

# GESTÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NO NEGÓCIO: INTEGRANDO QUALIDADE, ERGONOMIA E RESULTADOS FINANCEIROS

## *BUSINESS-CENTERED MAINTENANCE MANAGEMENT: INTEGRATING QUALITY, ERGONOMICS, AND FINANCIAL RESULTS*

Artigo recebido em: 23/1/2026

Artigo aceito em: 24/4/2026

**Luiz Claudio Rego Campos\***

\*Universidade Santa Úrsula (USU), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil  
[luizclaudio.campos@usu.edu.br](mailto:luizclaudio.campos@usu.edu.br)

**Bruna da Nobrega Duque\***

\*Universidade Santa Úrsula (USU), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil  
[bruna.nobregarq@gmail.com](mailto:bruna.nobregarq@gmail.com)

**Marcelo de Jesus Rodrigues da Nobrega\*\***

\*\*Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil  
[engmarcelocefet@gmail.com](mailto:engmarcelocefet@gmail.com)

**Flavio Maldonado Bentes\*\*\***

\*\*\*Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil  
[flavio.bentes@gmail.com](mailto:flavio.bentes@gmail.com)

The authors declare that there is no conflict of interest

### **Resumo**

Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura acerca da evolução da manutenção industrial, focando na transição de uma atividade operacional reativa para o paradigma contemporâneo da Gestão da Manutenção Centrada no Negócio. O estudo contextualiza essa trajetória através das quatro Revoluções Industriais, destacando como a Indústria 4.0 introduziu tecnologias disruptivas, como Big Data, Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e sistemas ciberfísicos, permitindo que a manutenção atinja sua quinta geração, centrada na gestão de ativos e no retorno sobre o investimento. Nesse cenário moderno, o setor deixa de ser visto meramente como um centro de custos para se tornar uma fonte estratégica de receita e competitividade global. O cerne do trabalho reside na proposta de um ecossistema integrado que harmoniza ferramentas de diferentes domínios para otimizar as rotinas de inspeção e garantir a disponibilidade dos equipamentos. No pilar da qualidade, utilizam-se o ciclo PDCA para a melhoria contínua e a Análise de Causa Raiz (RCA) para eliminar as origens fundamentais das falhas. O pilar analítico emprega a matriz SIRPORC para o mapeamento

### **Abstract**

*This article presents a systematic literature review on the evolution of industrial maintenance, focusing on the transition from a reactive operational activity to the contemporary paradigm of Business-Centric Maintenance Management. The study contextualizes this trajectory through the four Industrial Revolutions, highlighting how Industry 4.0 introduced disruptive technologies such as Big Data, the Internet of Things (IoT), cloud computing, and cyber-physical systems, allowing maintenance to reach its fifth generation, centered on asset management and return on investment. In this modern scenario, the sector ceases to be seen merely as a cost center and becomes a strategic source of revenue and global competitiveness. The core of the work lies in the proposal of an integrated ecosystem that harmonizes tools from different domains to optimize inspection routines and ensure equipment availability. In the quality pillar, the PDCA cycle is used for continuous improvement and Root Cause Analysis (RCA) to eliminate the fundamental origins of failures. The analytical pillar employs the SIRPORC matrix for detailed process mapping and the GUT matrix for*



detalhado de processos e a matriz GUT para a priorização técnica de problemas com base na gravidade, urgência e tendência. Já o pilar da confiabilidade aplica a Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) e o FMEA para mitigar riscos e assegurar o desempenho dos ativos. Além disso, o artigo enfatiza a integração vital com a ergonomia física, cognitiva e de processos, adaptando o ambiente laboral à capacidade humana para garantir segurança e eficiência. Complementarmente, o treinamento é abordado como o motor para o desenvolvimento de competências e mudanças de comportamento essenciais na era digital. Em conclusão, a gestão centrada no negócio alinha a excelência técnica aos resultados financeiros, promovendo alta produtividade e a sustentabilidade das organizações.

**Palavras-chave:** Manutenção Centrada no Negócio. Indústria 4.0. Ergonomia.

*technical prioritization of problems based on severity, urgency, and trend. The reliability pillar applies Reliability-Centered Maintenance (RCM) and FMEA to mitigate risks and ensure asset performance. Furthermore, the article emphasizes the vital integration with physical, cognitive, and process ergonomics, adapting the work environment to human capacity to guarantee safety and efficiency. Additionally, training is discussed as the engine for developing essential skills and behavioral changes in the digital age. In conclusion, business-centered management aligns technical excellence with financial results, promoting high productivity and organizational sustainability.*

**Keywords:** Business-Centered Maintenance. Industry 4.0. Ergonomics.

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XVIII foi iniciado na Inglaterra um grande período de desenvolvimento tecnológico: A Revolução Industrial.

A Revolução Industrial causou profundas transformações no mundo modificando toda a forma de trabalho, de relações sociais e a entrada de um novo elemento: as máquinas a vapor. A segunda fase da revolução industrial iniciou no século XIX, trazendo avanços tecnológicos e geográficos, espalhando a revolução para outros países. A principais inovações estão ligadas a descoberta de novas fontes de energia e de novas técnicas de produção o uso da energia elétrica e do petróleo possibilitou a substituição do vapor e com as novas descobertas surgiram as primeiras indústrias na área do Petróleo, Aço e Energia Elétrica.

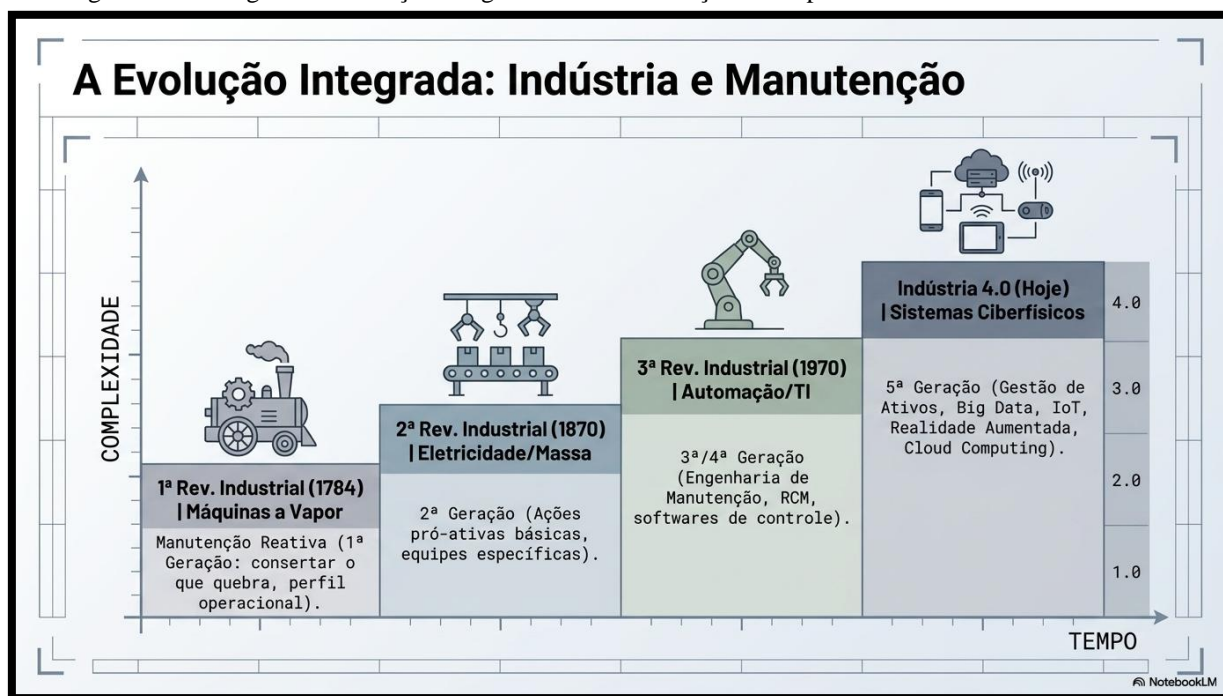
A terceira fase da revolução industrial, ficou conhecida como Revolução Técnico-Científica e iniciou-se na metade do século XX, após o fim da Segunda Guerra Mundial, trazendo uma nova mudança, a utilização dos computadores nas rotinas das indústrias e dos sistemas automatizados.

A quarta fase da revolução industrial também conhecida como Indústria 4.0 tem início em meados dos anos 10 do século XXI, essa fase tem como característica sistemas inteligentes que operam através de uma grande base de dados (*Big Data*) com dados

armazenados em nuvens “*cloud solutions*”. Esses sistemas inteligentes são apoiados pelas conexões por rede sem fio (*Wifi*) ou 4G e no futuro 5G (Santos, 2018)

A Figura 1 apresenta uma visão geral da evolução integrada entre manutenção e comportamento da indústria.

Figura 1 - Visão geral da evolução integrada entre manutenção e comportamento da indústria.



O principal objetivo deste trabalho é estudar como melhorar o processo de inspeção de equipamentos dentro da manutenção de uma grande empresa visando melhorar a confiabilidade dos ativos tornando-os disponíveis para desempenhar suas funções, potencializando as atividades do efetivo de manutenção afim de que gerem bons resultados para a empresa como um todo. Este artigo se aplica apenas em estudar a rotina de inspeção dentro da manutenção.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho é uma revisão sistemática da literatura, a qual foi organizada de modo a buscar publicações nas bases de dados virtuais referentes ao tema Manutenção, o estudo se trata de uma pesquisa descritiva e qualitativa.

Visando entender como se pode vir a melhorar os históricos de manutenção afim de aumentar a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, este estudo se propôs a analisar o processo de inspeção e suas melhorias.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

#### **3.1 Definição manutenção**

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 5462 - Confiabilidade manutenibilidade publicada em Novembro de 1994, o termo manutenção significa:

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 (ABNT, 1994, p.6).

A manutenção como definição é o ato de cuidar de um ativo afim de que o mesmo tenha uma boa disponibilidade e um bom desempenho no momento que for solicitado para operar no que se destina (Almeida E Vidal 2001).

#### **3.2 Terminologia de manutenção**

Para se obter bons resultados em manutenção é necessário que se tenha a padronização dos conceitos. Em 20 de Julho de 1949 foi criada a *Union Panamericana de Asociaciones de Ingenieros* - UPADI, composta por 27 países do continente americano, dentre os quais, participa o Brasil.

Em 1989 por razão da realização do *Congresso Panamericano de Asociaciones de Ingenieros* promovido pela UPADI, em particular, no Comitê de Engenharia de Manutenção da União Panamericana de Engenheiros, - COPIMAN/UPADI, ocorreram uma série de reuniões de planejamento para que fossem desenvolvidos cursos de pós-graduação em Engenharia de Manutenção nos países do Continente Americano, com seus resultados apresentados no I Congresso Pan-Americano (Washington, 1990). Em continuidade, ressalta-se que em 1993, a sede e a presidência do COPIMAN/UPADI, foi transferida para o Brasil, sendo o seu Presidente eleito Lourival Augusto Tavares.

Em seguida, em março do ano de 1995, por ocasião da realização da XXIII Convenção da UPADI (Acapulco), os representantes do COPIMAN aprovaram por

unanimidade a proposta para a realização da primeira turma do curso de pós graduação em Engenharia de Manutenção na Universidade Federal do Rio de Janeiro, sendo este o primeiro curso de pós graduação em Engenharia de Manutenção no Brasil. A segunda turma ocorreu em agosto de 1995 (Tavares,1999).

Paralelamente aos trabalhos do COPIMAN/UPADI, surgiu no Brasil a NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade publicada em Novembro de 1994, norma técnica que balizaria a atividade de confiabilidade e manutenibilidade em nosso país com a participação de representantes de empresas, associações, e diversos representantes do segmento de manutenção no Brasil (Tavares,1999).

### *3.2.1 Manutenção preventiva*

De acordo com a NBR 5462, a manutenção preventiva se caracteriza por Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item (ABNT, 1994, p.7)

#### *3.2.1.1. Manutenção corretiva*

De acordo com a NBR 5462, a manutenção corretiva se caracteriza por: Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida (ABNT, 1994, p.7).

### *3.2.2. Manutenção controlada/manutenção preditiva*

De acordo com a NBR 5462, a manutenção controlada/preditiva se caracteriza por:

“Manutenção que 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 (ABNT, 1994, p.7).”

Segundo Pinto e Xavier (1998), a Manutenção Detectiva e a Inspeção de Manutenção, também são consideradas como Manutenções Preditivas. A Preditiva se

constitui de uma inspeção com utilização de instrumentos, e a inspeção de manutenção é considerada do mesmo modo, só que utiliza os sentidos humanos para realizar a atividade (visão, audição por exemplo). O quadro 1 apresenta a taxonomia da manutenção de acordo com a NBR 5432.

Quadro 1 - Taxonomia da manutenção de acordo com a NBR 5432.

<b>Taxonomia da Manutenção (Base: NBR 5462)</b>		
<b>Manutenção Corretiva</b>	<b>Manutenção Preventiva</b>	<b>Manutenção Preditiva / Controlada</b>
<b>Gatilho:</b> Pós-falha.	<b>Gatilho:</b> Intervalo predeterminado (tempo/uso).	<b>Gatilho:</b> Condição do equipamento.
<b>Ação:</b> Recolocar o item em condições de executar sua função requerida.	<b>Ação:</b> Reduzir a probabilidade de falha ou degradação.	<b>Ação:</b> Aplicação sistemática de técnicas de análise (on-line/off-line) para garantir qualidade e minimizar manutenções preventivas/corretivas.
<b>Dinâmica:</b> Alta imprevisibilidade.	<b>Dinâmica:</b> Intervenção programada.	<b>Dinâmica:</b> Monitoramento contínuo.

Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do NotebookLM

### 3.3 Evolução da manutenção

Segundo Tavares (1999) a função manutenção surgiu a partir da necessidade de manter os equipamentos disponíveis para produzir. Ao longo do século XX a manutenção passou por alterações, ou seja, deixou de ser apenas processo de atuação de forma corretiva para se tornar um processo de atuação de forma estratégia, inteligente e se antecipando aos problemas encontrados.

### *3.3.1 A Primeira geração*

Esse período é compreendido antes da Segunda Guerra Mundial e o final do século XIX. Nesse momento, as indústrias possuíam equipamentos, em sua maioria, manuais e super dimensionados (Pinto e Xavier 1998).

A função manutenção surge nesse período como um papel coadjuvante dentro da operação dos equipamentos, ou seja, o efetivo que realiza manutenção pertencia ao quadro operacional. Esse grupo tinha o papel de realizar reparos nas máquinas, porém de maneira reativa e não sistematizada (Tavares, 1999).

### *3.3.2 A Segunda geração*

Ao final da década de 30, já no século XX, no período pré Segunda Guerra Mundial, começou a surgir a necessidade de maior produtividade da produção. Nesse momento há uma diminuição da mão de obra e conseqüentemente há a necessidade de uma maior mecanização das máquinas (Tavares, 1999).

A partir desse fato, houve a necessidade de melhorar o enfoque da manutenção. Até aquele período, a atuação era de forma corretiva. Com a necessidade de maior produção devido ao período crítico de guerra, houve a necessidade da manutenção passar para uma atuação de forma pró-ativa, não era apenas corrigir, mas evitar que as falhas ocorressem. Nesse momento surgem as primeiras atividades de limpeza e lubrificação sistematizadas. E a manutenção deixa de ser um grupo dentro da operação para se tornar uma equipe específica, Pinto e Xavier (1998)

### *3.3.3 A Terceira geração*

Após a Segunda Guerra Mundial, há um maior desenvolvimento da indústria para atender a demanda da sociedade afetada pela guerra. Nesse momento há uma evolução da aviação comercial e o início da Terceira Revolução Industrial, que se caracteriza com inserção dos computadores no ambiente industrial e empresarial.

Foi verificado pela gestão das empresas que para se obter uma alta produção atingindo bons resultados, que além de realizar a manutenção afim de corrigir e prevenir as falhas, era importante que tivessem pessoas analisando o porquê daquelas falhas e o que

seria necessário para não permitir a ocorrência de novas avarias nos equipamentos. Nesse momento é criada a Engenharia de Manutenção com objetivo de analisar os problemas encontrados nos equipamentos e criar meios de monitorar e não permitir que ocorressem (Tavares,1999).

Ainda segundo este autor, através da entrada dos computadores, automação e da eletrônica no ambiente industrial, é possível, através dessa equipe de engenharia, predizer o que poderia ocorrer com o equipamento de forma antecipada. Com isso há o surgimento das técnicas preditivas juntamente com as atividades de planejamento e controle da manutenção.

#### 3.3.4 A Quarta geração

Uma das características da quarta geração é o aprimoramento da terceira. Com o advento dos computadores e a transformação dos mesmos em microcomputadores, a manutenção é invadida por *softwares* específicos para controle e gerenciamento de suas atividades. Nessa fase há uma preocupação maior com as práticas de manutenção, de coadjuvante ela passa ser uma protagonista no meio industrial. Há um monitoramento maior dos equipamentos onde é medido a disponibilidade, a confiabilidade e os custos operacionais.

A manutenção tem como objetivo detectar as falhas de forma mais precoce e reduzir essas falhas na fase inicial. É desenvolvida uma metodologia de antecipação dessas falhas que se chama RCM (*Reability Centered Maintenace*- Manutenção Centrada na Confiabilidade). Há um maior aprimoramento das técnicas preditivas, e uma diminuição das intervenções preventivas e corretivas (Tavares,1999).

#### 3.3.5 Quinta geração/período atual

Segundo Pinto e Xavier (2015), essa fase é o aprimoramento ainda maior da quarta geração. Nesse momento há um esforço cada vez maior por manter uma empresa competitiva com baixo custo e alta produtividade. Para isso é necessário que se tenha uma gestão completa dos ativos.

Ainda segundo esses autores, a Gestão de Ativos (*Asset Management*) é vista como produção máxima dos ativos sem nenhum tipo de falha prevista afim de obter um bom retorno dos ativos e um retorno do que foi investido.

Para que isso seja realizado, é necessário que se tenha uma manutenção inteligente, autônoma alinhada com conceitos da indústria 4.0. A manutenção precisa ter uma atuação de forma preditiva nas condições *on-line* e *off-line*, participação em todas as fases de aquisição do ativo (projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção), monitoramento da performance, implementação de melhorias, sinergia entre departamentos, engenharia de manutenção, boas práticas entre empresas (*benchmark*) e gestão por resultados (Pinto e Xavier, 1998)

### **3.4. Quarta revolução industrial ou indústria 4.0**

Esse período iniciou-se no ano 2011 na Alemanha através do projeto “High-Tech Strategy”, esse projeto foi lançado como Indústria 4.0, e tinha como objetivo desenvolver o país europeu a se tornar líder na área de inovação na indústria mundial. A quarta revolução industrial se caracteriza por fabricas com processos inteligentes e ágeis com iniciativas tais como, inteligência artificial, internet das coisas, comunicação por nuvens e sistemas ciberfísicos, ou seja, a forte interação entre o ambiente virtual e físico (Silva, 2018).

A indústria 4.0 gera profunda mudança nas organizações empresariais. Através dela será cada vez mais comum a utilização de sensores com capacidade envio de informações e coleta de dados em tempo real, integrados com grande base de dados, fazendo com que cada vez mais seja a tomada de decisão feita de forma autônoma e automatizada. A forma como se organizam as empresas será profundamente alterada, pois as rotinas comuns de trabalho serão extintas, porque sistemas como MES (Manufacturing Execution Systems) e ERP (Enterprise Resource Planning) estarão fortemente agregados proporcionando velocidade de respostas em tempo real

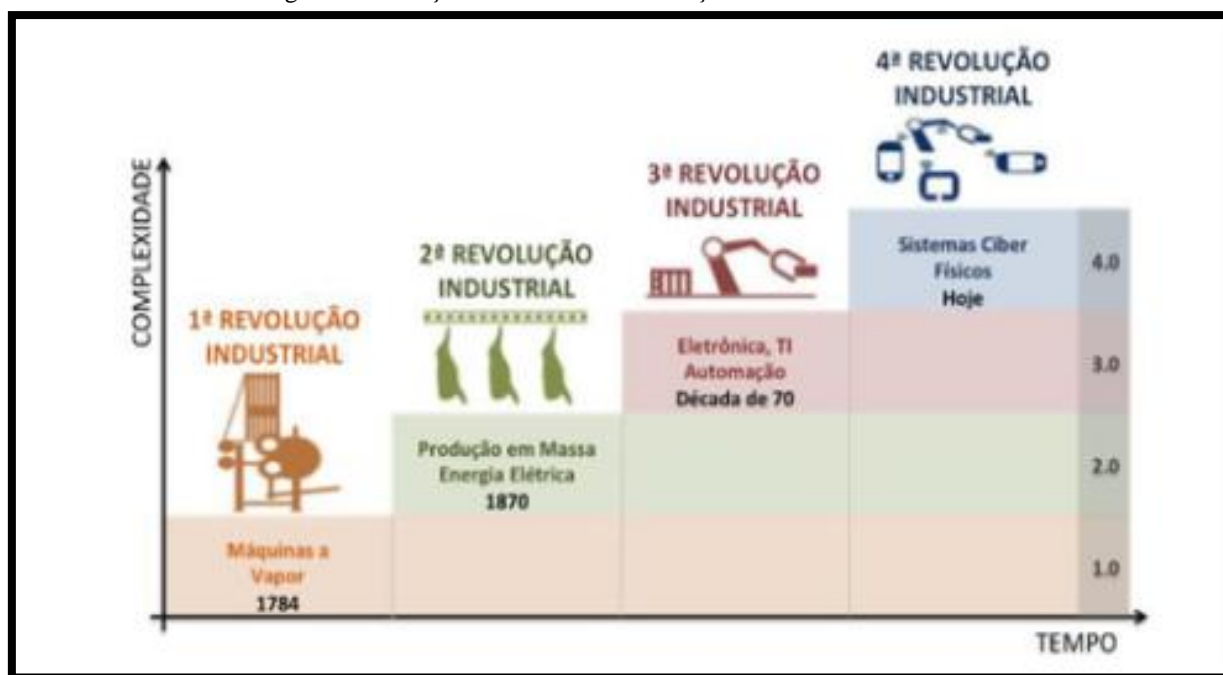
Um dos principais resultados da manutenção é a disponibilidade dos ativos produtivos. Afim de que se tenha uma boa gestão da manutenção é necessário obter dados confiáveis e com histórico. E que o retorno da informação seja o mais real possível (Pinto e Xavier, 1998).

A quarta revolução industrial irá proporcionar vários benefícios à manutenção. Porque os dados ficarão armazenados em grande base de dados (*Big Data*), as informações serão integradas entre os sistemas permitindo que qualquer um tenha acesso à base de dados e possa consultar por meio de armazenamento em nuvem de dados através do computador ou do smartphone (*Cloud Computing*).

As informações serão compartilhadas e enviadas e consultadas em tempo real por qualquer mantenedor através da Internet (IOT- Internet das Coisas) e a manutenção poderá ser realizada em ambiente físico com auxílio do ambiente virtual. (Sistemas Ciberfísicos- Realidade Aumentada)

A Figura 2 apresenta a Evolução Histórica da Manutenção e a Indústria

Figura 2: Evolução histórica da manutenção e a industria



Fonte: Coelho, 2016

### 3.5 Planos de manutenção

De acordo com o dicionário Aurélio, um dos significados da palavra plano no sentido figurado de simples, fácil e acessível. Segundo Pinto e Xavier 1998, o plano deve conter as informações necessárias a serem verificadas para evitar falhas nos ativos operacionais. Os planos de manutenção podem ser de preventiva, preditiva. Ambos devem conter intervalo definidos sejam de tempo, quilometragem. Para o caso da

manutenção preditiva os planos devem possuir baixa periodicidade e estarem em forma de rota física lógica afim de que o mantenedor sempre esteja atento aos modos de falha dos ativos de responsabilidade.

### 3.6. Ergonomia

O conceito de ergonomia está relacionado a proporcionar melhores condições laborais sejam correlacionadas ao local, forma, situação do trabalhador, bem como a capacidade intelectual e cognitiva.

A prática surgiu relacionada ao ambiente físico no período da Segunda Guerra Mundial, onde uma comissão composta por médicos, psicólogos e engenheiros avaliaram melhores condições para os combatentes utilizarem os aviões de combate. Com o final da Guerra, esse grupo se tornou o *Ergonomic Society* e a partir daquele momento começaram as análises para melhores condições humanas com metodologias testadas em laboratório.

A partir dessas análises surgiu a AET (Análise Ergonômica do Trabalho) que se baseia nos resultados contidos na análise para proporcionar a transformação no ambiente laboral nos campos de saúde e segurança, assim como criando aparatos e instrumentos para otimizar a atividade e facilitar vida do trabalhador no momento do seu desempenho operacional.

Essa avaliação resulta em cinco análises individualizadas dos parâmetros do grupo de trabalhadores, operação da organização empresarial, análise da atividade propriamente dita, fatores psicológicos, sociais envolvidos no local de trabalho.

Com a evolução das atividades tecnológicas nas indústrias a partir da década de 70 do século XX, a ergonomia evoluiu para uma maior sinergia entre produto e produção. Nesse momento a prática é dividida em Ergonomia Básica (local de trabalho), Ergonomia de produto (Ferramentas e utensílios necessários as atividades de produção), Padrões de formação e operação para ajuda na tomada de decisão por parte dos empregados (Ergonomia Cognitiva), Treinamento e Capacitação (Ergonomia de Formação) e implementação de estruturas organizacionais (Ergonomia de Processos). (Almeida E Vidal 2001).

Fernandes, Nóbrega E Fernandes (2023) realizaram um estudo sobre aspectos gerais de ergonomia, com aspectos históricos, principais normas, dentre elas NR-17/2021, NBR ISO 9241-11 DE 07/2021, IN-INSS nº 98/2003, ABNT NBR 9050/2004, e

mencionaram duas abordagens, que tratam sobre ergonomia aplicada *botton-up e top-down*, incluindo aspectos de acessibilidade normativos.

A Figura 3 mostra as correlações entre a ergonomia e a manutenção visando o sucesso industrial

Figura 3 - Correlações entre a ergonomia e a manutenção visando o sucesso industrial



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do NotebookLM

### 3.7 Manutenção centrada no negócio

Até meados do século XX, ou seja, no período da terceira geração, a manutenção era apenas uma fonte de despesa. Após esse período que se inicia após a Segunda Guerra Mundial, a manutenção inicia uma análise estratégica com a criação da engenharia de manutenção atuando em planejamento, controle de indicadores e estudos de confiabilidade.

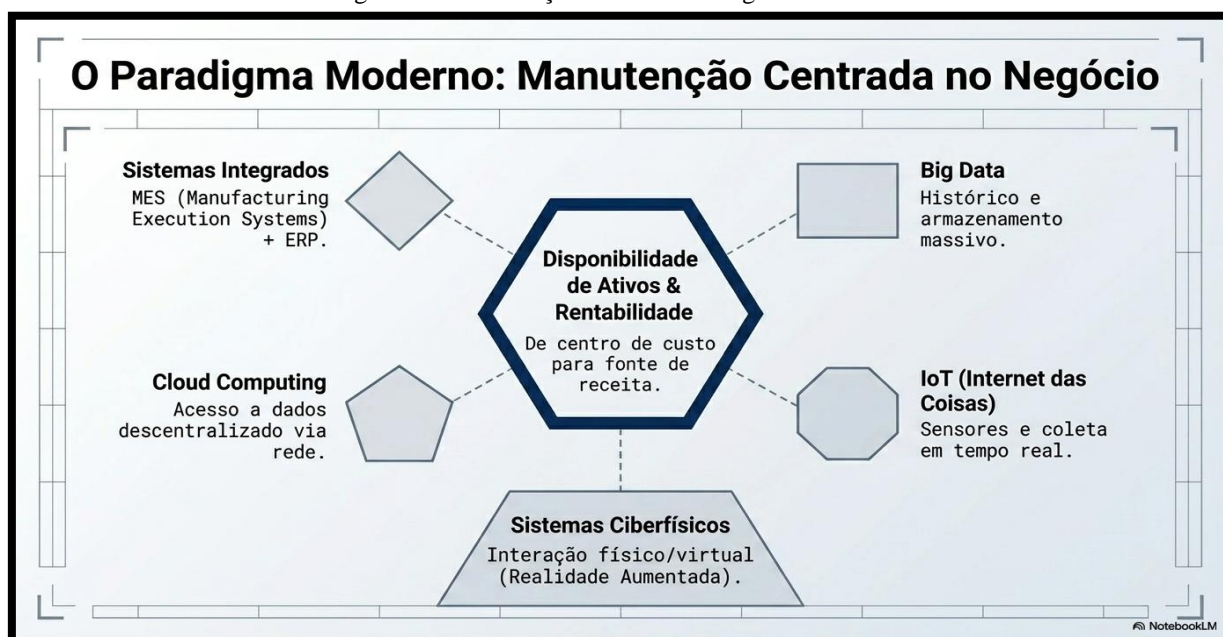
Com isso pode-se dizer que a manutenção começa a refletir sobre o seu importante papel na organização e sua parcela de contribuição no custo da empresa, deixando de ser uma fonte de despesa passando a se tornar fonte de receita, ou seja,

tornando-se mais analítica, tática e contribuindo mais para ações que possam se tornar a companhia mais rentável dentro do mercado (Tavares, 1999).

A Manutenção Centrada no Negócio é o principal lema nos períodos atuais. A Engenharia de Manutenção precisa estar alinhada com conceitos de custos, inovações tecnológicas, atuando de uma forma pró-ativa por meio de indicadores de desempenho padronizados, vide Figura 4. As intervenções devem ser cada vez mais por condição nos equipamentos, seguindo uma metodologia estratégica e aplicada aos ativos classificados como os mais importantes e relevantes para a organização (Tavares, 1999).

Além do exposto, numa manutenção estratégica deve-se utilizar de ferramentas de confiabilidade para avaliar de forma pró-ativa os ativos mais importantes como RCM (*Reliability-centered maintenance*) ou Manutenção Centrada na Confiabilidade, o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) ou Análise dos Modos e Efeitos da Falha (Tavares,1999).

Figura 4 – Manutenção centrada do negócio



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do NotebookLM

### 3.8 Ferramentas de qualidade aplicadas à manutenção

#### 3.8.1 Ciclo PDCA

Em 1924 o físico norte americano Andrew Shewhart desenvolveu uma metodologia para controle estatístico para qualidade. Essa metodologia denominou-se PDCA são as iniciais de palavras em inglês para P (“*Plan*”- Planejar), D (“*Do*”-Fazer), C (“*Check*” - Checar), A (“*Act*”- Agir).

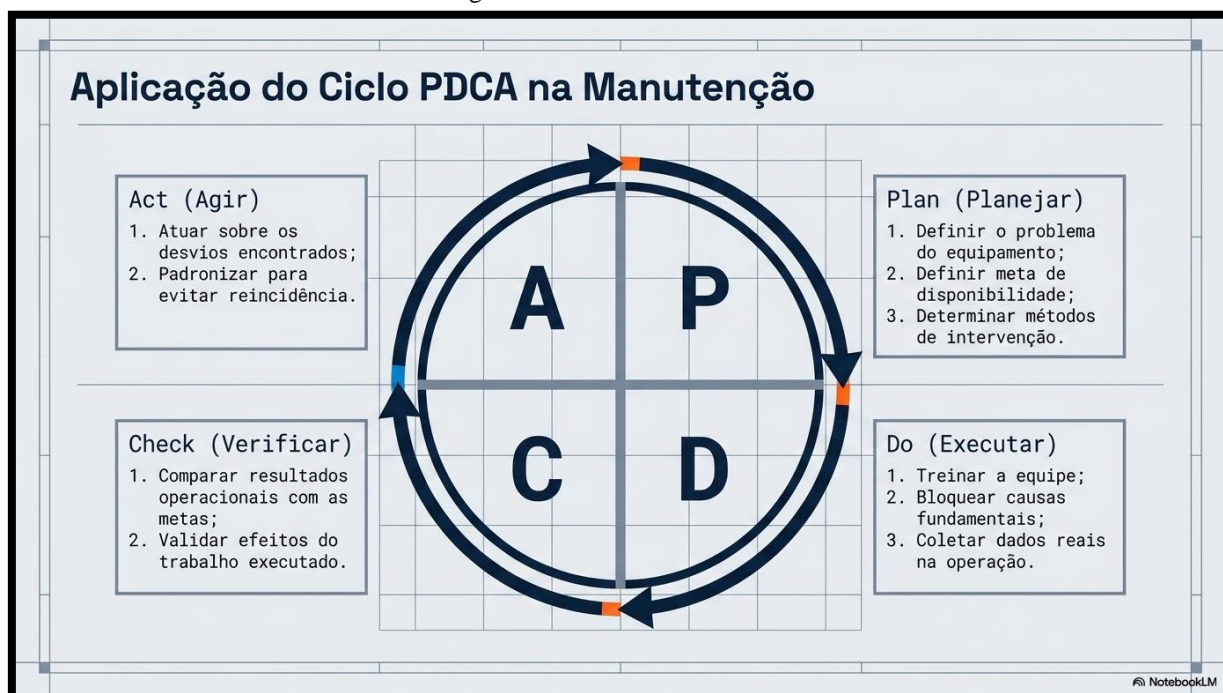
Essa metodologia se popularizou na década de 50 através do americano Edward Deming em seus trabalhos desenvolvidos no Japão no período pós Segunda Guerra Mundial (Pinto e Xavier, 1998)

O conceito da metodologia é ter o controle do processo e/ou projeto em questão. Afim de que se tenha êxito no objetivo principal a que se deseja, é necessário ter a noção clara do que precisa solucionar e seguir o passo a passo do que é proposto pelo método (CAMPOS, 2004).

De acordo com Campos (2004) cada etapa do ciclo PDCA tem o significado são eles:

- Planejamento (P)
- Definição do problema a ser solucionado;
- Definição da meta a ser atingida para resolução do problema;
- Criar o caminho, forma de atingir a meta.
- Execução (D)
- Bloquear as causas fundamentais;
- Treinamento e Capacitação conforme o estabelecido para atingir a meta;
- Coleta de Dados.
- Verificação (C)
- Relacionar o que foi atingido com o previsto a partir dos dados coletados durante a execução.
- Agir (A)
- Atuar em cima dos desvios encontrados, afim de que o problema encontrado ao longo da execução não voltar a acontecer, como mostra a Figura 5.

Figura 5: Ciclo PDCA



### 3.8.2 Brainstorming

*Brainstorming* ou tempestade de ideias é uma técnica que foi desenvolvida na década do século XX. O método é composto por dois princípios: suspensão do julgamento e a quantidade de ideias que irão gerar qualidade (Garcia, Brito, e Morais, 2022)

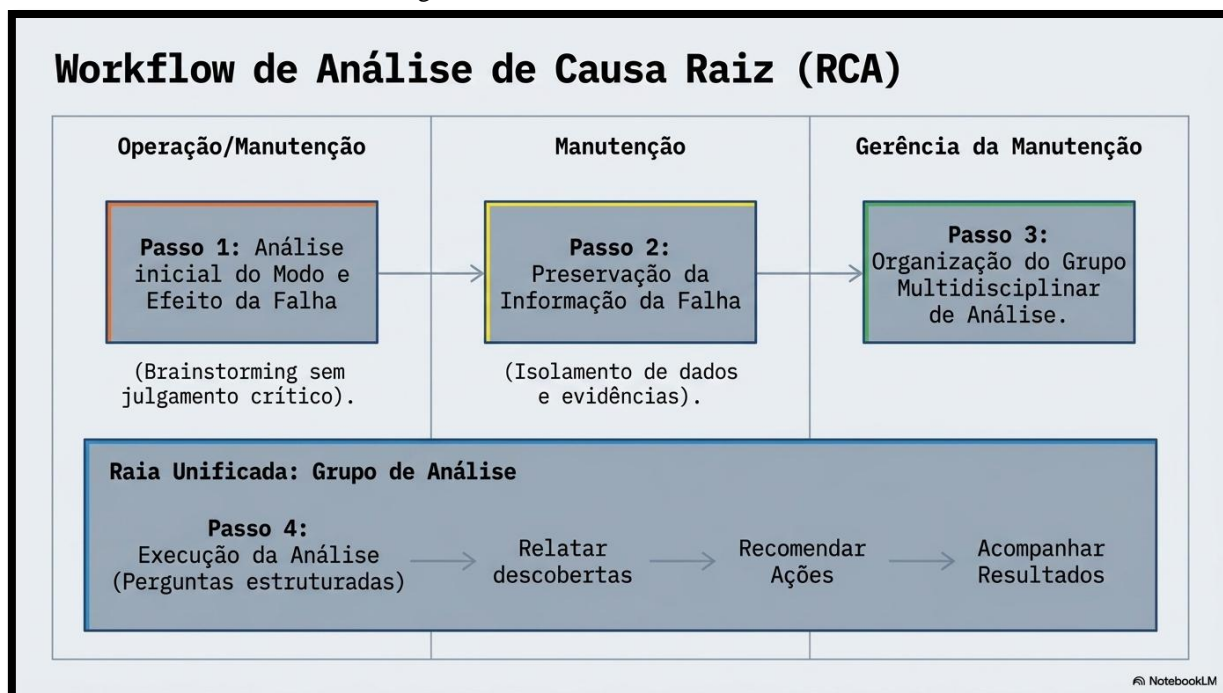
A suspensão do julgamento é feita porque os seres humanos possuem dois tipos de pensamento: criativo e o crítico. Para que o criativo possa evoluir é necessário que o lado crítico esteja suspenso. Portanto, ao utilizar a técnica do *brainstorming*, é fundamental que os envolvidos falem suas ideias sem nenhum tipo de argumento ou julgamento sobre o pensamento. E nesse processo também é importante que se exponha uma grande quantidade de ideias, pois através delas que sairá a solução para o problema

Antes de começar o ritual do *brainstorming* é importante não ter nenhuma crítica, os envolvidos têm que estar dispostos a falar sem nenhum tipo de inibição, colocar no momento todas ideias possíveis sobre o tema e alinhar as ideias que serão expostas ao longo do exercício

### 3.8.3 Análise da causa raiz

Esse método consiste em analisar as causas originárias do problema afim de evitar que o mesmo não volte a ocorrer (Pinto e Xavier, 1998). Na Figura 6 é exemplificado o passo a passo de como ser elaborado uma análise de causa raiz.

Figura 6 – Análise de causa raiz



Fonte: Adaptado de Pinto e Xavier 1998 com auxílio do NotebookLM

O grupo de análise é composto por representantes que tenham envolvimento direto com o problema. E ao longo da análise se fará feito o questionamento do porquê ocorreu aquele desvio. Através das perguntas se chegará a causa originadora do problema (Pinto e Xavier 1998).

## 3.9 Ferramentas técnicas para análise

### 3.9.1 Matriz SIRPORC

A matriz SIRPORC é uma metodologia completa e clara de qualquer processo de uma organização. Ela encaminha a empresa numa gestão por processos, proporcionando um entendimento sobre todas as interfaces que são necessárias, premissas, fornecedores

e clientes envolvidos. A análise por meio da matriz mostra detalhadamente o que está ocorrendo e onde se quer chegar (Almeida e Vidal 2001).

Cada letra do diagrama SIRPORC é a inicial de uma parte envolvida na avaliação. O “S” (*suppliers*) são os fornecedores, “I” (*inputs*) são as entradas necessárias, o “P” (*process*) é o processo propriamente dito, o “O” (*outputs*) são as saídas decorrentes da execução desse processo, o “C” (*customers*) são os clientes envolvidos, e o “R” (*requirements*) são os requisitos necessários para cada etapa do processo, requisitos estes que podem ser de entrada, e os esperados para o processo analisado (Almeida e Vidal 2001)

Essa ferramenta é ideal para que se tenha uma visão geral de todo o processo e as interfaces entre processos. Para se montar um SIRPORC é necessário avaliar quais são os processos do negócio com seus respectivos responsáveis, priorizar quais serão os primeiros processos que serão analisados, aqueles que são fundamentais ao negócio da organização, nomear o processo que será analisado, colocar passo-a-passo o processo estudado e sinalizar os pontos que não estão sendo executados de maneira adequada, apontar as saídas desse processo, elencar os requisitos de saída de processo com detalhes reais do dia-a-dia, relacionar todos os clientes que receberão aquelas informações de saída, listar todas as entradas e todos os fornecedores destas entradas preenchendo os requisitos de entrada do processo.

### 3.9.2 Matriz de criticidade

A matriz de criticidade tem por objetivo priorizar aquilo que é importante para a organização. A matriz mais conhecida é a GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), como mostra o quadro 2. Onde a gravidade está relacionada ao desvio, caso não seja tomada nenhuma atitude em logo prazo poderão existir os efeitos indesejáveis principalmente se o problema for corrigido (Almeida e Vidal 2001).

Quadro 2 - Matriz de Identificação de Processos Críticos

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	
<b>G</b>	Gerências	ACIMA DE DUAS GERÊNCIAS envolvidas para que o processo ocorra	ATÉ DUAS GERÊNCIAS ENVOLVIDAS para que o processo ocorra	A PRÓPRIA GERÊNCIA é responsável por todas as etapas do processo
<b>I</b>	Entradas	As entradas <b>NÃO ATENDEM</b> as necessidades	As entradas <b>NÃO ATENDEM</b> complementamente as necessidades	As entradas <b>ATENDEM</b> plenamente as necessidades
<b>S</b>	Subprocessos ou Atividades	ACIMA DE 10 subprocessos ou atividades	ENTRE 5 E 10 subprocessos e atividades	ABAIXO DE 5 subprocessos ou atividades
<b>R</b>	Reprocessos	Índice <b>ALTO</b> de reprocessos	Índice <b>INTERMEDIÁRIO</b> de reprocessos	Índice <b>BAIXO</b> de reprocessos
<b>O</b>	Saídas	O prazo das saídas <b>NÃO ATENDE</b> a necessidade do cliente	O prazo <b>ATENDE</b> ao cliente <b>MAS COM RESSALVAS</b>	O prazo <b>ATENDE</b> <b>COMPLETAMENTE</b> a necessidade do cliente
<b>N</b>	Normatização	<b>NÃO EXISTE</b> qualquer padrão ligado as atividades do processo	O processo está <b>NORMATIZADO</b> mas <b>NÃO SOFRE REVISÃO</b> há pelo menos 2 anos	O processo está <b>DEVIDAMENTE NORMATIZADO</b> e sofreu ao menos uma revisão no ultimo ano
<b>C</b>	Custo	<b>ALTO</b> custo envolvido no processo	<b>MÉDIO</b> custo envolvido no processo	<b>BAIXO</b> custo envolvido no processo
<b>V</b>	Valor	<b>ALTAMENTE NECESSÁRIO</b> ao processo final de produção	<b>NECESSÁRIO</b> ao processo final de produção	Atividade ou subprocesso <b>NECESSÁRIO APENAS</b> para o proprio processo analisado
<b>D</b>	Desempenho	O processo <b>NÃO É CONTROLADO</b> por indicador	Controle somente por <b>INDICADORES RESULTANTES</b> : -Permitem saber se o resultado desejado foi obtido; -Ligados ao resultado final do processo; -Baixa frequencia de análise (longo prazo); -Mais comparáveis; -Mostram o passado.	Controle também por <b>INDICADORES DIRECIONADORES</b> : -Permitem analisar as causas presumidas do efeito, de forma proativa; -Alta frequencia de análise (curto prazo); -Ligados as tarefas intermediárias do processo; -Antecipam o futuro; -Menos comparáveis.
<b>A</b>	Auditoria	O processo <b>NÃO SOFRE</b> qualquer tipo de auditoria	<b>AO MENOS 1 (UMA)</b> auditoria anual	<b>NÃO HÁ NECESSIDADE</b> de auditoria
<b>P</b>	Processos Posterior	<b>IMPACTA DIRETAMENTE</b> com geração de perda ou interrupção	<b>IMPACTA INDIRETAMENTE</b> com atrasos e perdas controlados	<b>NÃO IMPACTA</b> o processo posterior

Fonte: Almeida e Vidal (2001)

### 3.9.3 Metodologia MAMP

O Método de Análise e Melhoria de Processo (MAMP) é similar ao MASP (Método de Análise e Solução de Problemas). O que diferencia o MAMP do MASP é que no primeiro a análise é por processo. A idéia é ter o conhecimento de todos os processos, mapeá-los, identificar os problemas e avaliar a prioridade de cada um, identificar as causas de cada problema apontado, criar as ações (plano de ação) afim de exterminar esses problemas, controlar essas ações, criar procedimentos para que não se tenha mais desvios, verificar a eficácia das ações e dos procedimentos implementados (Almeida e Vidal, 2001)

### 3.10 Montagem das rotas de inspeção.

#### 3.10.1 *Manutenção centrada na confiabilidade (reability centred maintenancE)*

O princípio da Manutenção Centrada na Confiabilidade é garantir que os equipamentos cumpram suas funções com alta performance para qual foram destinados. O RCM é composto por um método com objetivo de analisar todos as possíveis falhas que possam existir nos equipamentos e os efeitos que as mesmas possam causar, permitindo assim que a engenharia de manutenção possa traçar estratégias para prevenir as falhas ou diminuir as consequências (Pinto e Xavier 1998)

#### 3.10.2 *Análise do modo e efeito de falha- FMEA*

Um dos passos RCM é o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*-Análise do Modos e Efeitos da Falha) ou FMECA (*Failure Mode Effects ans Cricatically Analysis*-Análise do Modo, Efeitos e Criticidade de Falhas) é um critério que analisa as possíveis falhas de sistema/processo/projeto; criando estratégias para que aquelas anomalias não ocorram. A diferença entre o FMEA, e o FMECA é que se leva em consideração a criticidade das falhas, ou seja, a possibilidade daquela falha vir a ocorrer mais uma vez. A partir dessa criticidade são priorizadas as falhas que serão tratadas primeiro ou que terão uma atenção especial.

O FMEA/FMECA é elaborado através de um grupo multidisciplinar, ou seja, composto por pessoas de manutenção, operação e de outros departamentos, tais como segurança, meio ambiente, qualidade e etc. Através desse grupo, o trabalho terá mais riqueza de detalhes e estará abrangendo todas as possibilidades de monitoramento por parte da manutenção de maneira muito mais eficaz (Pinto e Xavier, 1998)

Com a escolha do sistema são listados os equipamentos a serem analisados. A avaliação é individual de cada equipamento. Primeiramente é necessário descrever o componente, após escrever a sua função, as possíveis falhas desse componente, os efeitos causas, o que está sendo feito naquele momento para controle das falhas, os efeitos potenciais das falhas apontadas pelo grupo. Em seguida a equipe deverá descrever quais serão as ações preventivas, de manutenção baseada na condição e corretivas para que aquelas falhas não ocorram na rotina de operação (Pinto e Xavier (1998)

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista da análise realizada, um dos conceitos de manutenção pode ser entendido como a forma como o profissional irá melhorar o desempenho de determinado setor em geral, e a eficiência da empresa como um todo.

Atualmente o treinamento é visto como um meio de desenvolver competências nos profissionais, afim de que eles atuem em suas organizações de forma produtiva, inovadora, imaginativa e etc. (Chiavenato, 2008). O treinamento é orientado a curto prazo, ou seja, desenvolver o profissional para ocupar o cargo com as competências necessárias para o momento fazendo parte do processo de aprendizagem do indivíduo proporcionando uma mudança de comportamento com a inserção de novos conhecimentos que irão gerar novos hábitos e novas atitudes dentro do ambiente empresarial (Chiavenato, 2008), vide quadro 3.

Quadro 3: Tipos de Mudança de Comportamento Decorrentes do Treinamento

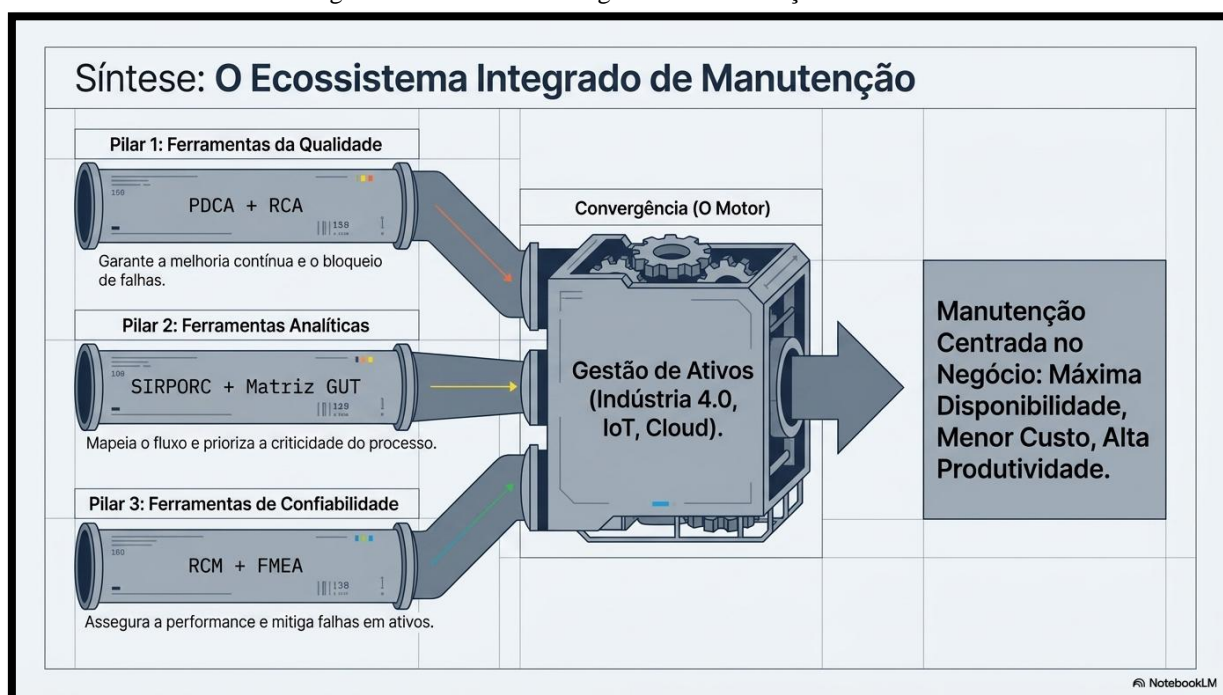
<b>Revolução Industrial</b>	<b>Período</b>	<b>Características da Educação Corporativa</b>
<b>Primeira Revolução Industrial</b>	Iniciou na segunda metade do século XVIII. Ocorreu entre 1760 a 1840.	Preocupação com a universalização do ensino. Divisão social da educação, a elite recebia educação superior para gerenciar as empresas e a massa recebia educação técnica para realizar operações repetitivas.
<b>Segunda Revolução Industrial</b>	Iniciou no século XIX e avançou a primeira metade do século XX.	Educação fundamentada no raciocínio, valores éticos e acumulação do conhecimento de forma organizada.
<b>Terceira Revolução Industrial</b>	Iniciou na década de 1960 (segunda metade do século XX) e avançou até a década de 1990.	Estabelece um caráter social excludente e a educação passa a ser um pré-requisito para o cidadão sob três dimensões: produção, consumo e vida social. Desenvolvimento de pessoas (trabalhadores) com autonomia, iniciativa e dinamismo. Valorização do autodesenvolvimento e aprendizado contínuo.
<b>Quarta Revolução Industrial</b>	Iniciou na primeira década do século XXI, na década de 2000.	Surgem as redes de aprendizagem para aprendizagem em rede. Exigência de conhecimentos de nível superior, além de técnicos e tecnológicos mais sofisticados. Desenvolvimento de programas de desenvolvimento humano para a inovação – geração de ideias, colaboração, compartilhamento, co-produção. Avanço da gestão do conhecimento e do capital intelectual. Surge a necessidades de desenvolvimento de novas competências nos trabalhadores. Surgimento de novas profissões.

Fonte: Chiavenato, 2008

De forma sintética a Figura 7 explica de forma gráfica o ecossistema integrado de manutenção correlacionado as ferramentas de qualidade, analíticas e de confiabilidade

visando o a manutenção centrada no negócio onde se deseja maior disponibilidade, menor custo e alta produtividade.

Figura 7 - Ecossistema integrado de manutenção



Fonte: Elaborado com auxílio do NotebookLM

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Carlos de Souza; VIDAL, Mário César Rodrigues. Gestão da manutenção predial. **Editora Gestalent, São Paulo, 2001.**

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 9241-11:** Ergonomia da interação humano-sistema – Parte 11: Usabilidade: definições e conceitos. Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n.º 17 (NR 17) - Ergonomia.** Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978. Atualizada. Disponível em: [link do portal oficial do governo]. Acesso em: 20/04/2026

BRASIL. Instrução Normativa DC/INSS nº 98, de 5 de dezembro de 2003. Aprova Norma Técnica sobre Lesões por Esforços Repetitivos – LER ou Distúrbios

Osteomusculares Relacionados ao Trabalho – DORT. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 dez. 2003

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas**. Elsevier Brasil, 2008.

COELHO, Pedro Nogueira Miguel. **Rumo a indústria 4.0**. 2016. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e gestão Industrial Universidade de Coimbra, 2016.

FERNANDES, José Luiz; NÓBREGA, Marcelo de Jesus Rodrigues; FERNANDES, Andréa Sousa da Cunha. Aspectos gerais de ergonomia. **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula**, v. 4, n. 2, p. 1-15, ago. 2022. Disponível em: <https://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/download/3663/1857>. Acesso em: 01 mai. 2026

GARCIA, Marilene Santana dos Santos; BRITO, Glaucia da Silva; MORAIS, Felippie Anthonio Fediuk de. Sprint, Brainstorming e Design Thinking revisitados como estratégias metodológicas para desencadear projetos criativos e colaborativos em sala de aula. **Acta Educ.**, Maringá, v. 44, e54464, 2022. Disponível em <[http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2178-52012022000100207&lng=pt&nrm=iso](http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2178-52012022000100207&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 01 maio 2026. Epub 01-Fev-2022. <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v44i1.54464>.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nassif. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

SANTOS, Max Mauro Dias; LEME, Murilo Oliveira; JUNIOR, Sergio Luiz Stevan. **Indústria 4.0: fundamentos, perspectivas e aplicações**. Saraiva Educação SA, 2018.

SILVA, Edson Pereira da. **A transição da manutenção industrial para o modelo do novo paradigma da indústria 4.0**. 2018. Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós graduação em Engenharia de Produção da Universidade de São Paulo, 2018.

TAVARES, L. A. **Administração Moderna da Manutenção**, Rio de Janeiro: Novo Polo. Rio de Janeiro, 1999.