentar o tempo de vida útil, pois os elementos de tecnologia dentro de um processo, recebem manutenção regularmente, cuidados com a limpeza e a lubrificação dos equipamentos, prolongando sua vida efetiva e reduzindo problemas de operação.

Segundo Slack et al (2002), a manutenção visa a valorização. Quando as instalações são bem mantidas, ficam mais fáceis de serem vendidas no mercado quando necessário.

2.1.9 Políticas de manutenção

As indústrias ou organizações adotam um ou mais modelos de manutenção. De acordo com a necessidade do equipamento, são elas:

- a) Redundância de equipamentos, utiliza uma reserva de equipamentos que são críticos no sistema produtivo.
- b) Capacitação de operadores, visando manutenção produtiva total, realizando pequenos ajustes e regulagens no equipamento.
- c) Quando se tem equipamentos em maior número, havendo aumento do número de equipamentos no processo produtivo levando a substituição de máquinas.
- d) Projeto robusto, consiste na utilização de equipamentos que podem suportar esforços de trabalho.
- e) O tamanho das equipes de manutenção, para que essas equipes sejam capazes de suprir a demanda de serviços e ocorrências simultâneas.
- f) Maneabilidade, que nada mais é do que a compra de equipamentos que se caracterizam pela facilidade de sua manutenção.
- g) Postura preventiva, desenvolver e implementar um sistema de manutenção preventiva para todos os níveis.
- h) E por último, um maior estoque de peças sobressalentes, conseguindo atender de forma imediata quando uma reposição for requerida.

O responsável pela manutenção deve sempre levar em consideração os itens citados acima, seus benefícios, pensando em formas de manutenção que interessem ao seu grupo (MARTINS; LAUGENI, 2005, p. 239).

2.1.10 Modos de utilizar a manutenção Corretiva

De acordo com Seleme (2015), a manutenção corretiva classifica-se em cinco categorias, representadas por: falha de reparação, recuperação, reconstrução, revisão e manutenção.

- a) Falha total/reparo - O item em questão não pode ser consertado ao seu estado inicial de operação, obrigando a sua substituição.

- b) Recuperação – Elemento da manutenção corretiva, é o material que não pode ser reparado e deve ser eliminado, utiliza-se então material reaproveitado de equipamentos que não puderam ser reparados.
- c) Reconstrução – É a montagem completa de um equipamento e exame de todos os seus componentes, substituindo ou reparando peças desgastadas por outras de mesma especificação e originalidade. Visa devolver a peça um desempenho mais próximo possível do seu estado original.
- d) Revisão – Utilizando inspeções e reparos como especificado, pressupõe a restauração de um item ao estado em que era antes.
- e) Manutenção – Essa manutenção, por causa dos itens anteriormente citados, se faz necessário por exemplo, na restauração de uma máquina, sendo necessário realizar a manutenção convencional, tal como a troca de fluidos, substituição de peças gastas, limpeza, entre outros (DHILLON, 2002).

2.1.11 Manutenção corretiva planejada e não planejada

Kardec e Nascif (2013), apresentam outra classificação de manutenção corretiva, para eles manutenção corretiva não planejada é um reparo emergencial quando acontece falha de modo não esperado.

Manutenção corretiva planejada é quando a manutenção acontece para não deixar o equipamento falhar, sendo feito o monitoramento dos dispositivos e realizada manutenções periódicas ou um controle preditivo (KARDEC E NASCIF, 2013).

2.1.12 Etapas e tempos da manutenção corretiva

Pode-se estabelecer as seguintes etapas e tempos na manutenção corretiva, de acordo com Seleme (2015):

- a) Identificação da falha: é um processo de manutenção corretiva, quando há falha no equipamento.
- b) Localização da falha: é onde a falha ocorreu, necessita de análise do sistema e seu desempenho. Verificando as condições de acesso a falha.
- c) Diagnóstico: o diagnóstico dos sintomas identificando as características da falha indicará a extensão, qual o tipo de falha e o método de correção que irá ser utilizado.

- d) Correção: a equipe de manutenção é responsável, em ver quais ferramentas serão utilizadas para o reparo e para correção daquela manutenção.
- e) Verificação: É a etapa em que a equipe de manutenção verifica o equipamento e o serviço realizado antes de colocar o sistema em operação novamente.

De acordo com Seleme (2015), os principais componentes de tempo de manutenção corretiva são o tempo de manutenção corretiva afetiva, o tempo administrativo e o logístico, além dos atrasos.

São compostos pelos seguintes subcomponentes o tempo de manutenção corretiva efetiva:

- a) Tempo de preparação;
- b) Tempo de localização de falhas;
- c) Tempo de obtenção do item de reposição;
- d) Tempo de correção de falhas;
- e) Tempo de ajuste e calibração;
- f) Tempo de liberação.

2.1.13 Manutenção preventiva

Com o passar do tempo, os programas de manutenção preventiva acabaram fracassando, perderam apoio da gerência, e seu custo julgado injustificável. Os resultados demoravam muito a aparecer.

O princípio mais importante para manter o apoio é a gestão contínua. “Se não vai poupar dinheiro, então não faça isso!!” (DHILLON, 2002, p. 42).

As vantagens da manutenção preventiva são o aumento da vida útil dos equipamentos, redução de custos, mesmo que a curto prazo, diminuição das interrupções do fluxo produtivo, criação de uma mentalidade preventiva na empresa, permissão da programação em horários para a organização, melhora da qualidade dos produtos, e a manutenção das condições operacionais dos equipamentos (DHILLON, 2002, p.44).

2.1.14 Formas de realizar a manutenção preventiva

Seguindo alguns exemplos de ações a serem realizadas periodicamente na manutenção preventiva deve-se ter em mente:

- a) Inspeção: Inspecionar e determinar sua qualidade e necessidade de manutenção, os materiais e itens, comparando suas características e confrontando-as com padrões esperados.
- b) Manutenção: realizar a lubrificação e limpeza dos equipamentos, atentando para os cuidados necessários, evitando a ocorrência de pequenas falhas.
- c) Calibração: Comparar características por comparação a um padrão. É a comparação de dois instrumentos, sendo que um tenha padrão e certificação conhecida, servindo como parâmetros para o outro.
- d) Testes: Consiste na testagem e verificação de itens a fim de determinar necessidades de manutenção e detectar degradações no sistema.
- e) Alinhamento: realizar alterações com variáveis especificadas (regulagem), a fim de atingir um funcionamento ideal.
- f) Instalação: Consiste na substituição de itens cuja vida útil é limitada, e que pelo ciclo de tempo cause desgaste ou degradação, mantendo assim, o sistema especificado dentro das tolerâncias exigidas (SELEME, 2015, P.46).

2.1.15 Vibração

A análise de vibração e seu acompanhamento, é dos mais importantes métodos de predição em grande parte das indústrias. Equipamentos rotativos são os que dispõem de uma maior ênfase desse tipo de medição, porém necessita de softwares e sistemas especiais, além de sensores específicos.

Vibração existe em qualquer sistema, quando recebe uma excitação, ele reage. Isso é válido para qualquer coisa, um avião, uma mola de um carro, um vagão de trem etc.

Os parâmetros de vibração relacionados a máquinas rotativas são o deslocamento, a velocidade e a aceleração. Esses três itens representam o quanto o sistema está vibrando. Essa vibração gera uma frequência, que é diferente em cada corpo, de acordo com seu tamanho, sua massa e seu material. Na análise de vibração, a frequência é uma variável importante, pois auxilia a determinar a sua origem, ou causa.

Para captar essa vibração são utilizados sensores, que medem o movimento do eixo dentro do mancal ou o movimento relativo de outros elementos, como o dos sensores eletromagnéticos e capacitivos.

É denominado probe de deslocamento de contato, o sensor de maior aceitação para o monitoramento de máquinas rotativas. Esse sistema consiste em um oscilador-demodulador, conhecido no Brasil como “proximitor”, um cabo de extensão, e um probe.

De acordo com Kardek e Nascif (2013), as suas vantagens são o tamanho reduzido, não sofre efeito de óleos e gases, suporta temperaturas de até 177°C e tem baixo custo. As desvantagens são que requerem fonte externa para gerar sinal e ser suscetível a variações na superfície do eixo, assim como arranhões, moissas, recuperação com materiais de condutividade diferente.

Os sensores eletrodinâmicos de velocidade foram os primeiros a realizar medições de vibração em alta frequência, incorporando um ímã (magneto). É um tipo de sensor sísmico, onde um sistema de molas o suporta formando um sistema sísmico (massa mola). Quando esse sensor é encostado na superfície que se deseja medir, acontece um movimento relativo entre o ímã e a bobina, gerando uma voltagem proporcional a velocidade do movimento. A faixa de utilização desse sensor é entre 10 e 1.500 Hz.

Esse sensor, de acordo com Kerdek e Nascif (2013), tem sido deixado de lado em detrimento a outros sensores, tendo uma confiabilidade maior. Já que é composto por várias partes móveis e está sujeito a ocorrência de falhas. Contudo, sua grande utilização ainda é em aparelhos de vibração de pequeno porte.

Atualmente, os acelerômetros são responsáveis pela maioria das medições. É um dispositivo que trabalha medindo a aceleração. Existem vários modelos de acelerômetro, porém, todos se constituem basicamente de massa mola, e são classificados como transdutores sísmicos. O tipo mais encontrado é o piezoelétrico, e são constituídos por um ou mais cristais piezoelétricos, que quando pressionados, produzem um sinal elétrico e são aproveitados em uma série de aplicações, como celulares e relógios, por exemplo.

Em funcionamento, o acelerômetro é sujeito a vibração e sofre uma excitação, exercendo a massa, uma força variável nos cristais piezoelétricos, gerando assim, um pulso elétrico proporcional a vibração.

Esse sistema tem como vantagens uma ampla faixa de resposta de frequências, peso e dimensão reduzidas, boa resistência a temperaturas, preços relativamente módicos. As desvantagens são as peças sensíveis que exigem cuidados na montagem, e a ressonância que pode ser excitada no sensor frequentemente, exigindo assim a aplicação de um filtro.

2.1.16 Análise termográfica

A temperatura é um parâmetro muito interessante de se levar em consideração dentro do tema manutenção. Tem fácil compreensão, o seu acompanhamento nos permite perceber alteração em equipamentos, componentes e no processo propriamente dito.

Uma má lubrificação ou uma lubrificação ineficiente aumenta o atrito entre as peças, elevando sua temperatura. Uma manutenção preventiva, visa o monitoramento da temperatura em partes específicas do equipamento como mancais, superfícies de equipamentos estacionários, barramentos e equipamentos elétricos.

Para se fazer a medição da temperatura, existem hoje no mercado diversos métodos, equipamentos como o termômetro de contato, fitas indicadoras de temperatura, lápis e giz indicadores de temperatura, tinta termo sensível, medição de temperatura por radiação, pirômetro de radiação, pirômetro ótico, sistemas infravermelho, termômetro infravermelho, termo visores e termografia.

2.1.17 Plano de lubrificação

O plano tem como finalidade, controlar e administrar a manutenção, além de registrar todas as máquinas que devem ser lubrificadas. Este documento é extremamente útil na manutenção preventiva, além de ser obrigatório, pois permite o planejamento e o controle das máquinas e dos equipamentos que devem ser lubrificados, assim como a periodicidade dos processos de lubrificação.

2.1.18 Responsabilidades da manutenção

Dentro de uma organização, no que diz respeito aos setores de manutenção, existem várias responsabilidades, para que o setor produtivo possa funcionar perfeitamente dentro do estabelecido e assim possa ser preservado um programa coerente de reparos e um planejamento em conjunto com a produção. Isso sempre no menor prazo possível, com controle e execução dos reparos e consertos eventuais e emergenciais.

Com o intuito de não haver interrupções na produção, e quando houver que seja reparado no menor tempo possível, deve-se obedecer aos intervalos de conservação rotineira, como a lubrificação, limpezas e ajuste. Deve-se também sempre realizar reuniões com os encarregados da produção, com o intuito de trocar informação com a produção e diagnosticar os principais problemas.

É preciso verificar sempre se existe uma máquina com elevado nível de interrupções, e o porquê desse problema, visando eliminar as causas dos defeitos. Outro ponto importante é a prestação de auxílio sempre que possível, juntamente com o departamento da produção, ao

operador de máquina, para que este possa manusear adequadamente os equipamentos que lhes forem designados.

Para Seleme (2015), além de executar treinamentos quando necessário ao grupo de colaboradores da produção, é preciso informar os procedimentos emergenciais que podem ser tomados em casos de necessidade.

3 MANUTENÇÃO E FERRAMENTAS DE QUALIDADE

De acordo com Seleme (2015), para desenvolver um programa de manutenção preventiva eficaz, é necessária a disponibilidade de uma série de informações.

Para Dhillon (2002) essas informações são referentes aos procedimentos incluindo registros históricos de equipamento, recomendações do fabricante, dados anteriores de equipamentos, manuais de operação, instrumentação e ferramentas de testes apropriados, informações sobre falhas por tipo de problema, consumo de componentes e instruções específicas por escrito.

Inicialmente deve-se escolher uma área onde será realizada a manutenção preventiva. Devem ser áreas cruciais para o sucesso das operações globais da planta, sujeitas a experimentar uma alta taxa de ações de manutenção.

Tem por objetivo principal, alcançar resultados tanto quanto imediatos em áreas de grande destaque, para assim, conseguir apoio da gerência superior. Em seguida, identificar as necessidades de manutenção preventiva, definindo seus requisitos. Teremos então o estabelecimento de um cronograma para as tarefas de inspeções diárias e ações periódicas. Funções diárias podem ser executadas por qualquer integrante da manutenção, ou outra com capacitação.

Estabelecer então, uma análise da condição do equipamento estabelecendo a frequência e a experiência dos que estão familiarizados com o equipamento. Tarefas diárias e periódicas são identificadas e descritas em detalhes preparando as ações de manutenção preventiva sujeitas a aprovação dos supervisores. E os períodos de ação da manutenção preventiva, são agendadas com base em um calendário de doze meses.

A partir de então, pode-se expandir esse programa de manutenção preventiva a outras áreas, lembrando que a implementação de um projeto piloto é fundamental para essa expansão.

3.1. Manutenção preditiva

Manutenção preditiva tem como principal objetivo realizar a manutenção somente quando as instalações necessitarem da mesma, consiste na monitoração de certos parâmetros dos equipamentos que por meio de dispositivos, determinando o momento certo de realizar a manutenção (SLACK et al, 2002, p. 636).

A manutenção deve ser feita através do monitoramento da vibração do mancal do motor, avaliando desgaste e dando possibilidade de comunicação sobre a manutenção que será efetuada e seu reajuste ou substituição, antes da quebra definitiva.

A manutenção preditiva é muito mais que só um acompanhamento, sendo um meio de melhorar a produtividade e a qualidade do produto. Vai além do monitoramento de vibrações. É um programa orientado por condições do equipamento ou sistema, em vez de depender das estatísticas para o agendamento do tempo médio de vida (SELEME, 2015, P.48).

Esse tema não será abordado neste trabalho e não será mais aprofundado o assunto.

3.1.1 Ferramentas para aumento da qualidade

Os setores de uma empresa, sendo de maior ou menor grau de esforço, devem ter em vista, um contínuo aumento na busca por altos padrões de qualidade. Para isso, existem ferramentas apropriadas que permitem esse desenvolvimento (SELEME, 2015).

Uma dessas ferramentas são chamadas de Cinco sentidos: Os chamados 5S. Tem origem japonesa, foram traduzidos para língua portuguesa para serem aplicados em fábricas, escritórios e sistemas produtivos. (SELEME, 2015, Pg.61).

Figura 1: Significado dos cinco sentidos.

Sequência	Senso	Significado
1º	Seiri	Senso de descarte ou liberação de áreas.
2º	Seiton	Senso de organização
3º	Seiso	Senso de limpeza
4º	Seiketsu	Senso de higiene, segurança, padrão.
5º	Shitsuke	Senso de ordem ou disciplina.

Fonte: O autor.

- Seiri pressupõe o fornecimento de conhecimentos aos funcionários para discernir o que é útil ou não para realizar seu trabalho. Retirar do ambiente de trabalho móveis, ferramentas e utensílios que não são úteis nem necessários.
- Seiton são os elementos e ações que devem estar nos locais, quando necessitarmos de um determinado objeto ou ferramenta para a execução de uma ação.
- Seiso nos diz que a limpeza é a primeira condição, fica visível no setor produtivo. Além da abordagem tradicional, permite também que sejam monitorados e que ao se mostrarem sujos, indicam problemas, tais como vazamentos, por exemplo.
- Seiketsu significa buscarmos a melhor ação e a melhor limpeza dos dois sentidos descritos nos sentidos anteriores.
- Shitsuke é incentivar funcionários a transferirem para si próprios a postura do cotidiano no trabalho, permitindo assim, um ganho permanente na organização. (SELEME, 2015, P.62).

3.1.2 Folhas de verificação ou registro

Folhas de verificação ou registro são utilizados para anotações referentes a uma situação que queremos resolver e anotar. Podem ser de dois tipos: folha de manutenção/verificação de equipamentos/sistema, e a folha de verificação de falha (ALMEIDA, 2014).

3.1.3 Brainstorming

Brainstorming é uma ferramenta utilizada em reuniões, nas quais é feito um banco de ideias em que os integrantes podem com total liberdade, expor suas ideias, por mais distintas que possam parecer são escritas.

De acordo com Seleme (2015), os integrantes são colocados em uma sala de reuniões, onde expõe suas ideias e uns vão influenciando os outros com suas novas ideias.

3.1.4 5w2h

5W2H é uma ferramenta que se refere a utilização de perguntas na língua inglesa que se iniciam com as letras “W” e “H”. Para Valle (2007) essas perguntas têm por objetivo obter respostas que esclareçam o problema a ser resolvido.

Figura 2: Perguntas para planejamento 5W2H

Pergunta	Significado	Pergunta instigadora	Direcionador
What?	O que?	O que deve ser feito?	Objeto
Who?	Quem?	Quem é o responsável?	Sujeito
Where?	Onde?	Onde deve ser feito?	Local
When?	Quando?	Quando deve ser feito?	Tempo
Why?	Por quê?	Por que é necessário ser feito?	Razão Motivo
How?	Como?	Como será feito?	Método
How much?	Qual o custo?	Quanto vai custar?	Valor

Fonte: O autor

3.1.5 Análise do modo e efeito da falha (FMEA)

Desenvolvida pelo exército norte americano, a FMEA foi usada como técnica de avaliação da confiabilidade, determinando o efeito das falhas de um sistema ou equipamento. Ao se utilizar esse método, diminui-se as chances do processo ou produto falhar aumentando assim, a sua confiabilidade (OAKLAND, p. 238).

De acordo com Seleme (2015), na literatura encontramos quatro tipos de FMEA que servem aos diversos propósitos do setor de manutenção:

- a) FMEA de produto: Analisa as falhas que podem ocorrer com o produto, baseado nas especificações do projeto.
- b) FMEA de processo: Analisa as falhas no planejamento e execução do processo;
- c) FMEA de serviço: Visa prevenir a ocorrência de falhas durante a produção dos serviços;
- d) FMEA de sistema: Analisa o design de um produto durante a sua fase de concepção, sendo parte do critério de seleção do conceito.

A FMEA requer um prévio planejamento para que se tenha êxito em sua operação. As etapas podem ser divididas em 2 grandes grupos, que são: o planejamento, que envolve a definição do objetivo e da função, e a constituição da equipe, e o grupo de análise e aplicação, que envolve os seguintes quesitos: identificação dos potenciais falhos, priorização das falhas potenciais, seleção e implementação das ações corretivas, observação e aprendizagem, documentação do processo (SELEME, 2015, P.76).

3.1.6 Documentação do processo

Segundo Almeida (2014), documentar o processo é fundamental, pois permite que tenhamos uma base de dados para consultas futuras. Esses documentos podem ser utilizados para documentar o processo inicial e servirão de base para análise.

3.1.7 Confiabilidade

Temos que entender por confiabilidade a probabilidade de um produto fabricado em conformidade com o projeto, para operar sobre determinado período sem apresentar falhas identificáveis (NEPOMUCENO, 1989, p. 63).

Confiabilidade é um atributo inerente ao projeto do produto, pois representa a capacidade potencial de uso que dificilmente será atingida.

Um elemento que representa o nível de confiabilidade é o chamado taxa de falha (λ), que é a probabilidade de que um sistema não responda adequadamente em razão a quantidade de falhas (TMEF) representado por:

$$TMEF = \frac{1}{\lambda} \quad (1)$$

Para podermos compreender os conceitos devemos compreender o que significa falhas dentro de um sistema, e reconhecer que as falhas podem ser aleatórias, ou em consequência do uso. Também devemos ter ciência de que sempre esperamos pelas falhas, em algum instante elas irão surgir (MARTINS; LAUGENI, 2005, p. 361).

3.1.8 Disponibilidade

De acordo com Seleme (2015) o conceito de disponibilidade é a medida que indica a proporção do tempo total em relação ao tempo que o dispositivo está disponível para utilização. A disponibilidade nos permite avaliar através de um número que representa enormes vantagens, e é definido pela seguinte equação:

$$D = \frac{\text{Tempo disponível para utilização}}{\text{Tempo disponível} + \text{tempo ocioso (reparo)}} \quad (2)$$

O tempo disponível é aquele no qual o equipamento, ou maquinário está apto a operar sem problemas, e cumprir suas funções com eficiência. Já o tempo ocioso é o tempo em que o equipamento, ou maquinário não está apto a cumprir com suas funções, por estar passando manutenção ou intervenções, graças a uma operação inadequada (VIANA, 2016).

A disponibilidade também pode ser descrita da seguinte forma:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (3)$$

Onde:

MTBF = *Mean time between failures* ou TMEF = Tempo médio entre falhas.

MTTR = *Mean time to repair* ou TMRP = Tempo médio para reparos.

A partir desta equação, podem ser derivadas equações mais específicas, que apontam a verificação da disponibilidade de acordo com as necessidades da organização.

Então, temos a seguinte equação:

$$\mu = \frac{\text{Número de reparos efetuados}}{\text{Número total de horas de reparo}} \quad (4)$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \quad (5)$$

Assim, consegue-se o cálculo da disponibilidade do equipamento, partindo do tempo médio para reparos (SELEME, 2015, p. 102).

3.1.9 Manutenibilidade

Esse conceito surgiu logo no início da revolução industrial, já com a preocupação de se manter o bom uso do maquinário, desenvolvendo uma série de regras e linhas de ação, em resposta às exigências dos mecânicos que executam a manutenção (NEPOMUCENO, 1989, p. 65).

Conforme nos diz Kardec e Nascif (2013), a definição apresentada por François Monchy, é a probabilidade de restabelecer a um sistema suas condições de funcionamento específicas, em limites de tempo desejados.

Ou seja, é a probabilidade de que um equipamento volte a sua correta linha de operação, em um determinado tempo, de acordo com a seguinte equação:

$$M(T) = 1 - e^{-\mu t} \quad (6)$$

Onde:

$M(t)$ = Função maneabilidade (reparo se inicia no tempo $t = 0$ e conclui no tempo t);

e = logaritmo neperiano ($e = 2,718$);

μ = taxa de reparos ou números de reparos efetuados em relação ao total de horas de reparo do equipamento;

t = tempo previsto de reparo.

Portanto, podemos concluir que a maneabilidade diz respeito a investigação das atividades de trabalho, a eficiente manutenção do equipamento, e no esforço para o mais imediato possível conserto da avaria. A capacidade de manutenção é um importante parâmetro de concepção, e destina-se em minimizar o tempo de reparo, diferente de manutenção, que é o ato de reparação de um determinado equipamento, ou item (NEPOMUCENO, 1989, p. 65).

3.1.10 Acessibilidade

Acessibilidade pode ser traduzida como a facilidade no qual um item pode ser alcançado para o seu reparo, substituição ou serviço. Quando essa acessibilidade é reduzida pode ocorrer um enorme prejuízo e ineficácia da manutenção.

Para que a eficiência da acessibilidade seja garantida, alguns itens devem ser observados, tais como a localização do item associado ao seu ambiente, a frequência de entrada e acesso as aberturas, a distância a ser vencida para acessar a parte do componente, os tipos de tarefas de manutenção a serem executadas por meio das aberturas de acesso, a necessidade visual do pessoal que executa a tarefa, os tipos de ferramentas e acessórios necessários para realizar as tarefas especificadas, e as folgas adequadas de trabalho, para a realização das tarefas especificadas, grau de risco envolvido na utilização das aberturas de acesso, montagem de embalagens de itens por trás das aberturas de acesso, tempos necessários para execução de tarefas especificadas, tipo de roupa utilizada pela pessoa envolvida (SELEME, 2015, p. 106).

3.1.11 Modularização

Modularização é a forma como o produto é dividido, em partes funcionais, fisicamente diferentes, para facilitar e permitir a sua alocação, substituição e reparo. As suas vantagens são a facilidade em conseguir realizar a substituição do sistema, tempo reduzido de manutenção, menor treinamento aos operadores da área e menos tempo de equipamento parado.

Módulos descartáveis são projetados para assim serem, em vez de reparados, e são utilizados em situações em que o reparo se mostra inviável por questão de custo. Nepomuceno (1989) cita que uma desvantagem, é a necessidade da permanência desse tipo de módulo em estoque, o que pode levar a um aumento de capital investido.

3.1.12 Permutabilidade

Definido como um sistema intencional do projeto em que durante uma eventual necessidade, um item pode ser substituído por outro semelhante, para que assim, possa atender as funções para as quais ele foi designado.

Segundo Seleme (2015), seus princípios básicos incluem folga na tolerância dos itens, exigindo substituição frequente e em virtude dos desgastes e dos danos, a manutenção de peças.

3.1.13 Padronização

De acordo com Seleme (2015) a padronização pode ser descrita como a obtenção da uniformidade máxima em projeto de um item. Os objetos importantes a serem considerados na padronização, é a redução do número de modelos diferentes, a maximização da utilização de peças comuns em produtos diferentes e o controle e a simplificação do estoque de manutenção.

Redução no tempo de projeto, no custo de fabricação, no tempo de manutenção, eliminação da necessidade de peças com tolerâncias especiais, redução de erros de instalação causados por variação nas características de itens ou unidades similares, redução da probabilidade de acidentes resultantes de procedimentos incorretos, redução do uso incorreto de peças e componentes, facilitação do reaproveitamento de itens e componentes para a manutenção, melhoria na confiabilidade e redução na aquisição e estocagem de itens e componente são algumas vantagens desse método (NEPOMUCENO, 1989, p. 66).

5 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado em uma cooperativa localizada na cidade de Machado, sul de Minas Gerais. A referida cooperativa tem uma fábrica de produção de alimentos para a nutrição animal. Esta fábrica não tem um plano de manutenção preventiva, apenas se utiliza da manutenção corretiva. A referida fábrica possui linha de produção de ração e sais minerais para alimentação de animais.

A proposta visou analisar a falha apresentando o funcionamento de uma moega de pesagem de sais minerais modelo MGAP fabricante L5, máquinas para nutrição.

Figura 03: ilustração moega de pesagem



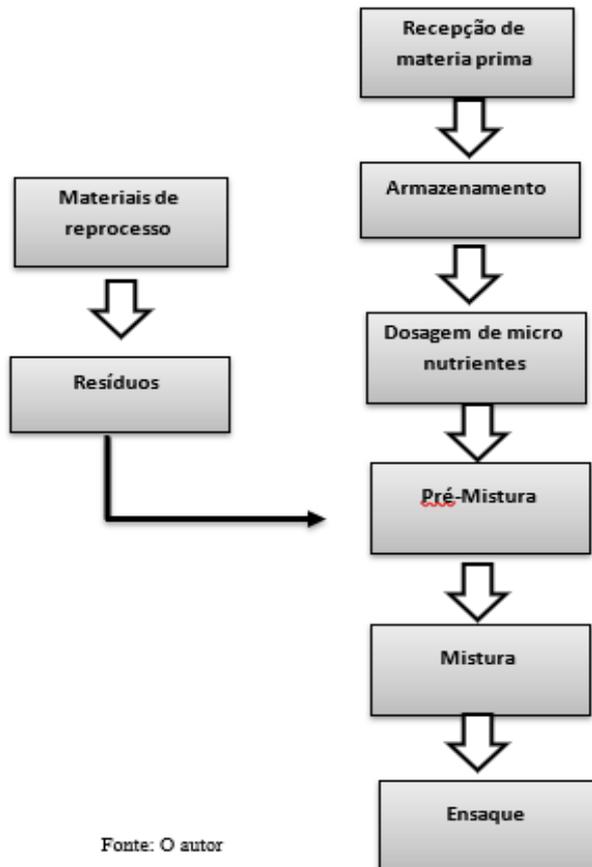
Fonte: manual do equipamento

As atividades realizadas durante a pesquisa foram entender a falha apresentada nessa moega de pesagem, utilizando os manuais de operação dos equipamentos, troca de informações com equipe de gerência, produção, engenheiro, equipe de manutenção, professores, fabricante do equipamento focando na falha e trazer resultados para produção.

Foram realizadas anotações de dados sobre períodos em que está sendo feito ajustes no equipamento, trocas de componentes no sistema e acompanhamentos de produção. Também foram realizadas inspeções periódicas, com a finalidade de inspecionar a integridade desses componentes.

O trabalho iniciou-se no mês de julho de 2021 sendo realizado juntamente com um mecânico e dois auxiliares sendo observado dentro do processo de fabricação de sal mineral que compõe seu organograma de produção.

Figura 04: Processos fabricação de sal mineral



O processo da fábrica é bem simplificado, mas dentro deste processo, quando há falha de dosagem no equipamento, não há um caminho dentro do sistema que possa devolver esse material para ser reprocessado, é preciso retirar no ensaque causando atrasos na produção.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Métodos utilizados

Os métodos utilizados foram a observação do funcionamento operacional do equipamento e suas falhas, sendo feitas pesquisas bibliográficas em livros, artigos, periódicos, dissertações e manuais e troca de informações com a equipe de manutenção.

Foi desenvolvido um serviço de manutenção corretiva nesta falha, e com base nesses dados coletados das falhas, desenvolver e aplicar manutenção nesta balança de pesagem, apresentando os resultados em suas pesagens, informando a gerência, os resultados apresentados de forma coordenada.

Dentro do processo de produção de sal mineral foram desmontadas as roscas dosadoras. Foi constatado um grande acúmulo de incrustação da matéria prima utilizada na produção, atrapalhando o funcionamento das roscas, gerando travamento do sistema e ocasionado em falhas no sistema de automação.

Figura 05: Roscas dosadoras com incrustação



Fonte: O autor.

A figura mostra a incrustação dentro do sistema do helicóide da rosca devido ao uso de matérias primas corrosivas. Deve-se realizar a limpeza do sistema para um bom funcionamento visando também a não contaminação dentro do sistema de produção de sal mineral.

5.1.1 Limpeza do sistema

As roscas dosadoras estavam com incrustação de material, então foi realizada a limpeza em todas as roscas dosadoras, também foi detectado rolamentos e mancais danificados devido a corrosão devido ao sal e micronutriente do processo. Em seguida, foi realizado sua montagem novamente.

Figura 06: Roscas dosadoras sendo lavadas



Fonte: o autor

Na imagem acima o colaborador está executando o processo de lavagem do helicóide da rosca dosadora juntamente com seu tubo, após esse processo é realizada a secagem natural e com auxílio de ar comprimido para agilizar sua secagem.

5.1.2 Peças danificadas e troca de componentes e montagem

Os rolamentos e mancais foram inspecionados e estavam enferrujados e já estavam desgastados devido a corrosão podendo gerar parada nos equipamentos a qualquer momento, foi notado que não havia nenhum tipo de lubrificação nesses rolamentos e mancais.

Figura 07: Estado que os rolamentos se encontravam devido a corrosão.



Fonte: O autor.

A imagem retrata bem como o rolamento está danificado devido a corrosão gerada pelas materiais primas que afetam o funcionamento do equipamento, por não haver um monitoramento de vida útil do rolamento, não ser feito a manutenção preventiva do mesmo, juntamente com os mancais, podendo danificar o sistema como um todo.

Colaboradores da manutenção realizando a troca de rolamentos e mancais das roscas dosadora rolamento e mancais.

Figura 08: Rolamentos e mancais sendo trocados.



Fonte: O autor

Colaboradores realizando a colocação dos componentes, foram acompanhados pelo líder de manutenção, observando minuciosamente a substituição dos rolamentos e mancais sendo realizado a lubrificação nos flanges do equipamento.

5.1.2 Montagem roscas de dosagem

Foram levadas as roscas dosadoras para serem colocadas e após foi acompanhado seu funcionamento.

Figura 09: Montagem da rosca dosadora sendo recolocadas em seu lugar.



Fonte: O autor.

Após terem sido realizado a colocação das roscas de dosagem foi visto que a estrutura que integra a moega de pesagem estava sofrendo interferência na célula de pesagem, devido aos Motors vibradores das roscas de dosagem. Com isso houve vibração no piso da estrutura gerando interferência nas células de pesagem.

Diante disto o engenheiro responsável solicitou a confecção de uma estrutura independente para cada rosca dosadora para não haver mais interferência em suas células de pesagem.

Figura 10: Roscas dosadoras afetando funcionamento o funcionamento da moega



Fonte: o autor

A figura 10 retrata como eram interligadas as roscas dosadoras gerando interferência na estrutura e causando vibração nas células de cargas da moega de pesagem.

5.1.3 Ajuste nas estruturas

Ao ser feita a estrutura independente das roscas dosadoras, conforme figura 11 o engenheiro solicitou para ser realizado o travamento da estrutura inferior pois detectou também que após o travamento das roscas dosadoras, havia uma ligação do misturador de sal mineral na estrutura da moega, sendo visível e sendo relatado pela equipe de manutenção que estava causando interferência dentro do processo de pesagem.

Figura 11: Separação das roscas dosadoras



Fonte: O autor

Essa interferência era gerada quando o misturador terminava uma mistura, simultaneamente e havia uma ordem de produção naquele momento gerando interferência nas células de pesagem da balança.

Foram realizadas a separação das roscas de dosagem, sendo uma independente da outra, causando o seu travamento na parte superior da estrutura. A figura 12 mostra colaboradores fixando as barras.

Figura 12: Roscas dosadoras separadas e travamento da estrutura



Fonte: O autor

Colaboradores realizando os últimos ajustes na estrutura das roscas dosadoras após sua separação, acima ilustrada o travamento da estrutura da moega de pesagem se micronutrientes de sal mineral.

5.1.4 Materiais

Foram utilizadas 9 barras de cantoneira 2.1 / 2x3 /16”, mais 2 barras de cantoneira inox 1.1/3x1,2m, 2.1 / 2x3 /16, o total deste valor é demonstrado na tabela 1 abaixo:

MATERIAS COMPRADOS PARA AJUSTES		
Qt	MATERIAIS	PREÇO
09	Barras de cantoneira 2.1 / 2x3 /16	R\$ 2.488,86
02	Barras de cantoneira inox 1.1/3x1,2m	R\$ 1.234,08
TOTAL		R\$ 3.722,94

Tabela 1: o autor. (Orçamentos realizados em 24/07/2021).

Esses materiais foram utilizados no travamento, também foram reaproveitados materiais que já existiam na cooperativa.

4.1.5 Ajustes moega de pesagem

Após esse travamento, começaram a ser realizados ajustes e testes seguindo orientação do fabricante, para sanar a diferença de pesagem na moega de pesagem, porque ainda havia divergência na pesagem dentro do processo. A primeiro momento, por haver interferência na automação, foi feito acompanhamento de dosagem dentro do processo produtivo e o próprio sistema de automação detectou que estava havendo ainda interferência mecânica. Em consulta com fabricante foi solicitado para estarmos realizando testes em suas células de pesagem sendo retirados os coxins de absorção onde as molas seguram o peso da dosagem dos materiais.

A figura 13 demonstra as molas e coxins que compõe o sistema de pesagem da moega de pesagem ponto que foi primordial para verificar seu funcionamento e encontrar a raiz do problema de super pesagem dentro do processo de pesagem.

Figura 13: Molas e coxins da moega de pesagem



Fonte: O autor

Foram inspecionados os coxins e as molas visualmente e notado que estavam com corrosão e estavam sem compressão para e estava desnivelada a moega de pesagem.

Foram retirados coxins e molas conforme demonstra a figura 14 para serem realizados testes e serem substituídos por novos.

Figura 14: Molas e coxins retirados



Fonte: O autor

As molas e coxins do equipamento que foram retiradas para ser realizado o teste, pois o consultor técnico do equipamento pediu para realizar desta forma. Foi feita a avaliação visual dos componentes e notou-se que estavam com sinais corrosão devido ao sal mineral.

A figura 15 demonstra o teste solicitado pelo consultor técnico do equipamento utilizando peso padrão, para observamos sem as molas, coxins e células de pesagem.

Figura 15: Teste células de pesagem sem as molas.



Fonte: O autor

A figura acima mostra o teste que foi realizado utilizando o peso padrão sem o uso dos coxins e sem as molas, para certificarmos se havia interferência das molas e coxins sobre as células de pesagem. Foi constatado que não havia, mas de forma preventiva, analisando o tempo de uso, seguimos a orientação do fabricante e foram substituídos os componentes.

4.1.6 Testes na Produção

Os testes de dosagem foram realizados individualmente conforme a tabela 2 para cada micronutriente sendo eles: bi cálcio, ureia, sal, calcário, fubá e soja. Todos esses testes foram realizados com ordem de produção dentro do processo de automação. Foi realizado o teste de dosagem seguindo orientação do suporte de automação sendo realizado anotações, demonstradas pelo visor do computador, ensaques e relatório do sistema e geraram os seguintes resultados.

TESTES DE DOSAGEM SEGUINDO ORIENTAÇÃO DA ASSISTENCIA DE AUTOMAÇÃO E ANOTADO A MÃO E INFORMADO PELO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO.

TESTES DE DOSAGEM SEGUINDO ORIENTAÇÃO ASSISTENCIA DE AUTOMAÇÃO E ANOTADO A MÃO.							
Milho - 120 Kg				SAL - 120 Kg			
Descrição	Testes			Descrição	Testes		
	1	2	3		1	2	3
PESO MOSTRADO TELA	121,9	118	120	PESO MOSTRADO TELA	123,4	121,5	124
RETIRADO NO ENSAQUE	97,2	131,3	113,4	RETIRADO NO ENSAQUE	135,7	109,6	181,9
DIFERENÇA EM (KG)	24,7	-13,3	6,6	DIFERENÇA EM (KG)	-12,3	11,9	-57,9
LEITURA DO SIST. AUTOM.	112 Kg	120 Kg	120 Kg	LEITURA DO SIST. AUTOM.	123 Kg	122 Kg	124 Kg
SOJA - 120 Kg				UREIA - 120 Kg			
Descrição	Testes			Descrição	Testes		
	1	2	3		1	2	3
PESO MOSTRADO TELA	121,3	123,9	124,4	PESO MOSTRADO TELA	120,5	120,4	120,6
RETIRADO NO ENSAQUE	128,4	119,2	200,2	RETIRADO NO ENSAQUE	107,7	126,1	129,7
DIFERENÇA EM (KG)	-7,1	4,7	-75,8	DIFERENÇA EM (KG)	12,8	-5,7	-9,1
LEITURA DO SIST. AUTOM.	121 Kg	124 Kg	121 Kg	LEITURA DO SIST. AUTOM.	120 Kg	120 Kg	124 Kg
FOSFATO - 120 Kg				CALCARIO- 120 Kg			
Descrição	Testes			Descrição	Testes		
	1	2	3		1	2	3
PESO MOSTRADO TELA	120,8	120,7	120,4	PESO MOSTRADO TELA	120,7	120,1	121,1
RETIRADO NO ENSAQUE	123,6	92	136,6	RETIRADO NO ENSAQUE	130,5	102,3	121,9
DIFERENÇA EM (KG)	-2,8	28,7	-16,2	DIFERENÇA EM (KG)	-9,8	17,8	-0,8
LEITURA DO SIST. AUTOM.	119 Kg	121 Kg	120 Kg	LEITURA DO SIST. AUTOM.	121 Kg	120 Kg	121 Kg

Tabela 2: o autor

Nos comparativos destas tabelas demonstram que há variação e os testes realizados mostraram que deveríamos estar realizando ajustes nas células de carga, coxins, e molas segundo orientação do fabricante, foram substituídos por peças novas. Foram realizados ajustes na moega, sendo recalibrada novamente, ajustado seus coxins e molas.

Logo foi detectado que quando era dosado material com o valor de 500 kg, a moega encostava no drag transportador, demonstrado na figura 16 abaixo da moega de pesagem, gerando superdosagem pois a moega de pesagem encostava e não era feita a dosagem correta.

Figura 16: Drag transportador



Fonte: O autor

Então foi rebaixado esse drag 30 mm de sua base deixando a moega livre para realizar a pesagem. Com isso foi ajustado o drag, feita novamente a calibração da moega, pois foram ajustados novamente suas molas para não haver interferência no processo de pesagem.

Feito isso foi realizado o acompanhamento no decorrer do mês de julho a setembro e notamos que houve mudanças drásticas na produção, sendo produzido e ensacado dentro da margem que a produção julga depressível o erro de 0,3 % segundo consultor da fábrica. Desde o princípio desta falha ocorrida em julho de 2021, foi realizado o acompanhamento destes dados de produção de sal mineral e anotados dados juntamente o acompanhamento dentro do processo produtivo tendo resultados de melhora em julho até setembro.

Vejam a tabela 3 e gráfico de acompanhamento de produção, demonstrando a melhora após ajustes dentro do processo de funcionamento.

PRODUÇÃO DE SAL MINERAL				
Mês	Produzir (Kg)	Produzido (Kg)	Diferença (Kg)	Percentual de erro
Julho	8494,00	8912,00	-418,00	-4,92%
Agosto	3900,00	4039,00	-139,00	-3,56%
Setembro	2401,00	2424,00	-23,00	-0,96%
Outubro	1,00	1,00	0,00	0,00%
Novembro	1,00	1,00	0,00	0,00%
Dezembro	1,00	1,00	0,00	0,00%
Total	14798,00	15378,00	-580,00	-9,44%

Tabela 3: o autor

No mês de julho a produção de sal mineral havia um grande percentual de erro, gerando reprocesso dentro do sistema produtivo, gerando atrasos e não havia confiança no que era produzido, gerando retrabalhos, atrasos na produção, desorganização nos prazos de entrega de sais minerais para produtores de clientes da cooperativa.

Após serem observados o processo dentro desta fábrica e realizando melhorias notou-se pela tabela que nos meses de agosto e setembro, caiu drasticamente o percentual de erro e ficando dentro do esperado pela produção em questão ao percentual de erro na produção.

Nesta tabela 4 é informado os desvios mensais desde quando se começou a realizar o processo de ajustes no processo de produção.

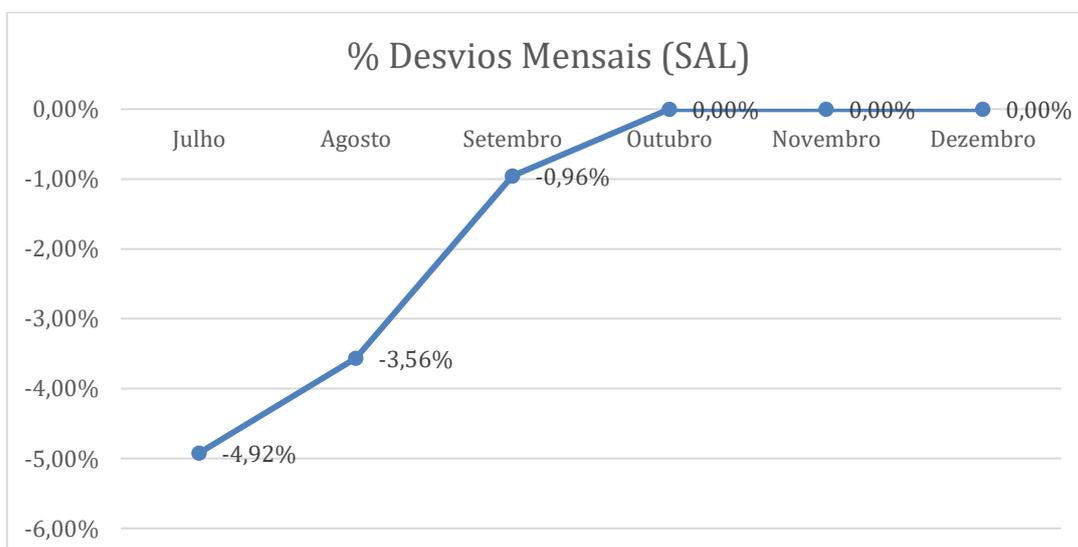


Tabela 4: o autor.

Nota-se que houve uma queda no percentual de erros dentro do processo de produção do equipamento após ajustes, gerando confiabilidade dentro do processo, não precisando ser realizados retrabalhos dentro do processo produtivo, causando atrasos na produção não gerando resultados esperados.

6 CONCLUSÃO

Brainstorming é uma ferramenta que foi muito utilizada na solução desta falha apresentada na moega de pesagem. Fizemos um banco de dados em que os integrantes com total liberdade expuseram suas ideias.

Dentro deste desafio pude evidenciar na prática e na teoria ensinadas dentro e fora de sala de aula, que nós temos que estar em uma busca constante de conhecimentos, para que sejamos ótimos profissionais no decorrer de cada atividade.

Notei que sempre precisamos estar de ouvidos atentos no que cada colaborador pontua, pois é de grande ajuda e o trabalho em equipe é essencial para alcançarmos um bom resultado.

Através da análise de falha, foi possível obter resultados satisfatórios, pois foi um grande desafio estar acompanhando um sistema produtivo de uma fábrica de sal mineral, e juntamente acompanhar o dia-dia de manutenção. Foi uma grande troca de conhecimento juntando produção, manutenção e sendo sanado o problema. Foram meses de empenho contando com apoio de fabricante e engenheiro, além do professor orientador que prestava todo suporte que necessitava, juntamente com um experiente líder de manutenção chamado Raimundo Oliveira. Sempre houve troca de informações, pois estávamos trabalhando em conjunto e assim pudemos chegar ao resultado esperado, o conserto da falha desta moega de pesagem.

Sugiro que para manter continuidade dentro do sistema produtivo para o funcionamento impecável do equipamento, que seja monitorado e anotado o funcionamento dos equipamentos que compõe o sistema de produção de sal mineral. Que seja realizado mensalmente a calibração da moega de pesagem, seja realizada a lubrificação dos rolamentos das roscas dosadoras, as roscas dosadoras serem desmontadas a cada 45 dias, para serem lavadas, e seguir manutenção conforme é solicitado pelo fabricante.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. **NBR ISSO 55000: Gestão de ativos, visão geral, princípios e terminologia.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABRAMAM, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **Documentação Nacional A Situação da Manutenção no Brasil Edição 2018.** Disponível em: <http://www.eventos.abraman.org.br/pesquisa/glossario.php>. Acesso em 07/03/2020.

ALMEIDA, PAULO SAMUEL DE. **Manutenção mecânica industrial.** Conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Érica, 2014.

CORR, R. F. **Programa em pós-graduação em engenharia mecânica.** UFSC Modelagem matemática para otimização de periodicidade nos planos de manutenção preventiva. Gest. Prod. Vol.23 no.2 São Carlos Apr./jun 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530x2016000200267&script=sci_arttex&tlng=pt>. Acesso em 07/03/2020

DHILLON, B.S. **Engeneering Maitenance a Modern Approach.** London: CRC Press; New York: Boca Raton, 2002.

SANTOS. M. C. (2019). **Desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva e preditiva para a melhoria da confiabilidade de um processo industrial automatizado.** Dissertação de mestrado em Sistemas Mecatrônicos, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

FERREIRA, AURÉLIO BUARQUE DE HOLANDA. **Novo dicionário Aurélio da língua Portuguesa.** Nova fronteira, 1986.

GARCIA, B. R. A.; CAVALCANTE, F. J. N.; **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC' 2017.**; Estudo para implantação de um bom plano de manutenção preventiva aplicada a uma indústria: Um estudo de caso. Disponível em: <http://www.confex.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2017/mecanica17_epidupdmpaau iuedc.pdf> Acesso em 07/03/2020.

KARDEK, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica.** 3. Ed. Rio de Janeiro. Qualitymark: Petrobrás. 2009.

MANUAL MOEGA GAAP. **L5 máquinas para nutrição animal.** Pará de Minas, 2019

MANUAL DRAG TRANSPORTADOR. **L5 máquinas para nutrição animal.** Pará de Minas, 2019

MANUAL ROSCA DOSADORA. **L5 máquinas para nutrição animal.** Pará de Minas, 2019

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção.** São Paulo: Saraiva, 2005.

NEPOMUCENO, L.X. **Tecnicas de manutenção preditiva.** São Paulo:Blucher, 1989,V.1.

OAKLAND, JOHN S. **Gerenciamento da qualidade total**. São Paulo, Nobel, 2007. REDE JUNTOS.ORG. **Ferramenta 5E2H**. Disponível em: <http://wiki.redejuntos.org.br/busca/5w2h>. Acesso em 09/03/2020.

SELEME, R. **Manutenção industrial: mantendo a fabrica em funcionamento**. Curitiba: InterSaberes, 2015.

SETOYAMA, YKURO. Manutenção da Qualidade. In: SUZUKI, TOKUTARO. **TPM EM INDUSTRIA DE PROCESSO**. Instituto Japonês de Manutenção de Fábricas. Japão, 1992.

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

SOUSA, Muller de almeida; **Manutenção industrial**; Pós Graduação Idaam Disponível em: <<http://www.idaam.siteworks.com/jspui/bitstream/prefix/85/1/MANUTENÇÃO%20INDUSTRIAL.pdf>> Acesso em 07/03/2020

SUZUKI, TOKUTARO. **TPM em Indústria de processo**. Instituto Japonês de Manutenção de Fábricas. Japão, 1992.

VALLE, Ângelo José. **40 ferramentas e técnicas de gerenciamento**. São Paulo: Brasport, 2007, 3º edição.

VIANA, HERBERT RICARDO GARCIA. **Fatores de sucesso na gestão da manutenção de ativos**. Rio de Janeiro, Bookstart, 2016.

VIANA, HERBERT RICARDO GARCIA. **PCM – Planejamento e controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed. 2002.