

**REDE DE ENSINO DOCTUM**

**JOÃO VITOR OLIVEIRA MARTINS**

**PROFESSOR: LUIS GUSTAVO BRAGA**

**Da Falha à Confiabilidade: O impacto do Planejamento de  
Manutenção nos Processos Industriais**



rede de ensino  
**DOCTUM**

The logo features the text "rede de ensino" in a light blue, lowercase sans-serif font, positioned above the word "DOCTUM" in a larger, bold, blue uppercase sans-serif font. To the right of the text is a stylized blue graphic element consisting of a thick, curved line that starts from the bottom left and sweeps upwards and to the right, ending in a point. Below the main text, there is a thin horizontal blue line that spans the width of the logo area.

**SANTOS DUMONT**

**2025**

**Da Falha à Confiabilidade: O impacto do Planejamento de Manutenção nos  
Processos Industriais**

Fevereiro 2025

*Rede de Ensino Doctum*

**Elaborado por: João Vitor Oliveira Martins**

**MSc. Luis Gustavo Braga**

**Professor dos cursos de Engenharia da Rede de Ensino Doctum**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	6
2. OBJETIVO GERAL .....	7
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	8
3.1 MANUTENÇÃO X PLANEJAMENTO .....	14
4. METODOLOGIA .....	15
5. ESTUDO DE CASO .....	15
6. CONCLUSÃO .....	24
REFERÊNCIAS .....	26

## RESUMO

Este trabalho apresenta a importância do planejamento estratégico na manutenção industrial, destacando sua influência direta na confiabilidade, eficiência e segurança dos processos produtivos. A operação adequada e a manutenção planejada dos equipamentos industriais são essenciais para garantir a continuidade da produção e reduzir custos operacionais. O estudo foi desenvolvido com base em uma abordagem qualitativa e descritiva, tendo como referência uma unidade siderúrgica de médio a grande porte localizada em Minas Gerais. O referencial teórico aborda os principais conceitos de manutenção corretiva, preventiva, preditiva e proativa, além de ferramentas de gestão aplicáveis, como Análise SWOT, Canvas, 5W2H, FMEA e indicadores de desempenho (MTBF e MTTR). A aplicação prática do planejamento foi demonstrada por meio de estudos de caso em áreas críticas da usina, como laminação e redução, evidenciando os benefícios da manutenção preventiva em equipamentos estratégicos, como motores do bloco do laminador e motor do soprador do alto-forno. Os resultados comprovaram que a adoção de um planejamento estruturado reduz significativamente as falhas inesperadas, aumenta a disponibilidade dos equipamentos, otimiza a alocação de recursos e eleva a segurança operacional. Conclui-se que o planejamento estratégico de manutenção é um elemento essencial para a sustentabilidade e a competitividade industrial, devendo ser continuamente aprimorado e integrado às metas operacionais da organização.

**Palavras-chave:** Planejamento estratégico; Manutenção industrial; Confiabilidade; Eficiência operacional; Siderurgia.

## ABSTRACT

This study presents the importance of strategic planning in industrial maintenance, highlighting its direct influence on the reliability, efficiency, and safety of production processes. The proper operation and planned maintenance of industrial equipment are essential to ensure production continuity and reduce operational costs. The research was developed through a qualitative and descriptive approach, based on a medium to large-sized steel plant located in the state of Minas Gerais, Brazil. The theoretical framework addresses the main concepts of corrective, preventive, predictive, and proactive maintenance, as well as management tools such as SWOT Analysis, Canvas Model, 5W2H, FMEA, and performance indicators (MTBF and MTTR). The practical application of the planning process was demonstrated through case studies in critical areas of the steel plant, such as rolling and reduction, emphasizing the benefits of preventive maintenance in strategic equipment, including rolling mill block motors and blast furnace blowers. The results showed that a structured maintenance planning significantly reduces unexpected failures, increases equipment availability, optimizes resource allocation, and enhances operational safety. It is concluded that strategic maintenance planning is an essential element for industrial sustainability and competitiveness, and it should be continuously improved and aligned with the organization's operational goals.

**Keywords:** Strategic planning; Industrial maintenance; Reliability; Operational efficiency; Steel industry.

## 1. INTRODUÇÃO

A operação de equipamentos industriais desempenha um papel fundamental na eficiência e na produtividade das empresas. Esses equipamentos são responsáveis por transformar matérias-primas em produtos acabados, assegurando a continuidade dos processos produtivos e a qualidade dos itens fabricados.

Segundo Silva (2014), a correta operação dos equipamentos influencia diretamente a segurança, a eficiência e a durabilidade dos maquinários. Uma utilização inadequada pode ocasionar paradas inesperadas, aumento dos custos de manutenção e riscos à integridade dos trabalhadores. Nesse sentido, torna-se essencial que os operadores recebam treinamento adequado e que os equipamentos sejam utilizados de acordo com as especificações estabelecidas pelo fabricante.

A manutenção industrial é igualmente indispensável para garantir a confiabilidade e a eficiência operacional, sendo classificada em preditiva, preventiva e corretiva. O planejamento de manutenção, por sua vez, desempenha um papel estratégico ao assegurar a funcionalidade e a confiabilidade dos equipamentos em operação. Por meio de um plano estruturado, são definidos aspectos fundamentais, como periodicidade, frequência e ações necessárias para a execução das intervenções de forma eficiente.

Um planejamento adequado permite prolongar a vida útil dos equipamentos, reduzir a incidência de falhas inesperadas e minimizar a necessidade de manutenções corretivas emergenciais, que podem comprometer a produtividade e gerar custos elevados. Dessa forma, a manutenção planejada constitui um elemento estratégico para a continuidade e a eficiência dos processos industriais, promovendo maior segurança, confiabilidade e otimização dos recursos disponíveis.

## **2. OBJETIVO GERAL**

O planejamento tem como finalidade garantir a execução eficiente e organizada das atividades de manutenção, minimizando o tempo de interrupções nos processos produtivos e aumentando a confiabilidade e a vida útil dos equipamentos. Por meio de um planejamento estratégico, busca-se otimizar a alocação de recursos, prevenir falhas inesperadas e reduzir custos operacionais, assegurando a continuidade e a eficiência das operações industriais.

Dessa forma, o objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é verificar a importância do planejamento estratégico na manutenção industrial. Especificamente, propõe-se elaborar um plano de manutenção preventiva para os equipamentos industriais, definindo a periodicidade e as ações necessárias para aumentar a confiabilidade dos ativos, reduzir falhas inesperadas e otimizar o uso de recursos e de mão de obra.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

O planejamento estratégico da manutenção, segundo Chiavenato (2005), é um processo de formulação de objetivos organizacionais, de escolha dos meios para alcançá-los e de alocação de recursos para sua implementação. Esse tipo de planejamento envolve a análise do ambiente interno e externo, a definição da missão, visão e valores da organização, além da formulação de estratégias que possibilitem alcançar vantagens competitivas. Empresas que adotam o planejamento estratégico tendem a apresentar melhores resultados, maior adaptabilidade a mudanças e uma visão clara de futuro, o que se traduz em maior competitividade e sustentabilidade no mercado.

De acordo com Mintzberg (2006) a origem do termo “estratégia” remonta ao grego *strategia*, que se referia à arte de comandar operações militares. Inicialmente, o conceito estava associado ao papel do comandante, que planejava e coordenava as ações de sua tropa com o objetivo de derrotar o inimigo. Em um contexto de guerra, a estratégia tinha como principal finalidade vencer o adversário, sendo que cada lado formulava suas próprias táticas para alcançar a vitória.

As siderúrgicas são indústrias que operam em um ambiente de alta intensidade e exigem a manutenção constante de uma série de equipamentos pesados, como alto-forno, aciaria, máquinas de laminação e sistemas de transporte de materiais. A falha de qualquer um desses sistemas pode resultar em longos períodos de inatividade, impactando significativamente a produção e gerando altos custos. A manutenção bem planejada não apenas reduz falhas e paradas inesperadas, como também aumenta a vida útil dos ativos, melhora a segurança dos trabalhadores e contribui para a eficiência energética da planta.

Equipamentos de interesse da manutenção industrial são conjuntos de partes que formam sistemas reparáveis. Segundo Ascher e Feingold (1984, apud Lindqvist; Elvebark; Heggland, 2003), um sistema reparável pode ser plenamente restaurado após uma perda de desempenho em uma de suas funções. Para os autores, a restauração pode ocorrer por qualquer método que não seja a troca total do sistema, podendo envolver substituições parciais ou reparos em componentes específicos. Após a intervenção, a operação do sistema é retomada em um nível de desempenho

equivalente ao anterior à falha. A manutenção em siderurgias pode ser classificada em diferentes tipos, dependendo do objetivo e do tipo de intervenção necessária.

A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha, com o objetivo de restabelecer o funcionamento do equipamento ou sistema. Pode ser planejada (quando há previsão e recursos disponíveis) ou não planejada (emergencial). Segundo Paladini (2004), essa forma de manutenção está associada a maiores custos, já que a falha comprometeu o desempenho ou a segurança da operação.

A manutenção preventiva consiste em ações programadas e periódicas, baseadas no tempo de uso ou nos ciclos operacionais. Seu principal objetivo é evitar falhas inesperadas e aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Conforme destaca Jardine (2006), a manutenção preventiva é uma das bases fundamentais da gestão da confiabilidade, sendo eficiente quando aplicada de forma adequada.

A Manutenção preditiva utiliza monitoramento em tempo real ou periódico do estado físico dos equipamentos, com o objetivo de prever falhas antes que ocorram. São empregadas tecnologias como análise de vibração, termografia, análise de óleo, entre outras. De acordo com Mobley (2002), a manutenção preditiva é uma estratégia que reduz custos e aumenta a eficiência, pois permite intervenções somente quando realmente necessárias.

A Manutenção proativa busca eliminar as causas-raiz das falhas, indo além da simples correção ou prevenção. Está relacionada à melhoria contínua e ao aumento da confiabilidade dos ativos. Para Wireman (2004), essa abordagem é essencial para empresas que buscam excelência operacional e redução sustentável de custos.

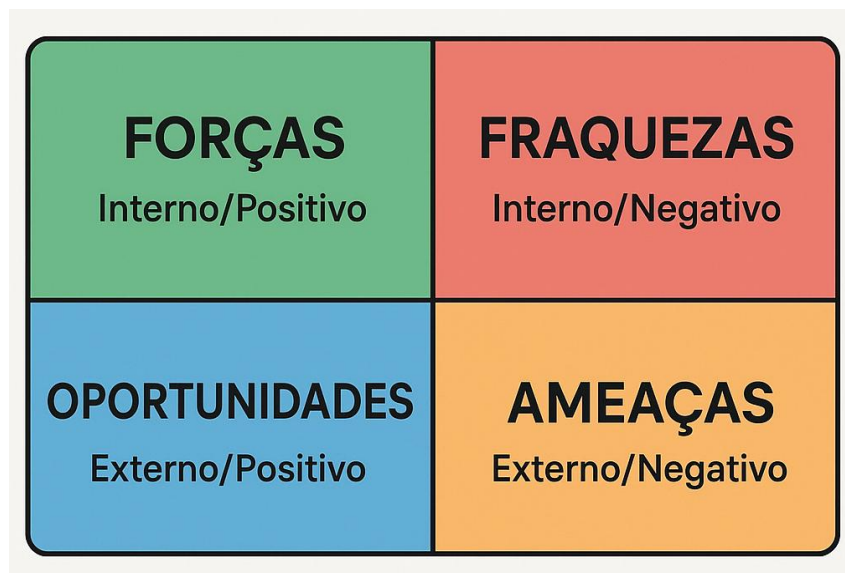
O planejamento estratégico de manutenção é essencial para garantir a eficiência operacional, reduzir riscos e apoiar a tomada de decisão com base em dados concretos. Para sua implementação, diversas ferramentas podem ser utilizadas, cada uma contribuindo de maneira específica para a análise, organização e execução das atividades de manutenção.

Dentre as mais relevantes, destacam-se: a Análise SWOT, que identifica forças, fraquezas, oportunidades e ameaças; o Modelo de Negócios Canvas,

que organiza visualmente os processos e possibilita a integração das atividades de manutenção ao fluxo produtivo; a metodologia 5W2H, que detalha responsabilidades, prazos e recursos; a análise de criticidade dos ativos, que prioriza equipamentos críticos; a FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*), que avalia modos potenciais de falha e seus impactos; os indicadores de desempenho MTBF e MTTR, que medem confiabilidade e eficiência; e ferramentas de gestão de projetos, como o Microsoft Project, que permitem a elaboração de cronogramas detalhados e a organização estruturada de todas as etapas do planejamento de manutenção.

A Análise SWOT (**acrônimo de Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats**) é uma ferramenta estratégica amplamente utilizada na gestão organizacional e que pode ser aplicada com eficácia ao planejamento da manutenção industrial. Seu objetivo é identificar os fatores internos (forças e fraquezas) e externos (oportunidades e ameaças) que influenciam a eficiência da manutenção em uma planta industrial.

**Figura 1** - Análise SWOT.



**Fonte:** Elaborada por inteligência artificial (2025).

Ao aplicar a *Análise SWOT* à área de manutenção, os gestores conseguem obter uma visão sistêmica da situação atual e formular estratégias que melhorem a confiabilidade dos ativos, otimizem recursos e reduzam falhas. Segundo Aaker (2001), a *Análise SWOT* é amplamente aplicada em diversas áreas da gestão

estratégica, inclusive no planejamento da manutenção. O autor discute como essa ferramenta pode ser utilizada para avaliar as forças e as fraquezas dentro de uma organização, servindo de base para a formulação de estratégias mais eficazes.

O Modelo de Negócios Canvas é uma ferramenta visual criada por Alexander Osterwalder que auxilia na descrição, projeção e análise de modelos de negócios de forma clara e simplificada. Essa metodologia é estruturada em nove blocos que, quando preenchidos, fornecem uma visão abrangente do funcionamento de uma organização.

No contexto do planejamento de manutenção, o Canvas pode ser utilizado como uma ferramenta eficaz para mapear a forma como as atividades de manutenção se relacionam com a operação industrial e de que maneira podem ser otimizadas. Ao adaptá-lo para a área de manutenção, busca-se garantir uma visão integrada das áreas-chave envolvidas, assegurando que todos os aspectos da manutenção sejam devidamente planejados e alinhados ao processo produtivo.

**Figura 2.** Modelo Canvas Para Planejamento de Manutenção.



**Fonte:** Elaborada por inteligência artificial (2025).

A metodologia 5W2H é uma técnica de planejamento e execução que responde a sete perguntas essenciais para qualquer ação ou projeto. O nome 5W2H deriva das iniciais das perguntas em inglês: What, Why, Where, When, Who, How e How much.

Quando aplicada à manutenção industrial, a metodologia 5W2H contribui para que todas as etapas do processo sejam claramente definidas, com responsabilidades atribuídas e prazos estabelecidos. Segundo Steiner (1979),

essa ferramenta não se restringe à manutenção, podendo ser amplamente aplicada em diferentes áreas de gestão.

**Figura 3 - Metodologia 5W2H.**

Elemento	Descrição / Pergunta	Exemplo aplicado
What (O quê?)	O que será feito?	Manutenção preventiva da ponte rolante
Why (Por quê?)	Por que será feito?	Garantir segurança e evitar paradas inesperadas
Where (Onde?)	Onde será realizado?	Setor de laminação da usina
When (Quando?)	Quando será realizado?	Dia 27/08, das 17h às 18h30
Who (Quem?)	Quem será responsável?	Equipe de manutenção elétrica
How (Como?)	Como será feito?	Seguindo procedimento padrão de manutenção, com
How much (Quanto?)	Quanto custará ou quais recursos serão necessários?	R\$ 500,00 em materiais e 2 horas de equipe técnica

**Fonte:** Elaborada por inteligência artificial (2025).

A análise de criticidade dos ativos é uma etapa essencial no planejamento estratégico da manutenção. Essa análise consiste na identificação dos equipamentos e sistemas cuja falha possa gerar impactos significativos na produção, na segurança ou nos custos operacionais. Com base nessa avaliação, os ativos são classificados de acordo com seu grau de importância.

A partir dessa classificação, são priorizadas ações de manutenção preventiva e preditiva nos ativos considerados mais críticos. Essa abordagem visa garantir a confiabilidade dos equipamentos essenciais ao processo produtivo, minimizar o risco de paradas inesperadas e aprimorar o desempenho geral da planta industrial.

O FMEA é utilizado para identificar os modos potenciais de falha de um equipamento, suas causas e efeitos no processo produtivo. Inicialmente, descreve-se a função do ativo e divide-se em seus principais componentes. Em seguida, listam-se os modos de falha possíveis (por exemplo, falha do motor ou desgaste do freio) e os efeitos decorrentes, como parada de produção ou risco de acidente.

Cada falha é avaliada segundo três critérios: severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). A multiplicação desses fatores resulta no RPN (Risk Priority Number), que permite priorizar ações preventivas ou preditivas, direcionando os esforços de manutenção para os itens de maior risco.

Os indicadores MTBF (Mean Time Between Failures) e MTTR (Mean Time To Repair) são fundamentais para avaliar a confiabilidade e a eficiência da manutenção.

O MTBF é obtido dividindo-se o tempo total de operação (uptime) pelo número de falhas ocorridas, representando o tempo médio entre falhas. Já o MTTR corresponde ao tempo médio gasto para reparar um equipamento após a ocorrência de uma falha.

Com base nesses valores, também é possível calcular a disponibilidade operacional do ativo, que indica a capacidade de permanecer em operação de forma contínua, sendo um importante indicador da eficiência da manutenção e da confiabilidade do sistema produtivo.

O Microsoft Project é uma ferramenta essencial para o planejamento e gerenciamento de projetos, oferecendo diversas funcionalidades que auxiliam na organização e execução de atividades. No planejamento de projetos, ele permite criar cronogramas detalhados, definindo datas de início e término de cada tarefa, bem como estabelecer dependências entre atividades, como “início após término” ou “início concomitante a outra tarefa”. Além disso, facilita a visualização do fluxo de trabalho por meio de diagramas de Gantt, que representam as atividades em barras ao longo do tempo, proporcionando uma compreensão clara do progresso do projeto.

Na gestão de recursos, o MS Project possibilita cadastrar recursos humanos, equipamentos e materiais necessários para cada atividade, além de controlar sua alocação e disponibilidade, evitando sobrecarga ou conflitos entre tarefas. Quanto ao controle de prazos e custos, a ferramenta permite acompanhar o andamento das atividades, ajustando o cronograma diante de alterações, bem como estimar e gerenciar os custos do projeto, associando despesas a recursos e tarefas específicas.

Outra funcionalidade importante é a análise e geração de relatórios automáticos, que apresentam o status do projeto, o desempenho dos recursos e a

conclusão das atividades. Isso facilita a comunicação com a equipe e a gestão, evidenciando claramente quais tarefas estão atrasadas ou concluídas.

No contexto da manutenção industrial, o MS Project pode ser aplicado de maneira prática para planejar paradas programadas de máquinas ou linhas de produção, organizar equipes e materiais necessários para cada manutenção, além de antecipar riscos e definir prioridades. Dessa forma, garante-se que os serviços críticos sejam executados sem comprometer a produção, aumentando a eficiência e a confiabilidade das operações.

### **3.1 MANUTENÇÃO X PLANEJAMENTO**

A manutenção, quando dissociada do planejamento, tende a assumir um caráter puramente reativo, baseado em ações corretivas após a ocorrência de falhas. Esse modelo, embora ainda comum em algumas indústrias, resulta em paradas não programadas, perdas de produção, aumento de custos operacionais e riscos à segurança dos colaboradores

Por outro lado, o planejamento estratégico da manutenção transforma essa atividade em um processo proativo, orientado pela análise de dados, indicadores de desempenho e conhecimento técnico. Com isso, é possível programar intervenções com antecedência, alocar recursos de forma eficiente, reduzir o tempo de inatividade e aumentar a vida útil dos ativos.

A integração entre manutenção e planejamento permite:

- Otimizar o uso de mão de obra, ferramentas e peças de reposição;
- Reduzir o impacto das intervenções no processo produtivo;
- Priorizar ativos críticos com base na análise de risco e criticidade;
- Alinhar a manutenção aos objetivos estratégicos da empresa.

Nesse contexto, ferramentas como Análise de Criticidade, 5W2H, SWOT e indicadores como MTBF (tempo médio entre falhas) e MTTR (tempo médio para reparo) se tornam essenciais para transformar a manutenção em um instrumento de vantagem competitiva.

Portanto, manutenção e planejamento não são áreas isoladas, mas sim complementares e interdependentes. O sucesso da manutenção depende

diretamente da qualidade do planejamento, e este, por sua vez, só é efetivo quando fundamentado em dados reais e práticas bem executadas de manutenção.

#### **4. METODOLOGIA**

Este estudo foi desenvolvido com base em uma abordagem qualitativa e descritiva, utilizando como referência uma unidade siderúrgica de médio a grande porte localizada no estado de Minas Gerais, que atua na produção de aços longos e derivados. O objetivo principal é demonstrar a aplicação prática do planejamento estratégico de manutenção em ambientes industriais de alta complexidade e intensidade operacional.

#### **5. ESTUDO DE CASO**

Para melhor entendimento do tema abordado, foi utilizado uma unidade siderúrgica de médio a grande porte, localizada em Minas Gerais, desempenha um papel estratégico na produção de aços longos e derivados, atendendo a setores essenciais como construção civil, infraestrutura e indústria automotiva. Com uma estrutura industrial complexa e um processo produtivo contínuo, essa planta opera com altos níveis de exigência operacional, o que impõe desafios constantes à gestão da manutenção.

A confiabilidade e a disponibilidade dos ativos industriais como laminadores, fornos, motores elétricos de grande porte, sistemas hidráulicos e trocadores de calor, são fatores determinantes para o desempenho da produção. Nesse contexto, a manutenção deixa de ser apenas uma função corretiva e assume um papel estratégico, exigindo planejamento, monitoramento contínuo e aplicação de tecnologias que garantam a integridade dos equipamentos.

A ausência de um planejamento adequado pode resultar em falhas inesperadas, interrupções na linha de produção, aumento dos custos operacionais e redução da qualidade dos produtos. Por isso, a adoção de práticas de manutenção preventiva, preditiva e proativa, aliadas a ferramentas de gestão estratégica, torna-se essencial para garantir a eficiência, a segurança e a sustentabilidade das operações industriais.

A planta de uma usina siderúrgica opera em um ambiente de alta intensidade, com processos produtivos que exigem a manutenção constante de

equipamentos pesados e sistemas complexos. A falha de qualquer um desses sistemas pode resultar em longos períodos de inatividade, impactando significativamente a produção e gerando altos custos.

Na unidade, já foi realizado estudo e banco de dados, onde cada área tem seu tempo correto para realizar uma manutenção preventiva, evitando a quebra de equipamentos fora de hora e perda de produção. No processo siderúrgico e dividido em redução, aciaria e Laminação.

Na área de laminação da usina siderúrgica, a manutenção preventiva é realizada em intervalos regulares de 15 dias de produção, conforme estabelecido no planejamento estratégico de manutenção. Esse intervalo é definido com base na análise de desgaste dos componentes críticos do processo, especialmente os rolos do laminador, com isso realizamos intervenção programada no motor do bloco acabador, um dos equipamentos críticos na linha de laminação. A operação desse motor é essencial para a continuidade da produção, e uma falha inesperada pode gerar prejuízos significativos, como perda de material, geração de sucata e quebra do canal de laminação.

Durante a intervenção, são executadas as seguintes atividades, conforme o planejamento estratégico:

- **Inspeção e substituição das escovas:** O motor é desmontado para acesso às escovas, avaliadas quanto ao nível de desgaste. Caso as medidas estiverem abaixo do limite recomendado pelo fabricante, é realizada a substituição. A verificação adequada das escovas é fundamental para evitar falhas de contato elétrico, que podem comprometer o funcionamento do motor.

**Figura 4 - Motor do bloco.**



**Fonte:** Elaborada pelo autor (2025).

**Figura 5 - Escova do Motor do bloco**



**Fonte:** Elaborada pelo autor (2025).

- **Aperto dos componentes internos:** Após a abertura do motor, são inspecionados e reapertados todos os componentes mecânicos e elétricos, como terminais, suportes e conexões, garantindo a integridade do sistema durante a operação.
- **Manutenção do trocador de calor:** O trocador de calor é revisado, assegurando a dissipação térmica eficiente e evitando superaquecimentos, que são causas comuns de falhas em motores de alta potência.

- Teste de isolamento com megôhmetro (teste de “mega”):** É aplicada uma medição de resistência de isolamento entre os enrolamentos e a carcaça do motor. Essa verificação é essencial para identificar possíveis deteriorações no isolamento elétrico. Em caso de resistência abaixo dos níveis aceitáveis, seria necessário localizar e corrigir o ponto de fuga de tensão, prevenindo curto-circuito ou queima do motor.

A realização desses procedimentos preventivos garante que o motor opere com maior confiabilidade, evitando paradas inesperadas que podem comprometer toda a linha de produção. Um motor como esse, ao falhar repentinamente, pode causar interrupção no fluxo do material laminado, resultando em parada de máquina, perda de produtividade, produção de sucata e necessidade de manutenção corretiva emergencial, muitas vezes com maior custo e tempo de inatividade.

**Figura 6 - Cronograma da troca do Motor do bloco**

Id	RESPONSÁVEL	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Sex, 30/Maio				Sáb, 31	
						18	0	6	12	18	0
1	GLG	<b>TROCA DO MOTOR DO BLOCO</b>	<b>16,88 hrs</b>	<b>09:00</b>	<b>01:53</b>						
2		<b>ITENS PRÉ PREVENTIVA</b>	<b>16,88 hrs</b>	<b>09:00</b>	<b>01:53</b>						
3		DESLOCAMENTO PARA LOCAL DA ATIVIDADE	15 mins	09:00	09:15						
4		PARTICIPAR DO MOMENTO DE SEGURANÇA - DDS	20 mins	09:15	09:35						
5		ASSINAR E APROVAR APR E ORDEM.	20 mins	09:15	09:35						
6		<b>TROCAR MOTOR DO BLOCO</b>	<b>16,3 hrs</b>	<b>09:35</b>	<b>01:53</b>						
7		EFETUAR BLOQUEIO DE AFETADO, ASSINAR CARTA DE BLOQUEIO	5 mins	09:35	09:40						
8	ELE	DESCONECTAR CABOS DO GERADOR DE PULSO	20 mins	09:40	10:00						
9	ELE	IDENTIFICAR E DESCONECTAR CABOS DE CAMPO 6 CABOS	20 mins	10:00	10:20						
10	ELE	IDENTIFICAR CABOS DO CIRCUITO DE ARMADURA E DESCONECTAR 2 CABOS	20 mins	10:20	10:40						
11		REMOVER PROTEÇÃO DO ACOPLAMENTO	10 mins	10:40	10:50						
12		FECHAR VÁLVULA DE ÁGUA DO TROCADOR DE CALOR	5 mins	10:50	10:55						
13		REMOVER OS PARAFUSO DE FIXAÇÃO DO TROCADOR DE CALOR	40 mins	10:55	11:35						
14		REMOVER TUBULAÇÃO DE ÁGUA DO TROCADOR DE CALOR	20 mins	10:55	11:15						
15		REMOVER TROCADOR DE CALOR COM PONTE ROLANTE ( 1500KG)	20 mins	11:15	11:35						
16	ELE	POSICIONAR PAPELÃO EM CIMA DO MOTOR, PARA PROTEÇÃO DO MOTOR	10 mins	11:35	11:45						
17	ELE	TROCAR FILTRO DO TROCADOR DE CALOR	60 mins	11:45	12:45						
18		DESACOPLAR O MOTOR NA MULTIPLICADORA E MOTOR	60 mins	11:45	12:45						
19		REMOVER PARAFUSO DE FIXAÇÃO DO MOTOR	60 mins	11:45	12:45						
20		REMOVER MOTOR COM PONTE ROLANTE (22000KG)	30 mins	12:45	13:15						
21		REMOVER CAPA DO ACOPLAMENTO	10 mins	13:15	13:25						
22		SACAR ACOPLAMENTO DO MOTOR VELHO	120 mins	13:25	15:25						
23		MONTAR ACOPLAMENTO NO MOTOR NOVO	120 mins	15:25	17:25						
24		REALIZAR LIMPEZA NA BASE DO MOTOR	20 mins	15:25	15:45						
25		MONTAR MOTOR NOVO NA BASE COM PONTE ROLANTE (22000KG)	40 mins	15:45	16:25						
26		PASSAR OS PARAFUSO DA BASE DO MOTOR	25 mins	16:25	16:50						
27		ACOPLAR O MOTOR NA MULTIPLICADORA E MOTOR	60 mins	16:25	17:25						
28		REALIZAR O ALINHAMENTO DO MOTOR	300 mins	17:25	22:25						
29		APERTA OS PARAFUSO DA BASE DO MOTOR	30 mins	22:25	22:55						
30		MONTAR TROCADOR DE CALOR EM CIMA DO MOTOR COM PONTE ROLANTE (	20 mins	22:55	23:15						
31		MONTAR OS PARAFUSO DE FIXAÇÃO DO TROCADOR DE CALOR	40 mins	23:15	23:55						
32		MONTAR TUBULAÇÃO DE ÁGUA DO TROCADOR DE CALOR	30 mins	23:15	23:45						

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

**Figura 7 - Cronograma da troca do Motor do bloco**

Id	RESPONSÁVEL	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Sex, 30/Maio	Sáb, 31
33		ABRIR VÁLVULA DE ÁGUA O TROCADOR DE CALOR	5 mins	23:45	23:50	18	0
34		REALIZAR LUBRIFICAÇÃO DO ACOPLAMENTO	60 mins	22:55	23:55	6	12
35		MONTAR PROTEÇÃO DO ACOPLAMENTO	38 mins	23:45	00:23	18	0
36	ELE	CONECTAR CABOS DO GERADOR DE PULSO	30 mins	00:23	00:53		
37	ELE	CONECTAR CABOS DE CAMPO	30 mins	00:53	01:23		
38	ELE	CONECTAR CABOS DO CIRCUITO DE ARMADURA	30 mins	01:23	01:53		

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2025).

A ausência de manutenção preventiva no motor do bloco do laminador pode acarretar sérios prejuízos à produtividade da planta industrial. Quando não há esse tipo de manutenção, a falha repentina do motor exige sua substituição imediata, gerando um tempo de parada estimado em 16,88 horas, considerando apenas o período necessário para a troca do equipamento. Este tempo representa aproximadamente 70% de um turno de 24 horas, impactando significativamente na produção diária.

Além do tempo técnico para substituição, existem impactos colaterais relevantes. A parada súbita do laminador pode causar o travamento de material entre as gaiolas, o que frequentemente obriga cortar manualmente o material no laminador com maçarico, já que o metal solidifica rapidamente quando não há continuidade no processo. Tais situações elevam os custos operacionais e podem comprometer a integridade de outros componentes da linha de produção.

Para mitigar esses riscos, a organização adota uma estratégia de manutenção preventiva no motor do bloco, realizada a cada quinze dias. Essa atividade é executada durante as paradas programadas do laminador e possui duração média de sete horas. Ainda que represente uma parada produtiva, esse tempo é significativamente inferior ao de uma eventual manutenção corretiva, além de garantir maior previsibilidade e segurança ao processo.

Dessa forma, a manutenção preventiva, mesmo implicando em paradas regulares, revela-se essencial para a continuidade operacional e a preservação dos equipamentos, justificando-se plenamente pela relação custo-benefício e pelo menor impacto na produtividade.

**Figura 8 - Tabela Preventiva x Corretiva**

<b>Tabela Comparativa: Manutenção Preventiva x Corretiva</b>		
<b>Critério</b>	<b>Manutenção Preventiva</b>	<b>Manutenção Corretiva (em caso de falha)</b>
<b>Frequência</b>	A cada 15 dias	Eventual, após falha
<b>Tempo médio de parada</b>	7 horas	16,88 horas
<b>Planejamento</b>	Sim (durante parada do laminador)	Não (ocorre de forma inesperada)
<b>Impacto na produção</b>	Planejado, Baixo	Alto - Perca de produção
<b>Danos secundários</b>	Nenhum	Material(metal) solidifica rapidamente pelo laminador, danificação de outros componeste elétricos e mecânicos do laminador
<b>Custo operacional</b>	Menor (controlado e previsto)	Maior (tempo, mão de obra, peças)
<b>Segurança operacional</b>	Elevada	Reduzida

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2025).

Na área da redução da usina siderúrgica, a manutenção preventiva é realizada em intervalos de 60 dias de produção, conforme estabelecido no planejamento estratégico de manutenção. O intervalo é definido com base na análise de desgaste em equipamentos do forno, já que o mesmo não consegue fazer intervenção com operação, com isso realizamos intervenção programada no motor do soprador.

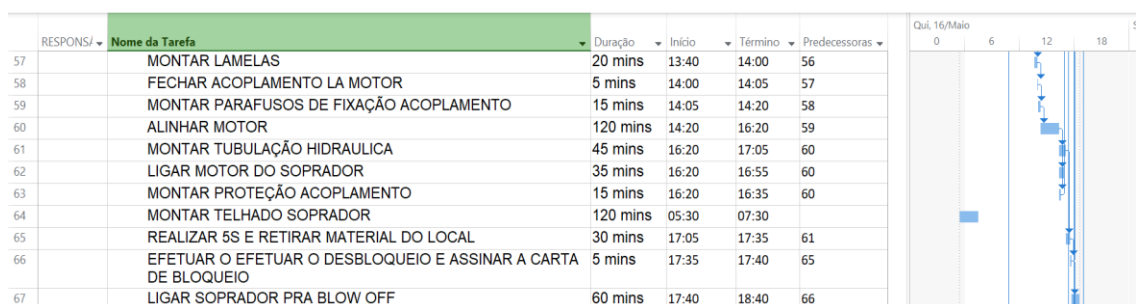
O soprador é um equipamento essencial para o funcionamento do forno, pois tem a função de injetar ar quente em seu interior, contribuindo diretamente para a manutenção da temperatura ideal do processo. Seu motor é considerado crítico, pois qualquer falha pode comprometer a estabilidade térmica e a eficiência operacional do forno. Por isso, realizamos manutenções programadas com base em critérios de desgaste e desempenho, garantindo sua confiabilidade e evitando paradas não planejadas.

**Figura 9 – Cronograma da troca do motor do Soprador.**



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

**Figura 10 – Cronograma da troca do motor do Soprador.**



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A ausência de manutenção preventiva no motor do soprador representa um risco significativo para a estabilidade e a continuidade do processo de produção na unidade de redução. Em caso de falha, o tempo estimado para a substituição do motor gira em torno de 13,17 horas, representando mais da metade de um ciclo produtivo de 24 horas. Tal paralisação compromete não apenas o desempenho do soprador, como também afeta diretamente outras etapas do processo siderúrgico.

O soprador é responsável pela injeção de ar no alto-forno, essencial para a combustão e manutenção da temperatura necessária para a produção de gusa líquido. Com sua falha, a redução da produção afeta o fornecimento de gusa para a aciaria, exigindo maior uso de sucata metálica e, conseqüentemente, aumento no consumo de energia elétrica para fundi-la, elevando os custos operacionais.

Além disso, a limitação do fornecimento de gás de alto-forno impacta negativamente a laminação, forçando o uso de gás natural (GN) como alternativa para aquecimento, o que encarece ainda mais o processo. A interdependência entre os setores evidencia que a falha de um único componente, como o motor do soprador, gera efeitos em cadeia que comprometem toda a produtividade da planta.

Para evitar esses prejuízos, adota-se a manutenção preventiva do soprador a cada sessenta dias, com duração média de quatro horas. Esse procedimento é realizado durante as paradas programadas do forno, minimizando impactos e garantindo a confiabilidade operacional do sistema.

**Figura 11 - Tabela Preventiva x Corretiva**

<b>Tabela Comparativa: Manutenção Preventiva x Corretiva</b>		
<b>Critério</b>	<b>Manutenção Preventiva</b>	<b>Manutenção Corretiva (em caso de falha)</b>
<b>Frequência</b>	A cada 60 dias	Eventual, após falha
<b>Tempo médio de parada</b>	4 horas	13,17 horas
<b>Planejamento</b>	Sim (durante parada programada do forno)	Não (ocorre de forma inesperada)
<b>Impacto na produção de gusa</b>	Nenhum	Alto (interrupção do alto-forno)
<b>Impacto no fornecimento de gás ao forno</b>	Controlado, laminador lamina material a quente da aciaria	Redução, afetando a laminação
<b>Efeito sobre a aciaria</b>	Nenhum, Pois Aciaria controla.	Falta de gusa, maior uso de energia elétrica
<b>Custo do processo</b>	Controlado	Elevado (energia + GN + tempo perdido)
<b>Segurança e confiabilidade</b>	Elevadas	Reduzidas

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2025).

A aplicação do planejamento estratégico na manutenção industrial demonstra-se altamente eficaz, especialmente em ambientes produtivos complexos como o setor siderúrgico. A partir da adoção de ações proativas, pelas inspeções técnicas regulares e no monitoramento contínuo das condições operacionais dos equipamentos, é possível antecipar falhas, tomar decisões com base em dados confiáveis e alinhar a manutenção às metas operacionais da planta.

Em processos siderúrgicos, nos quais há uma forte interdependência entre setores como redução, aciaria e laminação, falhas inesperadas em equipamentos críticos, como motores de sopradores ou motor dos blocos do

laminador, podem ocasionar perdas produtivas extremamente elevadas, tanto em termos de tempo quanto de recursos financeiros. A parada de um soprador, por exemplo, interrompe o fornecimento de ar ao alto-forno, afetando a geração de gusa e, por consequência, a alimentação da aciaria. Isso exige maior uso de sucata metálica, o que acarreta aumento expressivo no consumo de energia elétrica. Da mesma forma, a falha do motor de bloco pode travar o material entre as gaiolas do laminador, exigindo manobras de emergência, como a quebra da mesa, e provocando perdas superiores a 16 horas de produção.

Nessas circunstâncias, os prejuízos não se limitam à indisponibilidade de máquinas, mas afetam diretamente a produtividade da planta como um todo, elevam os custos variáveis e impactam o atendimento à demanda. O planejamento estratégico da manutenção, aliado a práticas preventivas bem estruturadas, é fundamental para garantir a disponibilidade dos ativos industriais, manter o fluxo de produção contínuo e evitar falhas com alto custo operacional. Dessa forma, a organização reduz a imprevisibilidade, assegura maior confiabilidade ao processo e promove a sustentabilidade técnica e econômica de suas operações.

## 6. CONCLUSÃO

O presente trabalho evidenciou a importância do planejamento estratégico na manutenção industrial, destacando como sua aplicação contribui para a confiabilidade, a eficiência operacional e a segurança dos processos.

A elaboração de planos de manutenção preventiva, apoiados em ferramentas como o *Microsoft Project*, mostrou-se eficaz para organizar atividades, otimizar recursos e reduzir falhas inesperadas em equipamentos críticos. Observou-se que a padronização das rotinas e a categorização das atividades em diferentes tipos de manutenção permitiram maior controle sobre os ativos, minimizando intervenções emergenciais e elevando a disponibilidade dos equipamentos.

Além disso, verificou-se que a manutenção preditiva desempenha um papel fundamental dentro do planejamento, pois permite antecipar falhas por meio de monitoramentos e análises de condição, como vibração, termografia, ultrassom e outros diagnósticos técnicos. A incorporação dessas técnicas ao planejamento eleva a precisão das intervenções, reduz o risco de paradas inesperadas e aumenta a confiabilidade dos ativos, tornando o processo de tomada de decisão mais assertivo e orientado por dados.

Os resultados analisados confirmaram que a adoção de um planejamento estruturado gera benefícios como:

- Redução de custos operacionais;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Melhoria na alocação da mão de obra;
- Maior confiabilidade das informações registradas;
- Incremento na segurança operacional.

Dessa forma, conclui-se que o planejamento de manutenção é um elemento essencial para a sustentabilidade e a competitividade industrial, devendo ser continuamente aperfeiçoado e adaptado às demandas produtivas.

Como trabalho futuro, sugere-se a ampliação do estudo com a aplicação de indicadores de desempenho, como *MTBF*, *MTTR* e disponibilidade operacional, de modo a mensurar de forma quantitativa os ganhos obtidos com o planejamento e subsidiar tomadas de decisão ainda mais assertivas.

## REFERÊNCIAS

- ASCHER, H.; FEINGOLD, H. *Repairable systems reliability: modeling, inference, misconceptions and their causes*. New York: Marcel Dekker, 1984.
- CHIAVENATO, I. **Administração: teoria, processo e prática**. 4. ed. São Paulo: Elsevier, 2005.
- GONÇALVES, L. P.; SILVA, F. R. **Manutenção e confiabilidade de equipamentos industriais: aplicações no setor siderúrgico**. São Paulo: Atlas, 2014.
- JARDIM, A. A.; AMÉRICO, S. D. **Manutenção de equipamentos industriais: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.
- JARDINE, A. K. S. *Maintenance, replacement, and reliability: theory and applications*. Boca Raton: CRC Press, 2006.
- JOHNSON, M. W.; CHRISTENSEN, C. M.; KAGERMANN, H. Reinventing your business model. **Harvard Business Review**, v. 86, n. 12, p. 50-59, 2008.
- KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de marketing**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2012.
- MOBLEY, R. K. **An introduction to predictive maintenance**. 2. ed. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2002.
- OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. Hoboken: Wiley, 2010.
- PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2004.
- PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- PEREIRA, Edmilson Caetano; OLIVEIRA, Livia da Silva; FIGUEIREDO, Suelânia Cristina Gonzaga de (Org.). **Gestão da Produção Industrial em Tópicos – Volume 1**. Belo Horizonte: Poisson, 2022. Disponível em: [https://poisson.com.br/livros/individuais/Gestao\\_Producao\\_Industrial/volume1/Gestao\\_Producao\\_Industrial\\_Vol1.pdf](https://poisson.com.br/livros/individuais/Gestao_Producao_Industrial/volume1/Gestao_Producao_Industrial_Vol1.pdf). Acesso em: 31 out. 2025.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- TÚLIO, D. P.; SOUZA, A. R. Gestão de manutenção na indústria siderúrgica: estudo de caso de implementação do TPM em uma usina de aço. **Revista de Engenharia de Produção**, v. 28, n. 4, p. 45-58, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/SVhm5tHjcGKbmD4Ng5fMjmC/>. Acesso em: 25 set. 2025. DOI: 10.1590/S0103-65132005000100005
- WIREMAN, T. **Total productive maintenance**. 2. ed. New York: Industrial Press, 2004.
- WRIGHT, P.; KROLL, M.; PARNELL, J. **Gestão estratégica: conceitos**. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- AAKER, D. A. **Strategic market management**. New York: Wiley, 2001.
- STEINER, G. A. **Strategic planning: what every manager must know**. New York: Free Press, 1979.

MINTZBERG, Henry; AHLSTRAND, Bruce; LAMPEL, Joseph. **Safári de estratégia: um roteiro pela selva do planejamento estratégico**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.