



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



**NAUBERT DANIEL DE JESUS SILVA**

**ESTUDO DA CONTRIBUIÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO,  
COM O SUPORTE DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS, PARA A  
INTEGRIDADE ESTRUTURAL DE UM TRIPPER CAR**

**OURO PRETO - MG**  
**2023**

**NAUBERT DANIEL DE JESUS SILVA**

**naubert.daniel@hotmail.com**

**ESTUDO DA CONTRIBUIÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO,  
COM O SUPORTE DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS, PARA A  
INTEGRIDADE ESTRUTURAL DE UM TRIPPER CAR**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

**Professor orientador:** DSc. Washington Luis Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG  
2023**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586e Silva, Naubert Daniel de Jesus.

Estudo da contribuição da gestão da manutenção, com o suporte de sistemas automatizados, para a integridade estrutural de um tripper car. [manuscrito] / Naubert Daniel de Jesus Silva. - 2023.  
68 f.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira Silva.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Confiabilidade (Engenharia). 2. Carga e descarga - Tripper Car. 3. Manutenção. I. Silva, Washington Luis Vieira. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Naubert Daniel de Jesus Silva**

**Estudo da contribuição da Gestão da Manutenção, com o suporte de sistemas automatizados, para a Integridade estrutural de um tripper car**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 17 de Agosto de 2023

### Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Siva - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)  
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)  
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luis Vieira da Siva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/09/2023



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/09/2023, às 09:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0595535** e o código CRC **DA762184**.

A Deus agradeço por concluir mais essa etapa da minha jornada, meus pais, por todo o apoio e por tudo que fizeram e fazem por mim para que eu consiga atingir todos os meus objetivos.

A minha esposa, pelo carinho e paciência durante essa jornada longa de muito trabalho.

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido mais essa oportunidade de estar realizando um sonho meu e dos meus pais. Agradeço principalmente a minha família, meu pai João Daniel, minha mãe Wanda Magna e minha esposa Fabiana Amaro por terem me ajudado tanto nessa jornada difícil, mas que se tornou fácil com o apoio deles. Agradeço também ao professor Washington Luis Vieira pelas orientações e apoio nos momentos em que as ideias se perdiam no ar. Por fim, obrigado a UFOP por proporcionar esse ensino de qualidade

*“Comece onde você está. Use o que você tem. Faça o que você pode”.*

Arthur Ashe

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar contribuições da gestão da manutenção para a integridade estrutural de um tripper car. A metodologia do estudo foi classificada como qualitativa, exploratória, bibliográfica, documental e estudo de caso. No estudo foram identificados os principais problemas, tais como: planos de inspeção com periodicidade incorreta; definição da estratégia de inspeção errada; equipe de inspeção sem as devidas qualificações; relatórios de inspeção com baixa qualidade técnica; analista de manutenção sem os conhecimentos adequados; notas abertas pela equipe de inspeção com informações erradas; dashboard com painel desatualizado; equipe de execução das atividades de recuperação estrutural e tratamento anticorrosivo sem qualificação; relatório de qualidade das atividades realizadas com baixa qualidade técnica e; gestão da integridade estrutural do tripper car defasada. A partir dos problemas buscou-se apresentar as principais contribuições da gestão da manutenção para a integridade estrutural, sendo elas: Revisão dos planos de inspeção; reavaliação dos objetivos da organização; qualificação das equipes de inspeção; reavaliação das equipes que evidenciam as avarias; habilitação do profissional por meio de treinamentos; criação de sistemas automatizados de forma a orientar o colaborador que abrirá as notas; criação de fluxo de atualização do dashboard e; criação de fluxo de melhoria contínua. Assim, conclui-se que com o estudo espera-se que as atividades de gestão da manutenção da integridade estrutural sejam melhoradas e automatizadas no sentido de propiciar ganhos com relação à performance do tripper car.

**Palavras-chave:** Integridade Estrutural; Gestão da Manutenção; Tripper Car.

## ABSTRACT

The present work aims to present contributions of maintenance management to the structural integrity of a tripper car. The study methodology was classified as qualitative, exploratory, bibliographical, documentary and case study. In the study, the main problems were identified, such as: inspection plans with incorrect periodicity; definition of the wrong inspection strategy; inspection staff without proper qualifications; inspection reports with low technical quality; maintenance analyst without adequate knowledge; notes opened by the inspection team with wrong information; dashboard with outdated panel; team carrying out structural recovery activities and anti-corrosion treatment without qualification; quality report of activities carried out with low technical quality and; structural integrity management of the outdated tripper car. Based on the problems, we sought to present the main contributions of maintenance management to structural integrity, namely: Review of inspection plans; reassessment of the organization's objectives; qualification of inspection teams; reassessment of the teams that show the malfunctions; qualification of the professional through training; creation of automated systems in order to guide the employee who will open the notes; creation of dashboard update flow and; creation of continuous improvement flow. Thus, it is concluded that with the study, it is expected that the management activities of maintaining the structural integrity will be improved and automated in order to provide gains in relation to the performance of the tripper car.

**Keywords:** Structural Integrity; Maintenance management; Tripper car.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Técnica de manutenção preditiva.....	12
Figura 2 – Estrutura básica dos padrões de manutenção.....	15
Figura 3 – Exemplo padrão de inspeção.....	16
Figura 4 – Fluxograma de materiais e métodos.....	26
Figura 5 – Fluxograma dos departamentos da empresa.....	30
Figura 6 – Tripper car.....	32
Figura 7 – Figura 3D tripper car.....	33
Figura 8 – Estratégia de manutenção do tripper car.....	37
Figura 9 – Exemplo de relatório de integridade estrutural do tripper car.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução histórica da Manutenção em gerações .....	8
Tabela 2 – Variáveis e Indicadores.....	27
Tabela 3 – Estratégia de manutenção do tripper car.....	37
Tabela 4 – Carteira de notas de integridade estrutural do tripper car.....	41
Tabela 5 – Contribuições da gestão da manutenção.....	48

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis CAPEX – Capital Expenditure

ISO – International Organization for Standardization

NBR – Norma Brasileira OM – Ordem de Manutenção

PDCA – Plan-Do-Check-Act

PDF - Portable Document Format

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
1.1 Formulação do Problema.....	3
1.2 Justificativa.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Geral .....	6
1.3.2 Específicos.....	6
1.4 Estrutura do Trabalho .....	6
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Definindo Manutenção .....	7
2.2 Evolução da Manutenção.....	7
2.3 Métodos de Manutenções .....	9
2.4 Padronização da Manutenção .....	14
2.4.1 Padronização da inspeção .....	15
2.5 Falhas.....	17
2.6 Gestão da Manutenção.....	18
2.7 Integridade Estrutural .....	20
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
3.1 Tipo de pesquisa .....	24
3.2 Materiais e Métodos .....	25
3.3 Variáveis e Indicadores .....	26
3.4 Coleta de Dados.....	27
3.5 Tabulação de Dados.....	28
3.6 Consideração Finais.....	28
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
4.1 Características da empresa.....	29
4.2 – Detalhamento do equipamento estudado .....	32
4.3 Gestão da Manutenção na empresa estudada.....	36
4.3.1 Definição da estratégia de manutenção para o tripper car.....	36
4.3.2 Gestão à vista da carteira de notas do tripper car .....	40
4.3.3 Análise das avarias encontradas .....	44

4.3.4	Relatórios de qualidade das atividades executadas .....	47
4.4	Contribuição da gestão da manutenção para a IE de um tripper car .....	48
<b>5</b>	<b>– CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>61</b>
5.1	Conclusão .....	61
5.2	Recomendações .....	62
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXO .....</b>	<b>68</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do Problema

Em face do cenário atual, observa-se que as indústrias estão cada vez mais preocupadas com seus ativos, pois na maioria das vezes os ativos têm ficado mais velhos, com maiores necessidades de intervenções e muito dependentes da manutenção em geral. Diante disso destaca-se a importância da manutenção em todos os setores industriais, independentemente da área de atuação.

Dessa forma, a manutenção é definida segundo a NBR 5462-1994, como a junção de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Ou seja, manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido (XENOS, 1998).

Nos dias atuais, com a grande evolução e sistematização dos processos, a manutenção sozinha seria incapaz de solucionar todos os problemas de uma indústria. Para que seja possível a manutenção em atendimento às demandas da produção se faz necessário a existência de uma gestão da manutenção, para que o processo seja bem estruturado e capaz de atender todas as demandas com a devida qualidade (RIBEIRO, 2009).

A gestão da manutenção é imprescindível no âmbito industrial, pois, a partir dela, é possível que todas as manutenções sejam possíveis de serem realizadas bem como a melhora dos processos de manutenção com base nos indicadores e outros sistemas de melhoria contínua. Calligaro (2003) avalia que os fatores de sucesso na gestão da manutenção repousam naquilo que ele chama de quatro fundamentos, sendo eles: (i) Planejamento e programação da manutenção, (ii) Otimização da demanda de serviços de manutenção, (iii) Engenharia de manutenção e (iv) Qualidade na execução dos serviços de manutenção.

Manutenção, como um termo geral, engloba muitas áreas de atuação, as quais são importantes no papel de oferecer qualidade operacional para a empresa. A integridade estrutural, que será estudada neste trabalho, é um tipo de manutenção, importante na indústria, principalmente no que tange a segurança operacional e das pessoas envolvidas nos processos produtivos (CABRAL, 2021).

A integridade estrutural é uma área que tem como objetivo de estudar as estruturas dos ativos de uma indústria, proporcionando a ela um sistema produtivo e íntegro para as operações. Pannoni (2004) define integridade estrutural como disciplina com o objetivo de avaliar tais estruturas por meio de inspeções para que haja a identificação dos danos sofridos pelas mesmas, principalmente o fenômeno da corrosão, classificando-as quanto aos fatores de risco e promovendo

a recuperação ou tratamento dessas estruturas, assim proporcionando uma maior segurança nas plantas.

Mineração abrange todo o processo produtivo de substâncias minerais que podem ser encontradas nos solos e subsolos do nosso planeta (MARX, 1998). Nunes (2010) define mineração como a atividade de extração de minerais que possuem valor econômico. O autor ressalta a importância da atividade para o desenvolvimento da humanidade, pois contribuiu para a fabricação de diversas ferramentas e utensílios que são utilizados atualmente. De acordo com Lima e Teixeira (2006), a mineração é um dos eixos da economia brasileira, contribui para a geração de empregos, rendas e para a exportação total do país.

Na mineração, para que todas as fases do processo produtivo (extração, beneficiamento, exportação) sejam possíveis, existem diversos equipamentos que atendem a diversas exigências dentro de cada processo produtivo. Cada equipamento possui a sua criticidade para a empresa assim como a sua importância. O equipamento foco deste estudo será o *tripper car*, equipamento destinado a receber o material britado e direcionar ele para silos (reservatório fechado ou aberto com o objetivo de armazenar ou direcionar material granuloso) existentes (FIGUEIREDO, 2000).

O *tripper car* é um equipamento de grande porte que trafega sobre trilhos, trabalha em conjunto com outros equipamentos e possui sistema inteligente de operação. Ele tem como objetivo receber material pelos transportadores de correia e fazer a deposição deste material em diversos silos, na longitudinal do equipamento. À medida que o transportador envia o material, o *tripper car* vai se movimentando para depositar o material em diferentes silos. Essa translação é acionada por meio de sensores que indicam o momento e onde o *tripper car* deve atuar. Com isso, o equipamento é capaz de desempenhar o seu papel na mineração (PROCEL, 2009).

Por ser um equipamento de grande porte e de suma importância para o sistema produtivo de uma mineração, o equipamento necessita estar sempre em boas condições de operações. Mas como todo equipamento, este também apresenta problemas, os quais podem interromper o desempenho de sua função.

Este equipamento em específico começou apresentar alguns sérios problemas em um determinado período da sua vida útil. Um dos problemas apresentados foi trincas por toda a extensão do seu *truck* (parte estrutural primária do ativo com o objetivo de receber os outros componentes e que pode ser comparado com o chassi de um veículo). Foram encontrados problemas também nas rodas, trilhos, tambores, transportadores do *tripper car*, sistema de translação, problemas elétricos em geral, entre outros.

Todos os problemas relatados anteriormente foram levantados por técnicos especializados na operação e manutenção do equipamento. Com a visão de integridade estrutural, estes e outros

problemas poderiam ter sido identificados e solucionados por um processo de gestão da manutenção. A gestão da manutenção é de extrema importância para que a manutenção tenha o seu papel dentro da indústria bem consumado. Atrelado à gestão da manutenção, podemos inserir sistemas para auxiliar nessa gestão e termos o controle das atividades de uma disciplina, coordenação, gerência e empresa.

Diante do contexto, tem-se a seguinte problemática:

**Como a gestão da manutenção atrelada a sistemas automatizados pode contribuir para a integridade estrutural de um *tripper car*?**

## **1.2 Justificativa**

A gestão da manutenção tem um papel importante no âmbito industrial pois, em todos os processos, exige um monitoramento para se ter um banco de dados que seja suficiente para auxiliar nas tomadas de decisões. Com o avanço tecnológico, a obtenção dos dados fica cada vez mais automatizada de forma a ter uma dedicação do tempo dos gestores apenas para a análise e posteriores tomadas de decisões (XENOS, 1998).

Filho (2008) associa a existência da manutenção nas empresas ao surgimento de serviços de reparos que precisam ser prestados de forma ordenada, eficiente, eficaz e produtiva. Com isso, a busca pela mudança do modelo tradicional de estratégia incentiva a inovação, fazendo com que as empresas repensem continuamente sua forma de atuação na busca por melhores práticas, evoluindo mais tecnologias.

Dessa forma, surgem buscas por novas estratégias e alternativas eficazes em relação a produção e manutenção dos equipamentos. As indústrias, com o passar dos anos estão ficando com seus equipamentos e estruturas degradadas, necessitando de uma melhor gestão. Com a alta de manutenções envolvendo a Integridade Estrutural, se faz necessário uma gestão da manutenção cada vez mais integrada, com o máximo de automatização e inovação possível para que todos os processos possam ser monitorados de tal forma que o banco de dados exista, com uma determinada confiabilidade dos dados para posteriores tomadas de decisões (RIBEIRO, 2009).

Contudo, a proposta deste trabalho se justifica pelas possibilidades observadas no setor da manutenção, na mineração, com foco em integridade estrutural e na frota de *tripper car* para obter resultados melhores na gestão da manutenção com o apoio de sistemas automatizados.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Geral**

Apresentar a contribuição da gestão da manutenção para a integridade estrutural de um tripper car com o suporte de sistemas automatizados.

### **1.3.2 Específicos**

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção, métodos de manutenção, gestão da manutenção e integridade estrutural;
- Elaborar um procedimento metodológico para verificar a contribuição da manutenção para o caso estudado;
- Comparar os dados obtidos com a base de dados teórica para apresentar as contribuições da gestão da manutenção para a integridade estrutural na frota de tripper cars atrelada a sistemas automatizados.

## **1.4 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar contribuições da gestão da manutenção para a área de integridade estrutural a fim de promover melhorias para a gestão de um tripper car. Diante disso, o trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentado a formulação do problema, introduzindo o primeiro contato com o assunto tratado; a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos geral e específicos (o que se espera sobre o trabalho em questão).

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica e bibliográfica dos conceitos e teorias à respeito da manutenção, gestão de manutenção e integridade estrutural. O terceiro capítulo mostra a metodologia aplicada para alcançar o objetivo proposto, bem como o seu desenvolvimento. No quarto capítulo é mostrado o resultado obtido com base na metodologia adotada e na pergunta problema proposta no início do trabalho. E finalmente no quinto capítulo são apresentadas as conclusões com base nos resultados, os pontos que necessitam de melhorias e as recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Definindo Manutenção

Segundo os autores Nascif e Dorigo (2013, p.31), a missão da manutenção é “garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos de modo a atender a um programa de produção ou prestação de serviço com segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado”.

O objetivo da manutenção é garantir que os ativos de uma empresa estejam sempre disponíveis para atuação, tendo sempre uma disponibilidade física no mínimo na meta da organização (RIBEIRO, 2009).

Kardec, Nascif & Baroni (2002, p.22) definem a manutenção como a atividade que tem como finalidade “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”.

Já Kardec e Nascif (2019, p.33) aborda que a manutenção tem a função de “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado”. Esse conceito mais abrangente destaca outros pontos que são relevantes dentro de uma organização para que haja sucesso empresarial.

A garantia não é apenas a preservação dos ativos, mas também para preservar a integridade e segurança dos seus colaboradores bem como o meio ambiente (RIBEIRO, 2009).

Segundo a NBR 5462 (1994, p. 6) manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Xenos (1998) destaca alguns pontos importantes para a manutenção a respeito de ações que têm objetivos de aumentar a vida útil dos ativos mitigando as falhas dos equipamentos, visto que elas são prejudiciais ao sistema produtivo, interferindo de forma direta na produtividade e segurança operacional com relação à integridade dos ativos. Dessa maneira, ele afirma (1998, p.18).

### 2.2 Evolução da Manutenção

Monbray (1991) afirma que no período após a Segunda Guerra Mundial foram desenvolvidos os primeiros estudos para a evolução da manutenção em um sistema planejado, garantindo a confiabilidade, integridade operacional e a disponibilidade dos equipamentos para longos períodos de produção.

De acordo com Branco Filho (2008), a manutenção tem algumas atribuições, que são:

- Calcular as necessidades financeiras e de materiais necessárias para desempenhar suas tarefas;

- Definir itens de controle e suas formas de medição;
- Definir os treinamentos necessários;
- Identificar as competências necessárias de seus colaboradores;
- Mapear e definir as especialidades e quantidade dos colaboradores.

Segundo Sack et al. (2002), os objetivos da manutenção podem ser definidos como:

- Redução de custos;
- Maior qualidade dos produtos;
- Melhor ambiente de trabalho;
- Maior vida útil dos equipamentos;
- Maior confiabilidade dos equipamentos;
- Maior poder de investimento e preservação do meio ambiente.

De acordo com a tabela 1, podemos visualizar como aconteceu a evolução histórica da manutenção.

Tabela 1 - Evolução histórica da manutenção em gerações.

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	
1º GERAÇÃO	Teve início antes da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), quando o foco das indústrias não era a produtividade, fazia-se apenas lubrificação e limpeza dos equipamentos, tinha-se como base somente a manutenção corretiva;
2º GERAÇÃO	Ocorre após a Segunda Guerra Mundial quando começa a haver mais competitividade entre as empresas, além da necessidade do pleno funcionamento dos equipamentos, com isso teve um aumento de número de máquinas, o que levou a implantação da manutenção preventiva e a implantação de um planejamento de manutenção;
3º GERAÇÃO	Acontece a partir de 1970, quando a produção industrial continuava em crescimento, notava-se que paradas de equipamento afetavam a produção além do aumento do custo, foi neste momento que a Manutenção preditiva ganhou força, pois era visível que os equipamentos necessitavam estar funcionando durante todo o período de produção;
4º GERAÇÃO	O monitoramento das condições do equipamento continua sendo mais utilizado. Conforme Kardec e Nascif (2009) o que se tinha na terceira geração seguiu na quarta geração, pois o monitoramento é uma das formas essenciais para garantir o funcionamento dos equipamentos;

Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif (2009)

A Tabela 1 adaptada de Kardec & Nascif (2009) relata que, mesmo o termo manutenção ter surgido séculos antes, o período após a Segunda Guerra Mundial mostrou a extrema necessidade de melhorar a gestão da manutenção das organizações já que elas possuem o objetivo de aumentar a produtividade melhorando a qualidade operacional dos seus ativos. De forma mais clara e objetiva, a manutenção deixa de ser gerenciada pela produção e passa a ser um elemento estratégico.

Nesse contexto, Kardec & Nascif (2009) discutem a evolução da manutenção em quatro gerações. A primeira geração é caracterizada aguardar a quebra de um ativo para realizar a manutenção. A segunda geração consiste na manutenção preventiva, tendo em vista a quantidade de equipamento parando ao mesmo tempo, comprometendo toda a produtividade. A terceira foi caracterizada pelo aumento relativo do custo ao se fazer manutenções preventivas, as vezes sem a devida necessidade e assim, incluindo a manutenção preditiva. Na quarta geração identificaram que para uma boa manutenção preditiva era necessário realizar o monitoramento dos ativos.

A simplicidade dos equipamentos, seus superdimensionamentos e pouca mecanização atrelados a uma indústria que não tinha como fator relevante a produtividade, e a manutenção desempenhava um papel voltado para tarefas simples de limpeza e lubrificação dos equipamentos industriais. (MOUBRAY & SIQUEIRA apud BARAN, et al. 2011).

### **2.3 Métodos de Manutenções**

De acordo com Moreira Neto (2017), os métodos de manutenção são caracterizados conforme é realizada a intervenção nos componentes. Os autores Nascif e Dorigo (2013, p. 140) enfatizam que a manutenção tem tantas variáveis que “Existe diversas denominações para um mesmo tipo de manutenção e não raramente esta variável provoca certa confusão na caracterização dos tipos (ou técnicas) de manutenção”.

Nos próximos tópicos estarão descritos alguns tipos de manutenções as quais estão definidas conforme alguns autores como: Branco Filho (2008), Moreira Neto (2007), Viana (2012) e Xenos (1998). Os principais tipos de manutenções são: Manutenção Corretiva Planejada; Manutenção Corretiva Não Planejada; Manutenção Preventiva; Manutenção Preditiva; Manutenção Detectiva; Engenharia de Manutenção, Planejamento e Controle da Manutenção.

Segundo Slack *et al.* (2002, p. 625) a manutenção corretiva “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido”.

Para Xenos (1998, p.24), “a opção por esse método deve levar em conta fatores econômicos: é mais barato consertar uma falha do que tomar ações preventivas? Se for, a manutenção corretiva é uma boa opção.”

A manutenção corretiva segundo a NBR 5462 (1994, p. 7) é definida como a “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Ou seja, é a correção do problema após a parada do ativo ou processo.

As manutenções corretivas podem ser classificadas como: planejadas e não planejadas. De acordo com Kardec e Nascif (2005) sobre a manutenção corretiva planejada, ela está ligada à correção das falhas quando os ativos ou sistemas iniciam uma degradação quanto ao desempenho. A não planejada é caracterizada pelos autores como a manutenção que ocorre quando é relatado a quebra ou falha dos componentes, que não são esperadas.

De acordo com Kardec e Nascif (2019, pag. 75), a definição de manutenção corretiva planejada é caracterizado por “ação de correção do desempenho menor do que o esperado no acompanhamento dos parâmetros de condição e diagnóstico levado pelo efeito da preditiva, detectiva, inspeção de manutenção ou prescritiva”.

Para que a manutenção corretiva seja eficiente no setor de manutenção, é necessário considerar as seguintes premissas, segundo Nascif(2019, p. 76):

- Possibilidade de compatibilizar a necessidade de intervenção com os interesses da produção;
- Aspectos relacionados à segurança;
- Melhor planejamento dos serviços;
- Garantia da existência de sobressalentes, equipamentos e ferramental;
- Existência de recursos humanos com a tecnologia necessária, para execução dos serviços e em qualidade suficiente, que podem inclusive, ser buscado externamente na organização.

Segundo Kardec e Nascif (2019) por se tratar de paradas inesperadas dos ativos, são diversas as consequências envolvidas no processo, como: alto custo de manutenção, perda de capital, perda de confiabilidade operacional e o fato de afetar a segurança dos colaboradores de execução e meio ambiente. Teles (2019) enfatiza que esse tipo de manutenção é considerado a de maior investimento, pois o tempo para retornar as operações é maior, maior tempo de execução e aquisição de insumos para a manutenção de forma emergencial.

Esse tipo de manutenção é conhecido também por manutenção de emergência. De acordo com Kardec e Nascif (2019) a manutenção corretiva não planejada é caracterizada por uma manutenção onde já ocorreu a interrupção do equipamento no processo ou a sua capacidade produtiva foi diminuída consideravelmente. Sendo assim, o ativo ou componente já perdeu as características funcionais e já está comprometendo o sistema produtivo. Além disso não há tempo de preparação do serviço nem aquisição de materiais, já que é uma emergência.

A manutenção corretiva de emergência pode ocorrer devido aos seguintes fatores, destaca Teles (2019, p. 25):

- Alguém se acidentou ou existe iminente para acontecer um acidente;
- Há algum problema que agrida o meio ambiente ou existe um risco de iminência disso ocorrer;
- Há algum problema que está comprometendo a qualidade do produto.

Dessa forma, as organizações precisam evitar ao máximo esse tipo de manutenção, pois os riscos operacionais são grandiosos tanto para os ativos quanto para os colaboradores.

De acordo com Xenos (1998, p. 25), “ a manutenção preventiva, feita periodicamente deve ser a principal atividade de manutenção em qualquer empresa, ela é o coração das atividades de manutenção”.

A definição de manutenção preventiva é citada na NBR 5462 (1994, p. 7) como a “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Kardec e Nascif (2010) relatam que este modelo de manutenção representa o menor custo por indisponibilidade, mas se, e somente se, a manutenção for bem dimensionada. Se não, pode ser a de maior custo em componentes e serviços.

Araújo e Santos (2004) citam algumas vantagens da manutenção preventiva:

- Diminuição do número de intervenções corretivas;
- Redução dos custos da manutenção corretiva;
- Grande redução das manutenções corretivas não planejadas;
- Maior confiabilidade ao equipamento.

De acordo com Viana (2014), as atividades preventivas nas organizações são executadas considerando algumas periodicidades, com objetivo de evitar paradas inesperadas dos equipamentos. Dessa forma se tem o menor tempo de execução das atividades, pois as atividades foram planejadas, tiveram os recursos identificados para a realização das atividades, diferente da manutenção corretiva, que a atividade a ser executada não passou por um planejamento prévio.

Segundo Teles (2019, p. 37), “a manutenção preventiva custa em média 3 vezes mais do que a manutenção preditiva e é aplicada em 11% dos equipamentos”. Ou seja, mais da metade dos ativos não tem eficiência quando aplicado esse método de manutenção, pois a taxa de falha não está relacionada a idade dos equipamentos, mas sim as condições de operação.

Almeida (2010) ressalta que todos os gerenciamentos da manutenção consideram e assumem que com o passar do tempo os ativos degradam e precisam ter as estratégias de manutenções atualizadas. Sendo assim, os reparos e recondicionamento das máquinas são planejados sob estatísticas, sendo a mais usada a curva de tempo médio para falha.

Segundo os autores Kardec e Nascif (2019, p. 78) os seguintes fatores devem ser levados em consideração para adoção de uma política de manutenção preventiva:

- Quando não é possível a manutenção preditiva, detectiva ou prescritiva;
- Quando existirem aspectos relacionados com a segurança pessoal ou a instalação que tornam mandatórias a intervenção, normalmente para a substituição do componente;
- Por oportunidade, em equipamentos críticos de difícil liberação operacional;
- Quando houver risco de agressão ao meio ambiente;
- Em sistemas complexos e/ou de operação contínua representando por paradas programadas nas unidades operacionais de refinarias de petróleo, petroquímicas, siderurgias dentro outras.

Segundo Xenos (1998), “a manutenção preditiva permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois permite prever quando a peça ou componente estarão próximos do seu limite de vida”.

Teles (2019) reforça que a manutenção preditiva deve ser realizada por meio de monitoramento do equipamento em operação, por meio de sistemas automatizados e sistemas integrados. Com isso é realizado a coleta de dados do equipamento, criado um banco de dados e em seguida os dados são utilizados para ter uma ideia do funcionamento dele. Esse monitoramento é realizado com auxílio de aparelhos de medição de vibração, análise físico-química de óleo, ultrassom e termográfica, como mostra a figura 1.



Figura 1: Técnica de Manutenção preditiva.  
Fonte: Teles (2019).

A figura 1 mostra uma técnica de manutenção preditiva conhecida com medição de vibração. A medição está acontecendo em um motor, para a identificação de alguma avaria no sistema.

O engenheiro Teles (2019, p. 43) cita os principais objetivos da manutenção preditiva:

- Determinar antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção numa peça ou componente específico de uma máquina ou equipamento;
- Eliminar desmontagem desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade da máquina;
- Reduzir as intervenções de corretiva;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumento do grau de confiabilidade das máquinas e equipamentos.

Para que uma manutenção preditiva desempenhe o seu papel com a devida qualidade é necessários alguns investimentos: qualificação da mão de obra, aquisição de aparelhos de coleta de dados com maiores precisões e possuir profissionais qualificados para analisar os dados coletados.

Souza (2008) relaciona a nomenclatura desse tipo de manutenção à definição de detectar, e explica que o objetivo dessa manutenção é aumentar a confiabilidade dos equipamentos. Outra característica desse tipo de manutenção é o investimento, visto que um dos objetivos é identificar falhas ocultas. Em muitos casos, as avarias estão em estado inicial e não são perceptíveis por

métodos convencionais de inspeções. Esse tipo de manutenção possui esse intuito, de conseguir identificar as falhas, por menores que sejam os sinais.

Sobre a manutenção detectiva, Ferreira (2008) define como exemplo: Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha, o gerador não entra. Por isso, este circuito é testado/acionado de tempos em tempos, para verificar sua funcionalidade (FERREIRA, 2008, p. 23).

Kremer e Kovaleski (2008) comentam sobre a engenharia de manutenção afirmando que a engenharia de manutenção tem como característica a busca por soluções em casos de problemas crônicos que causam mal desempenho nas máquinas e equipamentos, através de interferências técnicas e mudanças de padrões e sistemáticas existentes e não eficientes.

De acordo com Kardec e Nascif (2009) a Engenharia de Manutenção pode ser entendida como a aplicação de técnicas modernas de manutenção para perseguir benchmarks visando aumentar a confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade física dos equipamentos de forma a eliminar problemas tecnológicos, melhorar a gestão de mão de obra, elaborar novos projetos para melhoria da execução e atividades, fazer estudos e análises de falhas e acompanhar indicadores através de sistemas automatizados.

Segundo Viana (2002), a engenharia da manutenção tem como objetivo promover o progresso tecnológico, através da aplicação de conhecimentos científicos na solução de problemas encontrados durante os processos e equipamentos, buscando sempre melhorias na manutenibilidade das máquinas, maior produtividade e eliminação total dos riscos de segurança do trabalho e meio ambiente.

Viana (2002) define como as atribuições da engenharia por: “começam pela incansável busca de melhorias; a área deverá ser capaz de ver o invisível e buscar de maneira prática a implantação de projetos que atinjam os objetivos traçados a partir desta visão”.

## **2.4 Padronização da Manutenção**

Nos processos de manutenção, em geral, é necessário a melhoria constante em todas as atividades, desde o planejamento até a execução delas.

Para que a manutenção ocorra dentro do previsto, de acordo com Xenos (1998), é necessário aumentar a capacidade de treinamento dos novos funcionários num espaço de tempo mais curto e reduzir as paradas indesejadas na produção. Com o planejamento e fiscalização bem definidos é possível determinar certos padrões e prever algumas possíveis interferências durante a execução das atividades, de tal forma a atuar nelas antes que ocorram. Segundo Xenos (1998) com a padronização torna-se possível a transferência de tarefa simples da manutenção, tais como

lubrificação, inspeções visuais, pequenos reparos e trocas de peças para operadores de produção, o que aumenta a eficiência do serviço de manutenção.

Segundo Viana (2014), os planos de manutenção, sejam eles, preventivos e preditivos, possuem o detalhamento das atividades em formato de listas de tarefas, de forma a orientar os executantes o passo a passo da realização da manutenção programada e outras informações, como: materiais que serão utilizados, ferramental necessário, tempo previsto de execução de cada atividade etc., proporcionando um ganho de produtividade.

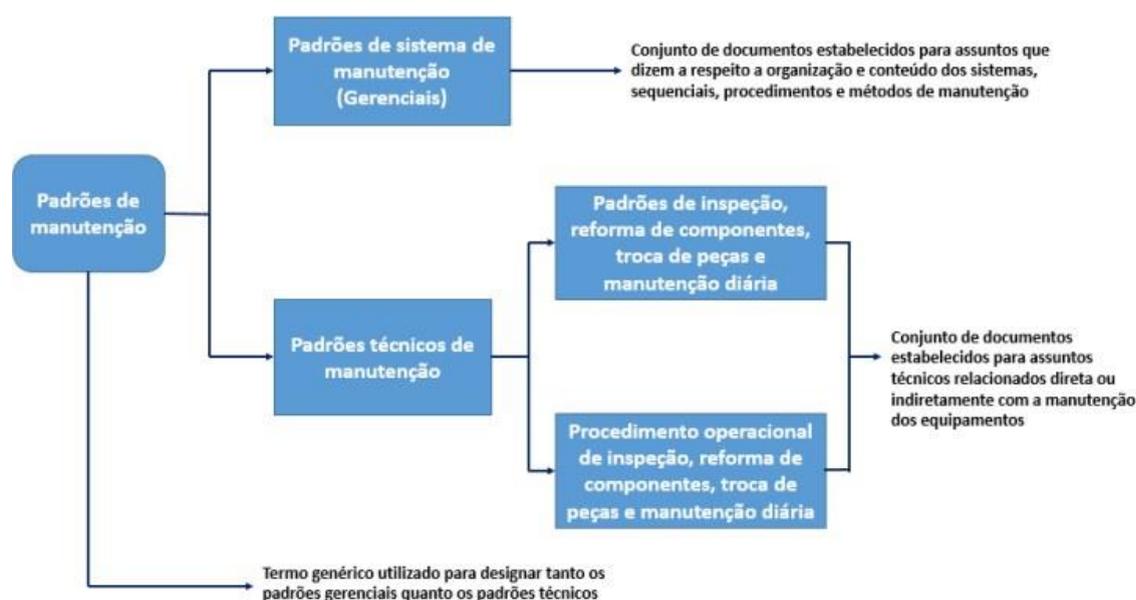


Figura 2: Estrutura básica dos padrões de manutenção.  
Fonte: Xenos (1998).

### 2.4.1 Padronização da inspeção

De acordo com Viana (2014), a padronização da inspeção é a criação de procedimentos e planos de diretrizes detalhando as formas de inspeções previstas para atendimento ao escopo de uma determinada empresa. Essas inspeções podem variar desde inspeções simples até inspeções instrumentadas (END's – Ensaio não destrutivo).

Além disso Xenos (1998, p. 188) reforça que os “padrões de inspeção são documentos que detalham os itens a serem inspecionados e sua frequência, os métodos de inspeção a serem utilizados, os critérios de julgamento do resultado das inspeções e as contramedidas, em caso de anomalia”.

Viana (2014) destaca que, após encontradas as anomalias utilizando os procedimentos de inspeção, as mesmas devem ser tratadas pelo planejamento de manutenção, por meio de ordens de

serviço, a fim de evitar falhas do ativo ou até mesmo a sua degradação, se tratando de partes estruturais onde existe uma possível corrosão ou oxidação.

Xenos (1998, p. 193) destaca para tornar os padrões de inspeção completo as seguintes informações são essenciais:

- Partes dos equipamentos a serem inspecionados;
- Frequência das inspeções;
- Métodos de inspeção;
- Instrumentos e aparelhos de inspeção;
- Características a serem inspecionadas;
- Critérios de julgamento;
- Contramedidas em caso de anomalias.

A figura 3 exemplifica a aplicação na prática.

Empresa		Especificação de Serviço					Máquina	Código
XXX		Inspeção mensal da bomba de água radial centrífuga modelo 2029F (em funcionamento)					Bomba de água modelo 2029F	M-XXX-002-A Folha: 1/1
Item do Parâmetro			Parâmetros de Inspeção/Medição				Ação em caso de anomalia/ observação	
Nº	Item	Nº	Conteúdo	Critério de Avaliação	Registro do Resultado	Instrumento		Método
1	Vedação	1	Gaxeta da bomba	Sem vazamento		-	Visual	Trocar a gaxeta
		2	Conexão de entrada	Sem vazamento		-	Visual	Trocar a junta
		3	Conexão de saída	Sem vazamento		-	Visual	Trocar a junta
2	Fixação	1	Parafusos de fixação da bomba	Apertado		Chave de boca	Manual	Reapertar os parafusos
		2	Parafusos de fixação do motor	Apertado		Chave de boca	Manual	Reapertar os parafusos
		3	Parafusos de fixação das conexões	Apertado		Chave de boca	Manual	Reapertar os parafusos
3	Condições de trabalho	1	Pressão	1,8 a 2,2 kgf/cm <sup>2</sup>		Manômetro	Visual	Informar ao supervisor
		2	Vazão	18 a 22 m <sup>3</sup> /h		Med. de vazão	Visual	Informar ao supervisor
4	Vibração	1	Vibração do mancal da bomba	$V \leq 4 \text{ mm/s}$		Med. vibração	Ponto indicado	Diminuir periodicidade de medição
		2	Vibração do mancal do motor	$\alpha \leq 1 \text{ mm/s}^2$				
5	Elétrica	1	Isolação do motor	$\geq 10 \text{ M}\Omega$				
		5	Contator da alimentação	Lâmpada acesa		-	Visual	Substituir a lâmpada ou o contator
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	Temperatura	1	Temperatura do mancal da bomba	$\leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$		Termômetro infravermelho	Ponto indicado	Trocar o mancal
		2	Temperatura do mancal do motor	$\leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$			Ponto indicado	Trocar o mancal
		3	Temperatura da carcaça do motor	$\leq 60 \text{ }^\circ\text{C}$			Ponto indicado	Informar ao supervisor
Executante:						Data		

Figura 3: Exemplo de padrão de inspeção.  
Fonte: Xenos (1998).

Observa-se na figura 5 um exemplo de inspeção realizada em uma bomba de água centrífuga, mostrando todos os seus itens a serem verificados na inspeção, critérios de avaliação, instrumentos utilizados para a análise e como devem ser tratadas as avarias encontradas.

## 2.5 Falhas

Com as revoluções industriais, percebeu-se a necessidade de combinar eficiência de um ativo com a sua vida útil com o objetivo de conferir grandes resultados operacionais com menor número de paradas devido a falhas nos equipamentos. Como afirma Duarte (2010), a falha do componente de um ativo em uma estrutura pode ocorrer devido a diversos fatores: carga aplicada muito acima da dimensionada em projeto, desgaste, temperatura, desalinhamento, influência do meio ambiente, manutenção inadequada, fatores metalúrgicos, operação incorreta etc.

A falha pode ser caracterizada quando um componente, equipamento ou sistema não consegue mais desempenhar a função para a qual foi projetado de forma total ou parcial como indicados nos três tipos a seguir:

- falha total ou permanente, que é a incapacidade de execução da tarefa;
- falha parcial ou temporária, onde a execução ocorre, porém, eficiência abaixo do esperado;
- falha gradual ou intermitente, quando há progressão da anomalia ao longo do tempo podendo ser prevista através de ensaios visuais ou END's (líquido penetrante, ultrassom, estanqueidade, partículas magnéticas, radiografia e entre outros) (OAKLAND, 1994).

Nesse contexto, muitas empresas adotaram em seus departamentos um sistema de tratamento de falhas nos equipamentos. Cada empresa deve elaborar um procedimento para o tratamento de falhas tendo como norte os itens a seguir, segundo Xenos (1998, p.84).

1. Detecção e relato da falha (por meio de sistemas automatizados e Apps);
2. Ação corretiva para remover o sintoma;
3. Registro de análise de falhas para identificar suas causas fundamentais;
4. Planejamento e execução das ações consideradas na etapa de realizar análise de falhas;
5. Acompanhamento da execução das ações;
6. Análise periódica dos registros de falhas para identificar falhas crônicas e prioritárias e definir projetos com metas;
7. Execução dos projetos através do ciclo PDCA de solução e problemas.

## 2.6 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção refere-se a um conjunto de atividades direcionadas que, ao menor custo possível, buscam garantir a máxima disponibilidade, capacidade máxima, prevenção e ocorrência de falhas de equipamentos, identificação e remediação das causas raízes do mau desempenho das máquinas (GUSMÃO, 2017). Xenos (1998) apresenta a ideia de que o principal método para evitar quebras é a aplicação da manutenção, mas toda a base gerencial está envolvida em um plano de manutenção que contém todas as ações necessárias para a aplicação preventiva da empresa. Por exemplo, devido ao enorme banco de dados, tais planos de manutenção ajudam a corrigir avarias e controlar mão de obra e estoque.

Para Nunes e Valladares (2008), a gestão da manutenção tem partida na prestação de serviços uma vez que se tem três tipos de clientes distintos, o primeiro sendo o gerenciador de ativos, ou seja, o empreendedor que espera o retorno financeiro, o segundo sendo o consumidor dos ativos, que almeja produtos com alta qualidade e o terceiro a sociedade que, além dos padrões de qualidade, aspira por segurança e proteção ao meio ambiente.

Souza (2008, p.66) apresenta uma visão geral sobre a gestão, afirmando que:

A gestão deve estar relacionada a todo conjunto de ações, decisões e definições sobre tudo o que se tem que realizar, possuir, utilizar, coordenar e controlar para gerir os recursos fornecidos para a função manutenção e fornecer assim os serviços que são aguardados pela função manutenção.

Xenos (1998) acrescentou que há necessidade de atividades cotidianas de gerenciamento de controle, que podem ser definidas como "executar ações e verificações rotineiras para que todos possam assumir a responsabilidade pelo cumprimento das obrigações atribuídas a todos". e todas as organizações." Além disso, Xenos (1998) definiu 6 pilares da gestão do dia a dia:

1. 5S: Promover um ambiente de trabalho agradável e eficiente;
2. Padronização: o estabelecimento, manutenção e melhoria do sistema padrão;
3. Crescimento humano: através de CCQ'S (Círculo de Controle de Qualidade) e sistema de sugestões;
4. Monitoramento de resultados: comparando os itens de controle com as metas;
5. Ação corretiva: Controlar o desvio do item em relação ao alvo;
6. Melhoria contínua. Gere e desenvolva novos processos através de SDCA (Standard/Do/Check/Act-Maintain) e PDCA (Plan/Do/Check/Act-Improve).

De acordo com a ABNT NBR 5462/1994, a manutenção administrativa envolve uma combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo a supervisão, visando manter ou restaurar um item a um estado em que possa desempenhar sua função requerida. A gestão da

manutenção é considerada a gestão adequada da manutenção, ou seja, a organização dos recursos humanos e materiais, insumos e planejamento estratégico necessários para que as máquinas, equipamentos e instalações de qualquer empresa estejam em bom estado de funcionamento e atendam aos requisitos das necessidades produtivas existentes. (Almeida, P. S., 2018). A importância da gestão da manutenção pode ser percebida quando se percebe a necessidade de monitorar constantemente o funcionamento de máquinas, equipamentos e peças, sendo esta uma forma eficaz de prevenir intervenções na linha de produção. Desta forma, a gestão da manutenção é vista por muitos como um fator de sucesso empresarial, como segue:

Em linhas gerais, pode-se afirmar que toda evolução tecnológica dos equipamentos, processos e técnicas de manutenção, a necessidade de controles cada vez mais eficientes e de ferramentas de apoio à decisão, o desenvolvimento de estudos relativos ao desgaste e controle das falhas e suas consequências, a dependência de equipes treinadas e motivadas para enfrentar estes desafios, o desenvolvimento de novas técnicas, e, conseqüentemente, os custos de manutenção em termos absolutos e proporcionalmente às despesas globais, transformaram a gestão da manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial” (NUNES E VALLADARES, 2017).

## 2.7 Integridade Estrutural

O estudo da integridade estrutural nas estruturas de máquinas, equipamentos e construções civis de uma empresa tem como objetivo garantir a integridade dos ativos por meio de inspeções, para identificação das avarias, principalmente o fenômeno da corrosão, classificando-as quanto aos fatores de risco e promovendo a recuperação ou tratamento dessas estruturas, assim proporcionando uma maior segurança nas plantas (PANNONI, 2004).

Para Bauer (2005), uma estrutura ou componente estrutural pode ser considerado íntegro quando “atende às funções para as quais foi projetado, suporta os carregamentos máximos de trabalho, e apresenta um comportamento confiável, previsível e repetitivo por tantos ciclos quanto forem necessários para sua vida em serviço.”

Bauer (2005) também relata que a integridade estrutural é uma importante área dentro da organização e que é resultado da aplicação de procedimentos e técnicas capazes de relatarm as reais condições de uma estrutura. Portanto, pode-se avaliar os danos e, por conseguinte, prever seus comportamentos futuros e, quando necessário, realizar as intervenções corretivas de modo a restabelecer a condição original do ativo.

Os principais termos que envolvem a área integridade estrutural são: corrosão e seus tipos; oxidação e seus tipos, inspeção, ensaios não destrutivos, recuperação estrutural e tratamento anticorrosivo.

A corrosão é um processo químico, resultado da interação do meio ao qual um material está inserido causando a deterioração e perda de suas propriedades (GENTIL, 2003). De acordo com Dutra & Nunes (1987), apesar da relação direta com os materiais metálicos, este fenômeno também pode ocorrer em outros materiais como, por exemplo, polímeros e concretos.

Economicamente, o processo de corrosão causa prejuízos com custos extremamente altos, pois, além do investimento inicial, estima-se que mais de 30% do aço que é produzido mundialmente é empregado apenas para reposição de partes atacadas pela corrosão em peças, equipamentos e estruturas (NUNES & LOBO, 1998). Além disso, acidentes envolvendo colapso de estruturas promovem perdas humanas e ambientais irreparáveis (NUNES & LOBO, 1998).

O termo corrosão pode ser utilizado para designar perdas totais, parciais, superficiais e estruturais em materiais, e pode-se definir três tipos de ataque corrosivo: eletroquímico, químico e eletrolítico (GENTIL, 2003). A corrosão eletroquímica é o tipo mais comum na natureza, onde ocorre a transferência de elétrons por meio de reações de oxirredução (NUNES & LOBO, 1998). Ainda segundo o mesmo autor (1998), corrosão é um processo que ocorre espontaneamente e em materiais metálicos quando em contato com um eletrólito por intermédio de um meio aquoso. Um exemplo deste tipo de corrosão é a formação da oxidação, constituído através de um processo de oxirredução entre o ferro em contato com a água.

No que diz respeito à corrosão química, como apresentado por Gentil (2003) não necessita de água para que ocorra, apenas um agente químico agindo diretamente sobre o material, sem transferência de elétrons. Esse tipo de corrosão pode ocorrer também em polímeros, plásticos e borrachas, por exemplo, recebendo ação de solventes, oxidantes ou próprio meio; em concretos, onde os agentes poluentes do meio interferem diretamente em seus constituintes (areia, cimento etc.) e promovem perdas de estabilidade e durabilidade, que são potencializadas devido às vibrações, erosões e variações de temperaturas aos quais estes materiais estão expostos (GENTIL, 2003).

A corrosão eletrolítica é um tipo não espontâneo, que depende da passagem de uma corrente elétrica externa e ocorre geralmente em tubulações de água, tubulações de petróleo, tanques de gasolina, canos telefônicos etc., onde as correntes são indesejadas e oriundas de deficiências nos aterramentos e isolamentos provocando furos nos materiais (FOGAÇA, 2020).

Já a inspeção é uma atividade que tem como objetivo localizar defeitos onde quer que ela seja realizada, preventiva ou preditiva, utilizando-se de ensaios específicos, monitorando e avaliando os impactos nas estruturas (TAVARES, 1999).

A atividade de inspeção tem papel fundamental dentro da área integridade estrutural visto que, é a partir dela que se obtém conhecimento sobre a real situação dos componentes estruturais de uma empresa, que verifica os níveis operacionais, estabelecendo, assim, um nível de segurança e para além de avaliar os danos que são causados pela corrosão. Dessa maneira, podem ser apresentados os respectivos níveis críticos, bem como, serem dados subsídios para a tomada de decisão a respeito da tratativa que será abordada em cada caso (TAVARES, 1999).

O ensaio visual, ensaio mais comum utilizado para avaliar componentes estruturais, é também o mais simples e barato de ser realizado. É feito através da análise dos componentes estruturais por pessoas treinadas e especializadas (ESSEL ENGENHARIA, 2020). Na integridade estrutural os inspetores são pessoas capacitadas a identificar quaisquer defeitos ou discontinuidades que possam resultar em falhas nas estruturas e, como afirma Essel Engenharia (2020), para que ocorra de forma correta, a inspeção visual possui fatores que influenciam na identificação de discontinuidades e defeitos, sendo eles:

- Limpeza da superfície: Os locais onde ocorrerão as inspeções visuais devem ser limpos e livres de quaisquer resíduos que impeçam a verificação e detecção de defeitos;
- Acabamento da superfície: Alguns processos de fabricação geram acabamentos superficiais que dificultam a análise visual mascarando discontinuidades (fundição, forjamento, laminação etc.), portanto é necessário que se faça um preparo (decapagem, jateamento, usinagem etc.) para que possa ocorrer este tipo de inspeção;
- Iluminação e posicionamento: Como a inspeção é realizada usando os olhos do inspetor, é necessário que haja uma boa iluminação, sendo a mais indicada a natural e, quando não for possível a natural, lâmpadas elétricas brancas posicionadas atrás do inspetor não ofuscando sua visão.

Algumas ferramentas também podem ser utilizadas para auxiliar na inspeção visual, tais como: lupas, microscópios, espelhos, tuboscópios e câmeras de tevê em circuito fechado, entre outras (ESSEL ENGENHARIA, 2020).

De acordo com Tavares (1999), a inspeção tem objetivo de localizar, monitorar e avaliar avarias encontradas nas estruturas. Nesse sentido, como aponta o estudo de caso realizado por Silva (2008), a tratativa para os casos em que o nível de deterioração ultrapassa os níveis estabelecidos como aceitáveis pela empresa, consiste na chamada “recuperação estrutural”, onde os pontos onde há um maior nível de dano são totalmente substituídos por novas estruturas com as mesmas características.

O tratamento anticorrosivo é utilizado em metais quando estes ainda estão em boas condições (com relação às características mecânicas do componente) de serem utilizados sem que ocorra a substituição. O objetivo desse tratamento é retardar o processo de corrosão, processo este que é a principal fonte de danos nesses materiais (PROMAR, 2020).

Segundo Promar (2020), os dois principais tipos de tratamentos anticorrosivos são:

- Jateamento abrasivo: consiste em aplicar sobre a superfície da estrutura metálica um jato de material abrasivo (granalha, óxido de alumínio, esfera de vidro, etc.) em alta velocidade. Através desse processo a superfície é descontaminada e camadas de corrosão e incrustações são removidas. Com o jateamento abrasivo, por gerar uma força de compressão entre os “grãos” e a superfície da peça, tem-se como resultado uma melhora na resistência mecânica superficial deste componente;
- Pintura líquida industrial: é o tratamento mais utilizado atualmente. Consiste na aplicação de tintas industriais em espessuras muito finas (menos de 1 milímetro) formando uma película protetora sob a estrutura metálica protegendo-a do ambiente corrosivo ao qual se encontra. Geralmente é realizado após o processo de jateamento abrasivo.

Neste capítulo foram apresentados os estudos teóricos que envolvem os assuntos tratados no presente trabalho sendo estes: manutenção, falhas, gestão da manutenção procedimento operacional padrão e integridade estrutural. A partir da revisão teórica será possível indicar uma solução para a pergunta problema proposta anteriormente.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Tipo de pesquisa

As pesquisas possuem várias fases de acompanhamento, iniciando pela pergunta problema, passando pelo desenvolvimento até chegar na exibição dos resultados obtidos para solucionar o problema.

Segundo Gil (2002, p.17) pode-se definir pesquisa como:

O procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema (GIL, 2002, p. 17).

As pesquisas científicas podem ser divididas em qualitativas e quantitativas (GEHHARDT & SILVEIRA, 2009). As pesquisas qualitativas buscam entender os fenômenos por meio da coleta de dados narrativos (observações, questionários abertos e entrevistas). Pesquisas quantitativas tem como objetivo entender os fenômenos através de dados numéricos, transformando-os em hipóteses estatísticas (GIL, 2002).

Gil (2002) cita que as pesquisas podem ser divididas como exploratórias descritivas ou explicativas.

Pesquisa exploratória tem como objetivo esclarecer um determinado tema proposto que, na maior parte das vezes, o tema é um estudo de caso, onde as fontes (sejam elas bibliográficas ou entrevistas), e o pesquisador, após um processo de classificação das ideias, irá concluir com hipóteses o trabalho (RICHARDSON, 1999).

O tipo de pesquisa descritiva busca descrever ou caracterizar certo tema (ALYRIO, 2009). Segundo Alyrio (2009), a pesquisa descritiva tem como objetivo apenas tratar os dados (enumerar e ordenar), sem que haja comprovação de algo ou contestação de hipóteses exploratórias, onde há abertura para uma pesquisa posterior.

Existe também uma divisão das pesquisas quanto aos procedimentos técnicos. De acordo com Gil (2002), são elas:

- Pesquisa-Ação: existe uma teoria e uma ação atrelada a ela;

- Pesquisa Experimental: possui um objeto de estudo e há um controle sobre quais fatores irão influenciar tal objeto;
- Pesquisa Bibliográfica: é realizada a partir de materiais já divulgados (artigos, livros, internet, entre outros);
- Pesquisa participante: onde o pesquisador se envolve diretamente e se identifica com um grupo de pessoas investigadas;
- Estudo de Caso: envolve o estudo intenso sobre um ou poucos objetos buscando o máximo de detalhamento possível.

Baseado nos conceitos apresentados, entende-se que o presente estudo se trata de uma pesquisa qualitativa, pois se trata de uma proposta para melhorias na manutenção de um tripper car com foco na integridade estrutural, exploratória pois busca responder um determinado tema proposto e documental por ser realizada a partir de matérias sem tratamento analítico. Com relação ao método de pesquisa, o presente trabalho é classificado como pesquisa bibliográfica, pois foram apresentados conceitos da manutenção, tipos de manutenção e integridade estrutural com base em vários autores e artigos utilizados como fonte de referência. A pesquisa é classificada como estudo de caso por conta do estudo para melhorar os controles de manutenção de um tripper car utilizando sistemas automatizados. Essa pesquisa é também documental, pois é utilizado documentos da empresa para auxiliar na solução dos problemas propostos.

### **3.2 Materiais e Métodos**

Para o presente trabalho fez-se necessário um estudo sobre as condições do ativo encontradas em campo. Dessa forma, foram elaboradas as etapas para a realização da pesquisa afim de buscar resposta para a problemática, como mostra a figura 4.

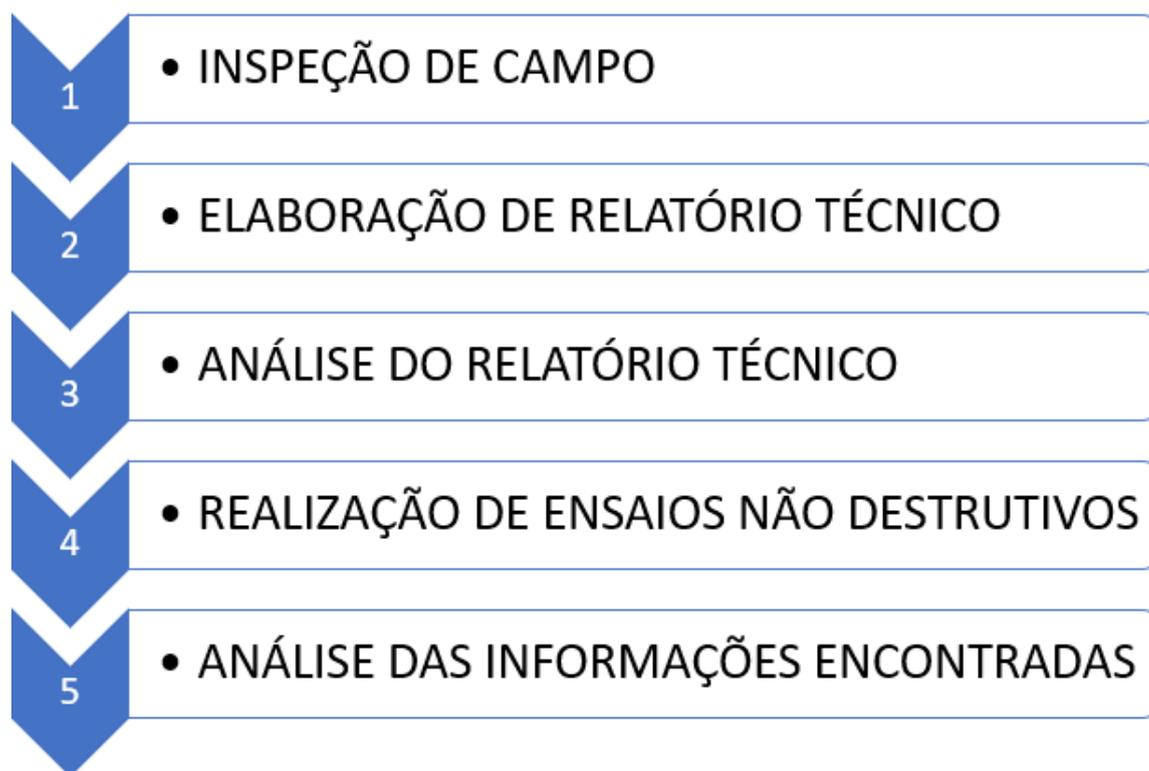


Figura 4: Fluxograma de materiais e métodos.  
Fonte: Pesquisa direta (2023).

Na etapa de inspeção de campo serão levantadas todas as avarias encontradas no ativo, a fim de classificá-las, identificar o causador e elaborar um plano de ação para tratativa e medidas de prevenção. Após a inspeção será elaborado o relatório técnico que irá conter todas as condições encontradas em campo relatadas por meio de fotos e breves descritivos. Após a elaboração do relatório, ele irá passar por uma segunda verificação afim de encontrar pontos de fragilidades e propor medidas para comprovar os dados relatados. Essa comprovação se dá com a realização de ensaios não destrutivos, apresentado no item 4. Na etapa 5 os dados serão analisados e comparados com as informações obtidas na etapa 3 e com isso, propor soluções para os problemas encontrados e justificados.

### 3.3 Variáveis e Indicadores

Segundo Lakatos e Marconi (2003), uma variável pode ser entendida como uma quantidade variável, um processo que exprime valores, uma medida de classificação, um aspecto, propriedade ou fator de um objeto de estudo que pode ser mensurável.

Para Tadashi e Torres (1997), os indicadores têm como finalidade representar, de forma quantitativa, as características de processos, bem como possibilitar a melhoria, tanto no desempenho como da qualidade, de produtos e serviços a longo do tempo.

Considerando os conceitos apresentados acima, o presente trabalho tem como variáveis e indicadores os dados mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Gestão da Manutenção	Planos de Manutenção Inspeção Manutenção Preventiva Manutenção Preditiva Manutenção Corretiva Indicadores de Manutenção Gestão de Ativos
Integridade Estrutural	Plano de Inspeção Inspeção de Integridade Estrutural Análise das Avarias Encontradas Planejamento Estratégico Tratamento Anticorrosivo Recuperação Estrutural

Fonte: Pesquisa direta (2023).

### 3.4 Coleta de Dados

Para a coleta de dados deste trabalho foi utilizado como base de dados pesquisa documental na empresa (manuais, notas técnicas no sistema de monitoramento), entrevista com os colaboradores que já trabalharam com o tripper car e para compilação das informações foi utilizado planilhas do Microsoft Excel.

### **3.5 Tabulação de Dados**

Os dados apresentados foram tabulados utilizando os softwares: Microsoft excel, Microsoft Power BI e Microsoft Project. De forma complementar, foram utilizados recursos de programação dentro dos Softwares apresentados (VBA no caso do Microsoft Excel).

### **3.6 Consideração Finais**

Neste Capítulo foram apresentadas as ferramentas utilizadas para a concretização desta pesquisa, cujos instrumentos escolhidos, estão de acordo com o objeto proposto na mesma.

No capítulo seguinte são apresentadas as análises dos resultados relativos às contribuições da gestão da manutenção para a integridade estrutural de um tripper car.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Características da empresa**

A empresa analisada atua no mercado de mineração, desde a extração do minério, passando pelo beneficiamento até chegar na exportação. Na figura 5 é mostrado o organograma da empresa.

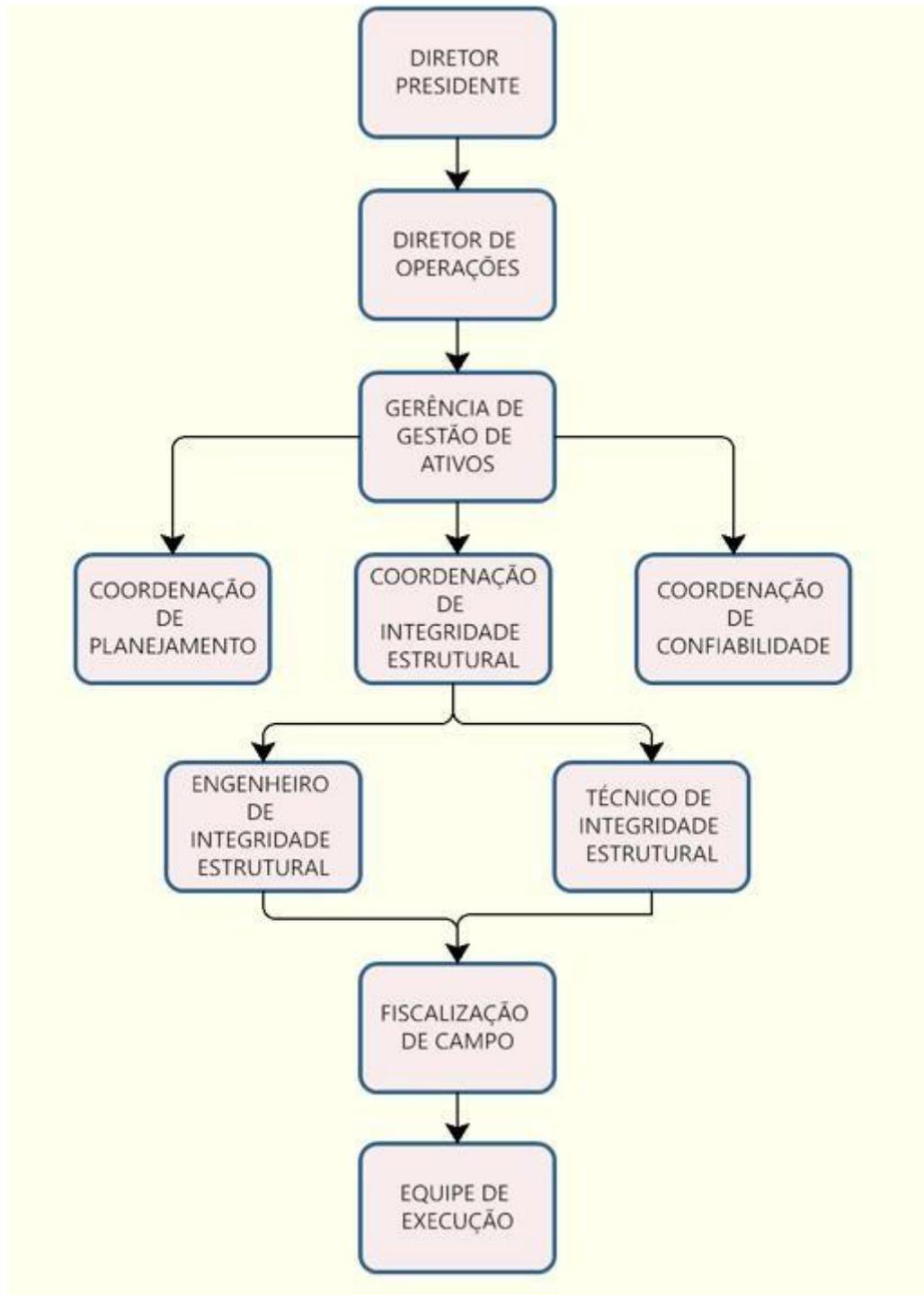


Figura 5: Fluxograma dos departamentos da empresa.  
Fonte: Pesquisa direta (2023)

A figura 5 demonstra como é a atual divisão dos departamentos da empresa analisada. Na função direção da empresa se concentra todas as informações da empresa, tanto financeiras quanto produtivas. Na função diretor de operações, o foco é garantir que os equipamentos atrelados a uma manutenção estejam em condições ótimas de produção e, para

isso, é necessário o apoio da gerência de gestão de manutenção que é a responsável por garantir que todos os equipamentos estejam em bom funcionamento para garantir a eficiência da empresa. Para que a gestão da manutenção tenha uma boa performance, é necessário direcionar o foco para determinados setores da manutenção e, por isso, a gerência de gestão de manutenção é dividida em três coordenações, que são as responsáveis por fazer cumprir todas as manutenções dos ativos.

A coordenação de confiabilidade que é a responsável por criar as estratégias de manutenção bem como controlar a vida útil dos equipamentos. Já a coordenação de planejamento que é responsável por planejar e garantir que tudo o que foi definido pela coordenação de confiabilidade seja aplicado. Por fim a coordenação de integridade estrutural que é a responsável por garantir que todas as estruturas de todos os ativos estejam íntegras e que continuem estáveis durante a operação e utilização dos equipamentos. Essa será a área da manutenção mais abordada neste estudo, pois nela iremos tratar especificamente das estruturas de um tripper car.

Observa-se que todas as atividades da empresa são centralizadas na coordenação e, a partir deles, é realizado um filtro de todas as informações antes de subir para os níveis mais críticos da empresa. Todos e quaisquer problemas que são identificados nos processos e ou equipamentos são comunicados imediatamente ao supervisor imediato e este decide em primeira instância a melhor forma de atuar diante da falha ocorrida. Quando o problema persiste, a informação sobe de nível para uma análise mais específica e tomada de decisão mais assertiva.

Portanto, todas e quaisquer intervenções que forem necessárias, é preciso passar por todo um procedimento de segurança antes de iniciar as atividades. Por ser uma empresa de grande porte, existe um investimento muito alto com relação a segurança. É importante falar sobre esse assunto porque existem casos de atraso em manutenção de equipamentos que são justificados por conta desses rituais que são importantes para a empresa e para o processo.

A manutenção acompanha sempre as atualizações de segurança desta empresa do setor minerário. Portanto, o investimento na área da manutenção é alto e, como envolve várias áreas, principalmente o departamento de gerência, em especial o de Gerência de Gestão de manutenção, requer uma estratégia de manutenção bem elaborada em conjunto com uma boa elaboração orçamentária.

O setor de integridade estrutural é composto por um coordenador, um engenheiro de manutenção, pela equipe técnica, pelos fiscais de campo e pelas equipes de execução. Para cada uma dessas funções é atribuído papéis e responsabilidades. Para o cargo de coordenador, é esperado que sejam tomadas decisões mais complexas que requer uma análise mais abrangente, envolvendo não apenas a manutenção, mas também os riscos ao negócio. Já o cargo de engenheiro de manutenção está mais voltado para realizar as soluções de engenharia caso seja necessário e a aplicação da responsabilidade técnica de ações. Para o cargo de técnico é esperado que seja feita toda a análise desde inspeções até as melhores estratégias de execução das avarias encontradas. O cargo de fiscalização tem mais o objetivo de fazer o intermédio entre a equipe técnica e a equipe de execução das atividades propostas, levando e trazendo informações para a equipe técnica e de engenharia para propor soluções.

#### **4.2 – Detalhamento do equipamento estudado**

O tripper car é um equipamento de mineração utilizado para distribuir o material que chega por meio dos transportadores de correia e possui como principal função a distribuição do minério em vários silos de armazenamento. Esse equipamento é de grande porte e possui um peso aproximado de 65 toneladas podendo distribuir até 1600 toneladas por hora de material entre os silos.



Figura 6: Tripper Car.  
Fonte: Pesquisa direta (2023).

O tripper car é um equipamento móvel que translada sobre trilhos no momento da distribuição do material nos trilhos. É controlado por sensores de fim de curso com o objetivo de limitar o curso do equipamento, bem como a utilização de sensores de altura de material para identificar em qual silo de estocagem o tripper deve ficar mais tempo descarregando o minério.



Figura 7: Figura 3D tripper car.  
Fonte: Pesquisa direta (2023).

Um "Tripper Car" é um equipamento utilizado em sistemas de transporte e armazenamento de materiais, comumente encontrado em indústrias como mineração, portos e armazéns. O Tripper Car é um veículo automatizado que se desloca ao longo de um trilho suspenso ou trilho terrestre em um pórtico ou ponte rolante.

A principal função do Tripper Car é descarregar materiais a granel, como minério, carvão, grãos ou outros produtos, de uma correia transportadora ou de uma pilha de armazenamento. Ele é equipado com uma tremonha e um sistema de esteiras ou correias transportadoras, permitindo que o material seja descarregado de maneira controlada e precisa.

O Tripper Car normalmente possui um mecanismo de giro, permitindo que a tremonha se mova para os lados para distribuir o material ao longo de diferentes pontos de descarga. Isso possibilita o carregamento de diferentes áreas, pilhas ou transportadores, conforme necessário.

O uso do Tripper Car ajuda a otimizar a operação de transporte e armazenamento de materiais a granel, permitindo uma distribuição eficiente e controlada dos materiais em diferentes locais. Isso facilita o processo de carregamento e descarregamento, além de auxiliar

no gerenciamento de estoques e no controle do fluxo de materiais dentro de uma instalação industrial.

O equipamento consiste em uma plataforma ou tremonha com uma capacidade de carga substancial. Ele é conectado a um sistema de transporte, como esteiras ou correias transportadoras, que permitem o movimento controlado do material. A tremonha é projetada para descarregar o material de maneira controlada, evitando derramamentos e garantindo um fluxo uniforme.

Uma característica importante do Tripper Car é sua capacidade de girar e posicionar a tremonha ao longo da estrutura. Isso permite que o material seja descarregado em diferentes pontos de descarga, como caminhões, vagões de trem ou pilhas de armazenamento. Essa flexibilidade é particularmente útil em situações em que é necessário distribuir o material em áreas específicas.

O Tripper Car é amplamente utilizado em indústrias como mineração, siderurgia, portos e armazéns. Ele desempenha um papel fundamental na automatização e otimização das operações de transporte e armazenamento de materiais a granel. Ao permitir um controle preciso do fluxo de materiais, ele contribui para a eficiência, segurança e produtividade desses processos.

Em resumo, o Tripper Car é um equipamento versátil e eficiente que desempenha um papel crucial na movimentação e descarga de materiais a granel. Sua capacidade de distribuir o material em diferentes pontos de descarga o torna uma solução valiosa em várias indústrias que lidam com grandes volumes de materiais.

Seus principais componentes incluem:

- A. Estrutura suspensa ou trilhos: a estrutura suspensa é uma estrutura suspensa em vigas ou cabos que permite que o Tripper Car se mova ao longo da área de trabalho. Ela é projetada para suportar o peso do Tripper Car e garantir sua estabilidade durante a operação. Os trilhos, por outro lado, podem ser instalados no solo ou em uma estrutura elevada, permitindo que o Tripper Car se mova ao longo deles;
- B. Tremonha: a tremonha é a parte superior do Tripper Car onde o material a granel é depositado. Ela é projetada para acomodar grandes quantidades de material e permitir sua descarga controlada. A tremonha geralmente tem uma

forma inclinada para facilitar o fluxo do material em direção às esteiras ou correias transportadoras;

- C. Sistema de transporte: o Tripper Car é equipado com um sistema de transporte, como esteiras ou correias transportadoras, para movimentar o material da tremonha para os pontos de descarga desejados. Essas esteiras ou correias são movidas por motores elétricos e são projetadas para lidar com a carga do material a granel. Elas podem ter superfícies texturizadas ou relevos para evitar que o material escorregue durante o transporte;
- D. Mecanismo de giro: o mecanismo de giro permite que a tremonha se mova lateralmente, permitindo a descarga do material em diferentes pontos de destino. Ele é projetado para girar a tremonha em torno de um eixo horizontal, permitindo que o material seja distribuído ao longo da área de descarga desejada. Esse mecanismo de giro é controlado por meio de motores elétricos ou hidráulicos e pode ter uma rotação contínua ou ser ajustado em ângulos específicos;
- E. Controles e sensores: o Tripper Car possui um sistema de controle que permite aos operadores controlarem seus movimentos, incluindo o deslocamento ao longo dos trilhos, o giro da tremonha e a ativação do sistema de transporte. Esses controles podem estar localizados no próprio Tripper Car ou em uma sala de controle centralizada. Além disso, o Tripper Car é equipado com sensores de posição, sensores de carga, sensores de segurança e outros dispositivos de monitoramento para garantir uma operação segura e eficiente.

Esses componentes trabalham em conjunto para permitir que o Tripper Car descarregue materiais a granel de forma precisa e eficiente. Sua capacidade de se mover ao longo da área de trabalho, girar a tremonha e transportar o material para pontos de descarga específicos torna-o uma solução versátil para operações de manuseio de materiais em diversos setores industriais.

Esses são os principais componentes do Tripper Car. É importante destacar que o design e os componentes exatos podem variar dependendo do fabricante e das especificações da aplicação. No entanto, esses componentes são comuns na maioria dos Tripper Cars utilizados para descarga de materiais a granel em diversas indústrias.

### **4.3 Gestão da Manutenção na empresa estudada**

A gestão da manutenção possui o objetivo de garantir que os ativos sejam mantidos em boas condições de funcionamento, minimizando as falhas e as paradas não programadas. A gerência de gestão de manutenção, juntamente com suas coordenações, é responsável por realizar essa gestão, desde definir as estratégias de manutenção, planejar as manutenções com base nas necessidades e requisitos do ativo, programar as atividades planejadas até a etapa de execução.

A gestão da manutenção busca otimizar os processos de manutenção, minimizar o tempo de inatividade não planejado e prolongar a vida útil dos ativos, resultando em economia de custos e aumento da produtividade.

#### **4.3.1 Definição da estratégia de manutenção para o tripper car**

A definição da estratégia de manutenção envolve a seleção e o planejamento das abordagens e métodos que são usados para manter o tripper car e suas respectivas estruturas em condições operacionais ideais. Essa estratégia visa otimizar a gestão da manutenção, maximizando a disponibilidade, confiabilidade e desempenho do tripper car, ao mesmo tempo em que se gerenciam eficazmente os custos e os riscos associados.

Para que seja definida a melhor estratégia de manutenção para o tripper car é importante definir a importância deste equipamento para a organização de modo a obter um parâmetro para definir prioridades de intervenções. Com isso pode-se definir a primeira etapa da estratégia de manutenção do tripper car que é a inspeção.

A seguir, na figura 8 temos um exemplo da estratégia de manutenção do tripper car:

Tabela 3 – Estratégia de manutenção do tripper car

GrpLisTar. INTEGRIS INSPEÇÃO ESTRUTURA TRIPPER CAR-24 NumGrpRot 14											
Síntese geral de operações											
Oper	SbOp	CenTrab	Cen.	Ctrl	Descrição da operação	T..	Ex.	Duração	Un.	Trab.	Un.
0010		CMEC017	MOUP	ZPM1	ELABORAR A ANÁLISE DE RISCOS DAS ETAPAS	✓	2	0,2	H	0,4	H
0020		CMEC017	MOUP	ZPM1	PREPARAR MATERIAIS E FERRAMENTAS	✓	2	0,1	H	0,2	H
0030		CMEC017	MOUP	ZPM1	DESLOCAMENTO	✓	2	0,2	H	0,4	H
0040		CMEC017	MOUP	ZPM1	INSPECIONAR DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO	✓	2	0,5	H	1	H
0050		CMEC017	MOUP	ZPM1	INSPECIONAR ESTRUTURA METÁLICA (PILARES/	✓	2	1	H	2	H
0060		CMEC017	MOUP	ZPM1	VERIFICAR PARAFUSOS, PINOS, PORCAS E ARR	✓	2	2	H	4	H
0070		CMEC017	MOUP	ZPM1	INSPECIONAR ESCADAS, PLATAFORMAS,	✓	2	0,5	H	1	H
0080		CMEC017	MOUP	ZPM1	INSPECIONAR A PINTURA DA ESTRUTURA	✓	2	0,7	H	1,4	H
0090		CMEC017	MOUP	ZPM1	INSPECIONAR ESTRUTURA GERAL	✓	2	0,2	H	0,4	H
0100		CMEC017	MOUP	ZPM1	REALIZAR ORGANIZAÇÃO E LIMPEZA	✓	2	0,2	H	0,4	H

Fonte: Pesquisa direta (2023).

Essa tabela retirada do sistema de gestão da empresa estudada é um exemplo da definição da estratégia de manutenção do tripper car. Essa tabela possui as atividades que deverão ser realizadas nas inspeções de integridade estrutural, bem como a relação de homem/hora que será utilizado para realizar a atividade.

#### 4.3.1.1 Inspeção de integridade estrutural

A inspeção de integridade estrutural tem como objetivo fazer inspeção visual e ou instrumentada no tripper car a fim de identificar avarias passíveis de recuperação estrutural ou de tratamento anticorrosivo.

Essas inspeções acontecem com uma certa periodicidade, geralmente anualmente, e são direcionadas por planos de manutenção criados em um sistema de gestão da manutenção com o objetivo de tornar recorrente as verificações. Esses planos de inspeções são responsáveis por gerar uma ordem de inspeção para que o inspetor vá até o tripper car e faça a inspeção de integridade estrutural.

#### 4.3.1.2 Relatório de inspeção de integridade estrutural

Após a realização da inspeção de campo é preciso fazer um resumo dos problemas encontrados no tripper car. Nesta etapa é feita uma verificação do inspetor junto com o analista de manutenção das avarias encontradas e, para cada uma delas, é atribuído uma descrição da avaria encontrada bem como uma sugestão para solução da avaria encontrada.

Um relatório de inspeção de integridade estrutural é um documento detalhado que descreve os resultados de uma avaliação técnica realizada em uma estrutura, equipamento ou componente para determinar sua condição atual. Esse relatório é uma parte fundamental do

processo de gestão da integridade, pois fornece informações sobre a saúde, desgaste, danos e possíveis problemas que podem afetar a segurança e o desempenho da estrutura.

Um relatório de inspeção de integridade estrutural pode conter as seguintes informações:

- Informações Gerais: dados básicos sobre a estrutura, como identificação, localização, data da inspeção e identificação da equipe responsável;
- Objetivo da Inspeção: declaração clara do propósito da inspeção, incluindo quais partes da estrutura foram avaliadas e quais critérios de aceitação foram usados;
- Descrição da Estrutura: detalhes sobre o tipo de estrutura, seus materiais, dimensões e características técnicas relevantes;
- Metodologia de Inspeção: descrição das técnicas e métodos de inspeção utilizados, incluindo qualquer equipamento especializado utilizado (como ultrassom, termografia, radiografia, etc.);
- Resultados da Inspeção: relato detalhado das condições encontradas, incluindo informações sobre defeitos, desgaste, corrosão, fadiga, trincas, entre outros problemas identificados;
- Avaliação de Risco: classificação da gravidade dos defeitos encontrados com base na sua criticidade, impacto operacional e potencial risco à segurança;
- Recomendações e Ações Corretivas: sugestões para ações corretivas, manutenção preventiva ou reparos, juntamente com prazos sugeridos e métodos recomendados;
- Imagens e Evidências: inclusão de fotografias, gráficos ou outros dados visuais para ilustrar os pontos destacados no relatório;
- Conclusões: resumo das principais descobertas da inspeção e conclusões gerais sobre a condição da estrutura e sua adequação para uso contínuo;
- Assinaturas e Aprovações: espaço para as assinaturas do inspetor, engenheiro ou especialista responsável pela inspeção e, possivelmente, para as aprovações da gerência ou partes interessadas.;

- Anexos e Documentação Adicional: inclusão de documentos técnicos, normas de referência, planos de manutenção ou outras informações relevantes.

O relatório de inspeção de integridade estrutural é uma ferramenta valiosa para tomada de decisões informadas sobre reparos, manutenção e planejamento de atividades futuras. Ele ajuda a garantir que a integridade da estrutura seja mantida ao longo do tempo, prevenindo falhas inesperadas e minimizando riscos.

Na figura 8 retrata um exemplo de relatório de integridade estrutural do tripper car:

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO				RT:	4011220.41541/22
				Revisão:	7
				Data:	25/03/2022
				Página:	1 de 33
Área	Subárea	Local de Instalação		Procedimento de Inspeção	
CONCENTRADOR 2	BRITAGEM / PENEIRAMENTO	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01		T000000-5-2PO006-01	
Equipamento	TAG	Desenho Geral		Desenho de Montagem	
ESTRUTURA METÁLICA	G02-03TR001	G020320-M-500024 R 1		G020320-M-501760	
<b>1 - CLASSIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO - GUT</b>					
Estrutura de Priorização	Classificação ISO 12944 / NBR 8800		Classificação do Dano Mais Crítico		
TAC	C4		IE-3 (MÉDIO)		
REC	C4		IE-1 (GRAVE)		
REC/CONCRETO	C4		-		
Resumo da Priorização	CLASSIFICAÇÃO	EVIDÊNCIAS	DATA	QUANTITATIVO	NOTA M2 (SAP)
TAC	IE-1	0	-	-	-
	IE-2	0	-	-	-
	IE-3	20	25/03/2024	180,4	11042895
	IE-4	1	IPO	5,5	11216904
	IE-5	0	-	-	-
<b>TOTAL TAC:</b>				<b>185,9</b>	
REC	IE-1	2	25/09/2022	19,1	11042896
	IE-2	22	25/03/2023	672,5	11216905
	IE-3	18	25/03/2024	649,0	11216906
	IE-4	6	IPO	40,5	11216907
	IE-5	0	-	-	-
<b>TOTAL REC:</b>				<b>1381,1</b>	
REC/CONCRETO	IE-1	0	-	-	-
	IE-2	0	-	-	-
	IE-3	0	-	-	-
	IE-4	0	-	-	-
	IE-5	0	-	-	-
<b>Total REC/CONCRETO:</b>				<b>0,0</b>	
<b>2 - DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS GERAIS DO EQUIPAMENTO</b>					
<b>2.1 Descrição das características da estrutura</b>					
G02-03TR001, TRIPPER, conjunto de descarga móvel motorizado montado sobre trilhos em bases civis do Prédio de Peneiramento, na cabeça do transportador de correia G02-03CV002 que descarrega minério no Silo 1. Apresenta uma estrutura treliçada de seção retangular de 7000mm de largura por 8827mm de altura, e comprimento de 31890mm. Composta por perfis soldados, tipo CS, VS, CVS e caixão, e laminados tipos W, C e L, chapas e chumbadores, em ASTM A 36; escadas, passadiço, piso e ligações pinadas em ASTM A 36; corrimão em ASTM A500; ligações parafusadas em ASTM A 325; e ligações soldadas em conformidade com AWS D1.1					
<b>2.2 - Descrição dos serviços realizados no equipamento</b>					
Inspeção visual, dimensional e avaliação de risco das estruturas de concreto e metálica do TRIPPER G02-03TR001 montado no Prédio de Peneiramento do Concentrador II na Samarco Mineração - Unidade Germano em Mariana/MG. Identificação de anomalias, classificação de prioridades das intervenções da manutenção, seja TAC – Tratamento Anticorrosivo ou REC – Recuperação Estrutural, o cálculo de área das intervenções em TAC, e o cálculo de peso e especificação de elementos estruturais das intervenções em REC. Os registros das inspeções realizadas com a identificação, descrição e localização das anomalias, especificação e dimensionamento dos elementos estruturais, e recomendações de intervenções de manutenção estão detalhados nas planilhas, fotografias e desenhos presentes nesse relatório.					
<b>2.3 - Identificação das causas dos danos encontrados</b>					
Estrutura metálica apresenta parte sem pintura, e parte com descascamento e corrosão leve em decorrência de intemperismo. Trincas em soldas e perfis em decorrência de solicitações mecânicas. Trincas em soldas e perfis Defeitos de soldagem em função de reparos realizados não atendendo os requisitos de projeto. Talas de ligação, presilhas, parafusos e porcas faltantes em decorrência de manutenção e operação. Perfis com flexões e torções em decorrência de solicitações mecânicas. Perfis com amassamentos em decorrência de impactos. Cortes não planejados em decorrência da manutenção. Desenhos não atualizados.					

Figura 8: Exemplo de relatório de integridade estrutural do tripper car.  
Fonte: Pesquisa direta (2023).

Este relatório apresentado na figura 8 é um resumo do relatório completo do tripper car. O relatório na versão completa possui uma sequência de fotos do equipamento com a descrição das avarias encontradas e qual a sugestão para eliminar aquela avaria. Na versão resumida (apresentada na figura 8), é apresentado apenas as informações básicas do equipamento bem como as informações resumidas e compiladas com relação à inspeção (notas criadas, data máxima de execução, entre outros).

#### **4.3.1.3 Análise do relatório de integridade estrutural**

Após a criação do relatório de integridade estrutural do tripper car, este relatório é encaminhado para os responsáveis da gestão da manutenção para validação do relatório apresentado. Nesta etapa é verificado se o relatório apresentado está de acordo com o cenário mais recente do equipamento.

É verificado também as avarias relatadas e as sugestões de solução, se estão dentro de um padrão aceitável e se os prazos estipulados para solução das avarias encontradas estão condizentes.

Após a validação do relatório de integridade estrutural do tripper car é necessário criar as notas de manutenção afim de realizar o registro de todas as avarias encontradas no tripper car. Essas notas servirão como base de execução das atividades de recuperação estrutural e tratamento anticorrosivo.

#### **4.3.2 Gestão à vista da carteira de notas do tripper car**

Para que seja realizado uma gestão da manutenção do tripper car de forma assertiva é necessário ter uma visão geral da situação em que se encontra o equipamento. Para isso é necessário criar dashboards, utilizando o power BI afim de facilitar a visualização das avarias encontradas no tripper car, bem como a data máxima para executar aquela atividade.

Na tabela 4 tem-se um resumo da carteira de notas do tripper car, retirado do sistema de gerenciamento da manutenção da empresa estudada:

Tabela 4 – Carteira de notas de integridade estrutural do tripper car.

**Exibir notas: lista de notas**

Id	Tp.	Nota	Ordem	Data de criação	Descrição	Local de instalação	Denominação do loc. instalação
M1		11435116		12.07.2023	BLO-BLOQUEIO-G01-02TC01	SM_MNG_G01_BENE_BRIT_TRIP_TC01	02TC01 TRIPPER CAR
M1		11296066	3500525634	14.10.2022	EST INSP TRILHOS DO TRIPPER G02-03TR001	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M1		11105715	3500446905	23.08.2021	EST INSP TRIPPER CAR 02TC01	SM_MNG_G01_BENE_BRIT_TRIP_TC01	02TC01 TRIPPER CAR
M1		11204795	3500481357	28.03.2022	EST INSP TRIPPER CAR 03TR001/TR0	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M1		11045781	3500430164	13.04.2021	INSP ESTR TRIPPER CAR 03TR001/TR0	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M1		11435078	3100750924	12.07.2023	LIM-LIMPEZA G01-02TC01	SM_MNG_G01_BENE_BRIT_TRIP_TC01	02TC01 TRIPPER CAR
M1		11445040		02.08.2023	ORC - G02-03TR001-MEF REFORÇO ESTRUTURAL	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M1		11339556	3500538940	12.01.2023	ORC-G02-03TR001-INSPEÇÃO	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M2		11042896	3100670092	04.04.2021	REC-IE1-G02-03TR001-TRNC-AMA-TOR-ELE-FAL	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M2		11109433	3100684468	31.08.2021	REC-IE2-G01-02TC01-AMASSAMENTO	SM_MNG_G01_BENE_BRIT_TRIP_TC01	02TC01 TRIPPER CAR
M2		11216905	3100706643	26.04.2022	REC-IE2-G02-03TR001-TRNC-AMA-TOR-ELE-FAL	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M2		11216906		26.04.2022	REC-IE3-G02-03TR001-TRNC-AMA-TOR-ELE-FAL	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M2		11216907		26.04.2022	REC-IE4-G02-03TR001-TRNC-AMA-TOR-ELE-FAL	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M2		11109435		31.08.2021	TAC-IE3-G01-02TC01-CORROÇÃO-UNIFORME	SM_MNG_G01_BENE_BRIT_TRIP_TC01	02TC01 TRIPPER CAR
M2		11042895	3100618015	04.04.2021	TAC-IE3-G02-03TR001-AUSÊN-PINT-CORR-DESC	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR
M2		11216904		26.04.2022	TAC-IE4-G02-03TR001-AUSÊ-PINT-CORRO-DESC	SM_MNG_G02_BENE_BRIT_TRIP_TR01	03TR001/TR01 TRIPPERCAR

Fonte: Pesquisa direta (2023).

Na tabela 4 está sendo representado a carteira de notas do tripper car, contendo também algumas informações complementares relacionadas ao histórico do equipamento.

#### 4.3.2.1 Criação de dashboards de manutenção

Um dashboard de manutenção é uma ferramenta visual que oferece uma visão resumida e em tempo real das atividades e métricas relacionadas à gestão de manutenção em uma organização. Esse painel pode ser uma parte central de um sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado (CMMS) ou de outras soluções de software projetadas para acompanhar e otimizar os processos de manutenção. O objetivo principal de um dashboard de manutenção é fornecer informações essenciais de maneira rápida e fácil de entender, permitindo que os gestores e a equipe de manutenção tomem decisões informadas.

Para criar esse dashboard é necessário um banco de dados, que é composto pelas notas de registro de avarias do relatório de integridade estrutural do tripper car. Essas notas irão direcionar as equipes de forma a tratar o problema mais crítico em direção ao problema menos crítico.

Na tabela 4 é demonstrado um dashboard de manutenção para acompanhamento da carteira de notas de integridade estrutural.

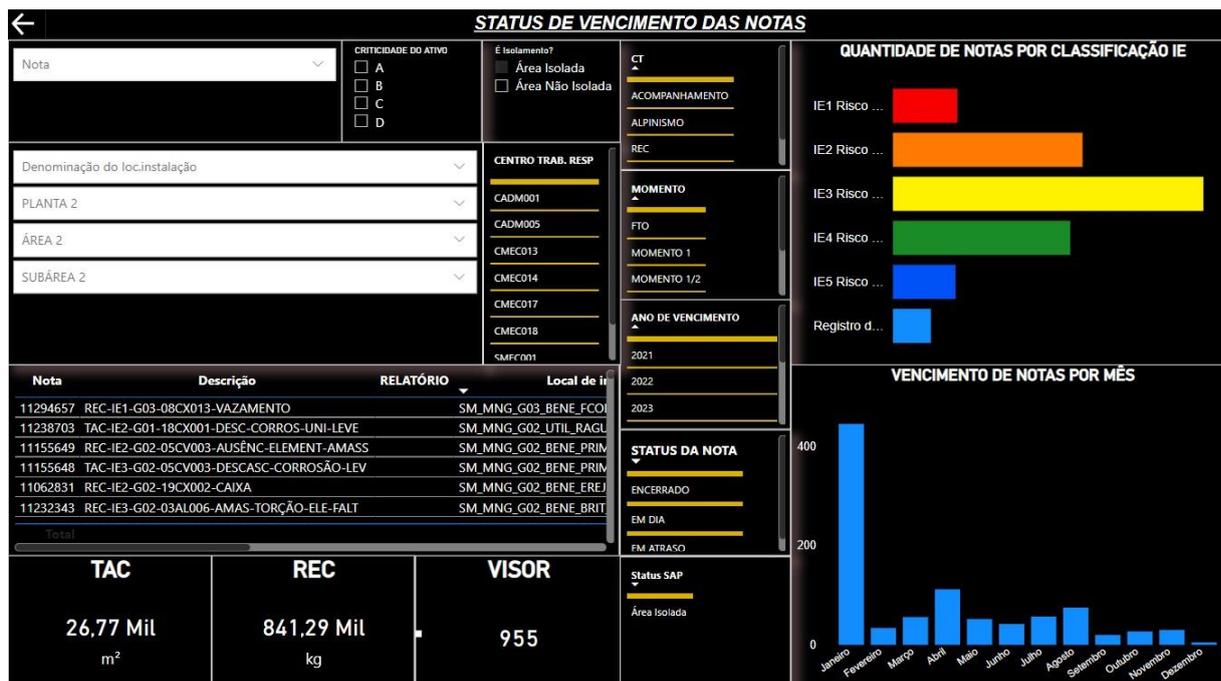


Figura 9: Dashboard da gestão da manutenção do tripper car.  
Fonte: Pesquisa direta (2023).

Na figura 9 é apresentado algumas informações complementares sobre a gestão da manutenção dos ativos estruturais da empresa estudada, incluindo o tripper car. Neste dashboard é possível visualizar várias informações:

- Selecionar as notas específicas do tripper car;
- Selecionar as notas específicas para atuação de recuperação estrutural ou tratamento anticorrosivo;
- Verificar qual é o quantitativo de recuperação estrutural em quilogramas pendentes de execução;
- Verificar qual é o quantitativo de tratamento anticorrosivo em metros quadrados pendentes de execução;
- Entre outros.

#### 4.3.2.2 Divulgação do dashboard de manutenção

A divulgação eficaz do dashboard de manutenção é fundamental para garantir que a equipe de manutenção, os gestores e outras partes interessadas possam aproveitar ao máximo as informações e insights fornecidos pelo painel.

A utilização de dashboards oferece uma série de benefícios significativos em diversos contextos, incluindo gestão, análise de dados e tomada de decisões, como exemplos:

- **Visualização Clara e Concisa:** os dashboards apresentam informações de maneira visualmente atraente e organizada, tornando os dados complexos mais fáceis de entender e interpretar;
- **Acesso em Tempo Real:** dashboards permitem o acesso em tempo real a dados atualizados, permitindo que os usuários acompanhem os eventos e as mudanças mais recentes;
- **Tomada de Decisões Informadas:** ao apresentar dados de maneira clara, os dashboards auxiliam na tomada de decisões mais informadas, baseadas em informações concretas e atualizadas;
- **Identificação de Tendências e Padrões:** os dashboards permitem identificar rapidamente tendências, padrões e anomalias nos dados, o que pode levar a insights valiosos;
- **Monitoramento de Desempenho:** os indicadores-chave de desempenho (KPIs) podem ser monitorados de maneira contínua, facilitando o acompanhamento do progresso em relação aos objetivos;
- **Acesso Centralizado a Dados:** dashboards agregam informações de várias fontes em um único local, facilitando a análise abrangente sem a necessidade de procurar em diferentes sistemas;
- **Comunicação Eficiente:** dashboards permitem comunicar informações importantes de maneira mais eficaz, especialmente em situações que exigem compartilhamento rápido de informações;
- **Identificação Rápida de Problemas:** anomalias ou desvios podem ser detectados rapidamente, permitindo que os gestores abordem problemas imediatamente;
- **Facilidade de Compreensão:** a representação visual de dados torna as informações mais acessíveis, mesmo para aqueles que não têm familiaridade com análises complexas;

- Personalização: dashboards podem ser personalizados para atender às necessidades e preferências de diferentes usuários ou departamentos;
- Aceleração de Processos de Negócios: ao fornecer informações imediatas, os dashboards podem acelerar processos de negócios e melhorar a eficiência operacional;
- Previsão e Planejamento: a análise de dados históricos em dashboards pode ajudar na previsão de tendências futuras e no planejamento estratégico;
- Economia de Tempo e Recursos: a capacidade de acessar rapidamente informações relevantes em um único lugar economiza tempo e recursos;
- Colaboração Melhorada: dashboards podem ser compartilhados com várias partes interessadas, promovendo a colaboração e a discussão baseada em dados;
- Feedback Imediato: os resultados das ações tomadas com base nos insights do dashboard podem ser observados rapidamente, permitindo ajustes conforme necessário;

A utilização de dashboards é uma abordagem poderosa para transformar dados em informações valiosas, permitindo que as organizações tomem decisões mais informadas e eficazes em todos os níveis.

### **4.3.3 Análise das avarias encontradas**

As avarias encontradas pela equipe de inspeção, após registradas no sistema de gestão da manutenção, precisam ser solucionadas para que a integridade estrutural do tripper car permaneça íntegra.

Essas avarias são classificadas como recuperação estrutural ou tratamento anticorrosivo. A recuperação estrutural é um processo que envolve a reabilitação, reparo ou fortalecimento de estruturas que sofreram danos, deterioração ou perda de desempenho ao longo do tempo. Isso pode ser necessário devido a diversos fatores, como envelhecimento natural, eventos extremos (como terremotos, inundações ou incêndios), exposição a condições adversas ou simplesmente a necessidade de atualizar e modernizar uma estrutura existente.

A recuperação estrutural pode envolver uma variedade de abordagens e técnicas, dependendo da natureza do problema e da estrutura envolvida. Algumas considerações importantes sobre recuperação estrutural incluem:

- **Avaliação de Danos:** antes de iniciar qualquer trabalho de recuperação, é necessário realizar uma avaliação detalhada dos danos e da condição geral da estrutura. Isso pode envolver inspeções visuais, testes não destrutivos e análises técnicas;
- **Seleção de Métodos de Reparo:** com base na avaliação dos danos, é possível determinar quais métodos de reparo são mais adequados. Isso pode incluir a substituição de elementos danificados, o reforço de partes da estrutura ou a aplicação de revestimentos de proteção;
- **Técnicas de Reforço:** em muitos casos, o reforço é necessário para aumentar a capacidade de carga ou melhorar a resistência da estrutura. Isso pode ser feito usando técnicas como a adição de elementos de reforço, a aplicação de fibras de carbono ou o uso de sistemas de ancoragem;
- **Reparo de Concreto:** em estruturas de concreto, é comum a necessidade de reparar áreas danificadas ou corroídas. Isso pode envolver a remoção do concreto deteriorado, a aplicação de revestimentos de proteção ou a injeção de resinas para preencher rachaduras;
- **Substituição de Componentes:** em casos mais graves, pode ser necessário substituir componentes estruturais inteiros, como vigas, colunas ou lajes, especialmente se eles não puderem ser reparados de maneira eficaz;
- **Normas e Regulamentos:** a recuperação estrutural geralmente deve seguir normas e regulamentos específicos para garantir a segurança e a conformidade com padrões de construção;
- **Análise de Cargas Futuras:** durante o processo de recuperação, é importante considerar as cargas futuras que a estrutura poderá suportar. Isso pode envolver ajustes no projeto original;
- **Planejamento e Orçamento:** o planejamento cuidadoso e um orçamento realista são essenciais para a execução bem-sucedida de projetos de recuperação estrutural, pois eles podem envolver custos significativos.

A recuperação estrutural é uma abordagem que visa prolongar a vida útil de uma estrutura, economizando recursos e reduzindo a necessidade de construção de novas estruturas. É uma atividade complexa que requer conhecimento técnico especializado, experiência em engenharia estrutural e uma compreensão profunda das características e comportamento dos materiais envolvidos.

Já o tratamento anticorrosivo é um conjunto de técnicas e processos utilizados para prevenir ou retardar a corrosão (ou oxidação) de metais e outros materiais expostos a condições ambientais desfavoráveis. A corrosão é um processo químico natural em que os materiais metálicos reagem com elementos do ambiente, como oxigênio e umidade, resultando na deterioração das propriedades do material.

Existem várias técnicas de tratamento anticorrosivo disponíveis, cada uma adequada a diferentes situações e tipos de materiais. Algumas das principais técnicas incluem:

- Revestimentos Protetores: pintura, revestimento com epóxi, poliuretano e outros materiais são aplicados sobre a superfície metálica para criar uma barreira física entre o metal e os agentes corrosivos;
- Galvanização: um processo no qual o metal é revestido com uma camada de zinco, que se sacrifica para proteger o metal-base contra a corrosão. A galvanização a quente e a eletro galvanização são técnicas comuns;
- Anodização: principalmente usada em alumínio, a anodização cria uma camada protetora de óxido na superfície do metal, aumentando a resistência à corrosão;
- Revestimentos de Ligas: aplicação de revestimentos metálicos, como níquel ou cromo, sobre o metal base para melhorar a resistência à corrosão;
- Inibidores de Corrosão: produtos químicos aplicados na superfície para diminuir a taxa de corrosão, muitas vezes formando uma camada protetora;
- Pintura de Alto Desempenho: utilização de tintas especialmente formuladas para ambientes agressivos, como indústrias químicas ou marítimas;
- Isolamento Elétrico: utilização de materiais isolantes, como fitas de polímero ou cerâmica, para evitar o contato direto entre diferentes metais, evitando a corrosão galvânica;

- Revestimentos Orgânicos: uso de materiais orgânicos que formam uma camada protetora na superfície, como ceras, graxas e compostos lubrificantes;
- Revestimentos Cerâmicos: utilização de revestimentos cerâmicos resistentes à corrosão, geralmente aplicados por pulverização térmica;
- Manutenção e Inspeção Regular: manter uma rotina de limpeza, inspeção e reparo de revestimentos existentes é crucial para manter a eficácia do tratamento anticorrosivo.

É importante selecionar a técnica de tratamento anticorrosivo adequada com base no tipo de material, ambiente de exposição e objetivos de proteção. O tratamento anticorrosivo ajuda a prolongar a vida útil dos materiais, reduzir custos de manutenção e garantir a integridade estrutural e funcional dos objetos e estruturas metálicas.

#### **4.3.4 Relatórios de qualidade das atividades executadas**

Para todas as atividades executadas (recuperação estrutural ou tratamento anticorrosivo) é necessário no final da atividade elaborar um relatório de qualidade, onde irá constar as principais informações das atividades realizadas:

- Data de realização das atividades;
- Insumos utilizados;
- Ensaio realizados;
- Qualificação dos colaboradores envolvidos;
- Certificado de qualidade de matéria prima;
- Registro diário de obra;
- Certificado de qualidade dos insumos.

Todas essas informações precisam estar em formato de relatório e deve também passar por um fluxo de aprovação para certificar que a atividade está sendo entregue com as melhores execuções.

#### 4.4 Contribuição da gestão da manutenção para a Integridade Estrutural de um tripper car

A gestão da manutenção contribui para a integridade estrutural de um tripper car com as seguintes ações listadas na tabela 3:

Tabela 5 – Contribuições da gestão da manutenção

PROBLEMA	RECOMENDAÇÃO
Planos de inspeção com periodicidade incorreta	Revisão dos planos de inspeção
Definição da estratégia de inspeção errada	Reavaliação dos objetivos da organização
Equipe de inspeção sem as devidas qualificações	Qualificar as equipes de inspeção
Relatórios de inspeção com baixa qualidade técnica	Reavaliar se a equipe que evidencia as avarias bem como os elaboradores dos relatórios possuem qualificação
Analista de manutenção sem os conhecimentos adequados para analisar os relatórios	Habilitar o profissional por meio de treinamentos para analisar os relatórios da melhor forma possível
Notas abertas pela equipe de inspeção com informações erradas	Criar um sistema automatizado de forma que oriente o colaborador que irá abrir a nota para evitar erros
Dashborad com painel desatualizado	Criar um fluxo contínuo de atualização do dashboard
Equipe de execução das atividades de recuperação estrutural e tratamento anticorrosivo sem qualificação	Qualificar as equipes de execução
Relatório de qualidade das atividades realizadas com baixa qualidade técnica	Reavaliar se a equipe que atesta a qualidade das atividades realizadas de recuperação estrutural e tratamento anticorrosivo bem como os colaboradores que elaboram o relatório se estão qualificados
Gestão da integridade estrutural do tripper car defasada	Criar um fluxo de melhoria contínua

Fonte: Pesquisa direta (2023)

Na tabela 5 foram elencados os principais problemas encontrados na gestão da manutenção de um tripper car e foram realizadas algumas breves recomendações. A seguir será detalhado cada uma das soluções propostas na tabela 3.

Quando os planos de inspeção têm uma periodicidade incorreta, isso pode levar a problemas potenciais de manutenção e integridade das estruturas ou equipamentos. Aqui estão algumas recomendações para lidar com essa situação:

- **Revisão dos Planos:** realizar uma revisão abrangente dos planos de inspeção existentes. Avalie se a frequência atual de inspeção é apropriada com base na

criticidade dos ativos, condições de operação, histórico de falhas e requisitos normativos;

- **Análise de Riscos:** realizar uma análise de riscos para identificar os potenciais impactos de uma periodicidade incorreta. Determine os riscos associados a períodos muito longos ou muito curtos entre as inspeções;
- **Alinhamento com Normas:** certificar de que os planos de inspeção estejam alinhados com as normas e regulamentos relevantes para a sua indústria. Muitas vezes, essas normas fornecem orientações específicas sobre a frequência recomendada de inspeções;
- **Feedback da Equipe de Manutenção:** consultar a equipe de manutenção e os técnicos que trabalham diretamente com os ativos. Eles podem fornecer informações valiosas sobre a condição real dos equipamentos e sugerir ajustes nos intervalos de inspeção;
- **Dados Históricos:** analisar dados históricos de inspeções anteriores e falhas ocorridas. Isso pode ajudar a identificar tendências e padrões que podem influenciar a frequência adequada das inspeções;
- **Manutenção Preditiva:** considerar a adoção de técnicas de manutenção preditiva, como monitoramento contínuo, análise de dados e sensores. Isso pode permitir que você ajuste a frequência das inspeções com base em condições reais em tempo real;
- **Ajustes Graduais:** quando necessário, fazer ajustes graduais na periodicidade das inspeções. Mudanças abruptas podem ser disruptivas, então considere um processo de transição;
- **Monitoramento Contínuo:** implementar um sistema de monitoramento contínuo para ativos críticos. Isso pode ajudar a identificar mudanças nas condições de operação que podem afetar a frequência das inspeções;
- **Comunicação Interna:** manter a comunicação aberta com todas as partes interessadas, incluindo gerentes, engenheiros, técnicos e operadores. Certifique-se de que todos compreendam as razões por trás dos ajustes nos planos de inspeção;

- **Aprendizado Contínuo:** ao longo do tempo, continue a avaliar e ajustar os planos de inspeção com base no feedback, nas lições aprendidas e nas mudanças nas condições operacionais;

A frequência de inspeção deve ser determinada considerando uma combinação de fatores, incluindo a importância do ativo, os riscos associados, as condições de operação e as orientações regulatórias.

Definir a estratégia de manutenção de forma inadequada pode levar a problemas operacionais, aumento de custos e redução da vida útil dos ativos. Aqui estão algumas recomendações para lidar com uma estratégia de manutenção mal definida:

- **Reavaliação dos Objetivos:** reavaliar os objetivos da organização e como a estratégia de manutenção deve apoiar esses objetivos. Certifique-se de que a estratégia de manutenção esteja alinhada com as metas de negócios;
- **Avaliação de Ativos Críticos:** identificar os ativos mais críticos para as operações e determine se a estratégia de manutenção atual os aborda adequadamente. Priorize os ativos de maior importância;
- **Feedback da Equipe:** consultar a equipe de manutenção, operadores e engenheiros envolvidos no processo. Eles podem fornecer insights valiosos sobre as condições reais dos ativos e como a estratégia atual está funcionando;
- **Análise de Dados Históricos:** analisar dados históricos de manutenção, incluindo registros de falhas e intervenções passadas. Isso pode ajudar a identificar padrões e áreas problemáticas que precisam de ajustes na estratégia;
- **Benchmarking:** realizar comparações com outras empresas do mesmo setor para entender as práticas de manutenção eficazes. Isso pode fornecer ideias e insights para ajustar sua própria estratégia;
- **Revisão de Normas e Melhores Práticas:** certificar de que sua estratégia de manutenção está alinhada com as normas e melhores práticas reconhecidas da indústria;
- **Avaliação de Riscos:** realizar uma avaliação de riscos para determinar os impactos potenciais de uma estratégia de manutenção inadequada. Identifique riscos associados a falhas, segurança e conformidade;

- **Estratégia Personalizada:** desenvolver uma estratégia de manutenção personalizada para cada tipo de ativo, levando em consideração as características únicas de cada um;
- **Monitoramento Contínuo:** implementar sistemas de monitoramento contínuo para ativos críticos. Isso permitirá ajustes na estratégia com base em condições em tempo real;
- **Planejamento de Longo Prazo:** considerar a implementação de uma abordagem de manutenção baseada em ciclo de vida, que leva em conta o desempenho ao longo do tempo e planeja intervenções em estágios específicos da vida útil;
- **Aprendizado Contínuo:** manter um processo de aprendizado contínuo, fazendo revisões regulares da estratégia de manutenção e ajustando-a com base nas lições aprendidas e nas mudanças nas condições operacionais;
- **Comunicação Interna:** manter uma comunicação aberta com todas as partes interessadas, incluindo gerentes, engenheiros, técnicos e operadores. Certifique-se de que todos compreendam a importância de uma estratégia de manutenção bem definida;

É importante ressaltar que a estratégia de manutenção deve ser dinâmica e adaptável, capaz de evoluir com as mudanças nas operações, tecnologias e condições do mercado.

A presença de uma equipe de inspeção sem as devidas qualificações pode comprometer a precisão das avaliações, a segurança dos trabalhadores e a integridade das estruturas. Aqui estão algumas recomendações para lidar com essa situação:

- **Identificação das Lacunas:** realizar uma avaliação da equipe de inspeção para identificar as lacunas em suas qualificações e conhecimentos técnicos. Isso ajudará a entender quais áreas precisam de melhorias;
- **Treinamento e Capacitação:** investir em treinamento contínuo é fundamental. Proporcione treinamentos especializados para a equipe, abrangendo as técnicas de inspeção, interpretação de resultados e as normas relevantes;
- **Certificações e Qualificações:** encorajar a equipe a obter certificações e qualificações reconhecidas na área de inspeção. Isso garante que eles possuam o conhecimento e as habilidades necessárias;

- **Mentoria e Supervisão:** associar membros menos experientes da equipe a inspetores mais experientes. Isso permite que eles adquiram conhecimento prático enquanto trabalham em conjunto;
- **Participação em Associações Profissionais:** incentivar a participação em associações profissionais relacionadas à inspeção e à indústria. Isso oferece oportunidades de aprendizado, networking e acesso a recursos;
- **Padrões de Qualidade:** estabelecer padrões de qualidade e protocolos de inspeção claros. Certifique-se de que a equipe esteja ciente das expectativas de desempenho e precisão;
- **Supervisão Técnica:** implementar um sistema de supervisão técnica para revisar regularmente o trabalho da equipe e fornecer orientações construtivas;
- **Avaliação de Desempenho:** realizar avaliações periódicas do desempenho da equipe de inspeção. Isso pode ajudar a identificar áreas de melhoria e acompanhar o progresso;
- **Feedback Aberto:** encorajar a equipe a fornecer feedback sobre os desafios que enfrentam e as áreas em que desejam melhorar. Isso cria um ambiente de aprendizado contínuo;
- **Contratação de Profissionais Qualificados:** quando possível, considere a contratação de profissionais com qualificações e experiência sólidas em inspeção para reforçar a equipe;
- **Atualização de Conhecimentos:** estar atento às mudanças nas tecnologias, normas e práticas de inspeção. Certifique-se de que a equipe esteja atualizada sobre as últimas tendências;
- **Foco na Segurança:** lembrar a equipe a importância da segurança. A falta de qualificações adequadas pode aumentar os riscos, portanto, enfatize a segurança pessoal e a proteção das estruturas;
- **Investimento em Ferramentas e Equipamentos:** fornecer as ferramentas e os equipamentos necessários para realizar inspeções precisas e confiáveis;
- **Apoio da Gestão:** a gestão deve demonstrar apoio ao desenvolvimento da equipe e fornecer os recursos necessários para treinamento e capacitação;

- Parcerias Externas: se necessário, considere a possibilidade de colaborar com empresas ou especialistas externos para complementar a expertise da equipe interna.

Ao priorizar o treinamento e a capacitação da equipe de inspeção, será garantido que eles tenham as habilidades e o conhecimento necessários para realizar avaliações precisas e tomar decisões informadas. Isso contribui para a segurança e eficácia das operações.

Relatórios de inspeção com baixa qualidade técnica pode prejudicar a comunicação, a tomada de decisões e a implementação de ações corretivas. Aqui estão algumas recomendações para melhorar a qualidade técnica dos relatórios de inspeção:

- Padrões de Formatação e Estrutura: definir um padrão claro de formatação e estrutura para os relatórios. Isso inclui seções para informações de identificação, descrição do objeto inspecionado, resultados da inspeção e recomendações;
- Clareza e Precisão: escrever de forma clara e precisa, evitando jargões técnicos desnecessários. Certifique-se de que as informações sejam compreensíveis para uma audiência não técnica, se necessário;
- Detalhamento dos Resultados: fornecer detalhes completos sobre os resultados da inspeção. Descreva qualquer dano, deterioração ou anomalias encontradas, incluindo localização, extensão e características;
- Fotos e Ilustrações: incluir fotos de qualidade que mostrem claramente os problemas identificados. Ilustrações, diagramas ou gráficos podem ajudar a visualizar os resultados;
- Descrição das Condições: descrever as condições de operação, ambiente e outros fatores relevantes que possam influenciar os resultados da inspeção;
- Priorização de Ações: identificar e priorize as ações corretivas recomendadas com base na gravidade dos problemas encontrados;
- Recomendações Técnicas: fornecer recomendações técnicas claras e viáveis para abordar as anomalias identificadas. Inclua detalhes sobre os métodos de reparo ou reforço sugeridos;
- Referências Normativas: citar as normas, regulamentos e códigos relevantes que foram seguidos durante a inspeção. Isso ajuda a fundamentar as conclusões;

- **Análise de Riscos:** Se aplicável, incluir uma análise de riscos para auxiliar na avaliação da gravidade e nas decisões sobre as ações corretivas;
- **Terminologia Consistente:** utilizar terminologia técnica consistente ao longo do relatório. Evite ambiguidades ou termos vagos;
- **Revisão Técnica:** realizar uma revisão técnica do relatório por um especialista na área para garantir a precisão das informações e das recomendações;
- **Evite Detalhes Irrelevantes:** focar nas informações relevantes para a inspeção. Evite incluir detalhes excessivos ou informações irrelevantes que possam obscurecer os principais pontos do relatório;
- **Resumo Executivo:** incluir um resumo executivo no início do relatório, destacando os principais resultados, conclusões e ações recomendadas;
- **Revisão por Pares:** solicitar aos colegas ou membros da equipe para revisar o relatório antes da finalização. Eles podem oferecer sugestões valiosas para melhorias;
- **Melhoria Contínua:** aprender com cada relatório e busque constantemente melhorar a qualidade técnica. Implemente feedback e faça ajustes conforme necessário;

Um relatório de inspeção de alta qualidade técnica não apenas fornece informações precisas, mas também é uma ferramenta importante para a tomada de decisões informadas e a execução eficaz de ações corretivas.

Quando um analista de manutenção não possui os conhecimentos adequados para analisar relatórios de inspeção, isso pode levar a decisões erradas ou inadequadas em relação às ações de manutenção. Aqui estão algumas recomendações para lidar com essa situação:

- **Treinamento e Capacitação:** investir em treinamento específico para o analista de manutenção, fornecendo conhecimentos sobre técnicas de inspeção, interpretação de relatórios e análise de dados;
- **Mentoria e Acompanhamento:** associar o analista de manutenção a profissionais mais experientes na área. Isso permite que eles aprendam por meio da experiência prática e da orientação direta;

- **Desenvolvimento Gradual:** introduzir o analista de manutenção aos poucos na análise de relatórios, começando com relatórios mais simples e avançando para casos mais complexos à medida que ganham confiança;
- **Consultas com Especialistas:** encorajar o analista de manutenção a buscar consultoria e orientação de especialistas em inspeção quando se depararem com relatórios desafiadores;
- **Material de Referência:** fornecer material de referência, como guias, manuais e recursos online, que possam auxiliar o analista de manutenção na compreensão e análise dos relatórios;
- **Workshops e Seminários:** organizar workshops ou seminários internos com especialistas em inspeção para compartilhar conhecimentos e experiências;
- **Ferramentas de Análise:** utilizar ferramentas de análise e software que auxiliem na interpretação de relatórios e na identificação de anomalias;
- **Feedback Construtivo:** fornecer feedback construtivo ao analista de manutenção sobre suas análises. Identifique áreas de melhoria e sugira maneiras de aprimorar suas habilidades;
- **Simulações e Exercícios Práticos:** realizar simulações ou exercícios práticos em que o analista de manutenção possa praticar a análise de relatórios de inspeção sob orientação;
- **Apoio da Equipe:** encorajar a colaboração entre a equipe de manutenção. Os membros da equipe podem compartilhar conhecimentos e experiências para melhorar a capacidade de análise de relatórios;
- **Aprendizado Contínuo:** incentivar o analista de manutenção a buscar constantemente aprimoramento de suas habilidades por meio de cursos, workshops e autoestudo;
- **Comunicação Aberta:** estabelecer uma comunicação aberta e transparente entre o analista de manutenção e a equipe de inspeção. Isso ajuda a esclarecer dúvidas e resolver questões técnicas;

- Atualização de Conhecimentos: manter o mais atualizado possível sobre as mudanças nas tecnologias, normas e práticas de inspeção. Isso é fundamental para a análise precisa dos relatórios;
- Uso de Ferramentas de Apoio: utilizar ferramentas de análise de dados e software que possam auxiliar na interpretação e visualização dos resultados da inspeção;
- Revisão por Pares: encorajar a revisão dos resultados de análise por colegas ou especialistas para verificar a precisão das conclusões.

Quando notas abertas contêm informações erradas, isso pode levar a problemas operacionais, confusão e decisões equivocadas. Aqui estão algumas recomendações para lidar com essa situação:

- Verificação Prévia: antes de compartilhar notas abertas, certifique-se de verificar minuciosamente todas as informações contidas nelas para garantir sua precisão e correção;
- Revisão por Pares: solicitar aos colegas ou membros da equipe para revisar as notas abertas antes de serem compartilhadas. Eles podem identificar erros que você pode ter perdido;
- Referências e Fontes: sempre que possível, incluir referências ou fontes confiáveis para as informações fornecidas nas notas abertas. Isso ajuda a verificar a precisão das informações;
- Clareza e Precisão: escrever de forma clara e precisa. Evitar ambiguidades ou termos vagos que possam levar a interpretações erradas;
- Verificação de Dados: certificar de que quaisquer dados, números, datas ou detalhes mencionados nas notas abertas estejam corretos;
- Atenção aos Detalhes: prestar atenção aos detalhes, como ortografia, gramática e formatação. Erros nessas áreas podem afetar a credibilidade das informações;
- Comprovação das Informações: verificar se as informações estão alinhadas com os registros, documentos ou fontes oficiais relevantes antes de incluí-las nas notas abertas;
- Feedback de Terceiros: Se possível, solicitar feedback de terceiros confiáveis ou especialistas no assunto para validar as informações;

- **Retificação Rápida:** ao perceber que uma nota aberta contém informações erradas após sua divulgação, faça uma retificação rápida e transparente para evitar confusão;
- **Revisão de Processos:** avaliar seus processos de criação e revisão de notas abertas. Certifique-se de que exista um fluxo de trabalho que inclua revisões e verificações de precisão;
- **Aprendizado Contínuo:** aprender com os erros passados e utilizar eles como oportunidades para melhorar a qualidade das notas abertas futuras;
- **Transparência e Honestidade:** se ocorrer um erro, ser transparente e honesto sobre isso. Explique o erro, suas causas e as medidas corretivas tomadas;
- **Utilização de Modelos:** usar modelos de notas abertas padronizados para garantir que todas as informações relevantes sejam incluídas de forma consistente;
- **Validação Cruzada:** Se possível, validar as informações cruzando dados ou comparando com outras fontes confiáveis para garantir sua precisão;
- **Responsabilidade Individual:** certificar de que a pessoa responsável por criar as notas abertas esteja ciente da importância da precisão das informações;

A precisão das informações é fundamental para a confiabilidade e a eficácia das notas abertas. Tomar medidas proativas para evitar erros e corrigi-los rapidamente, se necessário, é essencial para manter a integridade das comunicações internas e externas.

É importante criar um formulário de forma que os colaboradores preencham e o próprio formulário faça uma breve comparação dos resultados esperados com os que foram preenchidos e somente após a validação automática os dados sejam carregados no sistema de gerenciamento da manutenção.

Ter um dashboard com painel desatualizado pode levar a decisões baseadas em informações incorretas ou desatualizadas. Aqui estão algumas recomendações para lidar com essa situação:

- **Monitoramento Regular:** estabelecer uma rotina regular de monitoramento e atualização dos dados do dashboard. Isso pode incluir revisões diárias, semanais ou mensais, dependendo da frequência de atualização dos dados;

- **Automatização:** Se possível, automatizar o processo de coleta e atualização dos dados no dashboard. Isso ajuda a reduzir a dependência de intervenções manuais;
- **Responsável Designado:** atribuir a responsabilidade a um membro da equipe para garantir que os dados sejam atualizados de acordo com o cronograma estabelecido;
- **Lembretes e Alertas:** definir lembretes ou alertas para notificar a equipe responsável sobre as datas de atualização do dashboard;
- **Política de Atualização:** criar uma política clara de atualização do dashboard, definindo quem é responsável, quando os dados devem ser atualizados e qual é o processo a ser seguido;
- **Ferramentas de Monitoramento:** usar ferramentas de monitoramento que possam alertar automaticamente quando os dados do dashboard estão desatualizados ou fora dos limites definidos;
- **Avisos de Data:** incluir avisos visíveis no dashboard para indicar quando os dados foram atualizados pela última vez. Isso ajuda os usuários a entenderem a relevância das informações;
- **Notificações por E-mail:** enviar notificações por e-mail para os principais usuários quando os dados do dashboard forem atualizados. Isso mantém todos informados sobre a disponibilidade de novas informações;
- **Monitoramento em Tempo Real:** Se possível, adotar uma abordagem de monitoramento em tempo real, onde os dados são atualizados instantaneamente à medida que ocorrem mudanças;
- **Feedback dos Usuários:** solicitar feedback dos usuários sobre a frequência de atualização do dashboard e faça ajustes com base nas necessidades e preferências deles;
- **Comunicação Transparente:** se ocorrer um atraso na atualização do dashboard, comunicar isso de forma transparente aos usuários e explique o motivo;
- **Revisão de Processos:** avaliar os processos de coleta, atualização e apresentação de dados. Identificar áreas em que melhorias podem ser feitas para garantir uma atualização mais eficaz;

- Backup de Dados: manter backups dos dados do dashboard, para o caso de ocorrerem problemas técnicos durante as atualizações;
- Feedback da Equipe: incentivar a equipe a relatar problemas ou desafios que possam estar afetando a atualização do dashboard;
- Aprendizado Contínuo: aprender com os atrasos passados e use-os como oportunidades para melhorar os processos de atualização e monitoramento do dashboard;

Manter um dashboard atualizado é fundamental para garantir que as decisões sejam baseadas em informações precisas e relevantes. Ao implementar essas recomendações, você contribuirá para a eficácia do uso do dashboard como uma ferramenta valiosa de tomada de decisões.

A gestão da integridade estrutural é crucial para garantir a segurança, confiabilidade e eficiência das estruturas ao longo do tempo. Quando a gestão da integridade estrutural está defasada, é importante tomar medidas para atualizar e melhorar o processo. Aqui estão algumas recomendações:

- Avaliação da Situação Atual: iniciar por uma análise da situação atual da gestão da integridade estrutural. Identifique os pontos fracos, as lacunas e as áreas que necessitam de melhorias;
- Definição de Metas Claras: estabelecer metas claras para a gestão da integridade estrutural. Essas metas devem estar alinhadas com os objetivos de segurança, desempenho e conformidade regulatória;
- Equipe Especializada: assegurar de que exista uma equipe especializada em gestão da integridade estrutural. Isso inclui engenheiros, inspetores e profissionais qualificados na área;
- Avaliação de Riscos: realizar uma análise detalhada de riscos para identificar as áreas críticas que precisam de atenção imediata;
- Atualização de Normas: Certificar de que suas práticas de gestão da integridade estejam atualizadas com as normas e regulamentos mais recentes da indústria;

- Plano de Ação: desenvolver um plano de ação detalhado para melhorar a gestão da integridade estrutural. O plano deve incluir etapas específicas, prazos e responsabilidades;
- Monitoramento Contínuo: implementar um sistema de monitoramento contínuo para acompanhar a condição das estruturas ao longo do tempo. Isso permite a detecção precoce de problemas;
- Tecnologias Avançadas: utilizar tecnologias avançadas, como monitoramento por sensores, análise de dados e modelagem de elementos finitos, para melhorar a precisão das avaliações;
- Inspeções Regulares: estabelecer um programa de inspeções regulares para avaliar a condição das estruturas. Isso inclui inspeções visuais, ensaios não destrutivos e outros métodos relevantes;
- Investimento em Recursos: alocar recursos adequados para melhorar a gestão da integridade. Isso pode incluir investimentos em tecnologia, treinamento da equipe e ferramentas de análise;
- Priorização de Reparos: com base nas avaliações de risco, priorizar os reparos e melhorias necessários nas estruturas;
- Comunicação Transparente: manter uma comunicação transparente com todas as partes interessadas, incluindo gerentes, proprietários, operadores e equipe de manutenção;
- Auditorias e Revisões: realizar auditorias regulares para avaliar a eficácia do programa de gestão da integridade estrutural e faça ajustes conforme necessário;
- Treinamento Contínuo: ofertar treinamento contínuo para a equipe de gestão da integridade, garantindo que eles estejam atualizados com as melhores práticas e tecnologias.

Esses são alguns dos inúmeros problemas que podem ser identificados na gestão da manutenção do tripper car. No entanto, os problemas elencados acima são os principais e os que trazem maior desgaste da equipe de gestão por conta da complexidade e, em muitas das vezes, por questões de solução dos problemas encontrados.

## 5 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusão

Baseado na pergunta problema “Como a gestão da manutenção atrelada a sistemas automatizados pode contribuir para a integridade estrutural de um tripper car?” obtiveram-se os seguintes resultados:

- Para planos de inspeção com periodicidade incorreta a sugestão é revisar os planos de inspeção com uma periodicidade adequada a fim de verificar mudanças na organização;
- Quando existe o problema de definição da estratégia de inspeção o mais adequado é reavaliar a estratégia com os critérios e objetivos da organização;
- Nos casos de equipe de inspeção ou execução sem as devidas qualificações é necessário qualificar as equipes de forma a obter o melhor desempenho das equipes;
- No caso de notas abertas com informações erradas é necessário criar um sistema automatizado para orientar e evitar erros de preenchimento das informações;
- No caso de dashborad com painel desatualizado, simplesmente criar um fluxo contínuo de atualização do dashboard;
- Quanto aos relatórios de inspeção, execução e de qualidade com baixa qualidade técnica, é importante reavaliar se as equipes que elaboram os relatórios estão devidamente qualificadas;
- Por fim, para solucionar o problema de gestão da integridade estrutural do tripper car defasada é importante implementar novas tecnologias e sistemas afins de obter os dados de forma a melhorar a visualização e conseqüentemente a gestão.

Através da utilização das sugestões citadas espera-se que as atividades de gestão da manutenção da integridade estrutural sejam melhoradas e automatizadas quando possível e dessa forma, a gerência de gestão de manutenção terá uma possível melhoria de performance com relação ao tripper car.

## 5.2 Recomendações

A partir do estudo realizado tem-se as seguintes recomendações de trabalhos futuros:

- Estudo da gestão de dashboards para contribuir para o controle e gestão da manutenção;
- Desenvolvimento de sistemas automatizados para monitoramento e diagnóstico de falhas no tripper cars;
- Contribuições do aumento da confiabilidade das estratégias de manutenção baseado em coletas de dados em tempo real de forma automatizada.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRAMAN. **Associação Brasileira de Manutenção.** Disponível em: [https://abramanoficial.org.br/page/gestao\\_de\\_ativos](https://abramanoficial.org.br/page/gestao_de_ativos). Acesso em 14 de março de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Mantenabilidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 1994. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/eavargas2512/nbr-5462-2>. Acesso em 13 de março de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6181: Classificação dos meios corrosivos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008. Disponível em: [https://engcivil20142.files.wordpress.com/2018/03/nbr8800\\_2008\\_1.pdf](https://engcivil20142.files.wordpress.com/2018/03/nbr8800_2008_1.pdf). Acesso em 13 de março de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14224: Indústrias de petróleo e gás natural — Coleta e intercâmbio de dados de confiabilidade e manutenção para equipamentos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/42405/nbriso14224-industrias-de-petroleo-e-gas-natural-coleta-e-intercambio-de-dados-de-confiabilidade-e-manutencao-para-equipamentos>. Acesso em 13 de março de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12944-2: Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 2: Classification of environments.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017. Disponível em: <https://abraco.org.br/src/uploads/2020/07/ISO-12944-2-FPI-P-Classificacao-de-Ambientes-Corrosivos.pdf>. Acesso em 13 de março de 2021.

ALYRIO, Rovigati Danilo. **Métodos e técnicas de pesquisa em administração.** Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCUMBÚSTIVEIS (ANP).

**Regulamento técnico do Sistema Gerenciamento da Integridade Estrutural das Instalações Terrestres de Produção de Petróleo e Gás Natural (RTSGI). 2009.**

ASSUMPÇÃO, M. E. **Avaliação de Integridade Estrutural de um tanque concentrado de minério de ferro através do método dos elementos finitos.** Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte, dezembro, 2015.

BARAN, Leandro Roberto. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na Redução de Falhas: um estudo de caso. 2011. 102f.** Dissertação (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção: 2. Livros Técnicos e Científicos, 2005.**

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional.** Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

DUARTE, Arnaldo Mateus Simões. **Acompanhamento e análise da degradação em componentes mecânicos.** 2010. Tese de Doutorado.

DUTRA, A. C.; NUNES, L. P. **Proteção Catódica: Técnicas de Combate a Corrosão.** Ed. Técnica, São Paulo, 1987.

ESSELENGENHARIA. **Ensaio Visuais.** Disponível em:

<<https://essel.com.br/cursos/material/01/EnsaioMateriais/ensa18.pdf>>. Acesso em 19 de abril de 2020.

FACHINELLI, Ana Cristina; ALBERDI, Alazne Mujika. **Integridade estrutural da Inteligência Estratégica: uma avaliação em uma Corporação Cooperativa.** BBR-Brazilian Business Review, v. 11, n. 3, p. 81-105, 2014.

FERREIRA, Livia Lima. **Implementação da central de ativos para o melhor desempenho do setor de manutenção: um estudo de caso Votorantim Metais.** Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

FRAZÃO, Márcia. **O que são ativos de uma empresa: Tipos de ativos na contabilidade.** Disponível em: <<https://investorcp.com/gestao-ativo-imobilizado/o-que-sao-ativos-de-uma-empresa/>>. Acesso em 15 de abril de 2020.

- FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Tipos de Corrosão**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tipos-corrosao.htm>. Acesso em 17 de abril de 2020.
- FOGLIATO, Flavio; RIBEIRO, José Luís Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Elsevier Brasil, 2009.
- GENTIL, Vicente. **Corrosão. Livros Técnicos e Científicos**. Editora SA. Quarta Edição, Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.
- GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- HIBBELER, Russell C. Dinâmica: **mecânica para engenharia**. Pearson Education do Brasil, 2005.
- KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. **Manutenção-função estratégica**. Qualitymark Editora Ltda, 2009.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica** (Atlas SA). São Paulo: Atlas SA, 2003.
- MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. **Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos**. Revista de ciência & tecnologia, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.
- MONBRAY, I. **Reliability Centered Maintenance**. Butterworth. 1991.
- NUNES, Enon Laércio et al. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. 2001.
- NUNES, Laerce de Paula; LOBO, Alfredo Carlos O. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva**. 2ª edição, 1998.
- OAKLAND, John. **Gerenciamento da qualidade total**. NBL Editora, 1994.
- OSADA, Takashi; YOSHIKAZU, Takahashi. **TPM/MPT – Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAN, p. 5-25, 1993.
- OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 4, n. 2, p. 1-16, 2008.

- PANNONI, Fábio Domingos. **Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio**. Gerdau Açominas, 2004.
- PASTOUKHOV, Viktor A. **Introdução à mecânica da integridade estrutural**. UNESP, 1995.
- PEREIRA, L. M. P. **Gestão de ativos: Estudo de caso em Empresa em Telecomunicação. Dissertação de Mestrado**, Rio de Janeiro, abril, 2016.
- PETRUCCI, Eladio GR. **Materiais de Construção**. 2ª edição. Editora Globo, 1976.
- PINTO, Alan Kardec; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**, Qualitymark. Rio de Janeiro, 2007.
- PROMAR, **Tratamento Anticorrosivo. Tratamento anticorrosivo para metais**. Disponível em: <<https://www.promarpintura.com.br/tratamento-anticorrosivo-metais>>. Acesso em 24 de abril de 2020.
- PULLAN, Wendy; BHADSHIA, Harshad (Ed.). **Structure: in science and art**. Cambridge University Press, 2000.
- RICARDO, Octavio Gaspar. **Introdução a resistência dos Materiais**. Universidade De Campinas, 1977.
- RICHARDSON, M. **Fundamentos da Metodologia científica**. São Paulo, 1999.
- SILVA, Júlio Nunes Santos da. **Incidências de manifestações patológicas: O caso das estruturas do centro de convenções da Bahia**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.
- SOUZA, SS de; LIMA, C. R. C. **Manutenção centrada em confiabilidade como ferramenta estratégica**. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003.
- TADACHI, N. T.; FLORES, Mario Cesar Xavier. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho**. 1997.
- TAVARES, Lourival Augusto. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 1999.
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM - **Planejamento e Controle da manutenção**. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

**YOSHINO, A. M. Estudo comparativo de múltiplos casos da contribuição da gestão de ativos.** Dissertação de Mestrado, Ouro Preto-MG, 2016.

**XENOS, H. G. Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

**ANEXO**