



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC  
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**WILLIAM JOSÉ DE CARVALHO**

**GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

**UBÁ  
2022**

**WILLIAM JOSÉ DE CARVALHO**

**GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Presidente Antônio Carlos – FUPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientadora: (a): Prof.<sup>a</sup> Ms Iracema Mauro

**UBÁ**  
**2022**

# GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

## RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de descrever os principais métodos de planejamento de trabalho e estratégias de manutenção disponíveis, além dos pilares que devem ser considerados (ativos críticos, requerimentos legais, plano de trabalho, frequência e investimento) e as vantagens e desvantagens de cada tipo de manutenção. Com base nessas informações, a Manutenção Corretiva é a mais simples, mais custosa e demorada, possui investimento mínimo e é recomendada para ativos de baixa prioridade. A Manutenção Preventiva é realizada em intervalos predeterminados, com tempo menor na execução (em relação a Corretiva), investimento intermediário e custos altos, sendo indicada para ativos e equipamentos essenciais à atividade recorrente da empresa ou de maior risco de avaria. A Manutenção Preditiva possui foco na identificação da falha potencial e nas reais condições de funcionamento do equipamento, possui investimento alto em tecnologia e capacitação de mão de obra e menor tempo gasto em manutenção, sendo altamente complexa e viável para ativos de alta criticidade e essenciais ao funcionamento da empresa. A Manutenção Produtiva Total é uma estratégia de manutenção industrial que responsabiliza e engloba todos os funcionários da empresa, administrativos e operacionais, sendo mais complexa, com programas de treinamento e ações preditivas e preventivas. Dado o exposto, escolher o melhor tipo de manutenção industrial é escolher aquela que melhor se enquadra no processo interno, no modelo de negócio, com recursos disponíveis e necessidades da empresa.

**Palavras-chave:** Tipos de Manutenção, Corretiva, Preventiva, Preditiva, Produtiva Total.

## **MANAGEMENT OF INDUSTRIAL MAINTENANCE**

### **ABSTRACT**

The present work aims to describe the main work planning methods and maintenance strategies available, in addition to the pillars that must be considered (critical assets, legal requirements, work plan, frequency and investment) and the advantages and disadvantages of each type of maintenance. Based on this information, Corrective Maintenance is the simplest, most expensive and time-consuming, has minimal investment and is recommended for low-priority assets. Preventive Maintenance is performed at predetermined intervals, with shorter execution time (compared to Corrective), intermediate investment and high costs, being indicated for assets and equipment essential to the company's recurring activity or with greater risk of damage. Predictive Maintenance focuses on identifying the potential failure and the real operating conditions of the equipment, has a high investment in technology and manpower training and less time spent on maintenance, being highly complex and viable for highly critical assets that are essential to the company operation. Total Productive Maintenance is an industrial maintenance strategy that is responsible for and encompasses all the company's administrative and operational employees, being more complex, with training programs and predictive and preventive actions. Given the above, choosing the best type of industrial maintenance is choosing the one that best fits your team, business model, available resources and company needs.

**Keywords:** Types of Maintenance, Corrective, Preventive, Predictive, Total Productive.

## 1 INTRODUÇÃO

A sobrevivência das organizações, na economia globalizada, depende diretamente da sua eficiência frente às inovações do mercado e da capacidade de manter suas melhorias constantes. Diante disso, as ferramentas de gerenciamento regem a competitividade no que diz respeito a qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços.

Essa necessidade de desenvoltura mais rápida por parte das organizações, demanda maior eficácia dos processos produtivos e tomadas de decisões. Com isso, as atividades operacionais precisam ser mais efetivas para apresentarem melhores resultados.

A estratégia organizacional consiste em planejar a melhor forma de direcionar a organização para alcançar os objetivos planejados, levando em consideração fatores internos e externos.

No âmbito interno, criar uma estratégia de manutenção adequada, assegura a eficiência e produtividade da instituição, gerando capacidade de otimização dos recursos, controle dos custos e ampliação das oportunidades.

Para Pinto e Xavier (2007), a manutenção industrial é uma série de atividades que visam a verificação e garantia de maior vida útil dos equipamentos. Essa manutenção pode ser planejada ou não planejada, subdividindo-se em quatro principais tipos: preventiva, preditiva, corretiva e manutenção produtiva total.

A grande questão enfrentada pela indústria é definir qual tipo de manutenção se enquadra melhor às suas práticas e necessidades. O seguinte trabalho tem o objetivo de descrever os principais métodos de planejamento de trabalho e estratégias de manutenção disponíveis, além dos pilares que devem ser considerados e as vantagens e desvantagens de cada tipo de manutenção. Definir isso, de forma a tornar a decisão mais adequada possível diante da demanda da instituição, aumenta a sua capacidade de produção, redução de erros e maximização de lucro.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a NBR 5462 (1994) descreve a manutenção industrial como “a combinação de 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.”

Segundo Slack et. al. (2009), o termo manutenção é usado para descrever o procedimento adotado pela instituição com intuito de evitar as falhas em suas instalações físicas. As falhas são as ocorrências que impedem o funcionamento do item, enquanto os defeitos são as que não impedem o funcionamento, porém podem, ao longo do tempo, levar a falha. Sendo assim, a manutenção é uma parte do processo muito importante, principalmente no setor industrial, pois tem um papel fundamental em relação ao bom funcionamento da produção dos bens e serviços.

A manutenção industrial é o compilado de ações e estratégias elaboradas para manter a integridade de equipamentos e processos na produção. Possui o objetivo de redução das falhas operacionais e riscos inerentes ao maquinário, equipamentos e operações (SLACK et. al.,2009).

Cada atividade fabril pode apresentar diferentes riscos e níveis, porém, possuem um objetivo em comum, zelar pela segurança de seus funcionários e aproveitar melhor a vida útil de seus equipamentos, favorecendo os interesses das empresas.

Como função estratégica das instituições, a manutenção é incumbida pela disponibilidade de ativos, assim como o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários para o bom funcionamento deles e os reparos das máquinas, equipamentos, peças e ferramentas enfatizando o bom funcionamento no sistema produtivo (ALMEIDA, 2014).

Sendo assim, escolher o tipo de manutenção que melhor se encaixe no setor produtivo é de extrema importância para o planejamento geral das indústrias.

### **2.1 Contexto Histórico**

Assim como as máquinas, as ferramentas, os materiais e as tecnologias evoluíram com o surgimento da Mecanização, Industrialização e Automatização, a manutenção industrial também evoluiu no que se refere aos procedimentos práticos e gerenciamentos (ALMEIDA, 2014).

A evolução da manutenção industrial se fez considerando as necessidades industriais de cada período do tempo. Sendo assim, Moubray (2000) considera que ela pode ser dividida em três gerações, conforme apresentado na Figura 1 a seguir:

**Figura 1: Linha do tempo – Gerações da Manutenção**



Fonte: Moubray (2000, apud TROJAN et al, 2013).

Os conceitos de manutenção foram evoluindo com o passar dos anos, as gerações foram dando suporte para as classificações de tipos de manutenções industriais que são estudados atualmente.

Na primeira geração, meados da década de 40 e 50, as indústrias eram pouco mecanizadas, as técnicas de manutenção tinham importância secundária e eram baseadas em limpezas, rotinas de lubrificação e inspeção visual, sendo precárias e básicas (MOUBRAY, 1997, apud QUINELLO et al, 2005). Não eram exigidas competências técnicas e gerenciais por parte dos profissionais atuantes. Essa fase auxiliou para a prosperidade do conceito da manutenção corretiva, pois tratava do conserto após avaria, ou seja, só havia atividade de manutenção quando o equipamento parava.

Com as mudanças que ocorreram durante o período da Segunda Guerra Mundial, as indústrias, em meados de 1960 e 1970, durante a segunda geração, passaram a ter necessidade de aumentar a rapidez da produção, sendo assim, foram forçadas a se mecanizar mais e exigirem competências técnicas e gerenciais. Assim, as organizações começaram a se preocupar não só em corrigir as falhas, mas também, evitar que elas ocorressem. Houve a

ênfase em desenvolver o processo de prevenção de avarias, com revisões gerais programadas e sistemas de planejamento e controle do trabalho. As indústrias começaram a ficar mais dependentes de manutenção e os conceitos de manutenção preventiva foram tomando forma (ALKAIM, 2003).

A partir da década de 80, na terceira geração da manutenção, os processos da indústria demandavam um ambiente mais proativo. Segundo Alkaim (2003), surgiram conceitos de manutenção preditiva, com técnicas que antecipavam as condições dos equipamentos, análise de falhas e estudos de riscos. Nesse período, termos como disponibilidade e confiabilidade dos ativos se conceituaram, tendo como objetivo maximizar os lucros e minimizar os custos de manutenção. Surgiram também, novos conceitos e novas técnicas avançadas.

O desenvolvimento de novas tecnologias que amparam o setor produtivo forçam para que a manutenção industrial esteja em constante evolução de suas técnicas e instrumentos de planejamento e gerenciamento, com intuito de manter a segurança, qualidade, disponibilidade e confiabilidade nos seus equipamentos e do processo produtivo como um todo (TROJAN et al, 2013).

## **2.2 Pilares Estratégicos**

Ao criar um plano de ação efetivo de manutenção, o gestor deve entender a elaboração e execução desse sistema. De acordo com Infraspak (2015), ele deve estruturar a estratégia considerando cinco pilares importantes: ativos críticos; requerimentos legais; plano de trabalho; frequência e investimento.

### **2.2.1 Ativos Críticos**

A primeira avaliação que deve ser feita, no momento da formação estratégica, é quanto aos ativos/bens da empresa, que de algum modo, geram retorno financeiro. Para Macedo (2011), os mais importantes, denominados críticos, são aqueles que geram maiores resultados com menor esforço, podendo haver ganho único (venda) ou periódico (investimento).

Para gerir esses ativos e melhorar o desempenho operacional é preciso considerar a criticidade dos ativos, priorizar os recursos, prevenir avarias e otimizar as operações (MACEDO, 2011).

Para determinar a criticidade dos ativos é necessário fazer a comparação entre a performance e o resultado. Assim, avaliam-se os esforços e gastos dos ativos em relação ao retorno promovido por ele, para que posteriormente, consiga gerenciar e otimizar seu uso,

garantindo a confiabilidade, qualidade e redução de possíveis perdas de produção (SIMÕES, 2011).

Em paralelo a criticidade dos ativos, há a priorização dos recursos, que visam acompanhar o planejamento estratégico e as limitações orçamentárias. A gestão de custos é fundamental para o cálculo e avaliação dos possíveis riscos, fazendo a análise econômica e definindo as prioridades em relação aos equipamentos e produtos.

No âmbito de prevenir avarias ou situações inesperadas, Simões (2011) dispõe que o melhor modo de lidar com a situação é realizando tarefas preventivas e técnicas corretivas de manutenção, monitorando e acompanhando os ativos. Com isso bem definido, pode-se programar os custos e conseqüentemente, aumento do desempenho ao reduzir os riscos.

Na gestão de um ativo também deve ser considerada a otimização dos processos. Essa técnica consiste em mapear as atividades executadas, identificar as falhas e gargalos e corrigi-los para obter melhores resultados.

### **2.2.2 Requerimentos Legais**

Os requisitos legais, na estratégia de manutenção, servem para manter a segurança dos ativos e da atividade em si. Para isso, podem haver inspeções, auditorias, monitoramento e certificações. Além disso, promove a proteção e o bem-estar de investidores, funcionários, clientes, meio ambiente e das comunidades em que operam.

No caso da indústria, por exemplo, controle dos níveis de emissão de gases tóxicos e adequação de termos de ajustamento de conduta, podem ser requerimentos legais exigidos.

As principais Normas Regulamentadoras em relação a manutenção industrial estão descritas a seguir no Quadro 1:

**Quadro 1: Principais Normas Regulamentadoras para a Manutenção Industrial.**

<b>NR</b>	<b>Descrição</b>	<b>Destinação</b>
<b>NR 11</b>	Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais.	Estabelece os requisitos mínimos de segurança para operação dos equipamentos: elevadores, guindastes, transportadores industriais e máquinas transportadoras. A NR capacita o trabalhador para manusear os equipamentos de transporte, entretanto, cada equipamento exige um treinamento. Esse treinamento é o que capacita para funções, como: operador de empilhadeira, operador de ponte rolante e operador de guindaste articulado.

<b>NR 12</b>	Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.	Estabelece que é de responsabilidade do empregador adotar medidas de proteção para uso seguro de máquinas e equipamentos. A empresa deve garantir a saúde e a integridade física de seus trabalhadores.
<b>NR 18</b>	Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.	Diretrizes quanto à administração, planejamento e segurança nas condições de trabalho na área de indústria e construção. Servem para garantir melhores condições de trabalho e medidas de controle e sistemas preventivos de segurança na atividade. O treinamento da NR prepara e ensina o funcionário a como operar ou montar as plataformas para trabalho aéreo, de maneira adequada e que garanta os procedimentos de segurança necessários.
<b>NR 33</b>	Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados.	Para trabalhadores autorizados, vigias e supervisores de entrada. Ensina ao trabalhador como realizar sua função com segurança, treinar a adaptação neste tipo de ambiente e como usar os EPIs corretamente. Espaço confinado é qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio. Alguns exemplos são: tubulações, galerias de rede de esgoto subterrâneas, fossos, reatores, etc.
<b>NR 35</b>	Trabalho em altura.	Estabelece os requisitos mínimos de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização, análise de risco e a execução. O trabalho executado acima de 2 metros de altura onde haja risco de queda entra na categorização. O treinamento desta NR ensina o funcionário (operador ou supervisor) a como utilizar corretamente os EPIs e a como realizar atividades nessas condições sem comprometer a segurança.

Fonte: Normas Brasil (2022).

### ***2.2.3 Planejamento de Trabalho***

Para garantir o cumprimento de cronogramas de planejamento de atividades e capacidade produtiva, o planejamento de trabalho deve ser tratado como pilar estratégico.

Para Neto e Lima (2002), tal planejamento precisa sistematizar as necessidades do corpo de trabalho com a gestão, a manutenção e a execução. O plano de trabalho tem objetivo

de garantir o cumprimento dos cronogramas, e assim, gerir a capacidade de produção. Com isso, os tipos de manutenção são estabelecidos para adaptar-se melhor às necessidades da empresa.

Além disso, a disponibilidade de investimento e tipo de negócio devem ser considerados para a escolha do tipo de manutenção industrial. Com este equilíbrio, garante-se a redução dos custos e minimização dos riscos (INFRASPEAK, 2015). Os principais tipos de manutenção que podem ser usados para o gerenciamento da função estratégica são Manutenção Corretiva, Preventiva, Preditiva e Produtiva Total. Elas serão descritas no tópico “2.3. Tipos de Manutenção”.

#### ***2.2.4 Frequência***

De acordo com Infraspak (2015), outra questão que deve ser levantada é a frequência na qual devem ser realizadas as pesquisas, inspeções, melhorias e testes em relação a produtividade e segurança. Para essa questão, devem ser considerados os ativos críticos e suas manutenções, os requisitos legais e a experiência dos clientes e a confiabilidade da empresa.

Depois de determinado o tipo de manutenção que se adapta melhor a empresa, deve-se planejar o calendário empresarial considerando questões como: procurar mão de obra para realizar as manutenções; definir critérios de sazonalidade de produção; verificar as possíveis datas que podem afetar a execução das ações; e envolver todo o corpo produtivo para que haja sincronização no momento da execução das tarefas (NETO et. al., 2002).

#### ***2.2.5 Investimento***

É importante que o planejamento estratégico da manutenção esteja em acordo com o planejamento financeiro. Todas as ações executadas dentro de uma empresa dependem, em algum momento, de necessidades monetárias (INFRASPEAK, 2015).

Conforme Juliato (2005), para que esses custos sejam justificáveis, eles devem alavancar a produção e otimizar as ações de manutenção. Para determinar o custo de manutenção por estratégia, calcula-se a relação entre os custos de mão de obra e número de ativos. Deste modo, justifica-se o investimento para a manutenção produtiva total da equipe.

Sendo assim, verificam-se os aportes financeiros disponíveis e os locais onde eles devem ser alocados, para melhor distribuição.

## 2.3 Tipos de manutenção

O tipo de manutenção adotada pela instituição deve ser escolhida considerando os ativos críticos, requerimentos legais, plano de trabalho, frequência e investimento. Depois de analisar esses pilares, pode-se escolher o tipo de manutenção que mais se enquadra em sua atividade.

### 2.3.1 *Manutenção Corretiva*

Segundo Pinto e Xavier (2007), a manutenção corretiva é o tipo de manutenção mais antiga. Ela é aquela feita após o dano e pode ser vista em nosso cotidiano, por exemplo, ao trocar uma lâmpada queimada, um pneu furado ou conserto de um equipamento quebrado.

Os problemas a serem solucionados podem ser causados por desgastes do equipamento, erro no manuseio, quedas ou outros tipos de acidentes. Nesses casos, a pessoa percebe que algo foi quebrado ou danificado e providencia o conserto ou substituição imediatamente para que o funcionamento do item possa ser restabelecido (NOGUEIRA et. al, 2002).

Conforme a Norma NBR 5462 (1994), a manutenção corretiva é a “efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Na indústria, a manutenção corretiva é o conjunto de procedimentos que são executados com intuito de atender imediatamente a produção, máquina ou equipamento que teve parada. Nesse caso, a equipe de manutenção age imediatamente para restabelecer seu funcionamento com a maior agilidade possível (ALMEIDA, 2014).

A ação corretiva pode ter caráter de reparação ou substituição do ativo. Segundo Almeida (2014), a grande questão desse tipo de manutenção é que nem sempre o mais rápido possível ocorre tempestivo a evitar prejuízos causados pela parada do equipamento. Esse intervalo imprevisto pode acarretar em mão de obra pausada, atrasos na produção, compras imediatas de peças por preços acima do valor, dentre outros.

Para Teles (2018), o planejamento do fluxo de trabalho pode ocorrer de duas formas, sendo, chamadas urgentes pela falha funcional ou monitoramento periódico e falha potencial. Diante disso, a Manutenção Corretiva pode ser separada em dois tipos: Programada ou Reativa (não programada).

A Manutenção Corretiva Reativa é aquela realizada após a falha funcional (pausa do equipamento) que necessita de ação imediata e que não foi programada pela empresa, ou seja, não houve tempo para preparação dos serviços. Já a Manutenção Corretiva Programada é

aquela realizada após a falha potencial, que não necessita de ação imediata ao fato, ou seja, ainda não evoluiu para uma falha funcional (o equipamento ou sistema está trabalhando com capacidade abaixo do normal) (TELES, 2018).

Quando se trata de Manutenção Corretiva, caracterizada por ações de manutenção após avaria, a criticidade dos ativos deve ser considerada. De acordo com Teles (2018), ela é ideal para equipamentos de baixa prioridade, pois são aqueles que, caso interrompam o funcionamento, não pausam as operações da empresa. O mesmo ocorre com equipamentos de valor monetário menor, visto que o valor de trabalho e monitoramento deles podem ser maiores que seu valor de reparação e substituição.

Considerando que o planejamento para esse tipo de abordagem é mínimo, possui a vantagem de seu investimento de implementação ser mais baixo em comparação aos demais, visto que é necessário apenas o básico sobre mão de obra, ferramentas e peças de reposição (TELES, 2018).

Em desvantagem, seu custo e tempo são mais altos, pois a ação de manutenção depende da demanda do próprio equipamento, sem frequência definida, que gera compras de peças de reposição sem planejamento, contratação de serviços de caráter emergencial e lucro cessante. Segundo Teles (2018), os lucros cessantes surgem “quando uma linha de produção está parada, deixando de produzir e deixando de gerar dinheiro para empresa por conta de um problema de manutenção”. Nesse caso, quando um equipamento quebra e deixa de produzir, todo o valor que ele deixou de gerar para a empresa, entra na conta da manutenção com custo indireto.

**Figura 2: Manutenção Corretiva: Custo, Tempo e Investimento.**



Fonte: Teles – ENGETELES (2018).

### 2.3.2 *Manutenção Preventiva*

A NBR 5462 (1994) define manutenção preventiva como a “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”. Em vez de esperar que a avaria aconteça, esse tipo de manutenção tem como objetivo a prevenção para que ela não ocorra. Alguns exemplos de ações desse tipo de manutenção são inspeções visuais, revisões periódicas, limpeza e lubrificação das peças, calibragem e aferição.

Esse tipo de manutenção possui frequência cíclica e programada, independente da condição do ativo, com intuito de aumentar o tempo de vida do equipamento, diminuir a inatividade indesejada e reduzir os custos de manutenção a longo prazo. Essa frequência é definida pelo gestor de manutenção e tem fundamentação na estimativa de vida útil do equipamento e recomendação dos fabricantes. A manutenção preventiva pode estar atrelada a três principais planos de manutenção, tendo a frequência baseada no tempo, quilometragem ou produtividade (MOBLEY, 2002).

Conforme descrito por Teles (2018), a manutenção preventiva baseada no tempo possui revisões periódicas executadas em intervalos pré determinados de tempo (horas, dias, semanas, meses, anos) independente da utilização do ativo. A frequência atrelada à quilometragem leva em consideração a quilometragem específica atingida pelo ativo, não considerando o tempo gasto para isso. Em relação a frequência de manutenção baseada na produtividade, considera-se a quantidade de peças que o equipamento produziu ou número de ciclos. Quando esses parâmetros são atingidos, a ação de manutenção é executada.

Em desvantagem, essa manutenção não se baseia na condição real dos equipamentos, então pode ser ineficiente e gerar ações de manutenção desnecessárias que gastam tempo e recursos da empresa, como substituição de peças em bom estado ou paradas programadas dispensáveis. Sendo assim, ativos de baixa prioridade ou baixo custo, podem gerar custos de manutenção mais altos nessa abordagem do que se fossem reparados com manutenções reativas (TELES, 2018).

Para Teles (2018), nesse tipo de manutenção devem ser considerados, também, custos relativamente altos pelo fato do quadro de funcionários da empresa ter que ser maior, com funcionários com capacidade técnica elevada e diferenciada, além de manter estoques de peças de reposição e insumos para atender o plano de trabalho. Sendo assim, considera-se um investimento intermediário em pessoal, capacitação técnica da equipe, ferramentas e sistemas de controle da manutenção preventiva..

A manutenção preventiva é indicada para ativos ou equipamentos essenciais para a atividade recorrente da empresa. Quanto maior o risco associado à avaria, maior a necessidade de manutenção preventiva para aumentar a vida útil do equipamento e precaver das pausas não planejadas (TELES, 2018). É vantajoso, por exemplo, aplicar esse tipo de manutenção em

elevadores ou monta-cargas, pois uma falha não planejada, nesse tipo de equipamento, pode ser arriscado para o funcionário. O tempo de manutenção desse ativo é longo e a sua pausa é incômoda para a atividade, mas, se acontece com planejamento, minimiza consequências maiores. No que diz respeito ao tempo para executar a manutenção preventiva, ele é menor em comparação a manutenção corretiva, já que nela, o tempo é controlado.

Planejando as operações de manutenção, é possível criar um ritmo de trabalho constante e prever a quantidade de mão de obra no setor de manutenção para eliminar tempo ocioso (excesso ou falta de profissionais), além de eliminar tempo de espera para compra de peças e insumos evitando estoques desnecessários ou falta de peças. Outra vantagem desse tipo de manutenção é a confiabilidade de prazos no sistema de produção, pois evita os atrasos ou esperas por quebra de máquinas, e conseqüentemente a satisfação do cliente ao contribuir para o respeito dos prazos de entrega e qualidade das peças produzidas em equipamentos mantidos em perfeito estado de funcionamento (ALMEIDA, 2014).

De acordo com Teles (2018), para implementação da manutenção preventiva são necessários procedimentos como diagnóstico, verificação das condições das peças, registros de manutenção corretiva das máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações, vida útil das peças que é fornecida pelo fabricante, elaboração de plano de manutenção preventiva, registros das ações e elaboração de ficha de lubrificação com periodicidade dos procedimentos.

**Figura 3: Manutenção Preventiva: Custo, Tempo e Investimento.**



Fonte: Teles – ENGETELES (2018).

### ***2.3.3 Manutenção Preditiva***

De acordo com a NBR 5462 (1994), a manutenção preditiva/controlada “permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”.

Para Almeida (2014), esse tipo de manutenção permite indicar as reais condições de funcionamento de uma máquina de acordo com dados obtidos a partir de fenômenos apresentados por ela quando alguma peça começa a se desgastar ou necessita de alguma regulagem. A manutenção baseia-se em inspeções periódicas, onde fenômenos como temperatura, vibração, ruídos excessivos, análise físico-química de óleos, ultra-som e termografia, dentre outros, são observados por meio de instrumentos específicos. A análise permite observar as reais condições do equipamento e acompanhar a evolução de um defeito, possibilitando o planejamento a curto prazo de uma intervenção de manutenção para troca de peças e, a partir disso, indicar o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos e condições para que esse tempo de vida útil seja melhor aproveitado.

Sendo assim, a manutenção preditiva baseia-se na condição física ou operacional dos ativos e não em calendários previamente definidos. Ela tenta detectar a falha na fase oculta, antes de qualquer sinal visível de avaria, na fase potencial. Com isso, a ação de manutenção passa a ser mais bem informada, necessária e oportuna considerando que o equipamento sofre a ação na existência de previsão de avaria (KARDEK e NASCIF, 2009).

Os principais objetivos da manutenção preditiva, de acordo com Almeida (2014) são: determinar antecipadamente as necessidades de serviços de manutenção em uma peça específica da máquina para máximo aproveitamento; analisar fenômenos com instrumentos específicos, eliminando desmontagens necessárias para inspeção; aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos, acompanhando a evolução do defeito; evitar emergências e transtornos causados por paradas imprevistas de defeitos identificados, mas sem acompanhamento; impedir o agravamento dos danos do defeito para outros componentes da máquina; e reduzir custos e garantir a qualidade dos produtos e serviços.

Segundo Kardek e Nascif (2009), a manutenção preditiva requer maior investimento a níveis tecnológicos, visto que sua meta é a previsibilidade de deterioração do equipamento, prevenindo avarias por meio de monitoramento dos parâmetros principais, com o equipamento em atividade. Quando essas condições são detectadas, uma reparação é agendada antes do equipamento efetivamente ocorrer, evitando manutenções custosas ou desnecessárias. Uma vez que a falha foi identificada em estágio inicial, é possível planejar e programar as ações para eliminação da mesma. Assim, os custos e tempo utilizados na manutenção preditiva tendem a ser bem menores em relação às manutenções corretivas e preventivas.

Essa manutenção, segundo Teles (2018), é baseada na tentativa de definir o estado futuro do equipamento ou sistema através de dados coletados ao longo do tempo por uma

instrumentação específica, onde, verificam e analisam as tendências de variáveis do equipamento. Para isso, o investimento desse tipo de manutenção é mais elevado, visto que necessita de equipamentos de análise mais sofisticados, contratos de serviços específicos ou mão de obra própria capaz de executar as ações de manutenção.

A manutenção preditiva está diretamente ligada ao gerenciamento pois ela prediz o momento mais adequado para fazer a intervenção, ou seja, ela não conserta o ativo, mas indica o melhor momento para consertar. Não é uma abordagem rentável para ativos de baixa criticidade e que não sejam essenciais ao funcionamento das operações da empresa. Considerando o alto investimento e complexidade, é uma implementação que geralmente não está ao alcance de pequenas e médias empresas (KARDEC e NASCIF, 2009).

**Figura 4: Manutenção Preditiva: Custo, Tempo e Investimento.**



Fonte: Teles – ENGETELES (2018).

#### **2.3.4 Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance – TPM)**

Segundo Almeida (2014), com a evolução da manutenção foram criadas várias ferramentas administrativas para organizar a infraestrutura e as finanças das empresas. Surgiu uma modalidade de manutenção que tinha como modelo as manutenções preventivas e preditivas e se baseava na capacitação dos operadores de máquina que participavam ativamente nos processos produtivos, maximizando o aproveitamento da mão de obra.

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma estratégia de manutenção industrial que defende a ideia de que todos os trabalhadores da fábrica devem participar na manutenção diariamente, ou seja, essa não é uma responsabilidade apenas dos técnicos de manutenção. A intenção é incluir cada membro da equipe com intuito de nunca parar a produção, produzir sem defeitos, eliminar as pausas não planejadas, tudo sem acidentes de trabalho (INFRASPEAK, 2015).

A TPM inclui programas de treinamento para os operadores e auxilia no monitoramento da máquina no exercício das atividades (ação preditiva) e execução de

operações de manutenção que não exigem muito domínio, como a troca de óleo, por exemplo (ação preventiva). O objetivo geral desse tipo de manutenção é a melhoria da estrutura da entidade em termos materiais (ativos) e humanos com o aprimoramento da mão de obra, ou seja, a meta é o rendimento operacional global (ALMEIDA, 2014).

Na estratégia da TPM, de acordo com Nogueira et. al. (2012), todo o corpo profissional da empresa deve participar da manutenção industrial, cada qual de maneira diferente de acordo com seu papel na atividade operacional. Com isso, podem ser considerados responsáveis pela manutenção, os gestores e engenheiros industriais, os gestores de manutenção, técnicos e operários.

Os gestores e engenheiros devem ser os primeiros a promover a cultura TPM na empresa, pois tem uma responsabilidade maior, visto que tem que interpretar e monitorar os dados recolhidos nos sistemas de gestão de manutenção computadorizada ou plataforma inteligente. No caso dos gestores de manutenção e técnicos, eles devem ensinar cada operário a fazer suas próprias investigações e atividades de manutenção preventiva para cumprir seus objetivos. Já os operários fabris são os funcionários que usam os equipamentos diariamente e devem ser responsáveis pela sua limpeza, lubrificação das máquinas e tarefas rotineiras. Os operários também são os primeiros a detectar os possíveis problemas e reportá-los (NOGUEIRA et. al., 2012).

Com toda a sua complexidade, essa estratégia deve ser bem elaborada. Para isso, a Infraspak (2015) cita oito principais pilares que devem ser adotados:

- **Foco nas Melhorias:** Ter como prioridade da empresa a melhoria contínua, para evitar perda de equipamentos, mão de obra, matéria prima e energia.
- **Autonomia:** Dispõe que cada membro da equipe é um “agente de manutenção”. Todos os funcionários têm autonomia para zelar pela limpeza, inspeção e manutenção dos equipamentos e ativos em que trabalham.
- **Gestão de Qualidade:** Um dos objetivos da TPM é produzir sem defeitos, que está diretamente associado à satisfação do cliente. Com isso, a implementação de processos internos para detectar falhas aplicando ferramentas de análise de causa raiz para encontrar a origem dos principais defeitos.
- **Manutenção Planejada:** A implementação de manutenções planejadas (corretivas programadas ou preventivas) é a melhor forma de evitar paradas imprevistas, pois faz com que a parada do equipamento seja feita no momento que não prejudique o funcionamento normal da empresa.

- **Gestão de Equipamentos Novos:** A experiência adquirida ao longo do tempo deve ser essencial na hora da compra de novos equipamentos ou desenvolver novos produtos para facilitar a manutenção.
- **Formação Contínua:** É determinante a formação contínua de cada funcionário, visto que, caso contrário, não serão capazes de se encarregar da manutenção rotineira ou identificação de possíveis falhas. As evoluções tecnológicas também devem ser consideradas.
- **Higiene e Segurança no Trabalho:** A TPM tem como objetivo evitar acidentes de trabalho. Uma boa gestão de manutenção dos equipamentos e edifícios evita acidentes de trabalho e contribui para o bem-estar dos trabalhadores.
- **TPM ao Nível Administrativo:** Todos os princípios devem ser aplicados a toda estrutura empresarial, inclusive a nível administrativo. Os cargos superiores também devem adotar as práticas proativas e melhorias contínuas dos processos, da logística até o planejamento das tarefas.

Segundo Almeida (2014), esses pilares da TPM devem ser baseados nos princípios de que as operações de manutenção preventiva e preditiva aumentam a eficiência dos equipamentos e defendem a criação de programas de operações básicas de manutenção para serem executadas pelos operadores. Além disso, estabelece cronograma de atividades que evita paradas imprevistas, criação de programa de treinamento para capacitação de operadores e mecânicos e implementa sistemas de gerenciamento dos equipamentos.

Para Nogueira et. al. (2012), existem muitas implicações em esperar tanto rendimento de todos os funcionários da empresa, porém as vantagens desse tipo de estratégia de manutenção faz com que a empresa tenha um desempenho muito melhor quando toda a equipe foca em manter os ativos sempre disponíveis e confiáveis. Quando os funcionários estão preparados para detectar as alterações nos equipamentos, é mais provável detectar falhas precocemente, ou seja, quando a reparação do ativo entra no plano de manutenção preventiva imediatamente, sua equipe não tem que lidar com emergência ou paragem imprevista. Além disso, ao repartir a responsabilidade por toda equipe, sobretudo aos que fazem uso regular dos equipamentos, diminui a manutenção não planejada, pois o funcionário está mais apto a resolver o desafio.

Com o objetivo do desempenho global melhor, nenhum dano passa despercebido aos funcionários e a porcentagem de manutenção corretiva é reduzida significativamente, visto que os técnicos de manutenção passam a se dedicar às tarefas realmente complexas e prioritárias, e não aquelas recorrentes diárias. Com isso, a capacidade de produção melhora e

é possível obter mais lucros e ainda poupar em relação às manutenções corretivas, que naturalmente são mais custosas (INFRASPEAK, 2015).

#### 2.4 Comparativo entre os Tipos de Manutenção

Ao analisar os tipos de manutenção propostos, pode-se perceber que todos possuem vantagens e desvantagens ao serem aplicados no setor industrial. Eles podem ser comparados em relação ao custo, investimento, tempo de manutenção e complexidade de aplicação. A Tabela 2 a seguir apresenta um resumo comparativo entre as manutenções:

**Tabela 2: Comparativo entre os Tipos de Manutenção.**

<b>Tipo de Manutenção</b>	<b>Conceito</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Corretiva</b>	Atendimento imediato à máquina ou equipamento. Os procedimentos de manutenção ocorrem após a quebra da máquina ou equipamento (falha funcional).	Investimento baixo; Processo mais simples.	Alto custo de manutenção; A execução da manutenção é demorada, sem planejamento.
<b>Preventiva</b>	Tem por finalidade evitar paradas imprevistas por quebra, atuando na troca antecipada de peças e em procedimentos de conservação do equipamento	Tempo menor para execução da manutenção (tempo controlado); Investimento intermediário.	Custo relativamente alto por funcionários e estoques de peças de reposição e insumos;
<b>Preditiva</b>	Avalia as reais condições de funcionamento da máquina ou do equipamento, bem como suas peças, para aproveitamento eficiente da vida útil e planejamento das	Tempo e custos bem menores em relação a manutenção corretiva e preventiva; Aumento da vida útil dos ativos.	Investimento maior para prever a situação do equipamento; Exige maior planejamento e complexidade..

	intervenções de manutenção.		
<b>Manutenção Produtiva Total (TPM)</b>	Atua na melhoria e no aproveitamento da mão de obra dos operadores das máquinas para pequenas operações de manutenção preditiva, preventiva e corretiva.	Menos paragens; Diminui a manutenção não planejada; Melhor desempenho global; Redução de custos de produção.	Alta complexidade.

Fonte: O Autor.

Com base nessas informações levantadas pelo autor, pode-se perceber que a Manutenção Corretiva é a mais simples, porém a mais custosa e demorada já que é feita após a falha funcional. Possui investimento mínimo e é ideal para ativos de baixa prioridade ou valor menor.

No caso da Manutenção Preventiva, ela é realizada em intervalos predeterminados com base no tempo, quilometragem ou produtividade. Por esse motivo, possui tempo menor execução da manutenção, em relação a Corretiva, já que o tempo é controlado. Considerando isso, tem-se um investimento intermediário e custos altos devido aos estoques de peças e mão de obra. É o tipo de manutenção indicada para ativos e equipamentos essenciais à atividade recorrente da empresa ou de maior risco de avaria.

A Manutenção Preditiva possui foco na identificação da falha potencial e nas reais condições de funcionamento do equipamento por meio de dados obtidos a partir de fenômenos constatados nas inspeções periódicas. Por agir antes da avaria, possui investimento alto em tecnologia e capacitação de mão de obra. Em compensação, o tempo gasto em manutenção é menor, visto que atua no melhor momento. Possui alta complexidade e só é viável para ativos de alta criticidade e essenciais ao funcionamento da empresa.

Por fim, a Manutenção Produtiva Total é uma estratégia de manutenção industrial que engloba todos os funcionários da empresa, administrativos e operacionais. Com isso, é o mais complexo e inclui programas de treinamento e ações preditivas e preventivas. A responsabilidade pelas manutenções são repartidas entre os funcionários, o que diminui as ações não planejadas e reduz os custos de produção, quando comparada aos demais tipos de manutenção.

Essas informações acerca dos tipos de manutenção servem para amparar a tomada de

decisão, e torná-la a mais adequada possível diante da demanda da instituição, com intuito de aumentar a sua capacidade de produção, reduzir erros e maximizar o lucro.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para conclusão dessa pesquisa foram considerados diversos aspectos relacionados à manutenção visando determinar a melhor gestão estratégica para o setor industrial. Desenvolver estratégias de manutenção nada mais é do que garantir a eficiência e a produtividade do seu negócio, independentemente do setor em que você atua. Controlar custos, otimizar recursos e ampliar oportunidades são as chaves para garantir o sucesso e ganhar confiabilidade no mercado. Somente através de uma gestão de manutenção adequada sua empresa pode evitar falhas, prevenir riscos e possibilitará a segurança necessária.

Ter um plano de gestão de manutenção apropriado é evitar paradas inesperadas. Os planos de manutenção corretiva, preventiva, preditiva e produtiva total são capazes de fornecer parâmetros para detectar quando o equipamento está desgastado ou necessita de reparos, sendo assim, é indispensável para qualquer empresa ou indústria. Escolher o tipo de manutenção correta para as máquinas e equipamentos ajuda a prolongar a vida útil dos produtos, garantir a disponibilidade e confiabilidade dos ativos para tornar os processos mais produtivos e lucrativos.

Considera-se cada ativo como particular e, por isso, deve ser tratado como tal. Ativos e equipamentos de baixo valor ou prioridade não necessariamente precisam de altos investimentos de manutenção ou planejamentos muito elaborados. Já os ativos de alta criticidade, necessitam de atenção maior em relação a manutenção. Porém não adianta ter planos de manutenção muito complexos, se a mão de obra não possui capacidade condizente e recursos disponíveis para manter esses custos e investimentos.

Nesse contexto, escolher o melhor tipo de manutenção industrial é escolher aquela que melhor se encaixa no seu modelo de gestão de manutenção, ou seja, a que melhor se enquadra na sua equipe, modelo de negócio, recursos disponíveis e necessidades da empresa. O profissional que deseja se especializar na área de gestão da manutenção deve ter conhecimento profundo sobre o ramo de negócio e funcionamento de todos os sistemas e equipamentos, para assim, determinar o método que melhor se aplica a cada situação.

Considera-se portanto, que foram alcançados os objetivos traçados para essa pesquisa e entende-se que não existe uma única metodologia para o gerenciamento estratégico do setor de manutenção, havendo diferentes conceitos e técnicas que podem ser aplicadas aos ativos da empresa para garantir os melhores resultados, e esse é um processo a longo prazo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT. 1994.

ALKAIM, J. L.. **Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos**. 2003. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2003.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. São Paulo. Editora Érica. 2014.

INFRASPEAK in. **Tipos de manutenção: Conheça os 6 Principais**. Disponível em: <<https://blog.infraspeak.com/pt-pt/tipos-de-manutencao/>> Acesso em 26.jul.2022.

JULIATO, Aldo César. **O Uso da Teoria das Restrições na Definição das Políticas de Manutenção**. Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste. 2005.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

MACEDO, Marco Antonio Subtil. **Contribuição metodológica para a determinação da criticidade de equipamentos na gestão da manutenção**. Dissertação para obtenção de título em Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2011.

MOBLEY, R. K.; “An Introduction to Predictive Maintenance”. 2. ed. Butterworth Heinmann, 2002.

MOUBRAY, J., **Reliability-centred Maintenance (RCM): Manutenção Centrada em Confiabilidade**, Tradução de Kleber Siqueira, Aladon, Grã Bretanha. 2000.

NETO, João Cirilo da Silva; LIMA, Antônio Marcos Gonçalves de. **Implantação do Controle de Manutenção**. Universidade Federal de Uberlândia. 2002.

NOGUEIRA, C. F. et. al. **Manutenção Industrial: Implementação Da Manutenção Produtiva Total (TPM)**. UniBH. Belo Horizonte. 2012.

NR – Norma Regulamentadora – Federal – Separado por Ano. Disponível em: <[https://www.normasbrasil.com.br/normas/federal/norma-regulamentadora\\_150.html](https://www.normasbrasil.com.br/normas/federal/norma-regulamentadora_150.html)> Acesso em 26.Jul.2022.

PINTO, Alan Kardec e XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed. 2007.

QUINELLO, Robson; NICOLETTI, José Roberto. **Inteligência Competitiva Nos Departamentos De Manutenção Industrial No Brasil**. Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação – Journal of Information Systems and Technology Management. Vol. 2, No. 1, pp. 21-37. São Paulo. 2005.

SIMÕES, Jorge Alexandre Mendes - **Indicadores de performance em manutenção industrial : utilização, valor e disponibilidade de informação**. Dissertação de mestrado em Gestão, apresentado à Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2011

SLACK, N. et. al. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas. 2009.

TELES, Jhonata. **ENGETELES – Tipos de Manutenção de acordo com a NBR 5462**. Brasília – DF. Ed. E-Business. 2018.

TELES, Jhonata. **ENGETELES – Matriz de Criticidade para equipamentos**. Brasília - DF. Ed. E-Business. 2018.

TELES, Jhonata. **ENGETELES – Gestão de Custos de Manutenção**. Brasília - DF. Ed. E-Business. 2018.

TELES, Jhonata. **ENGETELES – Manutenção Corretiva: O que é, quando fazer e como fazer**. Brasília - DF. Ed. E-Business. 2018.

TROJAN, F.; MARÇAL, R. F. M.; BARAN, L. R. **Classificação Dos Tipos De Manutenção Pelo Método De Análise Multicritério Electre**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Natal/ RN. 2013.