



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA  
COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GESTÃO DA MANUTENÇÃO E A IMPORTÂNCIA DOS TIPOS DE  
MANUTENÇÕES NAS INDÚSTRIAS**

**FELIPE DIAS BARCELLOS**

**PONTE NOVA, 6 DE DEZEMBRO, DE 2023**



**FUPAC**  
PONTE NOVA

**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA  
COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GESTÃO DA MANUTENÇÃO E A IMPORTÂNCIA DOS TIPOS DE  
MANUTENÇÕES NAS INDÚSTRIAS**

**FELIPE DIAS BARCELLOS**

Monografia a ser apresentada à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova como parte das exigências para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador(a): Bruno de Freitas Homem de Faria

Aluno: Felipe Dias Barcellos

**PONTE NOVA, 6 DE DEZEMBRO, DE 2023**



**FUPAC**  
PONTE NOVA

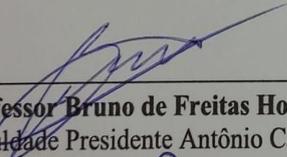
**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA  
COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

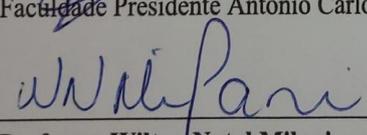
**GESTÃO DA MANUTENÇÃO E A IMPORTÂNCIA DOS TIPOS DE  
MANUTENÇÕES NAS INDÚSTRIAS**

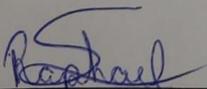
Este trabalho foi apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova – FUPAC, obtendo a nota média de 97, atribuída pela Banca Examinadora, constituída pelo Orientador e membros abaixo relacionados.

Autor: **Felipe Dias Barcellos**

Orientador(a): **Bruno de Freitas Homem de Faria**

  
\_\_\_\_\_  
**Professor Bruno de Freitas Homem de Faria, Presidente**  
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova

  
\_\_\_\_\_  
**Professor Wilton Natal Milani**  
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova

  
\_\_\_\_\_  
**Professor Raphael Henrique Teixeira da Silva**  
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ponte Nova

**PONTE NOVA, 6 DE DEZEMBRO, DE 2023**



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA  
COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DEDICATÓRIA**

À minha família e minha noiva pelo apoio incondicional.

# **FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me conceder a vida da qual desfruto todos os dias. Aos meus pais que sempre me apoiaram concedendo-me educação para a vida.

À minha noiva pela paciência e apoio durante esses cinco anos.

Agradeço ao meu professor pela orientação do trabalho, pelo auxílio devotado a mim, todo suporte técnico, atenção e dedicação, durante todo o decorrer deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas que foram indescritíveis a convivência e o crescimento mútuo que tivemos durante o período. Muitos trabalhos, aprendizados e desenvolvimento de atividades que me proporcionaram um grande crescimento pessoal e profissional.

Aos meus familiares, que foram de extrema importância, proporcionando apoio, força e sustentação para seguir firme na caminhada até o final. Suportaram a carga imposta por esses longos anos de estudo e que agora vibram com a minha vitória.

Meus sinceros agradecimentos a todos que participaram junto comigo deste ciclo.

# **FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE PONTE NOVA COORDENADORIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

## **RESUMO**

O objetivo do presente estudo é analisar a importância da gestão da manutenção. Para isto, realizou-se uma revisão sistemática da literatura que envolveu seis etapas para a busca de artigos. Após a obtenção e análise de dados foram selecionados quatorze artigos científicos, referentes ao assunto que se enquadraram nos critérios de inclusão. Diferentes estratégias de manutenção evoluíram ao longo do tempo, trazendo a manutenção ao seu estado atual. Essa evolução deveu-se à crescente demanda de confiabilidade na indústria. A gestão da manutenção, que é uma função importante para qualquer organização com muitas máquinas e equipamentos, tem sido amplamente discutida na literatura. De acordo com a revisão realizada, foi possível concluir que a gestão da manutenção desempenha um papel fundamental na indústria moderna, contribuindo para a eficiência operacional, a confiabilidade dos equipamentos e a redução de custos. Além disso, foi possível apurar que existem dois componentes essenciais da gestão da manutenção, a manutenção preventiva e a manutenção preditiva. A importância da manutenção preventiva e preditiva consiste na capacidade de evitar paralisações não programadas, aumentar a vida útil dos ativos e reduzir os custos associados a reparos de emergência.

**Palavras-chave:** Confiabilidade; equipamentos; engenharia; mecânica industrial.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b>	<b>01</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>02</b>
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>03</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>04</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>18</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>19</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as atividades de manutenção atingiram uma importância crítica para as empresas de manufatura, especialmente devido ao crescimento da complexidade das interações entre diferentes atividades de produção em ecossistemas de manufatura cada vez mais extensos. A competitividade das organizações exige um bom planejamento de manutenção. O gerenciamento adequado proporciona maior confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, reduzindo consideravelmente as perdas nos processos produtivos.

A eficácia da manutenção está diretamente ligada ao bom planejamento dos intervalos de intervenção e muitas vezes os gestores tomam decisões com critérios inadequados.

A manutenção preditiva bem estruturada pode economizar de 8% a 12% do investimento. Dependendo do negócio e das condições, o resultado da economia pode ser de até 10 vezes no retorno do investimento, 25% a 30% na redução dos custos de manutenção, 70% a 75% na solução de problemas, 35% a 45% na redução do tempo de inatividade e 20% a 25% no aumento da produção (NEMETH *et al.*, 2018). Embora a manutenção preditiva não seja um conceito novo, diferentes níveis de maturidade foram introduzidos. O nível mais fácil é através de uma inspeção visual periódica e utilizando a experiência e lista de verificação de um técnico para descobrir o melhor momento para reparar ou trocar um equipamento. No próximo nível, as inspeções periódicas são baseadas na habilidade do técnico e no uso de um instrumento para ler ou registrar o status do equipamento. Para medição de desempenho, os inspetores treinados preveem o problema analisando os dados. No terceiro nível, o monitoramento das condições em tempo real é feito por sensores que coletam e enviam ininterruptamente dados com base em regras definidas para saber em que momento a manutenção deve ser feita (MENDES, 2011; TEIXEIRA, 2012).

Com base no exposto o estudo se justifica na importância de se compreender o impacto da gestão da manutenção e a eficiência e qualidade dos produtos fornecidos aos consumidores. Dessa forma o objetivo é analisar a importância da gestão da manutenção.

## 1.1. Objetivos do trabalho

Geral: Analisar a importância da gestão da manutenção para tornar os processos produtivos confiáveis.

Específicos:

- Avaliar a importância da manutenção preventiva e preditiva como forma de melhorar a produtividade da empresa;
- Compreender o conceito de gestão da manutenção;
- Explorar as vantagens para o mercado da gestão da manutenção.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Guimarães, Nogueira e da Silva (2012) a evolução da manutenção teve seu marco após a Segunda Guerra Mundial, quando a indústria necessitou se adequar para atender a demanda do mercado. Antes deste período as máquinas eram pouco mecanizadas e muitas vezes superdimensionadas, prevalecendo a presença da mão-de-obra indústria.

Segundo Prass, Nunes (2019):

A história da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico industrial da humanidade. No fim do século XIX, com a mecanização das indústrias, surgiu a necessidade dos primeiros reparos. Até 1914, a manutenção tinha importância secundária e era executada pelo mesmo efetivo de operação. Com o advento da primeira guerra mundial e a implantação da produção em série, instituída por Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência, sentiram necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível. Assim surgiu um órgão subordinado à operação, cujo objetivo básico era de execução da manutenção, hoje conhecida como manutenção corretiva. Esta situação se manteve até a década de 30, quando, em função da segunda guerra mundial e da necessidade de aumento de rapidez de produção, a alta administração industrial passou a se preocupar, não só em corrigirem falhas, mas evitar que elas ocorressem, e o pessoal técnico de manutenção passou a desenvolver o processo de prevenção de avarias que, juntamente com a correção, completavam o quadro geral de manutenção, formando uma estrutura tão importante quanto à de operação.

Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são as formas de encaminhar as intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, nos equipamentos que compõem uma determinada planta. Neste sentido observa-se que existe um consenso, salvo algumas variações irrelevantes, quanto aos tipos de manutenção.

A manutenção preventiva, ao contrário da corretiva, visa evitar a falha do equipamento. Este tipo de manutenção é realizado em equipamentos que não estejam em falha, ou seja, estejam operando em perfeitas condições. Desta forma, podem-se ter duas situações bastante diferentes: a primeira é quando desativa o equipamento bem antes do necessário para fazer a manutenção do mesmo; a segunda situação é a falha do equipamento, por estimar o período de reparo do mesmo de maneira incorreta (OTANI; MACHADO, 2008).

A manutenção, como função estratégica das organizações é responsável direta pela disponibilidade dos ativos, tem importância capital nos resultados da empresa. Esses resultados serão tanto melhores quanto mais eficaz for a gestão da manutenção. Segundo dados estatísticos da Abramam (2003), o Brasil tem custo de manutenção por faturamento bruto de 4,3% do PIB (Produto Interno Bruto) contra a média mundial de 4,1%, isso significa para um PIB FGV (Fundação Getúlio Vargas) de US\$ 451 bilhões - representam 19 bilhões em gastos em manutenção (SELLITTO, 2005).

### **3. METODOLOGIA**

Trata-se de uma metodologia exploratória e qualitativa. A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar um conhecimento sobre determinado problema ou fenômeno. Muitas vezes, trata-se de uma pesquisa preparatória acerca de um tema pouco explorado ou, então, sobre um assunto já conhecido, visto sob nova perspectiva, e que servirá como base para pesquisas posteriores, de cunho mais quantitativo.

Quanto aos objetivos, classifica-se como qualitativa, pois não se irá considerar dados estatísticos ou valores numéricos para chegar aos objetivos aqui propostos. Ao contrário, uma vez que a coleta dos dados, se dará com base na revisão da literatura o conteúdo dos resultados será qualitativo.

Realizou-se uma revisão sistemática da literatura, que envolveu seis etapas. Na primeira etapa, que consistiu na identificação do tema e seleção da questão da pesquisa, definiu-se que o tema em estudo seria gestão da manutenção.

Foram utilizados artigos obtidos em diferentes bases de dados nacionais e internacionais. Como descritores, foram adotados os seguintes termos: manutenção, gestão da manutenção, manutenção preventiva, manutenção preditiva. Utilizando como bancos de dados: Google Acadêmico, Scielo e portal CAPES.

Na segunda etapa, foram estabelecidos critérios para inclusão e exclusão de estudos/ amostragem ou busca na literatura. Desta maneira, recorreu-se a artigos escritos em inglês, espanhol ou em português, com ano de publicação entre 2000 e 2023. Como critério de exclusão optou-se por não utilizar textos incompletos e artigos que não estivessem disponíveis na íntegra on-line.

Na terceira etapa procedeu-se à definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados/ categorização dos estudos. Na quarta etapa foi feita a avaliação dos estudos

incluídos na revisão integrativa, utilizando uma matriz de resultados onde se consideram informações sobre: banco de dados, identificação do artigo, objetivo, questão da investigação, tipo de estudo, amostra, nível de evidência, instrumentos aplicados, tratamento dos dados, resultados e conclusão. A quinta etapa é feita após a obtenção dos dados e corresponde à interpretação e discussão dos resultados. Finalmente, na sexta etapa, apresentou-se a revisão/síntese do conhecimento.

A busca foi realizada através da leitura exploratória de artigos, livros e monografias referentes ao assunto. Após a leitura exploratória, foi realizada uma leitura mais aprofundada das partes de interesse para a elaboração do estudo e as informações e fontes foram extraídas.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a obtenção e análise de dados, foram incluídos nestes quatorze artigos científicos, referentes ao assunto que se enquadraram nos critérios de inclusão. A quantificação de acordo com o ano de publicação é demonstrada pela (Figura 1).

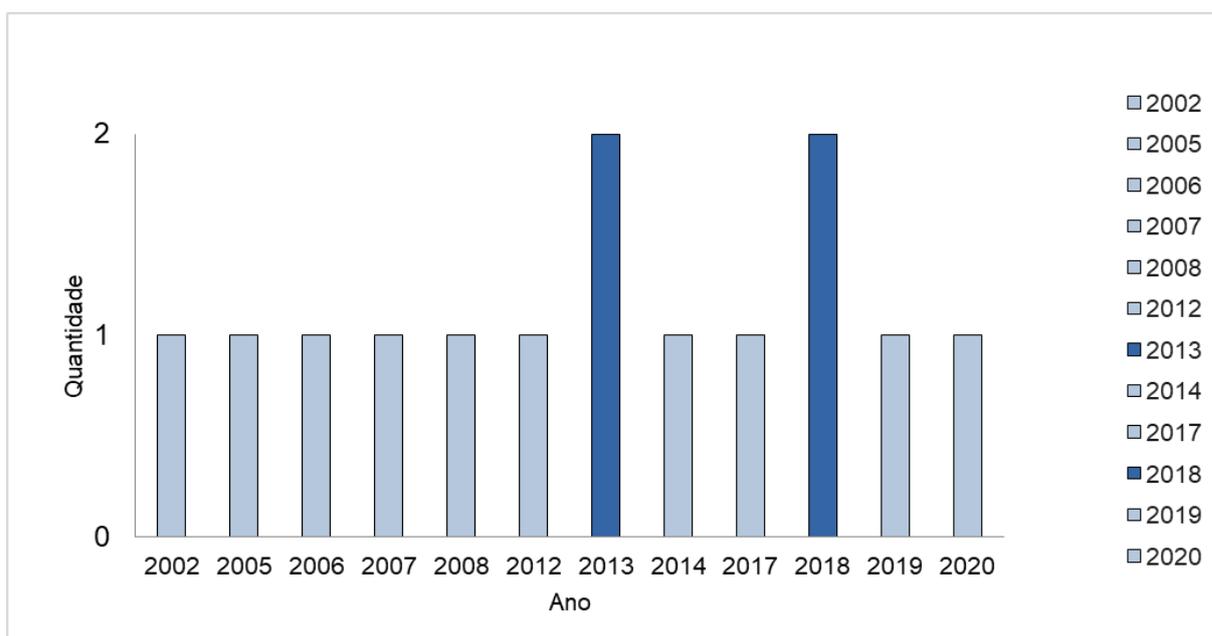


Figura 1: Quantificação de artigos selecionados de acordo com o ano de publicação.

Fonte: Autor (2023).

Dos quatorze artigos obtidos, quatro foram selecionados através do Portal CAPES, oito através do Scielo e dois do Google Acadêmico, conforme (Figura 2).

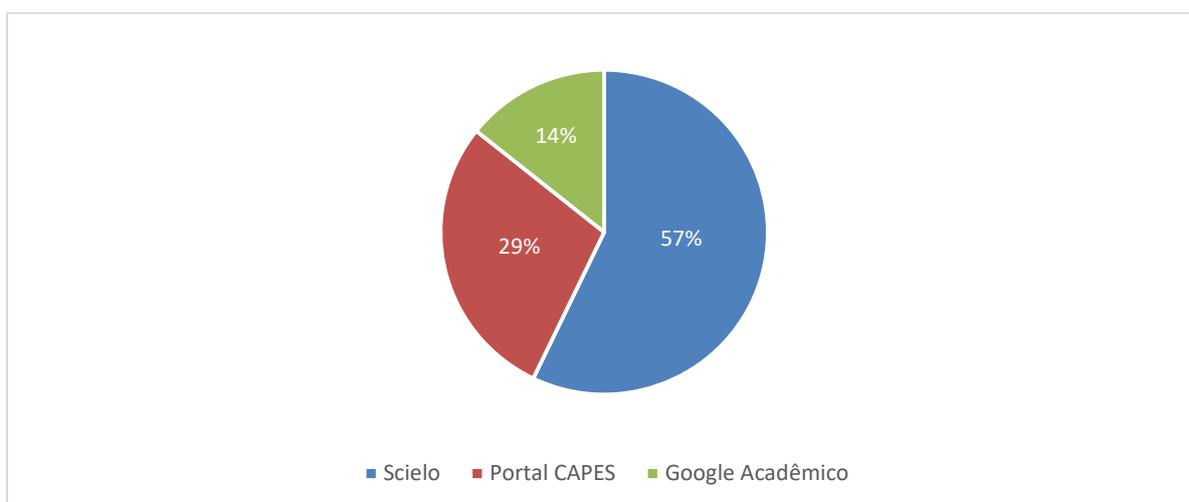


Figura 2: Quantificação de acordo com o banco de dados utilizado.

Fonte: Autor (2023).

De acordo com os autores, a gestão da manutenção (GM) é importante para fábricas do ramo metalúrgico, usinas de geração de eletricidade e sistemas de distribuição, operações de companhias aéreas, instalações como edifícios, estradas e pontes, e assim por diante. A falta da mesma certamente afeta o desempenho financeiro. Além disso, isso pode levar a riscos de segurança e perda de vidas humanas. Chegar a uma GM eficaz é uma tarefa complexa. A manutenção lida com eventos, que são muito incertos, de natureza irregular. É bastante dependente da experiência e habilidades humanas e, principalmente, além da automação. Sem uma abordagem completa e sistemática, dificilmente é possível realizar funções de manutenção de forma satisfatória. Tem havido uma discussão substancial na literatura relevante sobre como a GM deve ser abordado.

O impacto da manutenção representa um total de 15% a 60% dos custos totais de operação de toda a manufatura (HAARMAN *et al.* 2017).

Na manutenção, temos quatro categorias de ocorrência: corretiva, preventiva, preditiva e prescritiva. No caso corretivo, a manutenção ocorre quando a falha for detectada, ou há indícios. A manutenção preventiva utiliza cronogramas em horários específicos. Por outro lado, a manutenção preditiva (PDM) usa informações e conhecimento baseados em tempo para relatar uma possível falha evitando o tempo de inatividade. Na manutenção prescritiva é possível responder: “Como podemos fazer isso acontecer?” ou, em outras palavras, “Como podemos controlar a ocorrência de um evento específico?” conselhos úteis para a tomada de decisões, melhorando e otimizando os próximos processos de manutenção. No prognóstico e

gestão da saúde das máquinas (PHM), também existem quatro tipos de técnicas de manutenção: corretiva, preventiva de intervalo fixo, detecção de falhas e manutenção baseada na condição (CBM) (NEMETH *et al.* 2018).

De acordo com Xavier (2007) a Manutenção é a atuação realizada para reduzir falhas ou queda no desempenho, obedecendo a um planejamento baseado em períodos estabelecidos. Um dos segredos de uma boa preventiva está na determinação dos intervalos de tempo. Como, na dúvida, os intervalos normalmente são menores que o necessário, o que implicam paradas e troca de peças desnecessárias.

Da Silva *et al.* (2020) explicam que a manutenção preditiva é a 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.

Garcia (2014) explica que é importante ressaltar que, a definição do período de parada dos equipamentos seja efetuada por pessoas experientes, que conheçam bem o equipamento a ser mantido, seguindo as informações do fabricante e, principalmente, dependendo das condições climáticas em que estes se encontram, pois, um mesmo equipamento pode se comportar de maneira bem distinta, conforme as condições climáticas que estiver submetido.

As condições básicas para que seja estabelecido este tipo de manutenção, são as seguintes: a) o equipamento, sistema ou instalação deve permitir algum tipo de monitoramento. b) o equipamento, sistema ou instalação deve ter a escolha por este tipo de manutenção justificada pelos custos envolvidos. c) as falhas devem ser originadas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada (CORREA, 2013).

A função manutenção industrial tem incorporado às suas estratégias usuais de gerenciamento alguns conceitos originados na confiabilidade. A manutenção tem procurado novos modos de pensar, técnicos e administrativos, já que as novas exigências de mercado tornaram visíveis as limitações dos atuais sistemas de gestão.

A principal função da manutenção é garantir a disponibilidade e perfeito funcionamento dos maquinários e instalações a todo momento, o simples fato de conferir o nível do óleo pode evitar uma manutenção corretiva que além de ter uma interrupção forçada na produção oferece um custo maior devido ser emergencial diminuindo a vida útil do equipamento e consequentemente a lucratividade (CORREA, 2013).

Como Nascif (2013) destaca, a manutenção permite um bom gerenciamento das atividades, nivelamento dos recursos, além de previsibilidade do consumo de materiais e sobressalentes, por outro lado promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para

a execução das atividades programadas. Assim, deve-se pesar os fatores para que o uso dessa política seja adequado à realidade dos equipamentos, sistemas ou plantas.

A manutenção preditiva é baseada em dados históricos, modelos e conhecimento de domínio. Ele pode prever tendências, padrões de comportamento e correlações por modelos estatísticos ou de aprendizado de máquina para antecipar falhas pendentes com antecedência para melhorar o processo de tomada de decisão para a atividade de manutenção evitando principalmente o tempo de inatividade (LEE *et al.* 2006). A manutenção tem alcançado importância crítica para as indústrias, devido ao aumento da complexidade das interações entre as diferentes atividades produtivas em ecossistemas manufatureiros cada vez mais extensos.

Para executar e implementar PDM em sistemas industriais reais, é preciso identificar os componentes críticos, definir os parâmetros físicos para monitorar e escolher os sensores apropriados para coletar dados relevantes e representativos sobre o estado de saúde do sistema. Os dados coletados são então processados para extrair recursos e construir modelos que são usados para avaliar continuamente o estado de integridade do sistema, detectar e antecipar suas falhas e tomar as decisões apropriadas de acordo, assim é um processo composto por diferentes tarefas. A sua implementação em sistemas industriais reais deve ser decidida pelos gestores e considerada prioritária dentro da empresa, sem a qual o seu sucesso não pode ser garantido.

A aplicação da manutenção preditiva em ambientes de produção traz diversos benefícios e envolve também a superação de diversos desafios. Por um lado, os benefícios incluem melhoria de produtividade, redução de falhas do sistema, minimização de paradas não planejadas, aumento da eficiência no uso de recursos financeiros e humanos e otimização no planejamento das intervenções de manutenção. Por outro lado, superar desafios inclui a necessidade de integrar dados de várias fontes e sistemas dentro de uma instalação, o que é importante para coletar informações precisas para criar modelos de previsão. Além disso, uma grande quantidade de dados envolvidos na manutenção preditiva e a necessidade de monitoramento em tempo real exigem lidar com latência, escalabilidade e problemas relacionados à largura de banda da rede.

Antes de aplicá-la, é necessário considerar o quão crítico é o equipamento no contexto de sua operação. Por exemplo, se o colapso do equipamento não impactar a operação da planta, uma estratégia pode ser operá-lo até a falha e consertá-lo quando ocorrer a falha. Por outro lado, um equipamento pode ser crítico. Nesse caso, uma falha pode levar a um impacto significativo na operação da planta. Se for esse o caso, as empresas devem considerar o uso de modelos preditivos que possam fornecer uma indicação precoce de qualquer anomalia em potencial.

Algumas empresas, no entanto, usam equipamentos redundantes que operam em caso de falha do hardware principal, permitindo que a empresa mantenha as operações em execução enquanto repara a unidade problemática. Neste caso, a criticidade é reduzida pela eliminação do ponto único de falha.

Os modelos preditivos geralmente são modelos orientados a dados que requerem uma variedade de fluxos de dados fornecidos por várias fontes offline e em tempo real. Os dados também vêm de Sistemas Computadorizados de Gerenciamento de Manutenção (CMMS). Dados relacionados a falhas também são necessários para construir e testar os modelos preditivos. À medida que os equipamentos se tornam mais confiáveis, um dos desafios que os cientistas de dados enfrentam ao criar esses modelos é a falta de dados relacionados a falhas. Uma abordagem para superar esse desafio é considerar uma corte de equipamentos semelhantes e gerar um metamodelo que reflita o aprendizado coletivo da reunião e, em seguida, aplicar o metamodelo ao equipamento específico.

A manutenção tem alcançado importância crítica para as indústrias, devido ao aumento da complexidade das interações entre as diferentes atividades produtivas em ecossistemas manufatureiros cada vez mais extensos. Dessa forma, outro conceito que também agrega valor ao processo de PDM é a Internet das Coisas (IoT). Com uma especialização denominada Industrial Internet of Things (IIoT), utiliza as tecnologias IoT em ambiente industrial, incorporando Machine Learning (ML) e Big Data (BD). Métodos que reforçam a filosofia de que “máquinas inteligentes” apresentam maior eficiência em comparação aos humanos em termos de precisão e consistência para gerenciamento de dados. Outro sistema que vem fazendo uso da IoT é o Cyber-Physical System (CPS), que é uma área que se refere aos sistemas de engenharia de próxima geração.

A curva de potencial de falha (PF) é uma ferramenta analítica essencial para um plano de manutenção baseado em confiabilidade. É um gráfico que mostra a relação entre a performance de um equipamento e o tempo que ele opera, conforme a (Figura 3). A curva mostra que quando uma falha começa a se manifestar, o equipamento se deteriora até o ponto em que pode ser detectado (ponto “P”). Se a falha não for detectada e mitigada, continua até que ocorra uma falha funcional (ponto “F”). O intervalo de tempo entre P e F, comumente chamado de intervalo PF, é a janela de oportunidade durante a qual uma inspeção pode detectar a falha iminente e lhe dar tempo para resolvê-la.



Figura 3: Demonstração da Curva PF.

Fonte: Abecom (2023).

Além da previsão de falhas, um desafio significativo é a implementação de operações de manutenção confiáveis e sem erros e, como resultado, a validação constante de equipamentos em pleno funcionamento o mais rápido possível. Para tanto, uma quantidade significativa de trabalho de desenvolvimento foi feita para projetar e melhorar sistemas de serviço técnico em tempo real e software focado em aplicativos móveis para evitar erros indesejados e mau funcionamento. Além disso, o tratamento de casos complexos de fábricas inteligentes, manutenção inteligente, logística adaptativa auto organizada, engenharia integrada ao cliente e arquiteturas de fábricas inteligentes exigem a integração de dados de produção na modelagem que só pode ser alcançada com o uso de simulação avançada e Tecnologia da Informação.

O potencial adicional das tecnologias da Indústria 4.0 avança ainda mais o potencial da tecnologia para tornar as abordagens da manutenção baseada na condição (CBM) viáveis para uma ampla gama de configurações de aplicativos. Dentro dessas arquiteturas/estruturas, a ideia principal é detectar o nível de degradação dos componentes da máquina, coletando dados periódicos ou contínuos em tempo real com tecnologias de sensores. As estratégias de CBM podem envolver a manutenção preditiva, em que o estado atual do equipamento monitorado, juntamente com dados históricos e conhecimentos e modelos de domínio relevantes, é empregado para prever tendências, padrões de comportamento e correlações por meio de modelos estatísticos ou de aprendizado de máquina, e antecipar falhas pendentes com antecedência para aprimorar o processo de tomada de decisão para a atividade de manutenção. PDM está se tornando cada vez mais uma abordagem crucial entre as modernas indústrias de manufatura inteligente, uma vez que a competitividade global está se tornando cada vez mais

desafiadora. Além disso, a eficiência das empresas se beneficia, reduzindo os custos de gerenciamento do ciclo de vida dos ativos de produção, bem como reduzindo seu tempo de inatividade, e ela é substancialmente suportada pelas principais tecnologias da Indústria 4.0, como internet das coisas (IoT) e análise de dados e, portanto, é uma parte fundamental do cenário da Indústria 4.0 / Manufatura Inteligente.

A manutenção preditiva é um tipo de manutenção que rastreia diretamente a integridade, o status e o desempenho de um ativo em tempo real, e visa reduzir as avarias dispendiosas e inesperadas e oferece ao fabricante a oportunidade de planejar a manutenção de acordo com o seu próprio programa de produção. Por meio de uma combinação de dados em tempo real coletados por meio da internet industrial das coisas (IIoT), a manutenção preditiva analisa continuamente a condição do equipamento durante as operações normais para reduzir a probabilidade de falha inesperada da máquina. Com a manutenção preditiva, as organizações podem monitorar e testar vários indicadores, como baixa velocidade do rolamento, lubrificação ou temperatura. Usando monitoramento baseado em condições e tecnologia IIoT, essas ferramentas detectam anormalidades durante as operações normais e enviam alertas em tempo real ao proprietário da máquina que indicam uma possível falha futura.

A manutenção é muito importante para todas as empresas, tendo em vista que a vida útil dos ativos, juntamente com o tempo de operação em bom nível dos equipamentos pode impactar no custo produtivo e conseqüentemente afetar as margens de lucro, competitividade e saúde financeira do negócio (DIAMOND; MARFATIA, 2013).

Alguns exemplos de manutenção como seu objetivo, intervalo e também alguns tipos de tarefas foram bem detalhados na (Tabela 1) que nos mostra o quão a manutenção é de suma importância para determinar as condições e conduzir a avaliação de risco dos equipamentos.

Tabela 1: Resumo dos tipos e objetivos da manutenção.

Comparativo entre os Tipos de Manutenção							
Tipo de Manutenção	Manutenção Preventiva					Manutenção Corretiva	
	Baseada no Tempo	De Encontro de Falhas	Baseada no Risco	Baseada na Condição	Preditiva	Adiada	De Emergência
Tipo de Tarefa	Revisão / Substituição programada	Teste funcional	Inspeção ou teste	Medição de parâmetros de condição	Cálculo e extrapolação de dados	Reparo / Substituição	Reparo / Substituição
Objetivo	Restaurar ou substituir independente da condição	Determinar se falhas ocultas ocorreram	Determinar as condições e conduzir a avaliação de risco para determinar quando a próxima inspeção ou intervenção será necessária	Restaurar ou substituir baseado na comparação das medições de parâmetros de condição com parâmetros definidos	Garantir a confiabilidade dos equipamentos e sistemas	Restaurar ou substituir após uma falha. Resultado de uma estratégia de Run to Failure ou uma falha não prevista	Restaurar ou substituir após uma falha. Resultado de uma estratégia de Run to Failure ou uma falha não prevista
Intervalo	Tempo ou uso fixo ex: 1 mês, 1000 hrs ou 10000 km	Intervalo fixo de tempo (pode ser baseado na avaliação de risco)	Intervalo de tempo e escopo de trabalho baseados na avaliação de risco	Intervalo fixo de tempo para medições / inspeções das condições	Medições permanentes através de sensores e dados dos outros tipos de manutenção	Não aplicável, mas a intervenção é adiada para planejamento e programação adequados	Intervenção imediata requerida

Fonte: Creare - Revista das Engenharias (2022).

De forma consensual entre os autores é explicado que deve haver providências adequadas para testes após um reparo de que o reparo foi feito conforme planejado. O controle de qualidade das ações de manutenção tem importância crítica na gestão de manutenção. Uma máquina deve ser verificada minuciosamente, quanto à adequação, antes da instalação, após um reparo. Deve haver medidas para evitar falhas, que surgem devido a defeitos de fabricação, das máquinas. Inspeções adequadas de pré-lançamento e testes são algumas dessas etapas. Um sistema de informação de gerenciamento de manutenção baseado em computador deve facilitar a implementação das etapas acima. Podem ser desenvolvidos sistemas de apoio à decisão para as decisões baseadas em modelos de otimização. As decisões podem ser automatizadas, sempre que possível.

Uma das principais finalidades da manutenção é a redução de custos, o que mostra uma importância crescente tanto na indústria civil quanto na militar, onde a manutenção de equipamentos complexos custa enormes quantias de dinheiro. A manutenção dos sistemas de distribuição tornou-se mais importante devido à necessidade de aumentar a disponibilidade, qualidade e segurança da energia, além de reduzir o custo de operação. Assim, a estratégia de

manutenção em sistemas de distribuição é uma das mais importantes atividades de tomada de decisão.

Uma das avaliações mais importantes para decidir o desempenho adequado do sistema de distribuição de energia é a identificação dos componentes críticos. Por outro lado, o orçamento para manutenção de componentes é limitado, portanto a manutenção deve ser realizada apenas em componentes críticos. A identificação dos componentes críticos é utilizada para atingir o objetivo de minimizar o custo das ações de manutenção.

A priorização e programação da manutenção é feita para uma gestão econômica, pois o capital é limitado e também o investimento deve estar alinhado com a eficiência econômica. Em outras palavras, a manutenção preventiva a priorização de componentes do sistema de distribuição é feita para reduzir custos decorrentes de interrupções e ações de manutenção. Com o desenvolvimento dos sistemas de distribuição, estratégias apropriadas de manutenção centrada na confiabilidade (RCM) são discutidas.

A NBR-5462 (Confiabilidade e Mantenabilidade) define manutenção como “a 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”. Salienta-se que a norma define item como “qualquer parte, conjunto, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente”.

A manutenção centrada na confiabilidade (RCM) é um método de análise bem estabelecido para o planejamento de manutenção preventiva. Como o próprio nome indica, a confiabilidade é a principal referência para o planejamento, mas também são avaliadas as consequências de falhas.

Planejamento de manutenções preventivas (PM) de sistemas técnicos é uma tarefa desafiadora. Um equilíbrio deve ser feito entre a frequência e a extensão da manutenção, por um lado, e os custos, por outro. A manutenção preventiva é introduzida para evitar a ocorrência de falhas do sistema e reduzir as consequências potenciais das falhas, mas a manutenção pode, em alguns casos, também introduzir falhas. Ambos os aspectos contrários são relevantes para o planejamento de manutenção preventiva, as funcionalidades e confiabilidade do sistema são destacadas como o nome conceito de Manutenção Centrada em Confiabilidade indica.

O RCM consiste em processos estruturados para determinar as estratégias de manutenção de equipamentos necessárias para qualquer ativo físico para garantir que ele continue cumprindo sua(s) função(ões) pretendida(s) nas condições operacionais atuais. O objetivo é

determinar quais são os componentes críticos em qualquer processo e, com base nessas informações, projetar uma estratégia personalizada de manutenção preventiva/preditiva. Outra estratégia é a análise de falha de causa raiz (RCFA), que se baseia em falhas que ocorreram anteriormente, e deve levar a ações corretivas, além do estágio de componente, para a deficiência do sistema ou estágio de raiz latente.

Os modelos de otimização de manutenção podem ser qualitativos e quantitativos. O primeiro inclui técnicas como manutenção produtiva total (TPM), manutenção centrada na confiabilidade (RCM), etc. manutenção corretiva (CM). Em 1940 há vários modelos de pesquisa operacional (OR) para manutenção como nos dias de hoje. Uma série de técnicas mais recentes foram analisadas nesta ampla área. Ao contrário da programação na produção, a programação de manutenção fica imediatamente fora de lugar assim que um trabalho de emergência é recebido. A programação da manutenção é, portanto, outra área desafiadora, que merece uma investigação separada. Um sistema eficaz de medição de desempenho é essencial para o funcionamento eficaz de qualquer organização, pois tudo o que é medido tem maior probabilidade de ser concluído. O primeiro sistema de informação de gerenciamento de manutenção (MMIS) apareceu na década de 1980 devido ao pleno reconhecimento da manutenção como uma importante função de negócios. O mesmo tornou-se agora um componente essencial de qualquer organização de manutenção e, portanto, merece investigação também em uma área separada. Da mesma forma, as diversas políticas de manutenção podem ser classificadas como política de substituição de idade, política de reparo periódico, política de reparo de blocos, política de limite de falha, etc. cada uma com diferentes características, vantagens e desvantagens e requer extensa pesquisa.

As estratégias de manutenção atuam como mecanismos coordenadores e integradores, desde que estejam relacionadas com as estratégias corporativas e de produção, conhecimentos de manutenção e compromissadas tanto pela gestão quanto pelo pessoal envolvido. Trinta anos atrás, Skinner (1969) mostrou a necessidade de integrar a manufatura à estratégia corporativa, e isso ainda é um problema em muitas empresas. É comum que os grupos de marketing e manufatura decidam cursos de ação inconsistentes entre si e com a estratégia de negócios. Vários autores (por exemplo, Buffa, 1984; Caron e Ernest, 1991) verificam que as estratégias de manufatura foram deixadas de lado no passado, o que levou a estratégias com produção “fora de sincronia” devido a um descompasso entre as demandas do mercado e as capacidades do sistema de produção. Os benefícios de vincular totalmente as estratégias corporativas, de marketing e de fabricação de longo prazo e fazer planos em conjunto em uma abordagem

holística não podem ser subestimados. Tunälv (1992), por exemplo, mostrou em um estudo empírico que empresas com uma estratégia de manufatura derivada da estratégia corporativa e do plano de marketing enfatizam mais os programas de qualidade e outras ações preventivas e são mais lucrativas do que empresas sem essa estratégia de manufatura. Hayes e Pisano (1994) consideram que um dos principais fatores por trás do sucesso do Japão é que as empresas japonesas têm uma integração clara, interligada e holística do marketing à manufatura. O mesmo provavelmente deve ser verdade para as estratégias de manutenção, uma vez que a manufatura já foi integrada com sucesso.

Uma condição básica para se chegar a um consenso para a melhoria contínua e realização do trabalho na área de manutenção é que a organização entenda a importância da manutenção e que ela goze de bom estado. Um ambiente de trabalho favorável sem problemas psicológicos ou físicos é frequentemente considerado um dos dois pré-requisitos, juntamente com treinamento/educação, para atividades de pequenos grupos do tipo TPM e melhoria contínua. A falta de status pode facilmente ser um obstáculo importante para a realização no trabalho e o empoderamento. Hill (1990) destacou um conjunto de razões para a falta de status da produção/operações. Estes devem ser relevantes para a manutenção também.

As ferramentas e técnicas de manutenção consistem em manutenção corretiva imediata e atrasada e manutenção preventiva programada e sob condição. Muitas pesquisas mostram que as técnicas preventivas não são usadas com a frequência que deveriam. Os métodos corretivos são mais caros do que os preventivos.

A solução para a manutenção nem sempre é apenas aumentar a manutenção preventiva planejada (MP). Os programas de cumprimento nem sempre estão atualizados, nem sempre funcionam em harmonia com os cronogramas de produção. Raramente existem dados apropriados para calcular os cronogramas e os cronogramas propostos geralmente se tornam um tanto arbitrários. Todas as máquinas não são medianas e as políticas preventivas aprimoradas podem levar a uma manutenção excessiva de algumas máquinas e a manutenção insuficiente de outras. Isso resulta em aumento dos custos do ciclo de vida. Em vez disso, a manutenção baseada na condição de confiabilidade provavelmente deve se tornar mais importante para as empresas. Ele avisa com antecedência sobre problemas iminentes e dá origem a atividades de manutenção. A manutenção baseada em condições, juntamente com a inspeção de manutenção descentralizada pelos operadores, recebeu muito interesse na literatura durante os últimos anos.

A estrutura de organização de manutenção ideal depende das condições específicas dentro da organização. A descentralização, a participação dos trabalhadores da manutenção nas equipes de projeto, o foco no core business e a terceirização são tendências organizacionais comuns e importantes. A transferência de responsabilidade dos trabalhadores de manutenção para os operadores de máquinas e uma visão mais holística resultam em um tempo de resposta mais rápido quando as máquinas quebram e um maior nível de cooperação e confiança entre produção/operações e trabalhadores de manutenção (NACIF, 2013).

A criação de alianças estratégicas fortes, a terceirização da manutenção e o foco nos processos centrais das empresas têm sido mais comuns e importantes ultimamente. Tendências para organizações mais virtuais consistindo em longas cadeias de suprimentos competindo no mercado, tendências de qualidade e adequação interna forçam as empresas a simplificarem suas organizações e terceirizar partes de suas atividades de suporte. À medida que a complexidade da manutenção aumenta, devido ao melhor mix de equipamentos e ferramentas de manutenção, fica mais difícil planejar e coordenar economicamente e a terceirização pode ser a forma mais apropriada de alocação. Nos ambientes de manufatura mais complexos, os indivíduos precisam se especializar dentro de seus respectivos perfis e, então, a flexibilidade geral diminui. A flexibilidade pode ser melhorada por treinamento ou pela cooperação com fornecedores externos de manutenção. Os benefícios da terceirização da manutenção parecem claros, mas ainda pode ser problemático decidir sobre o tipo ideal de contrato.

O gerenciamento de manutenção pode ser descrito como composto por cinco componentes vinculados: estratégia, aspectos humanos, mecanismos de apoio, ferramentas e técnicas e organização. A maioria dos componentes de gerenciamento de manutenção provavelmente pode ser melhorada na empresa manufatureira média. É necessário formular estratégias de manutenção claras que estejam ligadas às estratégias de manufatura e corporativas.

A manutenção descentralizada está se tornando mais importante e uma combinação de manutenção descentralizada por operadores e terceirização é comum em pequenas empresas. Uma função de manutenção centralizada, no entanto, ainda domina a maioria das empresas. No entanto, a terceirização e a manutenção integrada da produção são importantes nas pequenas empresas. Uma condição necessária para planejar e controlar a manutenção preventiva e on-condition é ter um sistema de informações de gerenciamento de manutenção bem desenvolvido.

A manutenção é muitas vezes considerada como uma despesa necessária que pertence ao orçamento operacional. É um item comum na lista de alvos dos programas de redução de custos.

Com a disponibilidade e confiabilidade de ativos se tornando questões críticas em operações de capital intensivo, a importância estratégica da manutenção em tais negócios deve ser reconhecida.

A turbulência é a marca registrada do ambiente empresarial contemporâneo. Em um momento tão difícil, as organizações são pressionadas a aprimorar continuamente sua capacidade de criar valor para os clientes e melhorar a relação custo-benefício de suas operações. A manutenção, como uma importante função de suporte em empresas com investimentos significativos em ativos físicos, desempenha um papel importante no cumprimento dessa tarefa difícil (CORREA, 2013).

O gerenciamento de manutenção envolve manter o controle de ativos e peças. O objetivo é garantir que a produção prossiga de forma eficiente e que a quantidade mínima de recursos seja desperdiçada. Isso geralmente é realizado por uma combinação personalizada de software, práticas e pessoal que se concentra em atingir esses objetivos.

A política de manutenção é uma descrição da inter-relação entre os escalões de manutenção (uma posição em uma organização onde níveis especificados de manutenção devem ser executados em um item), os níveis de escrituração (um nível de subdivisão de um item do ponto de vista de uma ação de manutenção) e os níveis de manutenção (conjunto de ações de manutenção a serem realizadas) a serem aplicados para a manutenção de um item. Uma política de manutenção descreve em outras palavras quem, onde e o que fazer no nível operacional.

A manutenção é, portanto, um insumo importante para o processo central das empresas de manufatura, o processo produtivo. Os principais objetivos estratégicos da grande maioria dessas empresas seriam ganhar mais participação de mercado e maior lucratividade, mas a forma de atingir esses objetivos pode ser diferente. Portanto, as metas corporativas são decompostas em metas e estratégias para os diferentes processos, como processos de produção e manutenção. As metas de manutenção devem apoiar a realização das metas corporativas por meio de um conjunto adequado de políticas e recursos. As metas (objetivos) de manutenção são definidas em como metas atribuídas e aceitas para as atividades de manutenção. Essas atividades podem ser encontradas em diferentes níveis de controle, do estratégico ao operacional, e diferentes níveis de manutenção, do campo ao fabricante (NACIF, 2013).

As práticas de Manutenção Proativa estão se tornando cada vez mais comuns em ambientes industriais, com impacto direto e profundo na competitividade do setor. Essas práticas demandam o monitoramento contínuo dos equipamentos industriais, o que gera grande

quantidade de dados. Essas informações podem ser processadas em conhecimento útil com o uso de algoritmos de aprendizado de máquina. No entanto, antes que os algoritmos possam ser efetivamente aplicados, os dados devem passar por uma fase exploratória: avaliar o significado dos recursos e até que ponto eles são redundantes.

Para alcançar uma abordagem totalmente proativa, a manutenção preventiva deve ser complementada com a manutenção preditiva. Além disso, as empresas se beneficiariam do uso da manutenção preditiva ao longo do ciclo de vida do equipamento para detectar o início da degradação e falha do equipamento. A manutenção preditiva indica o momento correto de realizar a manutenção; como resultado, as máquinas passam menos tempo off-line e os componentes são trocados somente quando necessário. A manutenção preditiva realiza tanto a previsão quanto o diagnóstico da condição de um equipamento, fornecendo informações sobre a natureza do problema, onde está ocorrendo e por que e quando é provável que ocorra uma falha no equipamento.

As técnicas de manutenção preditiva podem ser implementadas por meio da monitoração dos equipamentos aliada a métodos inteligentes de decisão. As técnicas de aprendizado de máquina e mineração de dados podem ser usadas para extrair insights dos dados e prever resultados com precisão para apoiar a tomada de decisões e ajudar as organizações a melhorarem suas operações e competitividade. Devido à tendência atual de automação e troca de dados em ambientes industriais, auxiliada pelo surgimento da Internet das Coisas (IoT), uma grande quantidade de dados operacionais já está disponível ou pode ser adquirida com relativa facilidade. Isso pode ser feito por meio da interface com sistemas legados e redes de sensores e aplicando princípios de IoT e sistemas físicos cibernéticos.

A gestão estratégica da manutenção visa encontrar a melhor forma de realizar a manutenção de forma a otimizar a utilização dos ativos e recursos ligados à manutenção para atingir os objetivos definidos. Depende de dados atuais e passados relativos à manutenção e produção, a fim de avaliar a situação atual. Além disso, dados sobre novidades em tecnologia, aplicações, métodos e benchmarking são necessários para encontrar maneiras de melhorar continuamente a manutenção.

A competitividade de uma empresa é mais crucial do que nunca no atual panorama econômico, influenciando imensamente a capacidade da empresa de fornecer produtos de qualidade a preços baixos. A manutenção das máquinas, com seu impacto direto nas paradas das máquinas e nos custos de produção, está diretamente relacionada à capacidade de uma empresa de manufatura ser competitiva em termos de custo, qualidade e desempenho.

Abordagens de manutenção modernas pretendem diminuir as taxas de falhas e melhorar os tempos de produção, mas ainda não são amplamente aplicadas.

## **5. CONCLUSÃO**

Com o rápido desenvolvimento da indústria e o mercado internacional altamente competitivo, especialmente nas áreas de metalurgia, produtos eletrônicos, energia nuclear, automobilística, construção naval e aeronaves, a manutenção precisa e econômica mostra uma importância crescente para melhorar a disponibilidade da produção da planta, reduzir o custo do tempo de inatividade e aumentar a confiabilidade operacional.

Em muitas indústrias baseadas em plantas de grande escala, os custos de manutenção podem representar até 40% do orçamento operacional e, portanto, melhorar a eficácia da manutenção é uma fonte potencial de economia financeira. O ambiente competitivo de hoje exige que as indústrias tentem manter a plena capacidade de produção, ao mesmo tempo em que minimizam o investimento de capital. Do ponto de vista da manutenção, isso envolve a maximização da confiabilidade do equipamento (ou seja, tempo de atividade), incluindo o prolongamento da vida útil do equipamento. A operação inteligente e a manutenção cuidadosa devem, juntas, fornecer confiabilidade de produção econômica: isso deve ser a base para a tomada de decisões de gerenciamento perspicaz. Infelizmente, muitas indústrias têm demorado a implementar iniciativas de manutenção preventiva (PM).

A gestão da manutenção, que é uma função importante para qualquer organização com muitas máquinas e equipamentos, tem sido amplamente discutida na literatura relevante. Tem havido muitas propostas de abordagens para lidar satisfatoriamente com tais funções. Todas essas abordagens têm alguns pontos positivos. Mas nenhuma abordagem é completa em si mesma e há necessidade de fazer uma síntese delas.

Os tipos de manutenções nas indústrias também é um dos pontos chaves para o sucesso de toda a organização pois, é uma boa forma de aumentar a confiabilidade dos seus efetivos assim a empresa evita danos que possam vir causar prejuízos para os seus serviços e conseqüentemente afetar o lucro da mesma.

Portanto o segredo do sucesso é garantir que todo o pessoal envolvido seja devidamente treinado nessas técnicas e estabelecer as disciplinas e procedimentos organizacionais que garantam que sejam usados sempre que surgir uma situação apropriada. É vital que a propriedade do problema seja aceita por todos os envolvidos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABECOM. Curva de (PF) 2023. Disponível em:

<<https://www.abecom.com.br/curva-pf>>

ADU-AMANKWA, Kwaku et al. A predictive maintenance cost model for CNC SMEs in the era of industry 4.0. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 104, n. 9, p. 3567-3587, 2019.

APILETTI, Daniele et al. istep, an integrated self-tuning engine for predictive maintenance in industry 4.0. In: **2018 IEEE Intl Conf on Parallel & Distributed Processing with Applications, Ubiquitous Computing & Communications, Big Data & Cloud Computing, Social Computing & Networking, Sustainable Computing & Communications (ISPA/IUCC/BDCloud/SocialCom/SustainCom)**. IEEE, 2018. p. 924-931.

ARAUJO, Thiago Sales; ROSSATO, Daniel Barbutto. UTILIZANDO RAPIDMINER PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA. **Revista Científica SENAI-SP-Educação, Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 1, p. 37-53, 2022.

BARDUCCO, Ana Paula Santos; CONSTÂNCIO, Beatriz Marques. Indústria 4.0: tecnologias emergentes no cenário da construção civil e suas aplicabilidades. **Engenharia Civil-Pedra Branca**, 2019.

BRISTOT, V. M.; SCHAEFFER, L.; GRUBER, V. Manutenção preditiva em indústria de revestimento cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 17, n. 1, p. 29-35, 2012.

CORREA, M. I. Implantação de programas de manutenção preventiva e corretiva em estruturas de concreto armado. In: **IX Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas-CINPAR**, João pessoa. 2013.

DA SILVA, Leandro FRANCIELLE et al. ESTUDOS SOBRE A MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA: HISTÓRIA E PERSPECTIVAS PARA INDÚSTRIA

BRASILEIRA. **Anais do SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIAS E ENGENHARIAS (SINACEN)**, v. 5, n. 1, p. 94-111, 2020.

DA SILVA, EDSON PEREIRA. **A TRANSIÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL PARA O MODELO DO NOVO PARADIGMA DA INDÚSTRIA 4.0**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Paulista.

DE SOUZA PAIVA, Jefferson; SODRÉ, Renato Brasil; DE OLIVEIRA CASTRO, Anderson. **O USO DE FERRAMENTA DE GESTÃO COMO FACILITADOR DO PLANO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**. **ITEGAM-JETIA**, v. 5, n. 19, p. 75-81, 2019.

DE LOPES FARIA, Gustavo Názaro; LONGHINI, Tatielle Menolli. **Ciclo PDCA Aplicado à Gestão da Manutenção de Equipamentos Laboratoriais de Uma Indústria de Celulose**. **PRODUTO & PRODUÇÃO**, v. 22, n. 2, p. 19-37, 2021.

DIAMOND, Stephanie; MARFATIA, Anuj. **Predictive Maintenance For Dummies**. IBM Limited Edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2013.

DOS SANTOS SIMÃO, Alessandra et al. **Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira**. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 20130-20145, 2019.

DOS SANTOS NASCIMENTO, Estela et al. **GESTÃO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**. **SITEFA-Simpósio de Tecnologia da Fatec Sertãozinho**, v. 3, n. 1, p. 180-191, 2020.

FERREIRA, João Pedro Barreiras. **Gestão da manutenção e infraestruturas**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora.

FOGLIATTO, Flávio S.; SILVA, Juliane F. **Manutenção e Confiabilidade**. **Porto Alegre: PPGE/UFRGS**, 2003.

GARCIA, Fabiano Luiz. Proposta de implantação de manutenção preventiva em um centro de usinagem vertical: um estudo de caso. **Revista Tecnologia e Tendências**, v. 9, n. 2, p. 88-115, 2014.

GAJDZIK, B. Autonomous and professional maintenance in metallurgical enterprise as activities within total productive maintenance. **Metalurgija**, v. 53, n. 2, p. 269-272, 2014.

GAJDZIK, B. Manufatura de Classe Mundial em empresa metalúrgica. **Metalurgija**, v. 52, n. 1, pág. 131-134, 2013.

GASPAR, Daniel Augusto Estácio Marques Mendes. A análise organizacional na especificação dos sistemas de informação em gestão da manutenção. 2003.

GUIMARÃES, Leonardo Miranda; NOGUEIRA, Cássio Ferreira; DA SILVA, Margarete Diniz Brás. Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM). **exacta**, v. 5, n. 1, 2012.

HAYES, R.; PISANO, G.; UPTON, D.; WHEELWRIGHT, S. Operations, Strategy, and Technology Pursuing the Competitive Edge. 1.ed. EUA: Wiley & Sons, 1994. 400p.

HAARMAN, Claudia JW; STIENEN, Arno HA. SCRIPT passive orthosis: design of interactive hand and wrist exoskeleton for rehabilitation at home after stroke. **Autonomous Robots**, v. 41, n. 3, p. 711-723, 2017.

KANEKO, Filipe Pacor; NEVES, Lucas Oliveira; TABAH, June. GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL. **Crear-Revista das Engenharias**, v. 4, n. 1, 2022.

LEE, Jay; SIEGEL, David; LAPIRA, Edzel Racsa. Development of a predictive and preventive maintenance demonstration system for a semiconductor etching tool. **Ecs Transactions**, v. 52, n. 1, p. 913, 2013.

LEE, Jay et al. Intelligent prognostics tools and e-maintenance. **Computers in industry**, v. 57, n. 6, p. 476-489, 2006.

LI, Zhe; WANG, Yi; WANG, Ke-Sheng. Intelligent predictive maintenance for fault diagnosis and prognosis in machine centers: Industry 4.0 scenario. **Advances in Manufacturing**, v. 5, n. 4, p. 377-387, 2017.

MACÊDO, Leticia Costa. Manutenção preditiva no contexto da indústria 4.0: um modelo preditivo em uma fábrica do ramo metalúrgico. 2020.

MARQUES, Ana Claudia; BRITO, Jorge Nei. Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 8913-8923, 2019.

MENDES, Angélica Alebrant. Manutenção centrada em confiabilidade: uma abordagem quantitativa. 2011.

MOUBRAY, John. Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade. São Paulo: Aladon, 1996.

NASCIF, H. A importância da gestão na manutenção ou como evitar “armadilhas” na gestão da manutenção. 2013. Disponível em:

<<http://www.tecem.com.br/wpcontent/uploads/2013/03/aimportancia-da-gestao-namanutencao-parte-i-tecem.pdf>>.

NEMETH, Evi et al. UNIX and Linux system administration handbook. **USENIX Open Access Policy**, v. 59, 2018.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 2, p. 1-16, 2008.

PRASS, Leandro C.; NUNES, Fabiano Lima. Implantação da manutenção preventiva em um centro de usinagem cnc de uma indústria moveleira. **Produção em Foco**, v. 9, n. 2, p. 43-73, 2019.

PEREIRA, Adriano; DE OLIVEIRA SIMONETTO, Eugênio. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

RAPOSO, José Luis Oliveira. Manutenção centrada em confiabilidade aplicada a sistemas elétricos: uma proposta para uso de análise de risco no diagrama de decisão. **Universidade Federal da Bahia**, 2004.

SANTOS, Shayane Betiatto dos et al. **Mapeamento das tecnologias para implementação da indústria 4.0 na construção civil brasileira**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SAEZ, Emmanuel. Striking it richer: The evolution of top incomes in the United States. In: **Inequality in the 21st Century**. Routledge, 2018. p. 39-42.

SARAIVA, Márcia Sofia Marmeleiro. **A importância da Norma de implementação de Sistemas de Gestão da Manutenção na integração de Sistemas de Gestão**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade da Beira Interior (Portugal).

SCHENA, Rafael; NETTO, Joao Cesar; BECKER, Karin. Aplicação de técnicas de mineração em dados sintéticos para manutenção preditiva: um estudo de caso. In: **Anais do XXXVII Simpósio Brasileiro de Bancos de Dados**. SBC, 2022. p. 26-38.

SELLITTO, Miguel Afonso. Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos. **Production**, v. 15, p. 44-59, 2005.

SOUZA, Rafael Doro. Análise da gestão da manutenção focando a manutenção centrada na confiabilidade: estudo de caso MRS logística. **Juiz de Fora (MG): UFJF**, 2008.

SHORT, Michael; TWIDDLE, John. An industrial digitalization platform for condition monitoring and predictive maintenance of pumping equipment. **Sensors**, v. 19, n. 17, p. 3781, 2019.

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

TEIXEIRA, Fernando Helder. Manutenção & confiabilidade (pp. 196). **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 2, 2012.

TEOH, Yyi Kai; GILL, Sukhpal Singh; PARLIKAD, Ajith Kumar. IoT and fog computing based predictive maintenance model for effective asset management in industry 4.0 using machine learning. **IEEE Internet of Things Journal**, 2021.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia, Planejamento e Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

XAVIER, Julio Nascif. Manutenção: Tipos e Tendências. Disponível em: <<http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencatiposetendencias.zip>>, 2007.