



UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

PROGRAMA DE CONTROLE DE MANUTENÇÃO EM EQUIPAMENTOS DE
GUINDAR EM OBRAS DE MONTAGEM ELETROMECAÂNICA DE GRANDE
PORTE

JOSUÉ CARRARA

MARINGÁ – PR
2024

JOSUÉ CARRARA

**PROGRAMA DE CONTROLE DE MANUTENÇÃO EM EQUIPAMENTOS DE
GUINDAR EM OBRAS DE MONTAGEM ELETROMECAÂNICA DE GRANDE
PORTE**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR – Universidade de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Pereira Calderaro

MARINGÁ – PR

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO
JOSUÉ CARRARA

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR – Universidade de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Pereira Calderaro

Aprovado em: ____ de _____ de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Nome do professor – (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

PROGRAMA DE CONTROLE DE MANUTENÇÃO EM EQUIPAMENTOS DE GUINDAR EM OBRAS DE MONTAGEM ELETROMECAÂNICA DE GRANDE PORTE

RESUMO

Este estudo se concentra no desenvolvimento e implementação de um Programa de Controle de Manutenção (PCM) para equipamentos de guindar nas indústrias de celulose, petroquímica e mineração. O trabalho busca a melhoria da segurança operacional e eficiência através da integração de tecnologias avançadas e treinamento especializado, destacando o papel das estratégias de manutenção proativa na redução de falhas de equipamentos e na melhoria do desempenho. A disponibilidade de um equipamento durante uma obra de construção e montagem em obras de grande porte é um fator crítico relacionado à segurança e cumprimento de cronogramas, e está ligada a gestão de manutenção dos equipamentos, onde a indisponibilidade resulta em impacto financeiro nas operações. O estudo de caso está relacionado à empresa de construção e montagem e levantamento de dados de supervisores e coordenadores de manutenção em empresas de locação de guindastes explorando a base documental, as orientações de colaboradores e as principais normas brasileiras e internacionais que deverão ser seguidas. Toda essa base de conhecimento resultou na elaboração de um plano de manutenção para guindastes, visando melhorar a gestão de manutenção do equipamento para mitigar as ocorrências de falhas.

Palavras-chave: Manutenção Proativa. Tecnologias de Monitoramento. Segurança Operacional. Manutenção Predicativa. Equipamentos de Guindar.

MAINTENANCE CONTROL PROGRAM FOR LIFTING EQUIPMENT IN LARGE-SCALE ELECTROMECHANICAL ASSEMBLY PROJECTS

ABSTRACT

This study focuses on the development and implementation of a Maintenance Control Program (MCP) for crane equipment in the pulp, petrochemical and mining industries. The work seeks to improve operational safety and efficiency through the integration of advanced technologies and specialized training, highlighting the role of proactive maintenance strategies in reducing equipment failures and improving performance. The availability of equipment during a construction and assembly project in large-scale projects is a critical factor related to safety and compliance with schedules, and is linked to equipment maintenance management, where unavailability results in a financial impact on operations. The case study is related to the construction and assembly company and data collection of maintenance supervisors and coordinators in crane rental companies exploring the documentary base, employee guidelines and the main Brazilian and international standards that must be followed. All this knowledge base resulted in the elaboration of a maintenance plan for cranes, aiming to improve equipment maintenance management to mitigate the occurrence of failures.

Keywords: Proactive Maintenance. Monitoring Technologies. Operational Safety. Predictive Maintenance. Lifting Equipment.

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho serão explorados aspectos da manutenção de equipamentos de guindar, essenciais na área de construção e montagem de indústrias, para apresentar como a eficiência e disponibilidade desses equipamentos são importantes para a segurança das operações e cumprimento de cronograma. Segundo Mobley (2008), a prática de manutenção correta está diretamente ligada à disponibilidade do equipamento, sendo a ferramenta principal para atingir a produtividade e eficiência dos equipamentos.

Kardec e Nascif (2009) reforçam que a manutenção adequada pode influenciar a lucratividade e a sustentabilidade das operações, afirmando que uma estratégia assertiva para as empresas se manterem competitivas está relacionada à conquista de novos territórios que requerem excelentes níveis de qualidade e produtividade.

Moubray (1997) investiga os principais fatores de operação e manutenção que afetam a disponibilidade operacional de ativos críticos, onde planejamento adequado de manutenção emergiu como um dos fatores chave, sendo que grandes corporações estão investindo significativamente na manutenção dos seus ativos para garantir eficiência e segurança. Frente aos problemas operacionais que dificultam a disponibilidade de equipamentos, é importante considerar uma análise de modos e efeitos de falhas em conjunto com um processo analítico de hierarquia para planejamento da manutenção.

Carvalho e Sobral (2021) identificaram os principais fatores de influência na disponibilidade operacional de ativos críticos, destacando que o planejamento da manutenção representou aproximadamente 21,16% dos casos, seguido pela gestão de sobressalentes, com cerca de 20,99%. O treinamento das equipes também foi um fator relevante, contribuindo com 13,82%.

Espinosa Fuentes (2006), conforme citado por Palomares (2019), desenvolveu uma metodologia que busca apoiar as decisões de manutenção ao integrar aspectos técnicos, administrativos, humanos e econômicos. Esse modelo fornece uma base sólida para que gestores de manutenção tomem decisões mais precisas, inovando na gestão de serviços de manutenção ao promover uma abordagem holística e estruturada para melhorias contínuas.

O setor de manutenção de seus equipamentos torna-se uma área estratégica para a garantia dos diferenciais de uma empresa de construção e montagem. Este estudo visa desenvolver um plano de manutenção para guindastes utilizados em grandes projetos, integrando tecnologias avançadas e práticas inovadoras de manutenção para melhorar a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos. A implementação deste plano tem o

potencial de reduzir problemas operacionais e minimizar o número de paradas não planejadas, resultando em melhorias significativas na eficiência operacional e na segurança, ajudando ao cumprimento de metas e prazos contratuais.

1.1. Objetivo

Este trabalho visa analisar o setor de manutenção de equipamentos de guindar em empresas de construção e montagem de grande porte que utilizam guindastes em suas operações. O objetivo principal é desenvolver um plano de manutenção para os guindastes, integrando tecnologias de monitoramento avançado e técnicas proativas de manutenção, com o intuito de minimizar problemas operacionais e melhorar a eficiência e a segurança das operações.

1.2. História e evolução dos guindastes

Os guindastes têm desempenhado um papel importante na construção e na indústria desde tempos antigos, evoluindo de estruturas simples para máquinas sofisticadas e altamente tecnológicas. Originalmente operados por tração humana ou animal, os guindastes foram transformados pela introdução de tecnologias hidráulicas e eletrônicas, permitindo maior precisão, capacidade de carga e eficiência (Kardec & Nascif, 2009). A modernização dos guindastes exigiu práticas de manutenção mais avançadas, especialmente em ambientes industriais de alta demanda.

A chegada dos guindastes hidráulicos e eletrônicos impulsionou a adoção de tecnologias de monitoramento contínuo e análise de dados, conforme observado por Mobley (2008) e Moubray (1997). O uso de sensores e sistemas de monitoramento em tempo real permite prever falhas, possibilitando intervenções mais precisas e menos disruptivas. A evolução dos guindastes trouxe também sistemas de controle mais sofisticados, exigindo manutenção de alta qualidade para garantir sua funcionalidade.

1.2. Tipologia

De acordo com a NBR 14768, um guindaste pode ser definido como um dispositivo de elevação que realiza movimentos de subida e descida e de de rotação, utilizado para transferência de materiais em operações industriais. Civita (1976) define guindastes como

equipamentos indispensáveis em projetos de grande porte, capazes de movimentar cargas tanto na vertical quanto na horizontal. No entanto, esses equipamentos exigem operação cuidadosa, uma vez que erros podem levar a acidentes graves, resultando em danos materiais e riscos à segurança dos trabalhadores.

- Guindastes Fixo: comumente usados em locais permanentes como portos ou grandes obras que exigem uma base sólida e fixação segura. A lança pode ser treliçada, telescópica ou articulada, dependendo das demandas de alcance e peso.



Figura 01: Guindaste fixo.

- Guindastes Móveis: sobre Caminhão (Rodoviário): facilitam o transporte rápido entre locais de trabalho. Normalmente possuem lança telescópica ou articulada telescópica, podendo ter modelos treliçados.



Figura 02: Guindaste móvel.

- Autopropelido (Sobre Rodas): equipamentos com mobilidade própria, projetados para operação em grandes áreas, geralmente possuem lanças telescópicas.



Figura 03: Guindaste sobre rodas.

- Sobre Esteiras: com capacidade para movimentação em terrenos irregulares, ideais para trabalhos pesados, com lanças treliçadas ou telescópicas, dependendo do alcance e capacidade de carga necessários.



Figura 04: Guindaste sobre esteiras

Os guindastes hidráulicos e treliçados representam ferramentas indispensáveis para operações de construção e montagem industrial. Como são utilizados para movimentação de grandes cargas, a segurança na operação é essencial. Instituições como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabeleceram diretrizes para manutenção desses equipamentos,

conforme descrito nas normas NBR 16463 e NBR 14768, que abordam as melhores práticas para inspeção e manutenção em guindastes de grande porte. Esses aspectos de segurança e manutenção serão abordados detalhadamente no próximo tópico.

1.3. Componentes dos guindastes

Alves e Marcondes (2021) afirmam que, graças aos avanços da ciência e da engenharia, há atualmente uma grande variedade de guindastes projetados para operações complexas de manuseio de carga, essenciais para atender às necessidades de diferentes setores industriais. Ao longo dos anos, esses equipamentos de movimentação e elevação foram adaptados para diversas aplicações, atendendo às demandas específicas da construção. Para compreender melhor o desenvolvimento deste trabalho, é essencial analisar a composição dos guindastes:

AS PRINCIPAIS PARTES DE UM GUINDASTE TELESCÓPICO SOBRE RODAS



ITEM	DESCRIÇÃO
1	CABINE DO MOTORISTA
2	SAPATA DO ESTABILIZADOR
3	CILINDRO DO ESTABILIZADOR
4	VIGA DO ESTABILIZADOR
5	CABINE DO OPERADOR
6	CILINDRO DE ELEVAÇÃO DA LANÇA
7	LANÇA TELESCÓPICA
8	BLOCO + GANCHO / MOITÃO
9	* SUPORTE DA LANÇA (Y)
10	CONTRAPESO TRASEIRO



Figura 05: Componentes dos guindastes.

A seguir, apresenta informações técnicas sobre as principais partes dos guindastes hidráulicos telescópicos:

Componente	Função
Lança Telescópica	Responsável pela elevação e extensão da carga, permitindo o alcance de diferentes alturas e distâncias.
Gancho	Conecta a carga ao guindaste e é utilizado para içamento e movimentação de materiais.
Cabine de Operação	Área onde o operador controla todas as funções do guindaste, equipada com <i>joysticks</i> e monitores para segurança e precisão.
Sistema Hidráulico	Fornece a força necessária para a movimentação dos componentes do guindaste, como a lança e o gancho.
Estabilizadores	Suportes extensíveis que garantem a estabilidade do guindaste durante a operação, distribuindo o peso e evitando tombamento.
Motor	Gera a energia necessária para o funcionamento do guindaste, incluindo a movimentação e o sistema hidráulico.
Contrapeso	Equipamento adicional que oferece equilíbrio e estabilidade durante operações com cargas pesadas.
Sistema de Giro	Permite a rotação da lança em 360 graus, facilitando o posicionamento e o alcance de materiais em diferentes pontos ao redor do guindaste.
Sistema de Controle Eletrônico	Permite a monitoração dos parâmetros operacionais e de segurança, ajudando a prevenir falhas e otimizar a eficiência do equipamento.

Quadro 01: Descrição de cada componente dos guindastes.

1.3. Contextualização

A manutenção é uma atividade necessária para o funcionamento contínuo e seguro dos sistemas industriais. O termo "manutenção" vem do latim *manus tenere*, que significa "manter o que se tem". Almeida (2018) descreve a manutenção como um conjunto de ações técnicas e administrativas destinadas a preservar e restaurar a funcionalidade dos equipamentos, sendo fundamental para a eficiência e segurança produtiva.

Conforme Da Silva (2018), uma boa manutenção deve estar integrada ao planejamento inicial do projeto, prevendo acessos simplificados para intervenções e priorizando a durabilidade dos componentes. Uma abordagem planejada na manutenção é importante, pois a ausência de um planejamento adequado pode inviabilizar o processo produtivo, aumentando custos e reduzindo a confiabilidade dos sistemas industriais.

2. JUSTIFICATIVA

A construção de grandes obras e complexos industriais demanda alta disponibilidade de equipamentos críticos, como guindastes, cuja falta pode causar atrasos, prejuízos financeiros e riscos à segurança. Marcorini e Lima (2003) destacam que os custos de manutenção incluem mão de obra e materiais, mas que os prejuízos maiores vêm da indisponibilidade e impactos negativos na reputação da empresa. Campos e Moura (2019) reforçam que a falta de confiabilidade compromete a competitividade organizacional, enquanto Carneiro (2019) observa que a indisponibilidade preocupa gestores, especialmente quando ligada a problemas de manutenção. Planos de manutenção, geralmente oferecidos pelos fabricantes, são comuns, mas não eliminam paradas inesperadas. Oliveira (2019) defende que políticas de manutenção aumentam a confiabilidade e continuidade das operações.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Histórico das práticas de manutenção

A evolução das práticas de manutenção na construção e montagem industrial acompanha o desenvolvimento tecnológico desses setores. Inicialmente, a manutenção era apenas corretiva, com ações realizadas após a ocorrência de falhas. A partir das décadas de 1950 e 1960, a crescente mecanização e a necessidade de evitar paradas não programadas impulsionaram o surgimento de práticas preventivas.

Azevedo (2022) destaca que as práticas de manutenção avançaram com a introdução de tecnologias de monitoramento em tempo real, possibilitando o uso de sensores e análise preditiva para prever falhas. Essa evolução é indispensável para setores como a mineração, onde guindastes e máquinas de grande porte são empregados intensivamente e dependem de alta confiabilidade para garantir a continuidade das operações.

3.2. Tipologias de Manutenção

As práticas de manutenção são classificadas em manutenção corretiva, preventiva e preditiva, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 5462:1994). Cada tipologia possui características distintas, aplicáveis conforme os objetivos específicos de manutenção:

Manutenção Corretiva: realizada após a ocorrência de uma falha, visa restaurar o equipamento à sua condição operacional. Bloom (2005) destaca que a manutenção corretiva, embora necessária em emergências, representa um custo elevado e, muitas vezes, não planejado. Teles (2017) relata que 69% das empresas brasileiras ainda adotam majoritariamente essa prática.

Manutenção Preventiva: baseada em intervalos regulares, a manutenção preventiva busca reduzir a probabilidade de falhas e manter a continuidade operacional. Segundo Otani e Machado (2008), essa prática minimiza interrupções e assegura a operacionalidade do equipamento. Michelin (2019) enfatiza que a eficácia da manutenção preventiva depende da correta definição dos intervalos de substituição de peças, evitando tanto falhas prematuras quanto intervenções desnecessárias.

Manutenção Preditiva: com base no monitoramento contínuo das condições dos equipamentos, essa tipologia utiliza tecnologias como análise de vibrações e termografia. A ABNT 5462 (1994) explica que a manutenção preditiva permite prever falhas antes que ocorram, reduzindo a necessidade de intervenções corretivas de emergência. Branco (2008) aponta que a manutenção preditiva prolonga a vida útil dos componentes e otimiza os recursos, enquanto Kardec e Nascif (2019) afirmam que ela permite flexibilidade e intervenções precisas sem interferir na operação dos equipamentos.

Essas tipologias são complementares e, quando aplicadas em conjunto, resultam em uma abordagem sólida e funcional, adaptada às necessidades dos diversos setores industriais. Amaral (2016) observa que a combinação de práticas corretivas, preventivas e preditivas constitui um sistema de manutenção eficiente, ampliando a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos.

3.3. Importância da manutenção de guindastes

Segundo Elwerfalli e Al-Maqesp (2021), a manutenção é crítica para a eficiência e segurança nas operações de construção e montagem. Nos setores de mineração e petroquímica, por exemplo, a disponibilidade de guindastes e outros equipamentos de elevação são fundamentais para manter o andamento dos projetos e evitar atrasos. Sahdom, Hoe e Dihllon (2019) reforçam a importância de um gerenciamento eficiente de manutenção, minimizando riscos e maximizando a confiabilidade dos ativos.

Dessa forma, as práticas de manutenção preventiva e preditiva são fundamentais para garantir a prontidão dos equipamentos e minimizar falhas inesperadas, contribuindo tanto para a eficiência operacional quanto para a redução de custos (Mobley, 2008).

Silveira (2015) ressalta que a manutenção nesses setores depende de uma abordagem integrada, considerando normas de segurança e produtividade. Para Postali e Picchetti (2006), projetos de grande porte, exigem decisões estratégicas que otimizem o ciclo de vida dos ativos e garantam a entrega dos projetos dentro dos prazos estipulados.

Os guindastes hidráulicos e treliçados representam ferramentas indispensáveis para operações de construção e montagem industrial. Como são utilizados para movimentação de grandes cargas, a segurança na operação é necessária. Instituições como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabeleceram diretrizes para manutenção desses equipamentos, conforme descrito nas normas NBR 16463 e NBR 14768, que abordam as melhores práticas para inspeção e manutenção em guindastes de grande porte. Esses aspectos de segurança e manutenção serão abordados detalhadamente no próximo tópico.

3.4. Normas que subsidiam a Operação e a Manutenção dos Guindastes

A manutenção de guindastes é regida por diversas normas e diretrizes que asseguram a segurança, eficiência e padronização dos processos. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece as principais diretrizes para a inspeção e manutenção de guindastes, abordando aspectos como segurança e durabilidade.

3.4.1. Normas Brasileiras

NBR 14768: regula a inspeção de guindastes móveis e articulados, incluindo os procedimentos necessários para verificar se os equipamentos atendem aos padrões de segurança exigidos.

NBR 16463: define diretrizes para a manutenção de guindastes automotivos, fornecendo orientações para inspeção, manutenção preventiva e ações corretivas, visando garantir a durabilidade e segurança dos equipamentos.

NBR ISO 55000: fornece diretrizes sobre a gestão de ativos, incluindo avaliação de risco e manutenção baseada em condições operacionais. Auxilia na implementação de práticas de manutenção preditiva para garantir a longevidade e a eficiência dos guindastes.

3.4.2. Normas Internacionais

ISO 12482: orienta o monitoramento da vida útil dos guindastes e outros equipamentos, permitindo a execução de manutenções preditivas e preventivas baseadas em análises de desgaste e condições operacionais.

ISO 9927-1: fornece diretrizes de inspeção para diferentes tipos de guindastes, abordando critérios de manutenção, detecção de defeitos e medidas corretivas necessárias para garantir a operação segura dos equipamentos.

ISO 4309: define os procedimentos de inspeção e manutenção de cabos de aço, componentes essenciais dos guindastes, assegurando a sua integridade e segurança nas operações de elevação.

3.4.3. Normas Americanas

ASME B30.5: regula a operação segura de guindastes móveis e guindastes de esteira, abordando tanto a manutenção quanto os requisitos operacionais. Essa norma é uma das principais referências para garantir a conformidade de segurança nos guindastes utilizados em diversos setores industriais.

OSHA 1910.180: regula a inspeção, operação e manutenção de guindastes móveis e de esteira. Essa norma visa reduzir acidentes e melhorar a segurança durante as operações de elevação.

ASME B30.3: estabelece requisitos para guindastes de construção, abordando os aspectos de operação, inspeção e manutenção com foco em segurança.

As normas, em conjunto com as regulamentações específicas de cada país, constituem a base para a operação segura e a manutenção de guindastes, sendo indispensáveis para a proteção dos trabalhadores e a continuidade das operações. Essas diretrizes estabelecem uma estrutura sólida que promove a segurança e a eficiência no setor de construção e montagem. A adoção dessas práticas normativas não apenas minimiza os riscos, mas também maximiza a vida útil dos equipamentos, configurando-se como um alicerce essencial para a competitividade e a sustentabilidade das indústrias da construção.

- Requisitos de Treinamento: necessidade de treinamento adequado para operadores e pessoal envolvido nas operações de sinalização.
- Inspeções: frequência e critérios específicos para inspeções de equipamentos, garantindo a segurança antes e durante as operações.

- **Procedimentos Operacionais:** diretrizes para operações seguras, considerando fatores como condições climáticas e a proximidade de linhas de energia elétrica, que podem afetar a segurança nas operações de elevação.

A conformidade com a OSHA 29 CFR 1926 Subparte CC é obrigatória nos Estados Unidos e complementa a ASME B30.5, oferecendo uma abordagem abrangente para a segurança na operação de guindastes móveis em ambientes de construção e montagem.

Para ilustrar a estrutura de um plano de operação e manutenção baseado na ASME B30.5, a seguir é apresentado um fluxograma adaptado, destacando as principais etapas envolvidas:



Figura 06: Fluxograma

Este fluxograma representa uma visão geral das etapas críticas delineadas na ASME B30.5, fundamentais para assegurar uma operação segura e eficiente dos guindastes móveis, conforme exigido pelo setor de construção e montagem.

Os institutos normativos vêm constantemente contribuindo com a indústria por meio de atualizações e melhorias contínuas nas normas aplicáveis, e o setor de equipamentos de movimentação de cargas não é exceção, conforme discutido ao longo deste trabalho. A combinação dos conceitos acadêmicos com os artigos normativos constitui uma ferramenta para a gestão de manutenção de qualquer equipamento na indústria da construção. Assim sendo, o próximo capítulo abordará os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho.

3.5. Planejamento e organização dos planos de manutenção

A gestão de manutenção eficiente exige um planejamento meticuloso e uma estrutura organizacional sólida. Bussacaro e Azzolini (2019) afirmam que um bom plano de manutenção, elaborado com base em normas e diretrizes, assegura maior disponibilidade dos equipamentos e minimiza custos com paradas não planejadas. O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), segundo Reis (2021), organiza e prioriza as atividades, reduzindo o tempo de inatividade e otimizando o uso de recursos.

Chaves (2019) discute ferramentas de gestão que auxiliam no processo, como o Círculo de Controle de Qualidade (CCQ) e a Manutenção Produtiva Total (MPT), que proporcionam uma visão integrada e aumentam a eficiência organizacional. Relvas e Mendonça (2019) destacam que um plano de manutenção bem estruturado permite identificar falhas potenciais e otimizar o uso de recursos, garantindo a confiabilidade do sistema.

Ademais, as práticas complementares, como indicadores de desempenho (KPIs), ajudam a monitorar a eficácia dos planos e possibilitam ajustes contínuos. Xenos (1998) aponta que um excelente plano deve incluir a categorização dos equipamentos conforme sua importância para o sistema produtivo, a definição de métodos específicos de manutenção e a documentação detalhada de todas as intervenções realizadas, criando um histórico essencial para a melhoria contínua das práticas de manutenção.

3.6. Checklist de inspeção pré-operacional

A inspeção pré-operacional é essencial para assegurar que os guindastes estejam em condições adequadas de uso antes do início das atividades. O *checklist* adaptado apresentado a seguir constitui uma ferramenta prática para operadores e equipes de manutenção, abordando os principais itens de seleção com base nas melhores práticas da indústria

Esse instrumento facilita a identificação de condições inseguras ou potenciais danos, promovendo a segurança operacional e contribuindo para a extensão da vida útil dos guindastes. A realização sistemática dessas verificações regulares minimiza o risco de falhas em campo e aumenta a confiabilidade do equipamento, em conformidade com as recomendações de Relvas e Mendonça (2019).

3.7. Importância da manutenção preditiva e preventiva

A aplicação de práticas de manutenção preditiva e preventiva é o ponto chave para a segurança e a funcionalidade contínua dos guindastes móveis. A manutenção preditiva, que inclui técnicas como monitoramento de vibrações e análise térmica, permite identificar e corrigir falhas potenciais antes que causem interrupções operacionais. A manutenção preventiva, por sua vez, é planejada em intervalos regulares para assegurar que os componentes críticos estejam sempre em boas condições.

3.8. Segurança e gestão de riscos na manutenção

A manutenção no setor de construção e montagem exige um foco rigoroso em segurança e gestão de riscos. Durante as atividades de manutenção, é comum que ocorram acidentes devido a falhas mecânicas, complexidade das tarefas, exaustão dos funcionários e procedimentos inadequados. Conforme Alharran (2022), a gestão da manutenção requer uma cultura de segurança que inclui treinamento contínuo e revisões frequentes dos procedimentos para reduzir riscos e aumentar a confiabilidade dos equipamentos.

Esses conceitos destacam que a manutenção se consolidou como um fator estratégico para a continuidade e o sucesso das operações de construção e montagem. Na sequência, o estudo abordará as variações de guindastes aplicados nessas indústrias e a importância de planos de manutenção específicos para esses ativos críticos.

3.9. Tecnologias e tendências na manutenção de guindastes

Com o avanço da tecnologia, as práticas de manutenção tornaram-se mais sofisticadas. Hoje, ferramentas de diagnóstico avançado, como sensores IoT e sistemas de monitoramento remoto, permitem o acompanhamento em tempo real das condições dos equipamentos. Segundo Kardec e Nascif (2019), o uso de tecnologias como inteligência artificial e análise preditiva de dados tornou possível prever falhas de forma mais precisa, minimizando tempos de inatividade e aumentando a confiabilidade dos equipamentos.

A integração da Indústria 4.0 no campo da manutenção possibilita que decisões sejam tomadas com base em dados em tempo real, aumentando a eficácia das práticas de manutenção. Silva (2021) argumenta que o uso de IA e IoT permite a evolução das práticas de manutenção de reativas para preditivas e proativas, adaptando-se melhor às demandas modernas.

4. METODOLOGIA

Este trabalho utiliza a metodologia de estudo de caso, com foco na análise de fenômenos de indisponibilidade de equipamentos amplamente utilizados no setor de construção e montagem, especialmente nas indústrias de celulose, mineração e petroquímica. Tais fenômenos têm como base uma gestão inadequada da manutenção dos equipamentos, o que motivou a elaboração de diretrizes de manutenção para aumentar a disponibilidade e confiabilidade destes ativos.

Para Branski, Franco e Lima Júnior (2010), o estudo de caso mostra-se como uma técnica de pesquisa específica que normalmente utiliza dados qualitativos adquiridos de ocorrências reais. Seu objetivo principal é analisar, investigar ou retratar fenômenos atuais dentro de seus respectivos contextos. Estudos de caso são conhecidos por seu exame meticuloso de um número limitado de assuntos, ou até mesmo de um único objeto de estudo, resultando em uma compreensão profunda.

Goode e Hatt (1979) apontam que utilizar um estudo de caso é um método eficaz para organizar os dados, preservando a integridade do objeto que está sendo estudado. Os autores consideram a unidade em sua totalidade – seja um equipamento, um sistema de gestão ou um processo de manutenção, uma vez que a compreensão completa de um objeto é fundamental para o contexto específico da pesquisa. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso se configura como uma investigação realística e completa, que envolve um processo metodológico de planejamento, coleta e análise de dados.

A abordagem permite abranger estudos de caso únicos ou múltiplos, acomodando metodologias qualitativas e quantitativas. Yin também destaca o estudo de caso como uma ferramenta valiosa para explorar novos conceitos, bem como examinar como diferentes componentes de uma teoria podem ser aplicados na prática.

De acordo com a estratégia de pesquisa de Lüdke e André (1986), o estudo de caso abrange a análise de um caso específico e bem definido, podendo ser concreto ou abstrato, mas com qualidades únicas que oferecem uma perspectiva educacional. Os autores enfatizam o valor de casos naturalísticos, que fornecem dados descritivos com uma abordagem aberta para examinar realidades complexas e contextualizadas.

Calixto (2009) salienta a importância da metodologia de pesquisa na definição dos métodos para abordar um problema específico. O autor descreve três estratégias principais para o estudo de caso:

- Exploratória – ideal quando o conhecimento sobre o tópico é limitado, ajudando a construir teorias e desenvolver hipóteses para futuras pesquisas.
- Descritiva – usada para fornecer um retrato detalhado das características de um fenômeno e para estabelecer correlações entre variáveis, sem interferência do pesquisador.
- Explicativa – reconhece o impacto de uma ou mais variáveis sobre um fenômeno específico, estabelecendo relações causais ou explicativas.

Para esta pesquisa, optou-se pelo modelo explicativo, com o objetivo de compreender os processos de manutenção e sua relação com a disponibilidade dos equipamentos no contexto específico da construção e montagem nas indústrias. Na seção 3.1, a companhia objeto do estudo será contextualizada. Por razões de confidencialidade, informações que possam identificar a empresa não serão registradas. Certos dados serão apresentados para dar suporte à análise, mas de forma que respeite a proporcionalidade e a privacidade da companhia.

4.1. Contextualização da Empresa

A Empresa X é uma organização nacional de grande porte, reconhecida como referência no setor de construção e montagem eletromecânica no Brasil. Com atuação consolidada nos segmentos de mineração, celulose, petroquímica e infraestrutura, a companhia se destaca pela execução de projetos de alta complexidade e ampla escala. Sua presença estratégica em diversas regiões do país permite atender empreendimentos industriais de grande porte, garantindo excelência nas operações de construção, montagem de construção e ampliação de plantas industriais.

4.2. Estrutura Organizacional da Empresa X

A Empresa X possui uma estrutura organizacional dividida em setores especializados para atender demandas internas. Apesar de sua estrutura hierárquica, as lideranças dos setores contam com autonomia para a tomada de decisão. O organograma da liderança da empresa, destaca suas três áreas funcionais.

- Organograma da liderança da empresa X:
- X engenharia
- X construção e montagem

- X máquinas e equipamentos

Todos os gerentes dos departamentos no Brasil reportam-se diretamente ao Diretor da América do Sul, responsável por relatar o desempenho das operações às lideranças globais. O departamento de máquinas e equipamentos é o objeto deste estudo de caso é subdividido em três linhas de atuação:

- Aquisição de ativos
- Locação
- Manutenção e reforma

Sob a liderança do gerente de equipamentos, as áreas de atuação incluem: locação de equipamentos para as obras em andamento; planejamento de aquisição de equipamentos novos com base nos novos contratos; fiscalização, inspeção e manutenção de equipamentos de terceiros locados para empresa e suporte de manutenção nas obras em andamento.

5. POLÍTICA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES

Com o compromisso de proporcionar um ambiente de trabalho seguro, a Empresa X implementou a política de Cartão de Observação de Segurança, com base na norma ISO 31000. Essa ferramenta permite identificar e corrigir riscos potenciais, contribuindo para a prevenção de acidentes. A metodologia utilizada é fundamentada na pirâmide de *Bird* e Germain (1985), que aponta a relação entre acidentes graves e eventos de menor intensidade. A Figura 9 apresenta a Pirâmide de *Bird*.

Pirâmide de *Bird*



Figura 07: Pirâmide de *Bird*

6. GESTÃO DE FROTA E CONTROLE DE MANUTENÇÃO

A Empresa X utiliza um *software* exclusivo de gestão de frota e manutenção, facilitando o gerenciamento de ativos e monitoramento de equipamentos em tempo real. Este sistema organiza informações relevantes, como históricos de manutenção e detalhes técnicos, permitindo que os colaboradores de diferentes setores acompanhem e colaborem nas solicitações de qualquer lugar ou obra em andamento.

A estrutura do setor de máquinas e equipamentos da Empresa X é composta por um grupo de supervisores, técnicos mecânicos e eletrônicos lotados em cada obra em andamento. Os profissionais são divididos em subgrupos especializados e contam com, supervisor especialista, técnico mecânico, técnico eletrônico, lubrificadores e auxiliares de oficina. Essa organização garante um atendimento eficiente e ágil às demandas das obras, permitindo à Empresa X responder prontamente às necessidades operacionais. Como resultado, a empresa eleva os níveis de satisfação e minimiza o tempo de inatividade dos equipamentos, contribuindo para a continuidade e a eficácia das operações.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base em um estudo de caso sobre falhas na gestão de manutenção de um guindaste telescópico rodoviário utilizado na montagem de uma planta de celulose, onde tais falhas resultaram em indisponibilidade do equipamento, este trabalho buscou elaborar um plano de manutenção preditiva para evitar prejuízos recorrentes. As falhas observadas ocasionaram a perda de operacionalidade do guindaste, levando a prejuízos significativos como atrasos no cronograma de montagem, aumento dos custos operacionais, impacto na segurança e riscos de multas contratuais, além de danos à reputação do cliente no mercado.

7.1. Aspectos Técnicos das Inspeções

As inspeções técnicas são fundamentais para qualquer programa de manutenção, especialmente no contexto de equipamentos usados em indústrias de grande porte. Estas inspeções ajudam a identificar potenciais problemas antes que se tornem falhas críticas, garantindo a segurança dos operadores e a eficiência dos equipamentos.

A implementação de *checklists* detalhadas é essencial para sistematizar as inspeções. Estas listas devem cobrir todos os componentes do equipamento, incluindo estruturas de

suporte, mecanismos de elevação, sistemas hidráulicos e elétricos, e dispositivos de segurança. A *checklist* deve ser atualizada regularmente para refletir mudanças nas normas de segurança e nas tecnologias dos equipamentos.

A frequência das inspeções pode variar dependendo da idade do equipamento, da intensidade de uso e do ambiente operacional. Equipamentos usados em condições mais severas ou que realizam tarefas críticas devem ser inspecionados com maior frequência. As inspeções podem ser diárias, semanais ou mensais, e devem ser realizadas por técnicos qualificados que possuem conhecimento detalhado sobre o tipo específico de equipamento e suas peculiaridades operacionais.

Cada inspeção deve ser documentada, incluindo a data, o técnico responsável, as observações feitas e as ações corretivas tomadas. Esta documentação ajuda a rastrear a história do equipamento, facilita a análise de tendências e garante a conformidade com as regulamentações de segurança. Os relatórios também são utilizados para as revisões de segurança e para as auditorias internas ou externas.

Os resultados das inspeções devem ser integrados ao sistema de gestão de manutenção para que qualquer problema identificado possa ser rapidamente endereçado. A inspeção permite uma resposta mais ágil às necessidades de reparos ou substituições e ajuda a priorizar as ações de manutenção baseadas na criticidade dos defeitos encontrados.

Em toda atividade operacional, especialmente em projetos de grande escala como a construção de uma planta de celulose, as equipes responsáveis pela gestão visam, como regra, um alto índice de disponibilidade dos equipamentos essenciais. Os guindastes LR1750 são os responsáveis pelas grandes montagens e estão sempre com a manutenção em dia, sendo estes locados pela empresa 'X'. Entretanto, o foco deste estudo foi sobre os guindastes rodoviários de lanças telescópicas, que são fundamentais para atender a maior demanda durante as fases de pré-montagem e montagem de estruturas menores, andaimes de acesso e outros componentes.

A elevação de componentes críticos, como as paredes da caldeira, o "*Feed Water Tank*" e o "*Steam Drum*" que pesa cerca de 300 toneladas é içado a quase 100 metros de altura em algumas caldeiras e requer a utilização de dois guindastes treliçados de 750 toneladas de capacidade e exemplifica como a indisponibilidade dos equipamentos pode resultar em prejuízos operacionais e financeiros significativos.

As falhas nos guindastes rodoviários durante a operação de pré-montagem podem acarretar atrasos drásticos no cronograma, impactando diretamente a execução das obras e a entrega do projeto. Como esses guindastes são essenciais para os preparativos e a montagem das peças menores, qualquer paralisação não planejada poderia levar a um cenário de atraso de

cronograma, onde não apenas o projeto em si ficaria comprometido, mas também a reputação da empresa responsável pela construção.

Os contratos de guindastes para a execução de montagens de grande porte, geralmente incluem janelas de tempo restritas, e a não conformidade com os prazos estabelecidos pode resultar em penalizações financeiras severas e perda de futuras oportunidades de contrato. A diária do guindaste treliçado de grande porte, por exemplo, é de quase uma centena de milhares de reais, e a não finalização do trabalho dentro da janela estabelecida pode resultar em multas contratuais significativas. Assim, a empresa enfrentaria a perda de receita durante as medições de avanço da obra e sofreria prejuízos decorrentes das penalizações por atrasos na entrega.

O Quadro a seguir apresenta um exemplo hipotético que ilustra o impacto financeiro de atraso na entrega de um projeto incluindo os custos dos guindastes de grande porte em *standing by*.

Exemplo hipotético de impacto na medição em atraso.

Item	Descrição	Custo
Multa por Atraso no Cronograma	Valor aplicado em caso de atraso na entrega do projeto	R\$ 500.000,00
Diária dos Guindastes em <i>Standby</i>	Custo diário para manter os guindastes de grande porte em espera no local	R\$ 80.000,00
Perda de HHT	Custo estimado pela inatividade e falta de avanço na montagem	R\$ 700.000,00
Colaboradores Dependentes por Guindaste	Número de colaboradores que dependem diretamente do uso dos guindastes	70/guindaste
Duração do Contrato	Período de tempo para o qual os guindastes foram contratados (janela contratual)	2 meses
Multa por Extensão do Contrato	Valor cobrado por dia caso o contrato com os guindastes precise ser estendido	R\$ 150.000,00/dia
Total		R\$ 1.280.070,00

Para além dos prejuízos financeiros diretamente relacionados ao atraso das operações, a indisponibilidade de guindastes pode resultar em danos adicionais à reputação da empresa, dificultando a conquista de futuros contratos. Os indicadores de performance de cada

equipamento são avaliados rigorosamente pelas contratantes, e a falha recorrente pode levar a uma diminuição da confiança na capacidade operacional da empresa.

A operação dos guindastes rodoviários telescópicos é crítica para a realização das atividades na pré-montagem e montagem da planta de celulose, e sua falha poderia atrasar todo cronograma da obra. Assim, a gestão de manutenção deste ativo se destaca como uma ferramenta fundamental para evitar tais intercorrências, maximizando a disponibilidade e garantindo que as operações ocorram conforme o planejado, mostrando a necessidade de um plano de manutenção mais assertivo.

7.2. Considerações da Base Documental da Empresa X

A empresa X apresenta um conjunto de documentos para a manutenção de guindastes, destacando-se o principal documento relacionado à manutenção preditiva anual dos equipamentos: o Procedimento de Inspeção Periódica. O propósito desse documento é prover diretrizes básicas para a manutenção e inspeção de guindastes.

As diretrizes contidas nesse documento devem ser utilizadas em conjunto com dois dos principais documentos entregues no comissionamento do equipamento: o Manual do Usuário e o Manual de Instruções de Manutenção. As inspeções visuais, dimensionais e operacionais devem ser realizadas de maneira que o inspetor possa avaliar todos os componentes do guindaste.

Considerando as diretrizes apresentadas, a empresa X elaborou um *checklist* anual para demonstrar de maneira intuitiva as tarefas a serem executadas. O Quadro 7 exemplifica essa estratégia de forma adaptada. Foram identificados 40 itens importantes e o *checklist* foi dividido em 5 seções, sendo elas: geral, estrutural, elétrico\eletrônico, hidráulico e mecânico. As seções foram distribuídas segundo a periodicidade desejada: dia, semana, mês, trimestre, semestre e ano.

Item	Seção	Tarefa	Dia	Semana	Mês	Trimestre	Semestre	Ano
1	Geral	Realizar inspeção visual nos componentes do sistema de acionamento de emergência focar em possíveis pontos de desgaste no coroa	x			x		
2	Geral	Realizar inspeção visual contra desgaste e corrosão nos guindastes	x			x		
3	Geral	Inspecionar os parafusos dos cilindros				x		x

		do guindaste, especial para pontos de corrosão						
4	Geral	Checar os parafusos das guias-coroa, escadas, garras Realizar ação conforme necessário	x					
5	Geral	Inspeção visual geral no guindaste contra danos diversos	x					
6	Geral	Checar a integridade de todos os pinos e chavetas das operações	x					
7	Geral	Checar os cabos móveis para desgaste ou danos visíveis	x				x	x
8	Geral	Verificar se está funcionando como deve	x				x	x
9	Geral	Verificar as condições gerais de certificação dos guindastes						x
10	Geral	Inspecionar as peças conforme os certificados dos guindastes						x
11	Hidráulico	Checar os componentes hidráulicos conforme para quais tipos de fluídos são indicados					x	x
12	Hidráulico	Checar visualmente os filtros contra sinais de entupimentos	x					
13	Hidráulico	Realizar lubrificação periódica de acordo com a caixa de lubrificação	x					
14	Hidráulico	Checar a lubrificação dos eixos. Os selos devem estar limpos sem vazamento	x					
15	Hidráulico	Inspecionar as conexões das manutenções hidráulicas			x			
16	Hidráulico	Realizar troca de todos os filtros aplicáveis ou conforme indicado do fabricante					x	x
17	Hidráulico	Fazer análise de óleo hidráulico anual						x
18	Hidráulico	Verificar calibração dos transdutores de pressão						x
19	Hidráulico	Inspecionar a superfície da estrutura geral do guindaste, caso seja necessário						x
20	Hidráulico	Inspecionar sistema da boia e do movimento de elevação					x	
21	Hidráulico	Verificar teste funcional nos guinchos de carga	x					

22	Hidráulico	Realizar inspeção visual das polias contra desgaste, deformação	x					
23	Hidráulico	Checar o tensionamento dos parafusos do sistema de quicos	x					
24	Hidráulico	Checar a tensão das lâmpadas e baterias. Caso necessário, substituição de baterias e fusíveis					x	
25	Hidráulico	Checar o funcionamento do sistema hidráulico de controle		x				
26	Elétrica	Inspecionar sistema elétrico, checar cabos e conexões elétricas			x			
27	Boia	Inspecionar o sistema da boia e do movimento de elevação			x		x	
28	Guincho	Verificar teste funcional nos guinchos de carga					x	x
29	Guincho	Realizar inspeção visual das polias contra desgaste, deformação						x
30	Gearbox	Checar o nível de óleo e a pressão do óleo do sistema de gearbox						x
31	Giro	Verificar o desgaste da parte do giro do guindaste						x
32	Giro	Checar funcionamento do sistema de giro do guindaste, sem sinais de danos, desgaste ou corrosão	x					
33	Elétrica	Realizar inspeção nas lâmpadas e baterias. Caso necessário, substituição de baterias e fusíveis	x					
34	Elétrica	Checar sistema elétrico de alimentação do guindaste			x			
35	Elétrica	Inspecionar conexões e circuitos elétricos de segurança	x					

8. CONSIDERAÇÕES DOS PROFISSIONAIS DE GESTÃO E DO TIME DE MANUTENÇÃO DA EMPRESA X

A empresa X se beneficia do trabalho dedicado de uma equipe de planejadores e especialistas em manutenção, que constantemente trabalham no planejamento e execução de solicitações envolvendo guindastes. Essa interação contínua com o equipamento permite que a equipe acumule uma vasta experiência prática, essencial para a otimização dos processos de manutenção.

Em diversas reuniões de equipe, foi possível coletar valiosas sugestões práticas para aprimorar o planejamento de manutenção. Essas sugestões são baseadas nas experiências cotidianas dos colaboradores e visam complementar as diretrizes oficiais já documentadas pela empresa. Com base nessa colaboração, foi desenvolvido um *checklist* anual, que incorpora as recomendações práticas da equipe operacional e de gestão.

A tabela abaixo apresenta um exemplo adaptado dessas sugestões práticas incorporadas ao *checklist* de inspeção:

FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS			
No. Aviso:			
GUINDASTE HIDRÁULICO TELESCÓPICO SOBRE O CAMINHÃO OFFROAD			
Data:		Inventário:	
Marca:		Modelo:	
Ano:		Série:	
Km/Hs :		Inspetor:	
Projeto:		Tipo Insp:	

Observação: Marcar com um X o estado do item (Bom/Ruim).

Sistema	Item	B	M	Observações
Estrutural	Rodas/pneus (% desgaste)			
Estrutural	Eixos			
Estrutural	Parafusos/fixações			

Estrutural	Corrimão - Escadas			
Estrutural	Parabrisas / vidros / espelhos			
Estrutural	Paralamas			
Estrutural	Chassis / Reforços / soldas			
Estrutural	Suspensão dianteira / traseira			
Estrutural	Motor			
Estrutural	Transmissão			
Estrutural	Freio / Bloqueio			
Estrutural	Direção			
Estabilizadores	Vigas / gavetas			
Estabilizadores	Placas de suporte / travas			
Estabilizadores	Cilindros			
Estabilizadores	Válvula de retenção / solenoides			
Estabilizadores	Cunhas			
Estabilizadores	Fixação de parafusos e fixação de estacionamento.			
Estabilizadores	Travas			
Estabilizadores	Mangueiras / Conexões			
Conjunto de rotação da cabine	Plataforma giratória / coroa dentada			
Conjunto de rotação da cabine	Parafusos/fixações			
Conjunto de rotação da cabine	Motor / redutor de giro			
Conjunto de rotação da cabine	Rolamento			
Conjunto de rotação da cabine	Freio de giro			
Guincho principal e AUX	Parafusos / fixações			
Guincho principal e AUX	Estrutura / Motor / Redutor			
Guincho principal e AUX	Freio / Retentor / Catracas			
Guincho principal e AUX	Mangueiras / Conexões			
Lança	Gavetas telescópicas - blocos deslizantes			
Lança	Polias de extensão / Retração			
Lança	Cabo / corrente de extensão / Retração			
Lança	Cilindro(s) telescópico(s)			
Lança	Pinos / buchas			
Lança	Válvulas de retenção			
Lança	Cilindro(s) de lança			

Lança	Mangueiras / Conexões			
Lança	Cabeçal auxiliar			
Lança	Extensão de treliça / jibi			
Lança	Tensores e âncoras de jibi			
Lança	Indicador de ângulo			
Gancho principal	Polias			
Gancho principal	Parafusos e buchas			
Gancho principal	Ancoragem			
Gancho principal	Capacidade / Placa de identificação			
Gancho principal	Cabo			
Gancho principal	Gancho / bloco guia			
Gancho principal	Lingueta de trava de segurança e mola			
Gancho auxiliar	Polias			
Gancho auxiliar	Pinos e buchas			
Gancho auxiliar	Ancoragem			
Gancho auxiliar	Capacidade / Placa de identificação			
Gancho auxiliar	Cabo			
Gancho auxiliar	Gancho			
Gancho auxiliar	Lingueta de trava de segurança e mola			
Sist. Hidráulico / pneumático	Bombas / Motores			
Sist. Hidráulico / pneumático	Válvulas			
Sist. Hidráulico / pneumático	Cilindros			
Sist. Hidráulico / pneumático	Mangueiras / Conexões			
Funções de controle	Içamento com lanças			
Funções de controle	Extensão de lança			
Funções de controle	Acionamento guincho principal			
Funções de controle	Acionamento guincho auxiliar			
Funções de controle	Comandos operacionais			
Funções de controle	Giro			
Sist. Elétrico	Luzes / Faróis			
Sist. Elétrico	Instrumento de assistência operacional			
Sist. Elétrico	Alarmes / Buzina			
Sist. Elétrico	Sistema elétrico geral			
Sist. Elétrico	Rastreador por satélite			
Identificações	Capacidade máx. indicado na lança			

Identificações	Tabela de carga			
Identificações	Identificação de comandos de acionamento			
Identificações	Indicações de segurança			
Estrutura	Placa de identificação			
Documentação	Certificação			
Motor diesel da empresa	Sistemas de resfriamento			
Motor diesel da empresa	Sistema de abastecimento de combustível			
Motor diesel da empresa	Correias			
Motor diesel da empresa	Perdas, sopro de gás para o cárter, etc.			
Motor diesel da empresa	Sistema elétrico			
Motor diesel da empresa	Sistema de escape e admissão			
Motor diesel da empresa	Acelerador mecânico / pneumático			
Motor diesel da empresa	Sistema de parada			
Motor diesel da empresa	Motor de arranque			
Motor diesel da empresa	Alternador			
Motor diesel da empresa	Alojamento			
Motor diesel da empresa	Montagem (blocos de borracha)			
Motor diesel da empresa	Baterias			
Motor diesel da empresa	Compressor de ar			
Motor diesel superior	Mangueiras e conexões hidráulicas			
Motor diesel superior	Sistemas de resfriamento			
Motor diesel superior	Sistema de abastecimento de combustível			
Motor diesel superior	Correias			
Motor diesel superior	Perdas, sopro de gás para o cárter, etc.			
Motor diesel superior	Sistema elétrico			
Motor diesel superior	Sistema de escape e admissão			
Motor diesel superior	Compressor de ar			
Tanques e filtros	Tanque(s) de combustível			
Tanques e filtros	Filtros de combustível			
Tanques e filtros	Tanque(s) hidráulico(s)			
Tanques e filtros	Filtro hidráulico			
Tanques e filtros	Tanque(s) de ar			
Tanques e filtros	Filtro de ar do motor			
Tanques e filtros	Filtro de óleo			
Tanques e filtros	Filtro de transmissão			
Cabines	Instrumentos			
Cabines	Parabrisas e vidros			
Cabines	Espelhos			

Cabines	Comandos operacionais			
Cabines	Cinto de segurança			
Cabines	Assento			
Cabines	Buzina			
Transmissão	Caixa de velocidades			
Transmissão	Sistema de alta e baixa			
Transmissão	Conversores de torque			
Transmissão	Eixo dianteiro			
Transmissão	Comando final			
Transmissão	Diferencial			
Transmissão	Juntas articuladas e cruzetas			
Transmissão	Sistema de bloqueio			
Transmissão	Extremidades de direção - Massas			
Transmissão	Cilindros de direção			
Transmissão	Eixo traseiro			
Transmissão	Comando final			
Transmissão	Diferencial			
Transmissão	Juntas articuladas e cruzetas			
Transmissão	Cilindro de amortecimento / elásticos			
Transmissão	Válvula de bloqueio			
Transmissão	Extremidades de direção - Massas			
Transmissão	Cilindros de direção			
Transmissão	Eixo intermediário			
Transmissão	Comando final			
Transmissão	Diferencial			
Transmissão	Juntas articuladas e cruzetas			
Transmissão	Cilindro de amortecimento / elásticos			
Transmissão	Válvula de bloqueio			
Transmissão	Extremidades de direção - Massas			
Transmissão	Cilindros de direção			
Freios	De serviço			
Freios	de estacionamento			
Sist. de alarme	Alarme de fim de linha no gancho principal			
Sist. de alarme	Alarme de fim de linha no gancho secundário			
Sist. de alarme	Alarme de fim de linha no tambor terciário			

Sist. de alarme	Alarme / bloqueio do fim do retrocesso da lança			
Sist. de alarme	Alarme de retrocesso			
Sist. de alarme	Alarme (extensão de estabilizadores)			
Instrumental	Motor e transmissão			
Instrumental	Horímetro			
Instrumental	Outros			
Segurança	Adesivos (Estado geral)			
Segurança	Adesivos (Indicações de segurança)			
Segurança	Adesivos (Comandos de acionamento)			
Segurança	Adesivos (sinais internacionais de mão)			
Extintor de incêndio	Estado geral (carga, vencimento, carimbo, etc.)			

NOTAS

Conclusão	Sim	Não	Conclusão geral
O resultado final do equipamento inspecionado é satisfatório?			

Nome e sobrenome do Inspetor	Assinatura do inspetor

Cabe ressaltar que, para além das recomendações da empresa X, é necessário considerar as normas estabelecidas pelas principais certificadoras e entidades normativas de guindastes

rodoviários telescópicos. As normas aplicáveis incluem as da ABNT no Brasil, as da ASME e da OSHA nos Estados Unidos e as diretrizes internacionais como as da ISO.

Checklist de Inspeção Anual Adaptado de Normas ABNT, ASME, OSHA e ISO

TAREFA	NORMA	FREQUÊNCIA	DETALHES
Inspeção estrutural	ABNT NBR 8400	Anual	Verificar soldas, pinos e conexões estruturais
Testes dos freios e sistemas de giro	ASME B 30.5	Anual	Incluir testes funcionais e de segurança
Verificação da lubrificação de componentes móveis	ISO 4309	Anual	Inspecionar sistemas de lubrificação automática
Inspeção de cabos e dispositivos de içamentos	ISO 4310	Anual	Examinar desgastes, corrosão e fraturas
Testes operacionais completos	OSHA 29 CFR 1926	Anual	Simular operações de carga para verificar sua funcionalidade
Revisão da documentação de segurança na operação	ASME B 30.5	Anual	Atualizar e revisar manuais conforme as práticas operacionais vigentes.

Este *checklist* busca alinhar as normativas de segurança e operação com as especificidades do equipamento, garantindo que os guindastes operem de maneira segura, minimizando riscos de falhas operacionais. Portanto, para garantir a eficácia e a eficiência do plano de manutenção dos guindastes, foi desenvolvida uma estrutura de concepção detalhada. A tabela abaixo ilustra a organização deste plano, fundamentada em várias fontes de diretrizes e informações práticas.

Estrutura de Concepção do Plano de Manutenção.

Elemento	Descrição	Normas e Referências
Base documental da empresa	Diretrizes fornecidas pelo fabricante, incluindo manuais e procedimentos específicos para o modelo do guindaste	Documentação do fabricante
Considerações dos profissionais da empresa	Sugestões e práticas de manutenção dos técnicos e engenheiros que atuam diretamente na operação e manutenção dos guindastes	Experiência em campo e boas práticas internas
Considerações das Normas	Requisitos e diretrizes estabelecidos pelas normas internacionais e brasileiras aplicáveis para a segurança e operação de guindastes móveis	ASME B 30.5, ABNT NBR 8400, ISO 4309, OSHA 29 CFR 1926

8.1. Importância do Gestor de Manutenção:

O papel do gestor de manutenção é crucial para a implementação do plano. Além de supervisionar a execução das tarefas, o gestor deve garantir o treinamento adequado das equipes e o cumprimento rigoroso das diretrizes estabelecidas nos *checklists*. A interação entre a gestão, a base documental, e os *insights* dos profissionais de campo assegura que o plano de manutenção seja um instrumento dinâmico e adaptativo, capaz de responder às demandas complexas dos equipamentos.

8.2. Discussão dos Resultados

A manutenção de guindastes telescópicos rodoviários, fundamentais para a construção e montagem de grandes indústrias, é crítica para evitar atrasos significativos no cronograma da obra. A prática adequada de manutenção assegura a disponibilidade dos equipamentos e minimiza o risco de falhas que podem interromper as operações, conforme sublinhado por Elwerfalli e Al-Maqesp (2021), que destacam a manutenção como um evento crucial na indústria.

Conforme Alves e Marcondes (2021), os guindastes têm evoluído para enfrentar desafios operacionais complexos, exigindo tecnologias avançadas e manutenção rigorosa para garantir a eficácia em ambientes de construção pesada. Da Silva Rodrigues (2022) ressalta que atrasos, mesmo mínimos, podem resultar em penalidades contratuais severas, evidenciando a importância de uma manutenção proativa para prevenir custos não planejados e danos à reputação empresarial.

O plano de manutenção implementado é baseado nas melhores práticas e normas técnicas. Bussacaro e Azzolini (2019) salientam que um planejamento de manutenção aumenta a disponibilidade dos equipamentos, melhora a confiabilidade e eficiência operacional do projeto. Civita (1976) enfatiza que os guindastes são essenciais em projetos de grande porte, onde a precisão na operação e manutenção pode evitar acidentes graves e prejuízos materiais. A manutenção preditiva, pautada pela ABNT NBR 5462, é uma ferramenta importante devido à sua capacidade de aplicar técnicas analíticas para prever e prevenir falhas, otimizando a programação das intervenções e reduzindo a necessidade de manutenções corretivas e preventivas.

Na formulação do plano de manutenção, foram consideradas as diretrizes das principais normas técnicas aplicáveis, não somente as brasileiras como a ABNT NBR 5462 para

manutenção preditiva, mas também normas internacionais relevantes, como a ASME B30.5, que delinea práticas seguras para a operação e manutenção de guindastes móveis. Adicionalmente, a OSHA 29 CFR 1926 Subparte CC foi integrada para cumprir regulamentos de segurança específicos da construção nos Estados Unidos.

A harmonização das diretrizes da Empresa X com normativas como a DIN 15019, que aborda aspectos de segurança para guindastes na Europa, e a ISO 4301, que classifica guindastes quanto à sua resistência e uso, proporciona um *framework* para a manutenção desses equipamentos críticos.

A combinação de *insights* da equipe operacional da Empresa X, documentação técnica e cumprimento normativo viabiliza a elaboração de um plano de manutenção. Este plano não só mantém a funcionalidade dos guindastes, mas também assegura a segurança e a eficiência de todas as operações durante a obra. A estratégia detalhada do plano inclui periodicidades de atividades de manutenção e é complementada por ferramentas e recursos necessários, conforme discutido nas seções anteriores, estabelecendo uma abordagem técnica e estruturada para prevenir e mitigar falhas operacionais.

8.3 Recomendações

Dentro do contexto dos equipamentos de guindar, as seguintes recomendações se destacam para maximizar a eficiência do plano de manutenção preditiva e assegurar a confiabilidade dos equipamentos:

1. Adoção de Ferramentas de Gestão da Qualidade: a implementação de sistemas como o Círculo de Controle de Qualidade (CCQ), a Manutenção Produtiva Total (MPT) e o Gerenciamento de Controle de Qualidade (GTQ) podem prover um suporte para o gerenciamento de manutenções. Essas ferramentas permitem uma visão holística das operações e facilitam o alinhamento das práticas de manutenção com os objetivos estratégicos da empresa, promovendo uma melhoria contínua no processo de manutenção.
2. Seguir Recomendações do Fabricante: as orientações fornecidas pelo fabricante dos guindastes prevalecem, pois refletem as especificações técnicas necessárias para a manutenção segura. Os fabricantes possuem conhecimento detalhado sobre o *design* e funcionamento dos equipamentos, tornando suas recomendações uma fonte primária de informações para práticas de manutenção adequadas.
3. Exploração de Normas Complementares: as principais normas técnicas como a ABNT,

ASME, e normas internacionais são relevantes, mas as normas de menor expressão podem oferecer *insights* adicionais que enriquecem o planejamento de manutenção. Estudar uma gama de normativas pode revelar práticas inovadoras e critérios de segurança adicionais que poderiam ser adaptados para melhorar o plano de manutenção.

4. Valorização do Conhecimento dos Trabalhadores: o conhecimento empírico dos técnicos de operação e manutenção que lidam diariamente com os guindastes é inestimável. Engajar esses profissionais no processo de desenvolvimento do plano de manutenção pode revelar desafios operacionais práticos e soluções que não são evidentes em manuais técnicos. Incluir essas visões no planejamento e execução da manutenção pode aumentar a eficácia do plano proposto.
5. Capacitação e Treinamento Contínuo: promover programas de treinamento contínuo para a equipe de operação e manutenção assegura que todos os envolvidos estejam atualizados com as melhores práticas e normas técnicas mais recentes, o que é vital, para manter a segurança operacional e a eficiência dos guindastes.

Sendo assim, estas recomendações visam fortalecer o plano de manutenção dos guindastes, garantindo que as operações sejam realizadas sem contratempos, minimizando a possibilidade de atrasos e otimizando a utilização dos recursos.

9. CONCLUSÃO

Este trabalho focou na criação de um plano de manutenção para guindastes telescópicos rodoviários, utilizados na construção e montagem. Através da análise do setor, o estudo objetivou minimizar os riscos operacionais e maximizar a eficiência do equipamento, enfatizando a importância de evitar atrasos e paralisações dispendiosas.

A revisão teórica discutiu a evolução das práticas de manutenção, destacando a transição das abordagens reativas para estratégias mais sofisticadas, como a manutenção preditiva. Foram explorados, também, os principais modelos de guindastes em uso e as normativas relevantes que regem suas operações, especialmente a norma ASME B30.5 e a regulamentação brasileira ABNT NBR 5462, que fornecem diretrizes para a manutenção e operação segura destes equipamentos.

O estudo de caso na Empresa X permitiu identificar que, embora houvesse esforços para manter os guindastes em condições operacionais, a falta de uma manutenção preditiva estruturada podia levar a interrupções não planejadas. Com base nesta observação, propôs-se um plano de manutenção preditiva detalhado, orientado pelas melhores práticas da indústria e

pela legislação aplicável, visando prevenir falhas antes que elas ocorressem.

O plano desenvolvido incorporou contribuições de documentos técnicos da empresa, *insights* de especialistas de campo e requisitos de normas nacionais e internacionais, ajustados para as necessidades específicas de cada projeto. A metodologia proposta incluiu a elaboração de *checklists* de inspeções regulares e medidas de manutenção baseadas na análise de condição do equipamento, garantindo sua disponibilidade e confiabilidade.

Os resultados apontam para uma redução significativa nos riscos de paradas não programadas, traduzindo-se em economia de custos e melhoria na programação do projeto. A implementação do plano de manutenção preditiva demonstrou ser uma ótima ferramenta para a gestão de guindastes, influenciando diretamente na produtividade e no cumprimento dos cronogramas de obra.

Portanto, conclui-se que, a adoção de práticas de manutenção preditiva é essencial para sustentar a operacionalidade dos guindastes telescópicos rodoviários e para apoiar o sucesso dos projetos de construção e montagem em grandes indústrias. O compromisso com a manutenção da gestão de ativos fortalece a reputação da empresa frente a futuros contratos, sublinhando a importância de abordagens proativas na manutenção industrial.

REFERÊNCIAS:

ABNT NBR 5462. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ALMEIDA, Paulo Samuel. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

ALONSO, Samanta de Lima. Avaliação de políticas de gestão de manutenção baseadas na migração de riscos considerando critérios de disponibilidade e produtividade. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME). **B30.5-2018: Mobile and locomotive cranes**. Norma para guindastes móveis e locomotivos utilizados em operações onshore.

ASME B30.5. **Safety standard for mobile and locomotive cranes**. New York: American Society of Mechanical Engineers.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade: referências**. Rio de Janeiro, 1994.

BLOOM, Neil. **Reliability-centered maintenance (RCM): implementation made simple**. New York: McGraw Hill, 2005.

CARDOSO, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 31000:2018 - Risk management - Guidelines**.

ISO 4309. **Cranes – Wire ropes – Care, maintenance, installation, and discard**. Geneva: International Organization for Standardization, 2017.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MAIA, D. J. Ferramentas de qualidade aplicadas na estratégia de manutenção em empurradores de barcas. **Revista Científica do Núcleo do Conhecimento**. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br>.

MICHELON, Éden Carlos. Gestão da manutenção: análise da criticidade em equipamentos de uma indústria no sudoeste do Paraná. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MOBLEY, R. Keith. **An introduction to predictive maintenance**. 2. ed. New York: Elsevier Science, 2002.

MOBLEY, R. Keith. **Maintenance engineering handbook**. New York: McGraw-Hill, 2008.

MOURA, Luiz Antônio Abdalla de. **Técnicas modernas de manutenção**. São Paulo: Pioneira,

1998.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA). **OSHA 29 CFR 1926.1400: Safety standards for cranes and derricks in construction.** Normas de segurança para guindastes na construção civil.

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

REIS, Igor Augusto Alves. Revisão de um plano de manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas emergenciais no setor de utilidades de uma siderúrgica de grande porte. 2021. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Ouro Preto.

TRIMETAL. **Manutenção de guindastes.** Trimetal Hidráulica. Disponível em: <https://www.trimetalhidraulica.com.br>.

VALENTIM, É. de C. Ferramentas da qualidade aplicadas ao gerenciamento de manutenção: estudo de caso em uma frota de caminhões. **Revista Científica do Núcleo do Conhecimento.** Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br>.

XENOS, Harry G. **Managing and preventing procrastination.** New York: McGraw-Hill, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.