Análise da Gestão da Manutenção nas Indústrias: A importância da manutenção para o negócio

AUTORES:
Elizeu Patrício (Faculdade FGP)
Marcos Henrique Paderes (Faculdade FGP)
Sandro Aparecido Guimarães (Faculdade FGP)
Profa. Me. Letícia Francischini Rodrigues (Faculdade FGP)
Prof. Me. Sérgio Luiz Francisco (Faculdade FGP)

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo mostrar a importância da manutenção dos equipamentos nas indústrias, visto que a aplicação correta dos métodos de manutenção e de suas ferramentas tendem a gerar um maior tempo de vida útil dos ativos, evitando paradas não programadas que impactam diretamente nos processos produtivos, reduzindo gastos, aumentando a disponibilidade dos equipamentos, da produtividade e, consequentemente, gerando resultados positivos e lucros para a organização. A temática em questão é de domínio dos presentes autores por possuírem conhecimento prático no ambiente organizacional no ramo da manutenção e, considerando a importância de um equipamento bem manutenido, realizaram uma pesquisa bibliográfica e exploratória com vistas a fundamentar teoricamente a vivência desse contexto. Deste modo, foi possível considerar que a manutenção tem uma função estratégica dentro das organizações, sendo responsável pelo funcionamento direto dos ativos físicos e que está ligada diretamente à política estratégica das empresas, visando equipamentos mais eficientes e mais eficazes, dando retorno aos investimentos e mantendo a organização competitiva no mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenibilidade; Disponibilidade; Eficiência organizacional; Produtividade.

1 Introdução

De acordo com Rosa *et al.* (2020) a história da manutenção caminha paralelamente ao desenvolvimento fabril conforme a evolução industrial e da humanidade. Essa evolução tem alguns princípios, tais como: buscar maior disponibilidade dos equipamentos, gerar resultados e manter o nível de segurança do equipamento.

Buscando atender as necessidades do mercado onde existe um cenário altamente competitivo é de suma importância que a manutenção de ativos da empresa seja preservada. Para Braidotti (2016), a melhor maneira de se tratar uma falha como uma opção é eliminando a probabilidade da ocorrência em qualquer condição ou circunstância. Aplicando os métodos de manutenção permite-se garantir a antecipação da falha reduzindo gastos, mantendo a disponibilidade dos equipamentos e gerando resultados positivos para a organização.

Segundo Lafraia e Hardwick (2015) a principal função dos ativos é gerar valor a organização e seus públicos estratégicos. Diante desse cenário, o principal objetivo da manutenção é preservar a função dos ativos físicos durante toda a sua vida produtiva (SOUZA; BRITO, 2019). Isto posto, é fundamental criar e estabelecer rotinas de manutenção otimizando paradas de processo que impactam na eficiência da organização.

De modo a se tornarem mais competitivas, as empresas necessitam que as funções básicas representadas pelos diversos departamentos de sua estrutura apresentem resultados excelentes na busca de status de excelência ou classe mundial (MIRSHAWKA; OLMEDO, 1993). Com isso, busca-se um aumento da produtividade e consequentemente lucro, aplicando métodos e práticas de manutenção mais modernas, evitando uma série de problemas. Uma organização que não tem uma manutenção estruturada se depara com vários problemas como, por exemplo: falta de visão estratégica do negócio, falta de planos de manutenção, falta de cronograma de execução, problemas repetitivos e falta de histórico de equipamentos.

Portanto, o presente artigo tem como objetivo mostrar que a aplicação dos métodos de manutenção e de suas ferramentas podem gerar um maior tempo de vida útil dos ativos, bem como, garantir a disponibilidade de máquinas e equipamentos, evitando paradas não programadas que impactam diretamente nos processos produtivos.

2 Justificativa

A escolha do tema deste trabalho se deu pelo fato de os autores possuírem o conhecimento prático vivenciado no ambiente organizacional, sabendo a importância de um equipamento bem manutenido.

Segundo Tavares (2005), já no fim do século XIX com o início da mecanização das indústrias. foi enxergado a necessidade de ajustes ou reparos, principalmente dada ao início da produção em série, iniciada por Ford em 1914, de modo que a manutenção começou a se tornar um diferencial nas indústrias, buscando um índice maior de manutenibilidade. Otani e Machado (2008) complementam que a manutenção tem uma função estratégica dentro das organizações, sendo responsável pelo funcionamento direto dos ativos físicos.

Diante disso, é possível avaliar que a manutenção está ligada diretamente à política estratégica das empresas, visando equipamentos mais eficientes e mais eficazes, dando retorno aos investimentos e mantendo a organização competitiva no mercado (SOUZA; BRITO, 2019).

3 A história da manutenção

Segundo Tavares (1998), a história da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico industrial da humanidade, o qual perpassou por diversos momentos, sendo que alguns possuem maior destaque.

No fim do século XIX, com a mecanização das indústrias, começa a ocorrer as primeiras quebras de maquinário e a substituição de componentes, surgindo a necessidade de se formarem os grupos de manutenção para fazer os reparos. Até o período de 1950 trata-se da Primeira Geração da manutenção onde o foco era exclusivamente o conserto após a quebra. Esse tipo de manutenção gera um alto custo e uma baixa disponibilidade do equipamento (MORTELARI; SIQUEIRA; PIZZATI, 2019).

A partir de 1950 as indústrias começam a ter uma dependência maior dos equipamentos. Nesse período de pós-guerra houve uma alta demanda de produtos e uma baixa contingência de mão de obra. Até 1960 o foco da manutenção baseava-se em intervalos fixos, ou seja, através de uma manutenção preventiva baseada no tempo de vida do equipamento. Esse período ficou conhecido como a Segunda Geração da manutenção, onde começa a se ter um custo melhorado, uma melhor disponibilidade do equipamento, porém ainda apresenta uma baixa confiabilidade (BRANCO FILHO, 2008).

A partir dos anos 60 até 70 com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento da engenharia de manutenção, foi possível desenvolver novas ferramentas para aplicação na manutenção, facilitando o monitoramento das condições dos equipamentos em operação, assim surgiu a manutenção preditiva (BRANCO FILHO, 2008).

Em meados dos anos 1970 inicia-se a Terceira Geração da manutenção com a preocupação da qualificação de mão de obra tendo em vista pesquisas na área e o desenvolvimento de novas técnicas. Nesse período começa a ter um índice maior de automação dos equipamentos, e com isso um aumento maior de falhas, impactando diretamente na eficiência da organização. Esse tipo de manutenção começa a ser mais centrada na confiabilidade do equipamento, em uma análise de falhas e causa raiz. A partir desse período começa-se a ter um custo baixo e uma alta confiabilidade dos equipamentos (BRANCO FILHO, 2008). Depois dos anos 70 surgiu uma nova filosofia conhecida como TPM (*Total Productive Maintenance* – Manutenção Produtiva Total). Essa filosofia chegou com a idéia de treinar, organizar e disciplinar todos os envolvidos na manutenção (BRANCO FILHO, 2008).

O RCM (*Reability Centered Maintenance* – Manutenção Centralizada em Confiabilidade), que iniciou no Brasil no início dos anos 90, é uma metodologia utilizada para assegurar que qualquer item, sistema ou processo mantenha suas funções com o objetivo de obter melhoria contínua na manutenção tornando a empresa mais competitiva (BRANCO FILHO, 2008).

> Engenharia de Manutenção - "é o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida". Ou seja, é deixar de ficar consertando — convivendo com problemas crônicos —, mas melhorar padrões e sistemáticas, desenvolvendo a manutenibilidade, dar feedback ao projeto e interferir tecnicamente nas compras. Quem só faz a manutenção corretiva continua "apagando incêndio", e alcançando péssimos resultados. Desta forma, a organização que utilizar a manutenção corretiva, mas incorporando a preventiva e a preditiva, rapidamente estará executando a engenharia de manutenção (XAVIER, 2003, p. 5).

4 Os tipos de manutenção

As atividades de manutenção dentro de uma organização caracterizam-se através de uma combinação de três abordagens básicas para a preservação dos ativos dentro das indústrias. São elas: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e a Manutenção Preditiva.

4.1 Manutenção Corretiva

A corretiva trata-se da forma mais antiga de se efetuar uma manutenção, com aplicação até os dias de hoje a mesma tem por sua principal característica de abordagem que primeiro

ocorre a quebra e depois se aplica o atendimento. Essa por sua vez está associada a um alto custo, já que os equipamentos estão fora de operação (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Conhecida também como manutenção emergencial trata-se apenas um socorro, sem nenhum tipo de planejamento, em que o principal objetivo é a correção e a eliminação da falha de uma forma rápida para a liberação dos equipamentos e retorno das operações normalmente (ROCHA, 1995).

É uma técnica totalmente reativa e baseia-se na atuação em máquinas e equipamentos apenas quando eles falham ou tenha um rendimento fora do esperado, desta forma, não ocorre nenhum tipo de gasto antes que a falha aconteça. Mesmo assim, é a técnica que gera o maior custo associado, já que gastos com estoques de peças sobressalentes, altos custos com horas extras, elevado tempo de paralisação da máquina e baixa disponibilidade de produção, ocorrem.

Segundo Almeida (1994), as máquinas quebrarão no pior momento e é uma realidade, já que normalmente a quebra ocorrerá quando a demanda de produção é maior e neste momento a equipe de manutenção deve reagir, identificar as falhas e realizar os reparos necessários. Será então necessário manter as peças em estoque ou pagar o preço do mercado por elas e arcar com o tempo de paralisação necessário para o conserto da falha.

A A. Naccarati Consultores (2009) analisa a manutenção corretiva, quando ocorre uma anormalidade no funcionamento de máquinas e equipamentos, apresentando um defeito interferindo na linha de produção, tendo como embasamento o conceito de reparo, pois nesse tipo de método não é possível prever a quebra de máquinas e equipamentos.

Viana (2002) explicita que a Manutenção corretiva é uma intervenção que se faz necessária e de modo imediato para que se evite graves consequências as máquinas e equipamentos de produção, à segurança do colaborador, e ao meio ambiente. Guimarães (2005), por sua vez, diz que a manutenção corretiva é aquela que oferece atendimento imediato a produção, quando ocorre um defeito, falha ou a quebra imediata do equipamento.

Para Souza (2009) a Manutenção Corretiva considera-se como sendo aquele trabalho realizado que disponibiliza máquinas e equipamentos em funcionamento, sendo esta intervenção realizada no menor tempo possível, para que possa voltar a linha de produção na condição normal.

Conforme Pinto e Xavier (2001, p. 36), existem duas condições especificas que levam à manutenção corretiva: "A) Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais; B) Ocorrência da falha."

A manutenção corretiva, segundo os mesmos autores, pode ser dividida em duas classes, quais sejam, Manutenção corretiva planejada; e Manutenção corretiva não planejada. A explicação dessas duas classes segue abaixo.

4.1.1 Manutenção Corretiva Planejada

Para Pinto e Xavier (2001) a manutenção corretiva planejada pode ser considerada pela ocorrência, a qual é caracterizada pela ação que ocorre uma falha, que é aleatória, e suas adoções levam em conta fatores técnicos e econômicos.

Branco (2008, p. 6) afirma que "[...] esse método se aplica as tarefas de remoção de falhas em data posterior ao evento da falha, ficando a máquina em estado de pane, até a data do reparo".

A manutenção corretiva planejada é aquela efetuada após a verificação de uma falha do equipamento ou em um de seus componentes, que foram diagnosticadas em uma rota de inspeção ou por operador. Após este diagnóstico é possível fazer uma programação para intervenção na máquina ou equipamento, executando a substituição do componente danificado afim de não prejudicar o fluxo continuo de produção (SOUZA, 2009).

4.1.2 Manutenção Corretiva Não Planejada

A ocorrência de uma falha ou quebra no equipamento pode ser considerada com uma manutenção não planejada, pois impossibilita a preparação ou planejamento antecipado, geralmente ocorre de forma súbita e imprevisível, gerando uma ação de emergência ou de urgência para a equipe de manutenção, segundo Souza (2009).

Para Branco (2008), quando a falha não puder ser adiada ou planejada, deve ser considerada como manutenção corretiva não planejada ou emergencial, ou seja, aconteceu tem que ser tratada de imediato.

Infelizmente esse tipo de manutenção ainda é adotado por diversas empresas, pois, devido à dificuldade de analisar todas as máquinas e equipamentos de uma organização, e estas quebras implica diretamente em custos elevados, sem contar nas perdas por produção e qualidade, como relatam Pinto e Xavier (2001).

4.2 Manutenção Preventiva

A Preventiva tem como sua principal característica eliminar ou reduzir o número de paradas através de inspeções constantes nos equipamentos. A principal diferença entre preventiva para a corretiva, é que a preventiva visa um planejamento de paradas, sem oferecer riscos ou afetar a produção (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002)

Para Kardec e Nascif (2009), a manutenção preventiva evita quebras ou falhas do equipamento, aumentando seu desempenho. Esse tipo de manutenção ocorre sobre um plano prévio que se baseia em intervalos de tempo. Em complemento, Otani e Machado (2008) afirmam que o segredo de uma boa preventiva está relacionado aos intervalos de tempo.

A manutenção preventiva tem a tendência de ser mais conservadora, normalmente os intervalos são menores que o necessário e isso implica em paradas e troca de peças desnecessária. Esse tipo de manutenção tem grande aplicação em equipamentos cuja falha pode provocar catástrofe ou riscos ao meio ambiente, sistema complexos de operação contínua ou ainda em locais onde não é possível fazer inspeção preditiva e ou detectiva (VIANA, 2002).

A ideia da Manutenção Preventiva baseia-se na substituição de peças ou componentes de máquinas antes que uma falha ocorra. Para isso faz-se uso do Tempo Médio entre as Falhas (TMF), que são dados coletados que determinam o tempo provável que ocorrerá determinada falha em uma máquina ou equipamento. Em resumo, a elaboração de um plano de manutenção preventiva baseado no TMF para máquinas e equipamentos, serve para indicar o momento para realizar a intervenção. O problema dessa técnica é que ela assume que as máquinas e equipamentos se desgastam em um intervalo de tempo típico de sua classificação em particular, porém, pode acontecer do plano elaborado ser muito conservador e peças serem substituídas sem necessidade ou, em um caso pior, uma falha acontecer antes do plano feito baseado no TMF indicar a intervenção.

A A. Naccarati Consultores (2009) cita que a Manutenção Preventiva é utilizada no intuito de substituir uma peça ou componente de uma máquina ou equipamento, antes da quebra inesperada ou mediante uma informação do fabricante do equipamento. Podendo estabelecer uma programação, onde não comprometa a produção da empresa.

Segundo Zaions (2003) a Manutenção Preventiva apresenta algumas vantagens, como a continuidade do funcionamento do equipamento, continuidade da produção, só parando para

consertos em horas programadas, uma vez, que seus equipamentos estabelecem um grau de confiabilidade elevado, tornando possível à empresa atingir suas metas dentro do prazo de entrega e na qualidade necessária.

Devemos ressaltar que a manutenção preventiva trabalha com planejamento de inspeções periódicas de maneira a prevenir as falhas de máquinas e equipamentos, prolongando a vida de um componente que, por muitas vezes, por recomendações de históricos anteriores, deveriam ser trocados, constata-se sua integridade ganhando assim uma sobrevida (GUIMARÃES, 2005).

Para Pinto e Xavier (2001) esse tipo de método é realizado de forma a reduzir, evitar falhas ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos de tempo.

Souza (2009) ressalta que a Manutenção Preventiva é aquela que auxilia a corretiva, através de aplicação de uma técnica que envolve o conhecimento dos equipamentos e suas instalações.

4.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é um programa de manutenção preventiva melhorado, que intervém em máquinas e equipamentos de um processo, que se baseia em análise de sintomas ou históricos de falhas, também conhecida como “Manutenção Baseada na Condição”, permitindo que o equipamento opere o maior tempo possível e realizando a intervenção baseada em dados e não em suposições (ALMEIDA, 1994).

A escolha dos tipos de técnicas de monitoramento utilizados na manutenção preditiva depende do tipo de equipamento que se deseja efetuar o acompanhamento, do impacto do mesmo na produção, da real importância dessa máquina, levando em conta os custos de sua manutenção e de parada dessa máquina e dos objetivos que se deseja alcançar com o programa (ALMEIDA, 1994).

Assim, um programa abrangente de gerência de manutenção preditiva utiliza uma combinação de técnicas de monitoramento de diversas variáveis da máquina para obter a real condição da mesma e, baseado nesses dados reais, programar as atividades de manutenção conforme o necessário. Uma das vantagens desse método é que a falha pode ser identificada em um estágio inicial, assim, a programação para a intervenção pode ser feita adequadamente

e o reparo pode ser realizado no momento de menor impacto na produção, evitando gastos com horas extras e compras de peças ou ferramentas à "preço de mercado" (ALMEIDA, 1994).

Porém, segundo Almeida (1994), essa premissa é muito simples para se caracterizar o que é a manutenção preditiva atual. A mesma trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global das plantas industriais de manufatura e de produção. Assim é possível citar algumas vantagens da implementação de um programa de manutenção preditiva bem planejado: redução dos custos de manutenção, redução de falhas nas máquinas, redução do tempo de parada para reparo, redução no estoque de peças sobressalentes, aumento da confiabilidade.

Na prática a técnica de manutenção preditiva deve permitir a coleta das informações das máquinas e equipamentos em operação (preferencialmente) e gerar resultados capazes de serem analisados pela tendência de evolução das falhas, facilitando a tomada de decisão e garantindo que avarias possam ser observadas em estágio inicial (ALMEIDA, 1994).

A Manutenção Preditiva é baseada em técnicas de monitoramento que verifica as condições dos equipamentos, visando detectar sinais de falhas precoce, e por fim criar um histórico desse equipamento. Após a análise deste histórico é possível acompanhar a evolução de desgastes das máquinas e componentes, aumentando o grau de previsibilidade do momento de ocorrências indesejáveis, antecipando ações antes das falhas. Este tipo de manutenção além de analisar e diagnosticar possíveis falhas e quebras nos equipamentos também permiti a eliminação das trocas desnecessárias como acontece no caso da manutenção preventiva (SENAI, 2003).

Para Pinto e Xavier (2001, p. 41) "a manutenção preditiva é também conhecida por manutenção sob condição, que indica as condições reais de funcionamento das máquinas, com base em dados que informam o seu desgaste ou tendência de degradação".

5 Principais técnicas de análises de manutenção

Entre todos os tipos de análise de manutenção nenhuma das modalidades substitui a outra, porém associadas uma da outra terão resultados satisfatórios em termos de *performance*. Todo equipamento possui um desgaste natural, seja ele por fatores naturais, erros de fabricação, mau uso ou simplesmente pelo tempo de uso. Deixar que as falhas apareçam é um risco para a indústria e a segurança dos operadores.

Assim, é possível realizar procedimentos simples de inspeção, tais como: análise de vibração, análise de óleo, analise termográfica, análise estroboscópica, análise boroscópica, entre outras, as quais serão explicitadas nos tópicos a seguir.

5.1 Análise de Vibração

O princípio básico desse método é que as estruturas das máquinas e equipamentos, provocados pelos esforços dinâmicos decorrentes de seu funcionamento, respondem com sinais vibratórios cuja a frequência é idêntica àquela dos esforços que os provocam. O sinal de vibração coletado em algum ponto do equipamento será a soma das respostas vibratórias da estrutura as diferentes frequências dos esforços provocados (NEPOMUCENO, 1985).

A análise de vibração tornou-se uma das mais importantes técnicas de manutenção nas indústrias tendo uma maior aplicação em equipamentos rotativos, como por exemplo: bombas, redutores, compressores, ventiladores e turbinas.

Para Nascimento (2006), a Análise de Vibração pode ser mensurada através de um processo onde as falhas em alguns elementos móveis de uma máquina ou equipamento, são encontradas através da taxa de variação das forças dinâmicas geradas podendo ser avaliado em alguns pontos acessíveis das máquinas e equipamentos sem interrupção do seu funcionamento.

Quando temos ou conhecemos destes níveis de vibração, fica mais fácil avaliar o quanto seu equipamento ou máquina está excedendo estes valores.

Dentre as diversas fontes de vibração aquelas mais comuns e que, portanto, podem ser apontadas como as principais causadoras dos problemas das vibrações mecânicas são:

- Desbalanceamento;
- Desalinhamento;
- Folgas Generalizadas;
- Dentes de Engrenagens;
- Rolamentos;
- Corrente Elétrica;
- Campo Elétrico Desequilibrado;
- Outros.

Esta técnica se baseia nas condições de correlação existentes entre as vibrações registradas num dado equipamento e suas características reais, sendo possível detectar alguns

tipos de problemas mecânicos. Este método de análise utiliza as seguintes grandezas matemáticas (velocidade, aceleração, deslocamento e frequência).

Viana (2002) afirma que o excesso de vibração constitui frequentemente em um processo destrutivo, ocasionando falhas nos elementos de máquinas por fadiga.

Souza (2009, p. 45), por sua vez, relata que "[...] o acompanhamento e a análise de vibração tornaram-se um dos métodos de grande importância, e está concentrada principalmente nos equipamentos rotativos.

Os parâmetros de vibração relacionados a máquinas rotativas são usualmente expressos em termos de deslocamento, velocidade e aceleração, ao qual mencionam o quanto o equipamento está vibrando, mas dentro da análise de vibração temos outra grande variável que é a frequência, que indica a origem da vibração, ou seja, o que está ocasionando a vibração no ponto mais pesado em relação ao sensor de vibração

5.2 Análise Termográfica

É uma técnica que auxilia a visão humana através do espectro infravermelho chamado termograma. Esta, por sua vez, possibilita a obtenção de imagens térmicas aos quais permitem uma análise quantitativa para determinação precisa de temperaturas, bem como a identificação de níveis isotérmicos. Por meio desta técnica objetos estacionários ou em movimento podem ser observados a distâncias seguras, o que é de grande importância quando altas temperaturas, cargas elétricas, gases venenosos ou fumos estão presentes (NEPOMUCENO, 1985).

A termografia é uma das técnicas que mais tem se desenvolvido nos últimos 30 anos. Atualmente, os termo-visores estão mais sofisticados oferecendo mais recursos tecnológicos para o acompanhamento e controle de tendência. Algumas das principais aplicações são encontradas nas áreas elétricas, usinas de açúcar, siderúrgicas, entre outras.

Para Souza (2009), é uma técnica de inspeção não destrutiva fundamentada na detecção da radiação infravermelha emitida por objetos acima do zero absoluto. O autor supracitado ainda afirma que este parâmetro é muito importante tanto para equipamentos mecânicos, quanto para equipamentos elétricos, pois permite constatar uma alteração na condição de funcionamento.

Os principais métodos e instrumentos de medição são: os termômetros de contato, fitas indicadoras de temperatura, medição de temperatura por radiação e pirômetros de radiação e sistemas infravermelhos.

Qualquer programa de manutenção preditiva que se preze, a termografia se apresenta como técnica de grande utilidade, pois permite a realização de medições sem contato físico com o equipamento, viabilizando uma maior segurança ao responsável pela operação, e também não há necessidade de parar o equipamento para realização da tarefa e ainda proporciona inspeções de grandes superfícies em pouco tempo, conforme Viana (2002).

Atualmente, os equipamentos são de grande tecnologia e de alta precisão e dimensões reduzidas, as termo-câmeras, são sensíveis a radiação infravermelha, permitindo assim um monitoramento de temperaturas de um determinado processo, no qual a temperatura exerce um papel de variável relevante nos processos de falha.

5.3 Análise de Óleo

É uma técnica utilizada para avaliar a característica do óleo lubrificante sobre o ponto de vista quantitativo e qualitativo. Quantitativo avalia a quantidade de impurezas e particulados que não fazem parte do óleo. Qualitativo avalia a qualidade do óleo em operação, dando assim noção exata de quando se deve trocar o mesmo. As duas formas de se avaliar a lubrificação tem ponto de vista econômico e de avaliar a condições de uso das máquinas e equipamentos (NEPOMUCENO, 1985).

Segundo Viana (2002), a análise de óleo lubrificante tem dois objetivos: determinar o momento exato da troca do lubrificante e identificar sintomas de desgaste de um componente.

A Ferrografia é a análise das partículas presentes nos lubrificantes vindas de um desgaste interno de um componente da máquina, portanto não é caracterizada como é uma análise do lubrificante e sim de partículas, como diz Souza (2009).

Aqui são incluídos também os testes de contaminação, que dependem das características e da quantidade encontrada, determinando assim a qualidade do lubrificante e, ainda, a tribologia, a qual estuda os desgastes mecânicos por atrito dentro de um equipamento.

5.4 Análise de Ultrassom

Essa técnica se utiliza da emissão acústica para avaliação de máquinas e equipamentos, que basicamente são vibrações mecânicas que se situam acima do limiar de percepção em

frequência, ou seja, acima de 20 KHz. Nas inspeções habituais, as frequências utilizadas nos metais variam entre 0,4 MHz até 20 MHz (NEPOMUCENO, 1985).

5.5 Análise Estroboscópica

Técnica que utiliza uma luz que usa a repetição para inspeção de rotações em equipamentos, ou seja, refere-se a movimento, rotação, intervalo. De um modo geral refere-se a fenômenos repetitivos e cíclicos. Com a estroboscopia pode-se definir a velocidade de rotação de máquinas, motores, ponto de ignição de veículos (NEPOMUCENO, 1985).

5.6 Análise Boroscópica

Técnica similar a endoscopia realizada em seres humanos. Tem como principal objetivo a inspeção interna de um equipamento que se tem o interesse de monitorar sem a desmontagem do mesmo, permitindo a avaliação de componentes críticos montados em sua posição de operação (NEPOMUCENO, 1985).

6 A Importância da Manutenção

Para Smith e Hinchcliffe (2004), a manutenção tem como principal propósito manter as capacidades funcionais de equipamentos e sistemas disponíveis. Já para Moubray (2000), o objetivo da manutenção é garantir que os itens físicos continuem a desempenhar o que seus operadores esperem que eles façam.

O sucesso da organização eficiente em manutenção reside em assegurar a *performance* requerida pelo sistema ao menor custo possível. A prevenção é essencial para um ambiente corporativo e é aí que entra a manutenção industrial com uma boa estratégia para evitar prejuízo, desperdícios e perda de competitividade a médio e longo prazo. Há muitas corporações que não dão a importância relevante para esta questão.

A manutenção é essencial para evitar que os equipamentos sofram defasagem, algo que acarreta prejuízos, perda de capacidade e competitividade diante dos concorrentes. A seguir, podem ser observados alguns tópicos que denotam a relevância do acompanhamento e do bom funcionamento das máquinas e equipamentos.

- Segurança dos operadores: A segurança dos operadores é o primeiro quesito para quem opera uma máquina ou um equipamento. Um equipamento que não há acompanhamento do desgaste natural há um potencial risco de acidente que pode vitimizar os operadores. Os equipamentos e as instalações de uma corporação devem ser frequentemente vistoriados e seguido os critérios de segurança do trabalho. A

manutenção industrial é cada vez mais um setor estratégico dentro de uma corporação, sendo ela feita regularmente a qual permite o bom funcionamento dos ativos dentro da organização industrial. Garantir as condições de trabalho seguro para todos os colaboradores, que por sua vez devem estar cientes do impacto que a falta de manutenção pode causar. Um equipamento bem manutenido evita acidente e garante a integridade de seus operadores.

- Qualidade dos equipamentos: Quando se fala em qualidade de produção fica evidente pensar em resultado final que são os produtos. A manutenção industrial está ligada a qualidade do que produz e chega para o consumidor final. Extrair o máximo dos equipamentos e otimizar os processos, permite que a organização economize e obtenha melhores resultados, com isso aumenta sua margem de lucro. A importância de adotar um sistema de manutenção preventiva e constante garante a indústria a certeza de produzir com o seu melhor desempenho e qualidade.

Ainda nos dias de hoje no Brasil se faz o uso da manutenção corretiva em boa parte das organizações e os colaboradores que as executam sentem a necessidade de um melhor planejamento.

Para Mirshawaka (1993), a manutenção preditiva embora tenha um menor custo operacional, requer um pessoal capacitado e dedicado exclusivamente para realização desta atividade.

Sendo assim, a manutenção preditiva deve ser feita exclusivamente por especialistas, os quais devem ser bem treinados, capacitados e equipados, porém para se implementar esse tipo de manutenção deve-se obter um intenso comprometimento gerencial, além disto, precisa ser bem organizado.

7 Metodologia

> A pesquisa científica é a realização de um estudo planejado, sendo o método de abordagem do problema o que caracteriza o aspecto científico da investigação. Sua finalidade é descobrir respostas para questões mediante a aplicação do método científico. A pesquisa sempre parte de um problema, de uma interrogação, uma situação para a qual o repertório de conhecimento disponível não gera resposta adequada (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 43).

Esta pesquisa configura-se em uma pesquisa básica no que se refere ao tema em questão, qual seja a importância da manutenção. Já do ponto de vista dos seus objetivos esta é uma pesquisa exploratória, visto que, tem o intuito de proporcionar mais informações sobre

o presente tema possibilitando quais conteúdos serão abordados e que se fazem importantes para seu delineamento, com base em Prodanov e Freitas (2013).

Ainda segundos autores supracitados, este trabalho é bibliográfico e qualitativo. A pesquisa bibliográfica objetiva aumentar conhecimentos através de diferentes opiniões e diferentes autores, afim de demonstrar a importância de um equipamento bem manutenido, foco do trabalho. Por fim a pesquisa qualitativa propõe atribuir significados da teoria estudada ao tema proposto, sem fazer o uso de métodos ou técnicas estatísticas, pois analisa o conteúdo de modo não numérico e sim subjetivo.

Assim, Prodanov e Freitas (2013, p. 44) afirmam que "A pesquisa procura respostas! Podemos encontrá-las ou não. As chances de sucesso certamente aumentam à medida que enfocarmos a pesquisa como um processo e não como uma simples coleta de dados". Isto posto, nos tópicos a seguir, podem ser observados os resultados obtidos mediante o processo de pesquisa utilizado, bem como as considerações dos próprios autores sobre o conteúdo e sua execução.

8 Resultados e Discussão

Ao longo deste trabalho foram apresentados exemplos e tipos de manutenção que evidenciam sua aplicação em períodos adequados e que podem trazer ótimos resultados para a saúde dos equipamentos contribuindo diretamente para redução dos gastos com manutenção. Ressalta-se aqui a importância do progresso histórico da manutenção, visto que novas técnicas foram sendo desenvolvidas com base nas necessidades encontradas nas indústrias, inclusive em novos maquinários.

Isto posto, a manutenção preditiva visa trabalhar com paradas programadas de acordo com o histórico e/ou manual do fabricante. Já a manutenção preventiva consiste no acompanhamento dos equipamentos através do planejamento de parada para intervenção da manutenção, identificada pela manutenção preditiva. A manutenção corretiva, por sua vez, baseia-se na falha ou na quebra do equipamento tendo que intervir de imediato ao qual causa impacto diretamente no processo produtivo, gerando perdas e aumento dos custos.

Através de um planejamento e aplicação dos tipos de manutenção preditiva e preventiva, é possível analisar que o equipamento mantém um melhor tempo de vida útil evitando sua quebra no qual seria aplicado a manutenção corretiva, que em contrapartida,

causaria impacto diretamente na disponibilidade dos equipamentos causando prejuízo direto na produção.

Monitorar os ativos é uma forma simples e eficiente, porém necessita relacionar os equipamentos mais críticos do processo industrial, afim de detectar anomalias que podem virar uma quebra catastrófica, garantindo que a intervenção seja realizada antes do componente falhar ou a total quebra do equipamento. Ainda, os profissionais devem atentar-se às condições do ambiente agressivo, tais como poeira, água ou óleo ao qual equipamentos mais frágeis necessitam ser protegidos, para que não ocorra o desgaste precoce.

A manutenção bem planejada e aplicada de forma correta ajuda a aumentar o ciclo de vida útil dos equipamentos, otimizando o uso dos recursos e ferramentas de manutenção disponíveis, evitando também o investimento desnecessários ao qual aumenta a competitividade da organização.

Com o auxílio dos recursos tecnológicos aplicados na manutenção, possibilita a coleta de dados em tempo real, criando indicadores que facilitam os diagnósticos baseado em dados. Essas ferramentas conseguem direcionar os profissionais responsável pela manutenção para a real condição em que se encontra o equipamento para serem tomadas as devidas ações, reduzindo quebras inesperadas e melhorando o desempenho do equipamento aumentando sua vida útil.

> A manutenção preditiva vem se destacando como uma estratégica ferramenta a favor da produtividade desde os anos 70 em vários países, no Brasil as técnicas passaram a ser utilizadas anos depois, e mesmo atualmente ainda temos um vasto caminho a percorrer para que esse tipo de manutenção seja mais difundido e possa ser aplicado de maneira correta, ou os ganhos objetivados não serão nunca alcançados (SOUZA; BRITO, 2018, p. 13).

Em vista disso, é possível evidenciar que um equipamento bem manutenido tende a apresentar ótimos resultados, já que o planejamento é de suma importância para que as manutenções preditiva e preventiva sejam aplicadas evitando que ocorra a manutenção corretiva.

9 Considerações finais

Com o presente trabalho foi possível reconhecer que existem paradigmas a serem quebrados quando o assunto está relacionado aos tipos de manutenção. Observa-se que, mesmo com a possiblidade de utilização de novos recursos e ferramentas tecnológicas, o índice

de manutenção corretiva ainda é alto devido à falta de capacitação técnica e visão, bem como a falta de planejamento em algumas organizações.

Com base na interpretação dos materiais consultados foi possível avaliar que o conteúdo deste estudo é a base para que se conheça a aplicação dos principais tipos de manutenção, onde esse processo tem como objetivo auxiliar na gerência uma ordem cronológica nas aplicações das manutenções, quais sejam, primeiro a Manutenção Preditiva, em seguida a Manutenção Preventiva e, por último, porém não menos importante, a Manutenção Corretiva, tentando minimizar os impactos que possam ocorrer nos ativos físicos da organização e maximizar a disponibilidade do equipamento.

Para os presentes autores, o conteúdo deste artigo veio a acrescentar diretamente no conhecimento teórico e prático dos mesmos por se tratar de um assunto vivido diariamente no ambiente organizacional industrial.

Contudo, vale ressaltar que o assunto trabalhado neste artigo é muito abrangente e muito fértil, portanto, é essencial que este trabalho tenha uma continuidade para se explorar e desenvolver conteúdos voltas as novas ferramentas e novas tecnologias abrangentes na indústria 4.0, por exemplo, e nos novos conceitos de manutenção voltados à engenharia de confiabilidade.

REFERÊNCIAS

A. NACCARATI. Consultores, Auditores e Serviços Técnicos em Engenharia. Disponível em http://www.anaccarati.com Acesso em: 11 out. 2022.

BRANCO FILHO, G. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

BRAIDOTTI, J. W. **A Falha não é uma Opção**. Rio de Janeiro. Ciência Moderna, 2016.

GUIMARÃES, J. E. **Manutenção.** Escola Técnica Estadual República, Coordenação de Mecânica. 2005.

KARDEC, A. E.; NASCIF, J. **A Importância da Manutenção para o Negócio.** Disponível em: http://www.myq.com.br/html/revistas/54/54_abra20.htm, 2005 Acesso em: 01 set. 2022.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N.L**. Manutenção - Combate aos Custos da Não-Eficácia:** A Vez do Brasil. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993.

MORTELARI, D.; SIQUEIRA, K.; PIZZATI, N. **O RCM na quarta geração da manutenção** – A moderna gestão de ativos. 3. ed. – São Paulo: RG Editores, 2019.

MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**, 2nd Edition, Aladon Ltd, 2000.

OTANI, M; MACHADO, W. V**. A Proposta de Desenvolvimento de Gestão da Manutenção Industrial na Busca da Excelência ou Classe Mundial.** Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil. 2008. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/16/13. Acesso em: 01 set. 2022.

NASCIMENTO, R. **Manutenção Preditiva usando Análise de Vibração**. 2006. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Centro Universitário Anhanguera, Faculdade de Pirassununga. 2006. Disponível em: https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/xmlui/handle/123456789/73. Acesso em: 01 set. 2022.

NEPOMUCENO, L. X. **Manutenção Preditiva em Instalações Industriais.** São Paulo, SP: Edgar Blucher Ltda. 1985.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção** – Função Estratégica. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico** [recurso eletrônico]: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/Ebook%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf. Acesso em: 04 out. 2022.

ROCHA, D. **Fundamentos Técnicos da Produção.** São Paulo: Makron Books, 1995.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Curso Profissionalizante - **Manutenção Mecânica**, 2003.

ROSA, S. C.; *et al.* **Análise da Gestão da Manutenção em uma Empresa de Transformação de Polímeros.** Universidade Santa Cruz do Sul, Departamento de Engenharia, Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. 2020. Disponível em: https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/10618 . Acesso em: 01 set. 2022.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2ª. ed. São Paulo: Atlas 2002.

SMITH, A. M., HINCHCLIFFE, G. R., **RCM – Gateway to Word Class Maintenance,** 1st Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

SOUZA, R. F.; BRITO J. N. **Plano de Manutenção de Ativos Físicos como Parte Estratégica do Negócio.** Universidade Federal São João del Rei – UFSJ – São João del Rei – MG. Disponível em:

https://proceedings.science/anais-do-conemi/conemi-2018/papers/plano-de-manutencao-de-ativos-fisicos-como-parte-estrategica-do-negocio. Acesso em: 01 set. 2022.

SOUZA, V. C. **Organização e Gerência da Manutenção – Planejamento, Programação e Controle da Manutenção**. 3. ed, revisada. São Paulo: All Print, 2009. 285 p.

TAVARES, L. **Administração Moderna de Manutenção**. Novo Pólo Editora – New York, 1998.

VIANA, H. R. G., 2002. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark Ltda.

THORLAY, W. **A Engenharia de Confiabilidade na Moderna Gestão de Ativos**. São Paulo: RG Editores, 2019. 203p.

XAVIER, J. N. **Manutenção:** Tipos e Tendências. Disponível em: http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaotiposetendencias.zip 2007. Acesso em: 01 set. 2022.

XAVIER, J. N. **Manutenção Preditiva:** Caminho para a Excelência Disponível em: http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva_Nascif.zip 2005. Acesso em: 01 set. 2022.

ZAIONS, D. R. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel**. 2003. 219f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2003. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3297 Acesso em: 01 set. 2022