

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
LUCAS BATSCHKE BRUNHARA

ANÁLISE DE REDUÇÃO DE CUSTOS ATRAVÉS DA IMPLEMENTAÇÃO DO
SISTEMA PREDITIVO DE MANUTENÇÃO

CASCADEL - PR

2018

LUCAS BATSCHKE BRUNHARA

**ANÁLISE DE REDUÇÃO DE CUSTOS ATRAVÉS DA IMPLEMENTAÇÃO DO
SISTEMA PREDITIVO DE MANUTENÇÃO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Professor Orientador: Me. Engenheiro Mecânico
Sérgio Henrique Rodrigues Mota**

CASCADEL – PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
LUCAS BATSCHKE BRUNHARA

ANÁLISE DE REDUÇÃO DE CUSTOS ATRAVÉS DA IMPLEMENTAÇÃO DO
SISTEMA PREDITIVO DE MANUTENÇÃO

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica sob orientação do Professor Msc. Sergio Henrique Rodrigues Mota

BANCA EXAMINADORA



Orientador Msc. Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Da Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. Roberson Roberto Parizotto
Centro Universitário Da Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. Geovane Duarte Pinheiro
Centro Universitário Da Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 19 de junho de 2018

EPÍGRAFE

“A persistência é o caminho do êxito”.

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela capacitação e orientação que me deu durante essa jornada de estudo, me dando forças para que se tornasse realidade mais esse objetivo.

Aos meus pais Antônio e Dagmar que presenciaram de perto todas as dificuldades e alegrias e me deram todo apoio e incentivo.

Ao meu orientador Msc. Sergio Henrique Rodrigues Mota que dedicou seu tempo e conhecimento neste período tão importante.

Aos demais amigos que de alguma forma influenciaram e deram palavras de apoio e incentivo para que pudesse chegar até o fim.

Ao Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz pelo conhecimento passado através dos professores qualificados nesta graduação.

RESUMO

A manutenção é responsável por manter máquinas e equipamentos em condições de uso sem que afete ou interfira na produção de uma indústria ou na saúde de um funcionário. As manutenções têm grande impacto financeiro, pois atua de forma direta nos custos finais de operação e produção, assim como garante a qualidade no produto entregue ao consumidor. O uso de aparelhos de precisão é necessário para que a manutenção possa ser implementada de forma efetiva. O objetivo da pesquisa é fazer uma análise dos custos de manutenção preventiva com a manutenção preditiva e assim estudar a viabilidade da implementação de um sistema mais preciso de manutenção dentro de uma indústria para que os gastos anuais sejam reduzidos, também como garantir a saúde do funcionário e que a vida útil da máquina seja maior possível. A manutenção implementada no estudo foi do tipo preditivo, a qual é feito acompanhamento das máquinas por aparelhos específicos para este tipo de operação. Este tipo de operação requer habilidade e conhecimento teórico dos funcionários envolvidos para que os resultados obtidos nos aparelhos possam ser bem decifrados. O referencial teórico proporcionou os conhecimentos necessários para o desenvolvimento do trabalho. Após os objetivos concluídos foi possível a análise dos custos de manutenção e o impacto financeiro na empresa o que gerou 27% de economia anual.

Palavras-chave: Manutenção, preditivo, preventivo, indústria, economia.

ABSTRACT

Maintenance is responsible for keeping machines and equipment in working order without affecting or interfering with the production of an industry or the health of an employee. The maintenance has a great financial impact, as it acts directly in the final costs of operation and production, as well as guarantees the quality in the product delivered to the consumer. The use of precision devices is necessary so that the maintenance can be implemented effectively. The objective of the research is to make an analysis of the costs of preventive maintenance with predictive maintenance and thus study the feasibility of implementing a more precise system of maintenance within an industry so that the annual expenses are reduced, as well as to guarantee the health of the employee and the longer the life of the machine. The maintenance implemented in the study was of the predictive type, which is followed up by the machines by specific devices for this type of operation. This type of operation requires skill and theoretical knowledge of the employees involved so that the results obtained in the devices can be well deciphered. The theoretical framework provided the necessary knowledge for the development of the work. After the completed objectives, it was possible to analyze the maintenance costs and the financial impact on the company, which generated a 27% annual savings.

Key words: Maintenance, predictive, preventive, industry, economy.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gráfico Tipo Manutenção x % Médio de h/h Aplicado.....	13
Tabela 2 – Tabela de comparação de custos.....	29
Tabela 3 – Cotação financeira para medidores de vibração	30
Tabela 4 – Cotação financeira para termômetros infravermelhos.....	31
Tabela 5 – Cotação financeira para estetoscópios.....	31
Tabela 6 – Economia corrigida na indústria	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.2 OBJETIVO GERAL	10
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4 JUSTIFICATIVA	11
1.5 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	11
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	13
2.1.1 Processo de fabricação da máquina	15
2.1.2 Componentes internos da máquina.....	15
2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	15
2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	16
2.3.1 Instrumentos de medição na manutenção preditiva	17
2.3.2 Vantagens e desvantagens do sistema preditivo de manutenção.....	18
2.3.3 Técnicas de manutenção preditiva.....	18
2.4 MANCAIS	19
2.4.1 Aspectos de desgaste	20
2.5 VIBRAÇÃO MECÂNICA NA INDÚSTRIA.....	21
2.6 BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO	22
2.7 TORRE DE SECAGEM.....	22
2.8 EVAPORADOR.....	22
2.9 NANO-FILTRAÇÃO.....	23
3 METODOLOGIA	25
3.1 COLETA DE DADOS DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	25
3.2 CONDIÇÕES MECÂNICAS DOS COMPONENTES TROCADOS NA MANUTENÇÃO.....	26

3.3 ELABORAÇÃO DA PLANILHA PARA SISTEMA PREDITIVO DE MANUTENÇÃO	27
3.4 COLETA DE DADOS DO SISTEMA PREDITIVO DE MANUTENÇÃO	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1 CUSTO BENEFÍCIO	30
5 CONCLUSÃO	33
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a manutenção tem mudado muito dentro das indústrias, essas mudanças são consequências de 5 pontos, sendo eles:

- a) Aumento, bastante rápido, do número e da diversidade dos itens físicos (instalações, equipamentos e edificações) que têm que ser mantidos.
- b) Projetos muito mais complexos.
- c) Novas técnicas de manutenção.
- d) Novos enfoques sobre a organização da manutenção e suas responsabilidades.
- e) Importância da manutenção como função estratégica para melhoria dos resultados do negócio e aumento da competitividade das organizações. (KARDEC, 2009, p.01)

No entanto, com o aumento de máquinas dentro da empresa os problemas dentro dela também aumenta, o que causa um grande impacto financeiro e assim reduzindo os lucros anuais se as manutenções não forem bem-feitas.

Infelizmente muitas empresas fazem pouco uso do conhecimento técnico sobre manutenção e executam serviços de péssima qualidade colocando em risco a vida útil da máquina e também do colaborador. A partir disso, foi visto que neste setor a redução de riscos à saúde e materiais era de tal importância, e que reduzindo esses riscos com o conhecimento técnico poderia se promover economia para a empresa.

Para Kardec (2009), as grandes indústrias cada dia mais investem em sistemas e programas de manutenção para que o custo anual seja o menor possível, aumentando a vida útil do equipamento e também protegendo a vida do auxiliar de manutenção.

1.2 OBJETIVO GERAL

Analisar a redução de custos na manutenção em uma indústria no setor alimentício por meio da implementação do sistema preditivo de manutenção.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar dados de tempo e custo de manutenção preventiva;
- Analisar as condições mecânicas dos componentes trocados na manutenção;
- Elaborar uma planilha de sistema preditivo;
- Coletar dados do sistema preditivo de manutenção;
- Comparar dados do sistema preventivo com o preditivo.

1.4 JUSTIFICATIVA

Percebeu-se durante as manutenções feitas na empresa que os componentes trocados, como rolamentos, gaxetas, selos mecânicos, ainda apresentavam condições de uso, não sendo necessária a troca, com isso reduzindo os custos de manutenção.

Com a manutenção feita em períodos diferentes do que o recomendado, pode se colocar em perigo a equipe de manutenção se um desses componentes quebrar durante uma manutenção ou durante o processo de fabricação.

1.5 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Quais as vantagens e desvantagens do sistema preditivo de manutenção comparando com o sistema preventivo?

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa para este trabalho será realizada na indústria ALFA, no setor alimentício.

Os equipamentos escolhidos para a pesquisa são: Torre de Secagem, Evaporador e Nano filtração. As peças escolhidas destas máquinas são rolamentos e mancais.

Foram escolhidos estas máquinas e peças pois são os setores mais críticos da indústria sendo essencial que a disponibilidade de máquina seja maior possível.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o início da era industrial, planejamento estratégico feito dentro dos setores de manutenção tem sido cada vez mais frequente e mais cobrado de cada membro da equipe de manutenção. De acordo com a NBR 5462, manutenção é “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Exemplos destas ações podem ser a lubrificação de uma engrenagem para que haja redução de atrito e a vida útil aumente de tal forma que a quantidade de manutenções em um período de tempo também diminua.

2.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Dentro das indústrias temos presente os três tipos de manutenção conhecida sendo elas: corretiva, preventiva e preditiva. Segundo Kardec, o sistema de manutenção mais encontrado dentro das indústrias atualmente é chamado de preventivo, conforme a tabela 1, o qual é feito dentro de um período pré-estabelecido ou dentro de uma condição estabelecida. mas que não há uma precisão da real situação em que o componente trocado ou analisado está.

Tabela 1 - Gráfico Tipo Manutenção x % Médio de h/h Aplicado

Tipos de Manutenção	% Médio de h/h Aplicado*
Manutenção Corretiva	30,4
Manutenção Preventiva	36,2
Manutenção Preditiva	17,8
Engenharia de Manutenção	15,6

Fonte: Kardec, 2009.

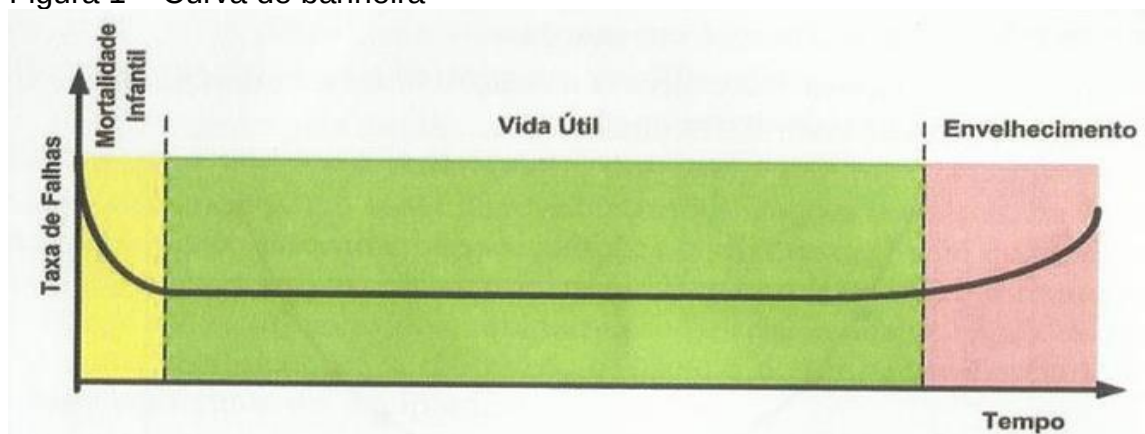
A ideia da manutenção preventiva é prevenir a máquina de um dano maior relacionado a quebra de algum componente, causando um prejuízo muito grande. Mas o grande problema encontrado nas indústrias é a falta de dados vindos dos fabricantes quanto ao tempo de uso de cada peça antes que ocorra uma falha. Por esse motivo

que atualmente é trabalhado com períodos pré-estabelecidos conforme dados coletados em manutenções anteriores. Manutenção preventiva é definida também como: “Atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em INTERVALOS definidos DE TEMPO.” (KARDEC, 2009, p.42).

Como não há dados dos fabricantes, ocorre muito a estimativa de tempo que cada componente pode trabalhar, e nesse período de ajustes, pode acontecer de surgirem falhas. Conforme a NBR 5462, manutenção preventiva é definida como: “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.” (ABNT, 1994, p.07)

De acordo com Kardec (2009), a maior taxa de falhas durante a vida útil do equipamento é na fase inicial denominada de mortalidade infantil. Essa alta taxa de falha deve-se tanto na montagem errada dos equipamentos quanto a má fabricação do novo componente. A figura 1 mostra de forma clara a taxa de falhas pelo tempo de uso da máquina ou componente.

Figura 1 – Curva de banheira



Fonte: Kardec, 2009.

Segundo Valdir Aparecido dos Santos, manutenção preventiva é descrita como: “...o mecânico deve prever a vida do equipamento...Para este tipo de manutenção exige-se do mecânico uma “intuição” e conhecimento técnico maior.” Santos (2010) cita também que para haver um bom trabalho dentro deste tipo de sistema de manutenção deve-se conhecer basicamente dois pontos muito importantes que são: O processo de fabricação do produto e os componentes internos da máquina.

2.1.1 Processo de fabricação da máquina

Para que as manutenções preventivas sejam feitas de forma correta, Santos (2010) diz que é importante conhecer como a máquina é fabricada para que a detecção dos problemas seja feita de forma mais rápida e precisa, evitando o desperdício de tempo e dinheiro com a troca de partes que não estavam danificadas.

Conhecer as condições de trabalho de cada máquina auxilia no entendimento das possíveis falhas futuras, tais como temperatura ambiente, umidade ou vibrações. Equipamentos que não estão de acordo com as condições de trabalho colocadas na empresa, vão apresentar falhas e quebras com antecedência.

2.1.2 Componentes internos da máquina

Segundo Santos (2010), conhecer os componentes internos da máquina é outro ponto muito importante pois na maior parte das máquinas, essas peças não ficam expostas para que não aconteça acidentes ou por motivos de projeto. Com o conhecimento de cada parte da máquina e seu funcionamento fica mais fácil detectar o problema e como resolver o problema.

O problema deste ponto é como conhecer essas peças que estão dentro da carcaça. A melhor forma para conhecer a máquina é utilizando o catálogo e manuais de montagem, mas em muitos casos não há manuais, o que implica ao mecânico abrir a máquina para conhecer cada parte sua.

2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Indústrias estão crescendo cada vez mais e a quantidade de equipamentos presente nos processos vem aumentando devido a demanda por qualidade e velocidade na fabricação. Com esse fator, as indústrias vêm investindo cada vez mais em sistemas de manutenção, porém mesmo sendo os melhores sistemas, a manutenção corretiva ainda é muito presente dentro das empresas.

A NBR 5462 define manutenção corretiva como: “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. ” (ABNT, 1994, p.07).

Este tipo de manutenção geralmente é devido a uma falha humana durante a instalação do componente ou falha na fabricação, a qual o produto chega comprometido até o consumidor, e como em muitos casos não há verificação prévia deste componente e posteriormente colocado para funcionamento, a quebra destes equipamentos é praticamente certa.

“Manutenção corretiva representou o princípio, em que os mecânicos simplesmente consertavam o que estava quebrado, não se preocupando com as causas ou efeitos que ocasionaram o defeito.” (SANTOS, 2010, p.13).

Atualmente essa atitude é presente dentro das empresas, e em muitos casos, os colaboradores trocam a mesma peça mais de uma vez por dia e mesmo assim não procuram entender o que ocasionou a falha ou não buscam uma solução para o defeito, simplesmente fazem a troca do componente.

2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Com o passar do tempo, as máquinas com alta tecnologia instaladas dentro de uma empresa crescem cada vez mais, e isso gera um cuidado muito maior para que não ocorra falhas. Santos (2010) diz que o sistema preventivo de manutenção cabe ao mecânico prever a vida útil do equipamento, e que o mesmo deve ter uma “intuição”, portanto, não é possível determinar com precisão o momento de quebra do componente.

Com esses fatores, empresas estão adotando métodos que são capazes de prever ou detectar a falha de um equipamento antes que ocorra uma perda maior. Através de sensores de vibração, células de cargas, termômetros e outros aparelhos de medição, é possível fazer o acompanhamento intermitente das condições de trabalho de cada componente, assim, podemos planejar uma parada de indústria sem que afete de uma forma intensa.

Nepucemo (1989) diz que esse tipo de sistema possui a melhor forma de prevenir a máquina e também o colaborador, pois devido ao seu acompanhamento direto é possível determinar a vida de cada elemento verificado. Com esse

acompanhamento para cada máquina é feito uma ficha de controle de paradas e defeitos que ocorreram durante o processo de fabricação de um produto ou durante um período de tempo.

2.3.1 Instrumentos de medição na manutenção preditiva

Existem alguns tipos de aparelhos específicos para detectar a falha de algum componente da máquina. Porém, algum desses equipamentos são caros e muitos deles sensíveis ao manuseio, e assim, muitas empresas de pequeno porte não possuem esse tipo de sistema de manutenção.

Santos (2010) diz que o estetoscópio é utilizado para ouvir ruídos gerados pelo desbalanceamento ou desalinhamento de peças internas. Este aparelho é similar ao usado em hospitais e clínicas para ouvir os batimentos cardíacos, mas possuem também uma extensão de sua ponta para alcançar pontos internos da máquina. Para simular um estetoscópio, muitos colaboradores usam uma chave de fenda apoiada na máquina com o ouvido encostado no cabo da ferramenta. Claramente este método não é preciso, mas continua muito empregado dentro das empresas menores e até nas maiores.

Para aumentar a precisão do diagnóstico, empresas de tecnologia desenvolveram medidores de vibração eletrônicos ligados ao computador. Nestes aparelhos os medidores são de alta sensibilidade e registram níveis de vibração não percebidos com o estetoscópio mostrando com maior nitidez onde a falha está se desenvolvendo.

Durante anos, os técnicos debateram-se para decifrar a vibração em máquinas - um sinal inicial de falha mecânica - utilizando uma cavilha, uma chave de fendas ou um estetoscópio. Apesar de muito utilizadas, estas soluções requerem um "ouvido treinado" e frequentemente não identificam a causa principal de um problema mecânico, deixando as equipas de manutenção a tentar adivinhar a causa e incapazes de fazer as decisões de reparação mais acertadas. Muitas equipas de manutenção simplesmente precisam de respostas rápidas e acionáveis. (FLUKE, 2018)

2.3.2 Vantagens e desvantagens do sistema preditivo de manutenção

O sistema de manutenção preditiva mostra resultados muito confiáveis e fornecem uma maior facilidade de prever ou tomar providências para que não haja uma falha colocando em risco a vida dos colaboradores e também da própria máquina. É preciso que os mecânicos encarregados desta análise estejam aptos e capazes de entender e resolver um problema apresentado por este sistema. Para isso, diversos cursos e treinamentos são exigidos durante um período de tempo ainda no estágio inicial da implementação do sistema preditivo.

Os cursos e treinamentos envolvidos nesta implementação de sistema de manutenção são voltados para o manuseio dos aparelhos e equipamentos que serão utilizados para detectar as falhas nas máquinas.

Entretanto, o sistema possui algumas desvantagens que devem ser consideradas para que o responsável desta implementação ou coleta de dados saiba interpretar o que realmente acontece na máquina. Uma das desvantagens é que a análise de vibração não mostra de forma precisa a origem da falha que causou a vibração, portanto, os mecânicos devem abrir a máquina e entender onde começou defeito.

Segundo Nepucemo (1989), outro fator que deve ser considerado é que toda máquina possui uma vibração natural pelo seu sistema de funcionamento ou construção, e isso pode enganar ou alterar os níveis de vibração para o equipamento, acusando um excesso de vibração sendo que a máquina opera em condições perfeitas.

2.3.3 Técnicas de manutenção preditiva

Atualmente a manutenção brasileira não é levada tão a sério como deveria, e por isso algumas empresas usam recursos financeiros acima do recomendado com coisas simples que poderia ser evitada com um pouco de conhecimento ou esforço. O grande problema atual segundo Laura Xavier Nepucemo, é que há poucos funcionários que possuem escolaridade alta com um curso técnico ou curso superior.

Com a falta de mão de obra especializada ou até mesmo uma pessoa responsável pela organização acaba limitando os recursos técnicos para a resolução

de um problema causando um atraso tecnológico na empresa e também gastos excessivos com tentativas fracassadas para corrigir o defeito.

É muito importante que haja um bom funcionamento deste sistema de manutenção para que haja eficiência e que de fato os custos sejam reduzidos também. Para isso Nepucemo (1989) cita 7 técnicas que são essenciais para o bom andamento da prática da manutenção preditiva, sendo elas:

- a) Deve haver uma equipe treinada, separando cada qual com sua responsabilidade;
- b) Deve ser estipulado um tempo para a execução da manutenção seja eficiente;
- c) A organização dos colaboradores e ferramentas para executar o serviço;
- d) Os responsáveis devem possuir um controle de atividades de cada departamento;
- e) Organização e eficiência dos departamentos geram lucros;
- f) Trabalho em equipe gera eficiência;
- g) O treinamento constante dos colaboradores.

Para a organização dos sistemas de manutenção é de extrema importância um responsável por todas as atividades. Segundo Nepucemo (1989), “É importante que todo o pessoal encarregado da manutenção permaneça sob controle e jurisdição exclusiva do responsável pela atividade de Manutenção”.

2.4 MANCAIS

Para uma indústria fabricar seu produto ela necessita de diversas máquinas com funções diferentes, mas que em conjunto entregam o produto com qualidade. Contudo, não só apenas as máquinas fazem o processo ser de qualidade, pois, existem outros equipamentos inseridos no conjunto máquina para que o processo seja feito de forma segura e precisa.

Os dois equipamentos mais encontrados em bombas ou redutores são os mancais e rolamentos, fazendo assim o movimento desejado pelo produtor. Segundo Collins (2006) a definição de mancais pode ser dita como:

“Mancais são elementos de máquinas que permitem movimento relativo orientado entre dois componentes, enquanto transmitem forças de um componente para o outro sem permitirem movimento na direção da aplicação das cargas.” (COLLINS, 2006, p.339)

Para que as forças atuantes nas partes móveis não sejam feitas em sentidos não desejados Collins (2006) diz que todo dispositivo mecânico com partes móveis deve haver pelo menos um mancal para que o movimento requerido seja feito de forma correta com as cargas atuantes no equipamento.

Os mancais podem ser classificados em 2 tipos, sendo eles: mancais de deslizamento e mancais de rolamento.

A definição de mancais de deslizamento segundo Collins é:

“Mancais de deslizamento alternativos, componentes rotativos ou oscilantes de seção transversal cilíndrica em luvas anelares e discos giratórios ou discos oscilantes deslizando sobre outros discos.” (COLLINS, 2006, p.339)

Também há os mancais de rolamento, que são semelhantes aos mancais de deslizamento, contudo há um componente presente que facilita os movimentos de rotações transmitindo a força para outro equipamento. Os mancais de rolamentos podem ser definidos como: “Mancais de rolamento são projetados para permitir um movimento relativo entre duas peças de máquina, usualmente um eixo rotativo e uma estrutura fixa, enquanto suporta as cargas aplicadas.” (COLLINS, 2006, p.339).

Cunha define mancais de rolamento como: “Os mancais de rolamento são caracterizados por possuírem elementos girantes que propiciam o rolamento entre uma base fixa ao eixo e um corpo fixo que se ajusta ao cubo.” (CUNHA, 2005, p.277).

2.4.1 Aspectos de desgaste

Durante a vida útil da peça ela sofre desgastes oriundos do esforço sofrido junto com condições externas, mas estes desgastes podem ser de importância para a detecção da falha ou esforço atuante de maior expressão. Pode ser definido desgaste conforme Cunha como:

“Em desgastes de deslizamento, podem surgir asperezas superficiais e roçaduras finas (mais ou menos oxidadas!) e ainda deformações plásticas,

estrias, riscos e, em desgaste de deslizamento seco, também “riscagem”, isto é, solda com posterior arrancamento de partículas de tamanhos variáveis.” (NIEMANN, 1971, p.24).

Além dos desgastes de deslizamentos ocorridos em mancais de deslizamentos, há também desgastes em mancais de rolamentos que são definidos como: “Em desgastes de rolamentos podem surgir deformações plásticas, fissuras, esfacelamentos (pequenas cavidades, “pitting”), bem como descamação, deformações e prensagem de corpos estranhos.” (NIEMANN, 1971, p.24).

2.5 VIBRAÇÃO MECÂNICA NA INDÚSTRIA

Dentro das indústrias que utilizam seu espaço para a fabricação de produtos, é possível ver várias máquinas que possuem algum elemento girante em seu corpo, sendo um eixo ou um rolamento que estão em alta rotação. Essa alta rotação gera uma onda vibratória por todo o meio onde a máquina está inserida. Segundo Júnior essa onda vibratória intensa causa um enorme ruído que se torna insuportável a longa exposição do funcionário que está perto.

Um outro fator importante para o estudo da vibração que é definido por Júnior é: “Além dos problemas que afetam o *conforto* e a *saúde*, a vibração promove o desgaste prematuro de superfícies em contato, como é o caso de mancais...” (JÚNIOR, 2006, p.02). O desgaste prematuro em mancais, eixos ou rolamentos não desejáveis visto que isso reduz a vida útil da máquina ou componente causando a troca dos mesmos de forma antecipada gerando um custo maior na indústria.

Em situações mais drásticas Júnior afirma que esses componentes podem sofrer rupturas prematuras e também a ruptura por fadiga devido as cargas dinâmicas moderadas que tendem a reduzir a vida útil dos elementos e é fundamental retirar as vibrações mecânicas indesejáveis ou pelo menos reduzi-las.

“Assim, a compreensão dos *fenômenos vibratórios*, associada à utilização de ferramentas de medidas e instrumentação e à análise por computador, pode ajudar a melhorar o projeto e a operação de máquinas.” (JÚNIOR, 2006, p.02,03).

Essa junção do estudo da vibração com a utilização de aparelhos eletrônicos pode ser definida como manutenção preditiva, que é uma ferramenta precisa e que garante a qualidade da manutenção e do produto final.

2.6 BOMBAS DE DESLOCAMENTO POSITIVO

No processo de fabricação de alguns produtos na empresa ALFA, são utilizados vários equipamentos que fazem parte de um setor, sendo que alguns equipamentos estão presentes em maior quantidade em relação a outros.

Um dos equipamentos é a bomba de deslocamento positivo, muito usado nos processos de filtração da matéria prima. As bombas de deslocamento positivo podem ser definidas como:

“Possuem uma ou mais câmaras, em cujo interior o movimento de um órgão propulsor comunica energia de pressão ao líquido, provocando o seu escoamento. Proporciona então as condições para que se realize o escoamento na tubulação de aspiração até a bomba e na tubulação de recalque até o ponto de utilização.” (MACINTYRE, 2008, p.38,39)

2.7 TORRE DE SECAGEM

Dentro da gama de produtos fabricados na empresa ALFA, alguns deles passam por um processo de secagem do pó para que possa ser transportado e vendido. A torre de secagem usa o sistema com secadores por atomização.

Na secagem de produtos lácteos, o ar quente é bombeado (em temperaturas que variam de 160° a 205°, dependendo do produto) para uma câmara de secagem junto com o produto concentrado.

O produto seco cai em um banho "fluido" abaixo da câmara de secagem, que é continuamente agitada. O ar também é pressionado para cima de baixo da câmara de secagem para resfriar o pó e mantê-lo em movimento. Quando completamente seco, o aglomerado de pó sai do sistema e pode ser transportado. (TETRAPAK, 2018)

2.8 EVAPORADOR

Outro equipamento utilizado em um dos processos da fabricação do produto final é o evaporador. A evaporação é a retirada de água de uma matéria prima para que este fique concentrado para posteriormente seja processado e transformado em pó na torre de secagem.

Com a evaporação, o desafio é remover o máximo possível de água do produto da maneira mais eficiente possível. Isso pode ser feito usando eletricidade ou vapor, dependendo de qual fonte está prontamente disponível. O segundo desafio é garantir que sempre haja fluxo de produto nos tubos do evaporador para impedir que eles fiquem bloqueados ou causem incrustações. (TETRAPAK, 2018)

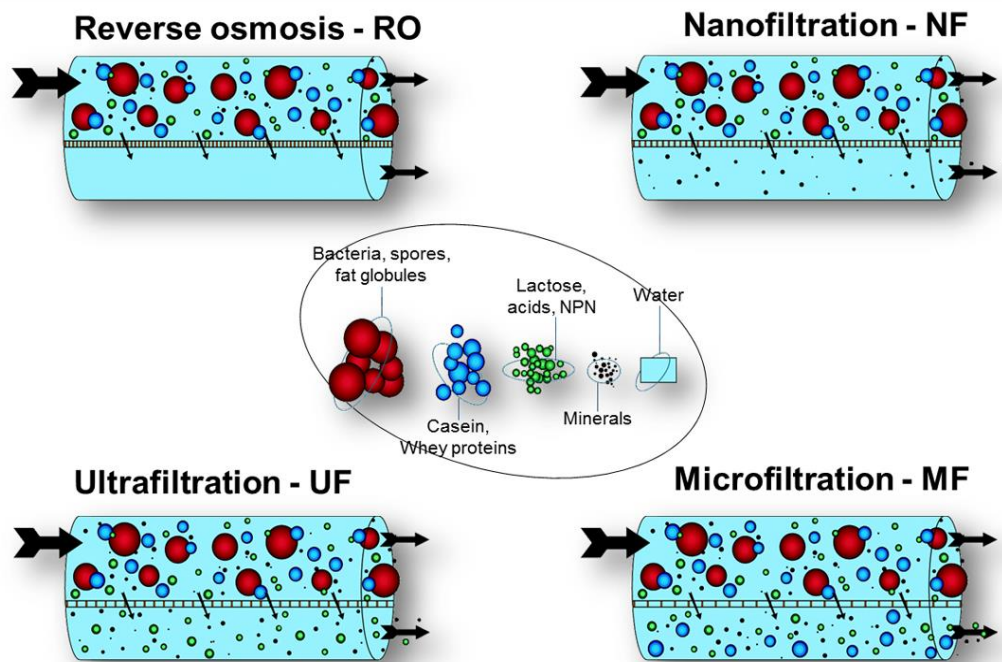
2.9 NANO-FILTRAÇÃO

Dentro das indústrias do setor lácteo possuem sistemas de filtração para a separação do produto desejado da água. Existem 4 tipos de filtração sendo elas designadas para cada tipo de produto ou processo.

A filtração por membranas é uma tecnologia estabelecida e comprovada. Praticamente todos os processos comuns para lácteos utilizam a filtração por membranas direta ou indiretamente. A implementação da filtração por membranas pode ser conduzida por uma variedade de objetivos, por exemplo, para aumentar o rendimento, aprimorar a qualidade do produto, melhorar as condições de higiene, aumentar a flexibilidade da produção e reduzir o impacto ambiental da operação. Para alguns produtos, a filtração por membranas é simplesmente a única solução de processamento viável. (TETRAPAK, 2018)

A figura 2 mostra o processo de nano-filtração usado na indústria.

Figura 2 – Processos de filtração



Fonte: TETRPAK, 2018

3 METODOLOGIA

Atualmente os processos de manutenções estão cada vez mais precisos e mais rígidos dentro de grandes e pequenas indústrias. Contudo, em muitos casos os programas de manutenção implementadas não são eficazes, a precisão entre paradas de máquina estão longe de serem feitas no tempo exato, acarretando os custos anuais dentro da indústria.

Com esse problema atingindo a maioria das empresas sendo elas de grande ou pequeno porte, surgiu o sistema preditivo de manutenção para o acompanhamento preciso e diário de cada componente e máquina escolhido.

Para que o processo acontecesse de forma correta, foi necessário o cumprimento de 4 passos que serão explicados a seguir.

3.1 COLETA DE DADOS DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Para conhecimento das condições atuais das máquinas, foi coletado dados das manutenções preventivas cadastradas em um programa específico para este tipo de serviço. Neste programa consta as ordens de serviços emitidas pelos supervisores com os dados de tempo de manutenção, falha da máquina, peças trocadas, quantidade de óleo usada em equipamentos que exigem lubrificante, tipo do óleo a ser usado entre outros dados de menor expressão.

Durante a coleta de dados, definiu-se que os pontos mais críticos da indústria deveriam receber maior atenção, portanto, foi selecionado exaustores, ventiladores e bombas positivas. Com os equipamentos selecionados, foram escolhidos quais são os componentes de maior desgaste, sendo eles, rolamentos e mancais.

Os pontos críticos foram definidos como aqueles equipamentos nos quais a quebra ou a falha acarretam diretamente na produção seja uma parada de máquina ou redução brusca de rendimento. Os demais motores, como ventiladores secundários, agitadores, moto-vibradores e outros equipamentos, foram descartados do estudo primário pois a parada ou quebra deste não influenciaria de forma expressiva na produção.

3.2 CONDIÇÕES MECÂNICAS DOS COMPONENTES TROCADOS NA MANUTENÇÃO

Os componentes presentes em cada equipamento, seja exaustores, ventiladores ou bombas positivas possuem uma vida útil determinada pelo fabricante. Contudo, as condições de trabalho podem variar esse período de trabalho tanto para mais quanto para menos.

Para uma maior precisão das condições mecânicas das máquinas, além dos dados cadastrados no sistema de controle de manutenção, foi necessária a coleta de informações em campo para comparar ou visualizar melhor os dados anteriormente retirados do sistema.

Na coleta de informações de campo, foram analisadas as condições dos rolamentos e mancais. Essa análise foi feita para detectar se não havia falhas nos componentes trocados, como por exemplo, obstrução na rolagem do rolamento. Essa obstrução pode ser de forma nítida sendo percebida até por um colaborador inexperiente, ou em casos menores, sendo o uso de aparelhos para verificar se não há trincas ou mesmo a quebra de um outro componente dentro de um equipamento.

Nesta fase a análise das condições mecânicas dos componentes trocados foram feitas de forma visual a tátil pois não havia equipamento para realizar análises de forma mais precisa. Na maioria dos casos não foi percebido obstruções na rolagem dos rolamentos o que demonstrou o descarte prematuro dos mesmos não aproveitando a vida útil de forma integral.

Durante a coleta de dados em campo, observou-se que as condições mecânicas dos rolamentos e mancais estavam de acordo para o uso e esforço atuante no processo de produção, não havendo a necessidade de troca. Com isso, percebeu-se que as paradas de manutenção pré-estabelecidas estavam sendo feitas em períodos menores dos quais o componente realmente poderia suportar antes da falha, ou seja, os rolamentos e mancais estavam sendo trocados antes do ciclo recomendado pelo fabricante.

3.3 ELABORAÇÃO DA PLANILHA PARA SISTEMA PREDITIVO DE MANUTENÇÃO

Após a coleta dos dados registrados no sistema de manutenção e dos dados coletados em campo, iniciou-se o processo de implementação do sistema preditivo de manutenção. Para a implementação do sistema preditivo, foi necessário o uso de duas ferramentas para controle das condições dos equipamentos sendo elas um medidor de vibração e uma planilha com 3 dados.

O medidor de vibração usado no processo foi o modelo NK300 da fabricante TEKNIKAO Indústria e Comércio Ltda com apenas uma entrada de informação, ou seja, um ponto de medição. O aparelho traz 4 opções para coleta de informações, mas determinou-se o uso de apenas 2 sendo elas, medida de velocidade em mm/s RMS e medida de envelope da aceleração.

A planilha foi elaborada inicialmente no *software* Microsoft Excel com as informações básicas para se ter o controle do progresso do desgaste mecânico das componentes escolhidos. Para que seja analisado posteriormente as informações coletadas, foi feita a escolha de quatro informações principais para alimentação da planilha sendo elas o dia, o limite da escala de vibração para cada componente, e os dois valores obtidos no medidor de vibração determinados no início da pesquisa.

3.4 COLETA DE DADOS DO SISTEMA PREDITIVO DE MANUTENÇÃO

Durante o processo de implementação do sistema preditivo de manutenção, foi necessário a atuação de um mantenedor capacitado a operar o aparelho de medição de vibração para coletar os dados em campo nos equipamentos selecionados e definidos como críticos na produção.

Esta coleta foi feita de forma diária nas primeiras semanas e posteriormente de forma semanal devido ao fato de os índices de vibração não alterarem de forma expressiva de um dia para o outro. O funcionário responsável coletava os dados e os passava para uma planilha para controle dos níveis de vibração aceitáveis em cada equipamento.

O processo de coleta destes dados durou 2 meses, sendo em alguns casos a qual o componente acompanhado passou o tempo de vida estimada pela manutenção

preventiva e o tempo estabelecido para a coleta dos dados preditivos e não apresentou falhas ou quebras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a planilha elaborada e os novos dados de manutenção coletados chegou-se nestes resultados:

Tabela 2 – Tabela de comparação de custos

	Peças		
Máquina	Peças Normais	Peças Novas	Diferença
Evaporador II	R\$ 18.064,44	R\$ 14.461,72	R\$ 3.602,72
Nanofiltração	R\$ 2.609,25	R\$ 1.804,19	R\$ 805,06
Torre de Secagem I	R\$ 12.208,54	R\$ 8.059,22	R\$ 4.149,32
		Soma Economia	
			R\$ 8.557,10
	Manutenção		
Máquina	Horas Normais	Horas Novas	Diferença
Evaporador II	120:21:31	96:17:13	24:04:18
Nanofiltração	44:26:34	37:07:11	7:19:23
Torre de Secagem I	240:02:46	214:04:52	25:57:54
		Economia (Mão de Obra)	
			R\$ 1.720,19

Fonte: Próprio Autor

Conforme a tabela 2 e na indústria percebeu-se uma economia de aproximadamente R\$ 8.500,00 nas três máquinas escolhidas para o estudo. Essa economia representa aproximadamente 27% dos custos anuais. Esse valor refere-se a somente as peças trocadas pré-determinadas no início do estudo sendo elas rolamentos.

Além dos valores referentes as peças trocadas, há também o custo de mão de obra que devido ao fato de reduzir a quantidade de manutenções anuais também reduz o custo das manutenções, visto que o relatório financeiro final depende dos valores de mão de obra e das peças trocadas.

Com a implementação do sistema de manutenção preditiva também foi possível utilizar os componentes internos ao máximo sem que houvesse a falha do mesmo preservando a máquina garantindo que a vida útil da máquina não fosse afetada, uma vez que em sistemas de manutenção corretiva a troca do componente só ocorre após a falha podendo causar danos maiores na máquina.

A mão de obra presente nas manutenções influencia diretamente nos custos finais pois o relatório financeiro é composto do montante de peças trocadas com os

custos de mão de obra de cada funcionário envolvido na manutenção. Com a redução de manutenções anuais o fator mão de obra também reduz visto que para que seja feita a manutenção é necessário que o trabalho do funcionário.

Nesta redução de mão de obra os funcionários ficam ociosos, porém não prejudica o funcionamento da indústria visto que todas as máquinas estão em operação sem interrupções. Neste processo de redução de mão de obra sugeriu-se a redução da equipe de manutenção para que os custos anuais também diminuíssem, porém estudou-se situações extremas de manutenção que exigiriam a equipe completa.

Essas situações extremas de manutenções foram definidas como a manutenção geral da torre de secagem. Essa manutenção envolve limpeza do produto nas máquinas, inspeções, trocas de componentes, melhorias quanto a operação de máquinas, melhoria na segurança para operação de máquinas. Essa manutenção de grande porte necessita a colaboração de toda a equipe para que seja feita de forma rápida e sem sobrecarga de um funcionário.

4.1 CUSTO BENEFÍCIO

Para a implementação desse sistema de manutenção em indústrias são necessários alguns equipamentos sendo eles: medidores de vibração, estetoscópio e medidores de temperatura a laser. Buscou-se no mercado equipamentos que cumpram a necessidade de acordo com os equipamentos solicitados e chegou-se a estes valores:

Tabela 3 – Cotação financeira para medidores de vibração

<i>Equipamento</i>	Medidor de Vibração Minipa MVA-400 R\$ 1.141,99	Medidor de Vibração para Serviços Pesados Extech 407860	Medidor de Vibração 805 Série FC - Fluke
<i>Preço</i>	R\$ 1.141,99	R\$ 7.197,99	R\$ 9870,98

Fonte: Próprio Autor

Tabela 4 – Cotação financeira para termômetros infravermelhos

Equipamento	Termômetro Infravermelho -50 a 580°C Minipa MT-320^a	Termômetro Infravermelho -50 a 800°C Minipa MT-350A	Termômetro Infravermelho -50 a 1650°C Minipa MT-395A
Preço	R\$ 146,99	R\$ 349,99	R\$ 1001,99

Fonte: Próprio Autor

Tabela 5 – Cotação financeira para estetoscópios

Equipamento	Estetoscópio para Mecânico - WESTERN-EM5	Estetoscópio para Mecânico - PLANATC-ES1000	Estetoscópio Eletrônico - PLANATC-ETE2000
Preço	R\$ 14,99	R\$ 50,90	R\$ 199,99

Fonte: Próprio Autor

Para mensurar a economia gerada na indústria toda, usou-se a tabela 2 e foi feita a correção dos valores de acordo com a quantidade de máquinas totais na indústria chegando a novos valores mostrados na tabela 6.

Tabela 6 – Economia corrigida na indústria

Máquina	Peças		Diferença	Qnt. de máq. na indústria	Valor Final
	Peças Normal	Peças Novo			
<i>Evaporador</i>	R\$ 18.064,44	R\$ 14.461,72	R\$ 3.602,72	2	R\$ 7.205,44
<i>Nanofiltração</i>	R\$ 2.609,25	R\$ 1.804,19	R\$ 805,06	2	R\$ 1.610,12
<i>Torre de Secagem</i>	R\$ 12.208,54	R\$ 8.059,22	R\$ 4.149,32	2	R\$ 8.298,64
				Economia Total R\$ 17.114,2	

Fonte: Próprio Autor

Conforme mostrado na tabela 6, não foi considerada outras máquinas na indústria sendo elas ultrafiltração, sala de máquinas, caldeiras e lagoa de tratamento. Sendo assim a economia de peças anuais aumenta e o relatório financeiro muda também, mostrando uma economia maior na indústria.

Com os valores obtidos os equipamentos necessários para esse tipo de manutenção se pagam, sendo possível a realização da manutenção preditiva na indústria.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou as reduções de custos em uma indústria através do sistema preditivo de manutenção. Para isso foi necessário a definição de objetivos menores para que o objetivo principal fosse realizado com sucesso. A coleta de dados do sistema de manutenção preventiva como tempo de manutenção e custos anuais foi feita de forma satisfatória cumprindo o objetivo inicial.

Após essa coleta iniciou-se a verificação das condições mecânicas dos componentes trocados de forma visual que se realizou com sucesso. Posteriormente a elaboração da planilha para controle dos novos dados de manutenção cumpriu o terceiro requisito com êxito. Com a planilha feita de acordo com os objetivos específicos para o cumprimento do trabalho, iniciou-se a coleta de dados do sistema preditivo de manutenção que também foi realizada de forma satisfatória.

Com todas as etapas concluídas com sucesso iniciou-se a análise dos dados do novo sistema de manutenção, o qual mostrou uma economia de aproximadamente 27% nos gastos anuais da empresa no setor da manutenção. A economia gerada com o sistema preditivo possibilita a empresa comprar os equipamentos necessários para a realização deste trabalho com precisão e destinar o restante do valor economizado para melhorias ou investimentos na indústria.

Portanto, concluiu-se que o sistema de manutenção preditiva aplicado em uma indústria gera economia no setor de manutenção, a maior vida útil das máquinas, segurança dos funcionários ao fazerem as manutenções, menor quantidade de paradas de máquina afetando a produção.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Uso de rolamentos blindados para a redução do uso de óleo lubrificante nas máquinas;
- Comparativo da eficiência de lubrificantes de grau alimentício com óleos lubrificantes industriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

COLLINS, JACK A. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquina: Uma Perspectiva de Prevenção da Falha**. Rio de Janeiro: LTC, 2006

CUNHA, LAMARTINE BEZERRA DA. **Elementos de Máquina**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

FLUKE, **Medidores de Vibração**. Disponível em <<http://www.fluke.com/fluke/brpt/products/categoryvibration>> Acesso em 07 mai.2018

JÚNIOR, JOSÉ SOTELO. **Introdução às Vibrações Mecânicas**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

KARDEC, ALAN. **Manutenção: Função Estratégica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

MACINTYRE, ARCHIBALD JOSEPH. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

NEPUCEMO, L.X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. Vol. 1. São Paulo: Edgard Blucher, 1989.

NEPUCEMO, L.X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. Vol. 2. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

NIEMANN, GUSTAV. **Elementos de Máquina**. Vol. 1. São Paulo: Edgard Blucher, 1971.

SANTOS, VALDIR APARECIDO DOS. **Manual Prático da Manutenção Industrial**. 3 ed. São Paulo: Ícone, 2010.

TETRAPAK, **Filtração por Membranas**. Disponível em
<<https://www.tetrapak.com/br/processing/membrane-filtration>> Acesso em: 02
mai.2018

TETRAPAK, **Processos de Filtração**. Disponível em
<<https://www.tetrapak.com/br/processing/membrane-filtration/filtration-processes>>
Acesso em: 02 mai.2018

TETRAPAK, **Secagem por Atomização**. Disponível em
<<https://www.tetrapak.com/br/processing/spray-drying>> Acesso em 02 mai.2018

TETRAPAK, **Evaporação do Soro de Leite**. Disponível em
<<https://www.tetrapak.com/br/processing/evaporation>> Acesso em 02 mai.2018