



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



SAMUEL AUGUSTO LOPES

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA PARA UMA TORRE DE
MONITORAMENTO AUTÔNOMA**

Ouro Preto - MG
2026

SAMUEL AUGUSTO LOPES
samuel.lopes1@aluno.ufop.edu.br

PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UMA TORRE DE MONITORAMENTO AUTÔNOMA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: DSc. Washington Luis Vieira da Silva

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

L864p Lopes, Samuel Augusto.

Proposta de um plano de manutenção preventiva para uma torre de monitoramento autônoma. [manuscrito] / Samuel Augusto Lopes. - 2026. 60 f.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira Silva.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Manutenção - Manutenção Preventiva. 2. Torre de Monitoramento Autônoma (TMA). 3. Planejamento - Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). 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

Samuel Augusto Lopes

Proposta de um plano de manutenção preventiva para uma torre de monitoramento autônoma

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 09 de Julho de 2026

Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Silva - 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 Luís Vieira da Silva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/07/2026



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/07/2026, às 10:42, 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, informando o código verificador **1147624** e o código CRC **E6209887**.

A Deus dedico mais esta etapa vencida.
Agradeço aos meus pais, Acir e Mirtes, e
ao meu irmão, Diego, pelo apoio,
paciência e companheirismo. Sem vocês
esse sonho seria impossível.

AGRADECIMENTO

A Deus, por ter me dado forças nos momentos de dificuldade e por guiar meus passos ao longo desta caminhada.

Aos meus pais, que renunciaram a tanto para que eu pudesse chegar até aqui. O apoio, o incentivo e o amor de vocês foram a base de cada conquista minha. Não existem palavras suficientes para agradecer tudo o que fizeram por mim.

Ao meu irmão, pelo apoio de sempre e por estar presente em cada momento dessa trajetória.

Ao professor Washington, meu orientador, pela paciência, pela dedicação e pela confiança no meu trabalho. Sua orientação foi fundamental para que esta pesquisa se tornasse realidade.

Aos amigos que a UFOP me deu, obrigado pelos anos de parceria, pelas conversas, pelos aprendizados e por tudo o que vivemos juntos. Levo cada um de vocês comigo.

A todos os professores da UFOP, pelo conhecimento compartilhado e pela contribuição à minha formação, dentro e fora da sala de aula.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta conquista, meu sincero obrigado.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor. Mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser, mas graças a Deus não somos o que éramos”.

Martin Luther King

RESUMO

Com o objetivo de aumentar a confiabilidade e a disponibilidade das torres de monitoramento autônomas utilizadas em atividades de sondagem mineral, o presente estudo propõe a elaboração de um plano de manutenção preventiva para esse equipamento em uma empresa do setor de mineração. As torres de monitoramento são ativos críticos que operam em ambientes remotos e severos, sendo responsáveis pelo acompanhamento contínuo das atividades de campo e pela segurança dos trabalhadores. Todavia, a ausência de um plano preventivo formalizado resulta em intervenções corretivas frequentes e não planejadas, comprometendo a continuidade operacional. Para a elaboração do plano de manutenção foi seguida uma metodologia onde primeiramente realizou-se o mapeamento e tagueamento dos equipamentos, seguido da análise do histórico de Ordens de Serviço da empresa, permitindo identificar os componentes de maior criticidade e os modos de falha predominantes. Com base nessas informações, foi possível estruturar o plano em três níveis de intervenção: inspeções pré-operacionais diárias, inspeções periódicas bimestrais e manutenções preventivas semestrais. Sendo assim, o trabalho consiste em uma pesquisa exploratória com base em um estudo de caso, tendo uma abordagem qualitativa aliada à base teórica. O plano elaborado contém o detalhamento das atividades em Procedimentos Operacionais Padrão (POP), abrangendo os seis sistemas do equipamento: estrutura/chassi, equipamentos eletrônicos/elétricos, equipamentos de apoio/movimentação, mastro telescópico, placas solares e vedações/tampas, além de especificar a frequência, o responsável e os recursos físicos para cada atividade. Como conclusão do trabalho, tem-se um plano de manutenção que, quando aplicado, espera-se reduzir o número de intervenções corretivas não planejadas, aumentar a disponibilidade do equipamento e contribuir para a segurança das operações de sondagem em campo. Assim, com base nos estudos de Biehl e Sellitto (2015) e Rosa, Martins e Lima (2022), consolida a importância de um plano de manutenção bem estruturado, que quando aplicado, apresenta ganhos, visto que o plano de manutenção preventivo assegura uma redução nas paradas não programadas nos equipamentos.

Palavras-chave: Plano de Manutenção. Manutenção Preventiva. Torre de Monitoramento Autônoma. Mineração. Procedimento Operacional Padrão.

ABSTRACT

With the aim of increasing the reliability and availability of autonomous monitoring towers used in mineral drilling activities, this study proposes the development of a preventive maintenance plan for this equipment in a mining sector company. Monitoring towers are critical assets that operate in remote and severe environments, being responsible for the continuous monitoring of field activities and worker safety. However, the absence of a formalized preventive plan results in frequent and unplanned corrective interventions, compromising operational continuity. For the development of the maintenance plan, a methodology was followed in which the equipment was first mapped and tagged, followed by the analysis of the company's Service Order history, allowing the identification of the most critical components and predominant failure modes. Based on this information, it was possible to structure the plan into three levels of intervention: daily pre-operational inspections, bimonthly periodic inspections, and semi-annual preventive maintenance. Therefore, this work consists of an exploratory research based on a case study, with a qualitative approach combined with a theoretical foundation. The plan developed contains the detailed activities in Standard Operating Procedures (SOP), covering the six systems of the equipment: structure/chassis, electronic/electrical equipment, support/movement equipment, telescopic mast, solar panels, and seals/covers, in addition to specifying the frequency, the responsible technician, and the physical resources required for each activity. As a conclusion, the maintenance plan developed is expected, when implemented, to reduce the number of unplanned corrective interventions, increase equipment availability, and contribute to the safety of drilling operations in the field. Thus, based on the studies by Biehl and Sellitto (2015) and Rosa, Martins, and Lima (2022), this reinforces the importance of a well-structured maintenance plan, which, when applied, yields significant benefits, since the preventive maintenance plan ensures a reduction in unplanned equipment downtime.

Keywords: Maintenance Plan. Preventive Maintenance. Autonomous Monitoring Tower. Mining. Standard Operating Procedure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento de monitoramento autônomo.	2
Figura 2 – Tipos de manutenção.	10
Figura 3 – Visão Geral da Manutenção de Equipamentos.	12
Figura 4 – Organograma de organização de uma fábrica	13
Figura 5 – Exemplo plano de manutenção.	16
Figura 6 – Exemplo plano de manutenção.	17
Figura 7 - Etapas da metodologia proposta.	21
Figura 8 - Emissão de Ordem de Serviço.	23
Figura 9 - Organograma de uma grande mineradora	26
Figura 10 - Organograma de uma empresa de segurança e monitoramento.	28
Figura 11 - Torre de monitoramento.	30
Figura 12 - Chassi/estrutura da torre de monitoramento.	31
Figura 13 - Posição do painel de equipamentos.	32
Figura 14 - Painel de equipamentos eletrônicos/elétricos.	32
Figura 15 - Monitor externo de visualização.	34
Figura 16 - Posição do banco de baterias.	35
Figura 17 - Antena da internet via satélite.	36
Figura 18 - Roteador da internet via satélite	36
Figura 19 - Camera PTZ(Pan-Tilt-Zoom).	37
Figura 20 - Câmera fixa do tipo <i>bullet</i>	38
Figura 21 - Pés de apoio.	39
Figura 22 - Pedestal terceira roda	40
Figura 23 - Engate.	40
Figura 24 - Eixo de torção.	41
Figura 25 - Mastro telescópico.	41
Figura 26 - Placas solares.	42
Figura 27 - Tampas e vedações.	43
Figura 28 - <i>Tag</i> de uma torre de monitoramento.	44
Figura 29 - <i>Dashboard</i> fornecido pela planilha sobre as manutenções.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da Pesquisa	19
Tabela 2 - Variáveis e indicadores do trabalho.....	22
Tabela 3 - Equipamentos importantes da Sondagem.	27
Tabela 4 - Plano de manutenção de torres de monitoramento.	47
Tabela 5 - Procedimento Operacional Padrão – Pré-Operacional	48
Tabela 6 - Procedimento Operacional Padrão – Inspeção Mecânica.....	49
Tabela 7 - Procedimento Operacional Padrão – Inspeção Elétrica.....	50
Tabela 8 - Procedimento Operacional Padrão – Manutenção Preventiva Mecânica	51
Tabela 9 - Procedimento Operacional Padrão – Manutenção Preventiva Eletrônica	52
Tabela 10 - Registro de Manutenções.....	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Formulação do Problema	1
1.2	Justificativa	2
1.3	Objetivos	4
1.3.1	Geral	4
1.3.2	Específicos	4
1.4	Estrutura do Trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Manutenção.....	6
2.2	Tipos de Manutenção	6
2.2.1	Manutenção Corretiva.....	7
2.2.2	Manutenção Preventiva.....	7
2.2.3	Manutenção Preditiva	8
2.2.4	Manutenção Detectiva	8
2.2.5	Manutenção Autônoma.....	9
2.2.6	Melhoria dos Equipamentos.....	9
2.2.7	Prevenção de Manutenção	9
2.2.8	Engenharia de Manutenção	10
2.2.9	Definição do melhor método	10
2.3	Planejamento e Controle da Manutenção - PCM.....	12
2.3.1	Procedimento Operacional Padrão (P.O.P).....	14
2.3.2	Planos de Manutenção	14
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	Tipo de pesquisa	19
3.2	Materiais e Métodos.....	20
3.3	Variáveis e Indicadores.....	22
3.4	Instrumento de coleta de dados.....	22
3.5	Tabulação dos dados	23
3.6	Considerações finais do capítulo.....	24
4	RESULTADOS	25
4.1	Características da Empresa	25

4.2	Equipamento estudado	29
•	Estrutura/chassi	31
•	Equipamentos eletrônicos/elétricos	31
1 -	Inversor.....	33
2 -	<i>Switch</i>	33
3 -	NVR (<i>Network Video Recorder</i>)	33
4 -	Controlador de carga	33
5 -	Disjuntor	33
6 -	Dispositivo de proteção contra surtos.....	34
•	Monitor Externo.....	34
•	Baterias	35
•	Internet via Satélite	35
•	Câmeras	37
•	Equipamentos de apoio/movimentação.....	38
•	Pés de apoio	38
•	Pedestal 3ª roda.....	39
•	Engate	40
•	Rodas e eixo de torção	41
•	Mastro telescópico	41
•	Placas solares	42
•	Vedações/tampas.....	42
4.3	Elaboração do plano de manutenção preventiva.....	44
4.3.1	Tagueamento dos equipamentos	44
4.3.2	Ordens de serviço de manutenção.....	44
4.3.3	Banco de dados	45
4.3.4	Elaboração do plano de manutenção do equipamento	46
4.3.5	Procedimento Operacional Padrão Pré-Operacional.....	47
4.3.6	P.O.P de inspeção periódica.....	49
4.3.7	P.O.P de manutenção preventiva	51
4.3.8	Registro de Manutenções	53
4.4	Evidências de resultados na aplicação de planos de manutenção preventiva em casos semelhantes	55
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	57
5.1	Conclusão.....	57

5.2	Recomendações.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		59

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

As empresas de mineração, para realizarem suas atividades precisam integrar diversas funções organizacionais, como venda, produção e manutenção, assim, para que essa integração ocorra e não haja parada dos equipamentos e consequentemente, da produção, a manutenção passa a ser uma atividade essencial.

Logo, a manutenção, na visão de Xenos (1998), é um conjunto de ações diárias para corrigir e prevenir falhas, com o objetivo de evitar a degradação de equipamentos devido ao desgaste natural e ao uso. Segundo Kardec e Nascif (2010), a missão da manutenção é de garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequados.

Portanto, a manutenção possui diversas atividades e técnicas que são realizadas a fim de prevenir e corrigir falhas. Para tal, é necessário um conhecimento prévio dos equipamentos, como sua função, manuais técnicos, operação e manutenção. Esse conhecimento é parte fundamental para elaboração dos planos de manutenção, que vão descrever todo tipo de ação preventiva e/ou preditiva que deve ser realizada no equipamento e seus componentes.

Para Herbert Viana (2006), o plano de manutenção pode ser conceituado como o conjunto de informações necessárias para a orientação das atividades de manutenção preventiva e/ou preditiva.

Dito isso, os planos de manutenção precisam ser bem descritos e executados, principalmente em ambientes de alta produtividade e abrasividade, onde qualquer falha é prejudicial ao processo, como é o caso da área de extração mineral. Nessa área, os equipamentos estão em contato direto com poeira, umidade, vibrações, abrasão etc. o que faz com que eles se degradam rapidamente, diminuindo sua vida útil.

Em atividades de extração mineral, como a sondagem, que investiga o potencial mineral de uma área e é frequentemente realizada em locais afastados das cidades, torna-se necessário o uso de equipamentos de monitoramento autônomos. Isso permite às empresas acompanharem seus trabalhadores e o progresso das atividades nessas áreas remotas.



Figura 1 - Equipamento de monitoramento autônomo.
Fonte: Pesquisa Direta (2025)

Assim, o estudo se propõe a elaborar um plano de manutenção preventiva para a torre de monitoramento autônoma, no intuito de realizar o acompanhamento do equipamento favorecendo seu pleno funcionamento, evitando suas paradas e aumentando sua vida útil e de seus componentes.

Diante do contexto, gerou-se para pesquisa a seguinte questão problema:

Como elaborar uma proposta de plano de manutenção preventivo para uma torre de monitoramento de sondagem para uma empresa do setor de mineração?

1.2 Justificativa

A mineração figura como um dos pilares centrais da economia brasileira, sendo um setor que demanda investimentos contínuos em tecnologia e, acima de tudo, em segurança e gestão

de riscos. Neste cenário, o monitoramento de sondagem em tempo real é uma atividade crítica, fornecendo dados vitais para a tomada de decisão e prevenção de acidentes. Sendo assim, a confiabilidade operacional das torres de monitoramento é indispensável. Eventuais falhas nesse sistema de coleta podem cessar o fluxo contínuo de informações e comprometer a segurança de toda a operação.

A manutenção vem se tornando, ao longo dos anos, uma parte fundamental em diversos setores da indústria, trazendo diversos benefícios e vantagens para as empresas. Segundo apontam Kardec e Nascif (2010), a manutenção moderna é essencial para a competitividade, pois atua diretamente na equação da produtividade ao otimizar o faturamento através da garantia de maior confiabilidade e disponibilidade dos ativos.

No entanto, a gestão de ativos industriais, que segundo a norma ISO 55000 (2014) é definida como a atividade coordenada de uma organização com o propósito de realizar valor a partir dos seus ativos, frequentemente incide sobre um modelo reativo, especialmente em ambientes severos como o da mineração. A manutenção é acionada apenas após a falha do equipamento, uma prática conhecida como Manutenção Corretiva (MC). Kardec e Nascif (2010) argumentam que a manutenção puramente corretiva é a forma de gestão mais dispendiosa e menos eficiente, pois leva a paradas não programadas, custos emergenciais e redução da vida útil do ativo.

É neste ponto que o presente trabalho poderá encontrar sua principal contribuição teórica: a possibilidade de aplicar os conceitos de Manutenção Preventiva (MP), que segundo Viana (2006) consiste em um conjunto de intervenções e inspeções sistemáticas, realizadas em intervalos pré-determinados, com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha e aumentar a disponibilidade do equipamento. A elaboração de um plano de manutenção, que segundo Moubray (1997) é o conjunto estruturado de tarefas proativas que tem como um dos objetivos garantir que o ativo cumpra sua função requerida, é a ferramenta de gestão que formaliza a migração da teoria para prática, transformando o conhecimento tácito da equipe em um procedimento padronizado.

No contexto da empresa analisada, foi observada, através da análise do histórico de Ordens de Serviço (O.S), uma frequência relevante de intervenções corretivas nas torres de monitoramento. O principal objetivo desse trabalho é, portanto, a elaboração de um Plano de Manutenção Preventiva específico para estes ativos. A implementação deste plano poderá trazer como ganhos um aumento mensurável da disponibilidade e confiabilidade dos ativos, a

possibilidade de redução dos custos com paradas emergenciais e a correta integridade dos dados coletados.

A motivação para a escolha deste tema se deu pela vivência prática do autor durante seu estágio na área de manutenção da empresa. Ao identificar, na rotina de análise das Ordens de Serviço, a recorrência de falhas corretivas e a ausência de um plano preventivo formalizado para estes ativos críticos, vislumbrou-se uma oportunidade clara de aplicar os conhecimentos da engenharia para propor uma solução estruturada, que aliasse o desafio acadêmico a uma necessidade do setor.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Propor um plano de manutenção preventiva para uma torre de monitoramento autônoma para uma empresa do setor de mineração.

1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção, tipos de manutenção, Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e plano de manutenção;
- Desenvolver um procedimento metodológico para analisar a manutenção de uma torre de monitoramento autônoma com a finalidade de propor um plano de manutenção;
- Elaborar um plano de manutenção preventiva final a ser seguido, com o objetivo de buscar a diminuição das manutenções corretivas e os custos gerados por ela e aumentar a disponibilidade do equipamento.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentado a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica dos conceitos e teorias a respeito da manutenção. Também são relatados os diferentes tipos e formas de organização da manutenção, relacionando-os com as vantagens e desvantagens existentes em cada um.

Já no terceiro capítulo são demonstradas as metodologias de pesquisa utilizadas para a elaboração do trabalho. Nele são retratados os diferentes tipos de pesquisa existentes na literatura, os materiais e métodos adotados para a resolução da problemática, as variáveis e indicadores considerados no estudo, os instrumentos utilizados para a coleta de dados e a forma de tabulação dos resultados obtidos.

No quarto capítulo são apresentadas as características da empresa estudada e seu contexto no setor de mineração, seguido da descrição detalhada do equipamento objeto de estudo e de todos os seus sistemas principais. Além disso, é desenvolvida a proposta do plano de manutenção preventiva, contemplando o tagueamento dos equipamentos, a análise das Ordens de Serviço, a estrutura e organização do banco de dados e os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) para cada nível de intervenção.

Por último, o quinto capítulo apresenta as conclusões obtidas com o trabalho, avaliando o alcance dos objetivos propostos, as limitações do estudo e as recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda o embasamento bibliográfico necessário para a sustentação teórica em relação à temática abordada no trabalho.

2.1 Manutenção

O conceito de manutenção, segundo a NBR 5462 (1994, p.6), é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, que tem como objetivo manter ou recolocar um item em um estado no qual ele possa desempenhar a função requerida”.

A manutenção não deve ser encarada apenas como o ato de reparar equipamentos avariados, mas sim como uma ferramenta estratégica para garantir a disponibilidade dos ativos, reduzir custos operacionais e assegurar a qualidade do produto final, sustentando assim a competitividade da empresa (XENOS, 1998).

Segundo Viana (2006), a manutenção pode ser definida como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas e equipamentos, com o objetivo de manter sua conservação para evitar paradas na produção e o desperdício de recursos.

A manutenção evoluiu de uma atividade puramente operacional de reparo para uma função estratégica dentro das organizações, tendo como missão garantir a disponibilidade e a confiabilidade dos ativos (KARDEC E NASCIF, 2010).

O termo manutenção pode ser definido de diversas formas, porém todos os autores citados chegam a alguns pontos em comum em suas definições: aumentar a confiabilidade e disponibilidade dos ativos e reduzir custos.

2.2 Tipos de Manutenção

Para garantir a funcionalidade dos ativos por longos períodos, são utilizados diversos métodos de manutenção e cada autor classifica do seu modo. Xenos (1998) classifica os métodos de manutenção como: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, melhoria dos equipamentos e prevenção de manutenção. Já Viana (2006) classifica os tipos de manutenção como: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção autônoma. Por fim, Kardec e Nascif (2010) tem sua classificação como: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção.

2.2.1 Manutenção Corretiva

Segundo Kardec e Nascif (2010, p.38) “a manutenção corretiva ocorre para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado.” Ainda segundo o autor, a principal ação desse método de manutenção é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento. Desse modo, eles classificam a manutenção corretiva de duas maneiras: a) manutenção corretiva não planejada, que é aquela onde a manutenção atua após a falha; e b) manutenção corretiva planejada, onde a decisão da manutenção ocorre em função do acompanhamento preditivo do equipamento ou de operar até quebrar.

Para Viana (2006, p.10) “a manutenção corretiva é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente; se configura em uma intervenção aleatória.”

Por fim, a definição de manutenção corretiva para Xenos (1998) é aquela realizada após a ocorrência da falha e deve ser adotada quando o custo de reparo for inferior ao de ações preventivas, levando-se em conta também os prejuízos causados pela parada da produção. A escolha desse tipo de manutenção é adequada quando não existem alternativas preventivas viáveis, mas exige que a empresa disponha de recursos (peças e mão de obra) para garantir reparos rápidos que possam impactar o mínimo possível a produção e os custos (XENOS, 1998).

2.2.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva, de acordo com Xenos (1998) é o coração das atividades de manutenção, ela envolve tarefas sistemáticas, como inspeções, reformas e principalmente as trocas de peças. Em comparação com a manutenção corretiva, a preventiva é mais cara, pois as peças são trocadas antes de atingirem o fim de sua vida útil, em compensação, a frequência das falhas diminui, assim como as paradas não programadas, e como consequência disso, a disponibilidade dos equipamentos aumenta (XENOS, 1998).

Viana (2006) classifica a manutenção preventiva como sendo todas as atividades de manutenção realizadas em equipamentos que não apresentam falhas, visando mantê-los em condições operacionais ideais ou em estado de zero defeitos. Essas ações ocorrem em intervalos predeterminados ou seguindo critérios técnicos específicos, com o objetivo principal de reduzir a probabilidade de falhas e evitar paradas não programadas na produção.

Na visão de Kardec e Nascif (2010) a manutenção preventiva é aquela realizada visando a redução ou a evitar a falha, bem como a diminuição no desempenho do equipamento. Esse tipo de atuação segue um plano elaborado previamente, fundamentado em intervalos definidos de tempo. Nesse tipo de método, as equipes de manutenção necessitam de um conhecimento prévio dos componentes e ações, o que pode vir a garantir previsibilidade nas intervenções (KARDEC E NASCIF, 2010).

2.2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva baseia-se no acompanhamento contínuo de máquinas e equipamentos, através de monitoramento, medições, sensores, controle estatístico e etc., com a finalidade de antecipar a ocorrência de falhas (VIANA, 2006). Ainda segundo Viana (2006), o objetivo principal desse método de manutenção é determinar o momento exato, ou próximo disso, para realizar a intervenção no equipamento, o que evita desmontagens desnecessárias e permite o aproveitamento máximo da vida útil dos componentes.

Kardec e Nascif (2010, p.44) definem a manutenção preventiva como sendo a “atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.” Portanto, para esse tipo de manutenção, segundo os autores, são usadas técnicas preditivas para fazer o monitoramento da condição das peças e, quando necessária uma ação de correção, essa é realizada por meio de uma manutenção corretiva planejada.

Por fim, a manutenção preditiva na visão de Xenos (1998) permite prever o limite de vida de uma peça ou componente, através do uso de tecnologias avançadas. “O uso dessas tecnologias na manutenção permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção.” (XENOS, 1998, p.25)

2.2.4 Manutenção Detectiva

A manutenção detectiva caracteriza-se pela aplicação de testes e procedimentos em sistemas de comando, controle e proteção com o objetivo específico de identificar falhas ocultas. Diferente de outras modalidades de manutenção, ela foca em componentes que não demonstram sinais óbvios de defeito para a equipe de operação no dia a dia (KARDEC E NASCIF, 2010).

Para os autores, essa pratica visa garantir a confiabilidade e a segurança nas industrias, funcionando como uma verificação a mais dos sistemas de segurança dos equipamentos, que atua para proteger as maquinas e o meio ambiente contra falhas catastróficas.

2.2.5 Manutenção Autônoma

A manutenção autônoma é uma das modalidades de manutenção citadas pelo Viana (2006), ele a define como as atividades de manutenção realizadas pelos próprios operadores das maquinas em que operam. São atividades desde as mais simples como as de limpeza, lubrificação e tarefas elementares de manutenção, como as mais complexas como as análises e melhorias dos instrumentos de produção.

2.2.6 Melhoria dos Equipamentos

Xenos (1998) cita a melhoria dos equipamentos como mais um método de manutenção utilizado dentro das empresas, o autor utiliza a palavra “kaizen”, de origem japonesa e que significa melhorias, como uma pratica no contexto da manutenção. “Praticar o “kaizen” dos equipamentos significa melhorá-los gradativamente e continuamente para além de suas especificações originais.” (XENOS, 1998, p.25)

Segundo Xenos (1998):

... ao invés de simplesmente retornar os equipamentos às suas condições originais após a ocorrência das falhas, é preciso melhorar continuamente os equipamentos, alterando, conforme necessário, seu projeto, seus padrões de operação e manutenção. Para isso, é muito importante investigar exaustivamente as causas fundamentais das falhas. Este é um ponto fraco da manutenção nas empresas brasileiras. Geralmente, a manutenção se dá por satisfeita somente consertando o que quebrou – removendo o sintoma da falha e devolvendo o equipamento para a produção, até que falhe novamente.

2.2.7 Prevenção de Manutenção

Outro método de manutenção importante citado por Xenos (1998, p.26) é a prevenção de manutenção, que consiste em “atividades que são conduzidas juntamente com o fabricante, desde a fase de projeto do equipamento, visando reduzir o volume de serviços de manutenção exigido durante sua operação.” Esse tipo de manutenção, ainda segundo Xenos (1998), visa atuar na fase de projeto e desenvolvimento do equipamento, nessa fase é mais fácil e barato a identificação e bloqueio de potenciais falhas, que ocorreriam somente na etapa de operação do equipamento.

2.2.8 Engenharia de Manutenção

Segundo Kardec e Nascif (2010), a Engenharia de Manutenção é o suporte técnico da manutenção que está dedicado a consolidar a rotina e implantar a melhoria, que tem como atribuições: aumentar a confiabilidade, disponibilidade, segurança, acompanhar indicadores, entre outros.

Para Kardec e Nascif (2010, p.50), “a Engenharia de Manutenção significa perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo.” A Figura 2 representa os tipos de manutenção definidos pelo Kardec e Nascif (2010) e situa onde se encaixa, dentre os diversos tipos de manutenção, a Engenharia de Manutenção.

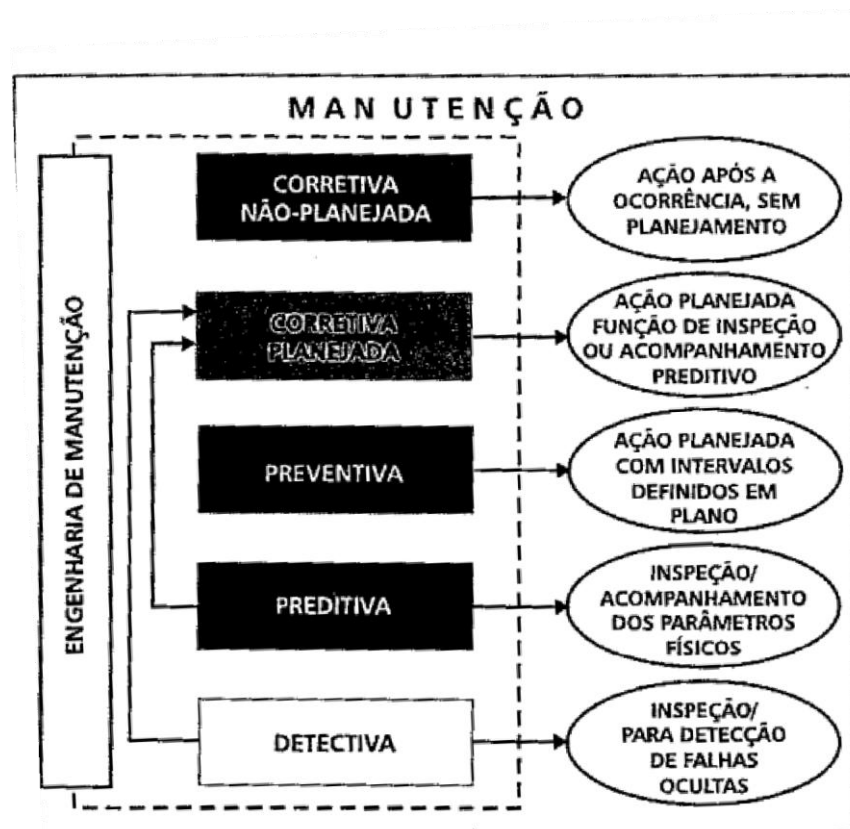


Figura 2 – Tipos de manutenção.
Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, 2010

2.2.9 Definição do melhor método

O melhor método de manutenção será a combinação mais adequada dos vários métodos apresentados, a escolha deve estar em acordo com a natureza e criticidade do equipamento para a produção (XENOS, 1998).

Para Kardec e Nascif (2010, p.59):

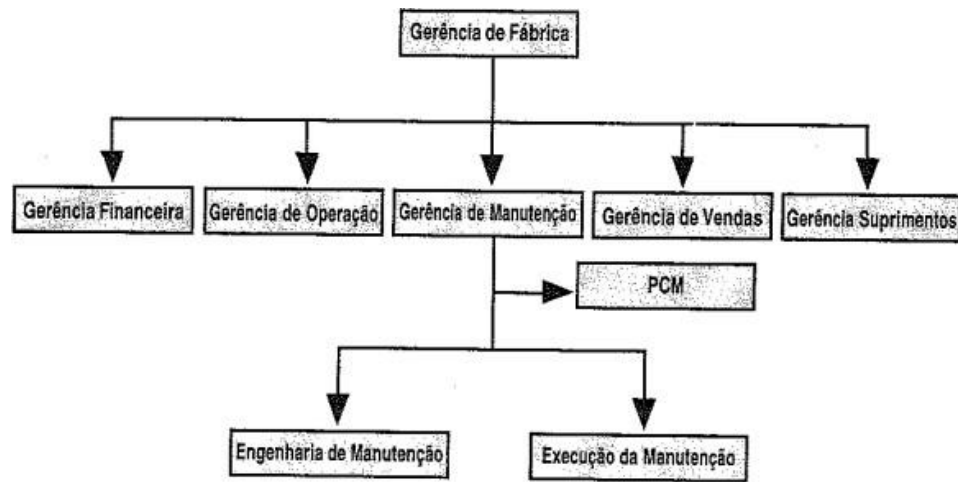
... em qualquer planta ou instalação sempre haverá lugar para os diversos tipos de manutenção. O tipo de manutenção é uma decisão gerencial, que está baseada nos seguintes fatores:

- a) Na importância do equipamento do ponto de vista:
 - Operacional;
 - Segurança pessoal;
 - Segurança da instalação;
 - Meio ambiente.
- b) Nos custos envolvidos:
 - No processo;
 - No reparo/substituição;
 - Nas consequências da falha.
- c) Na oportunidade
- d) Na capacidade de adequação do equipamento/instalação favorecer a aplicação deste ou daquele tipo de manutenção (adequabilidade do equipamento).

A evolução da manutenção industrial transformou o setor de uma área puramente corretiva para um elemento estratégico dentro das organizações. Segundo Xenos (1998), a manutenção deve ser compreendida dentro do contexto da Gestão da Qualidade Total (GQT), onde o foco deixa de ser apenas o reparo do equipamento e passa a ser a garantia da função do sistema produtivo.

A Figura 3 ilustra a complexidade e a abrangência das atividades da manutenção moderna, que detalha o escopo da Manutenção Produtiva.

A Figura 4 mostra o organograma das gerências em uma empresa bem como a posição do PCM entre elas, segundo discutido por Viana (2006):



Organograma de organização de uma fábrica.

Figura 4 – Organograma de organização de uma fábrica.

Fonte: Adaptado de Viana, 2006

O núcleo de PCM em um empresa possui diversas responsabilidades e atribuições, Teles (2019, p.56) cita as mais importantes:

- A definição de metas e dos indicadores de desempenho das atividades de manutenção;
- Criação de Padrões e Procedimentos de Trabalho para a manutenção;
- Detalhamento dos planos de ação para atingimento das metas;
- Gerenciar os planos de Inspeção, Manutenção Preventiva, Preditiva e Lubrificação;
- Incorporar novas tecnologias de Inspeção e Manutenção Preditiva;
- Representar a Manutenção na interface com a Engenharia de novos projetos;
- Gerenciar o programa sistemático de capacitação do pessoal da manutenção;
- Controlar a documentação técnica da manutenção;
- Coordenar o programa de Análise de Falhas;
- Controlar os padrões e procedimentos de trabalho da manutenção;
- Responsabilizar-se pelos projetos de manutenibilidade da manutenção;
- Controlar a contratação de serviços de terceiros;
- Controlar e gerenciar custos da manutenção.

Como objetivos, segundo Teles (2019), “o PCM busca promover, participar e garantir a elevação da confiabilidade e disponibilidade dos ativos, otimizando todos os recursos da manutenção”. Segundo a norma NBR-5462, “confiabilidade é a capacidade de um item

desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo.”

Já a disponibilidade, também segundo a NBR-5462, “é a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta sua confiabilidade e manutenibilidade.”

2.3.1 Procedimento Operacional Padrão (P.O.P)

Um Procedimento Operacional Padrão (POP) é um documento que descreve, passo a passo, o modo correto de executar uma tarefa. Segundo Colenghi (2003), o POP deve conter as instruções das operações e a frequência de execução, especificando o responsável, lista de equipamentos, peças e materiais utilizados na tarefa, descrição dos procedimentos da tarefa por atividades críticas de operação e pontos delicados e proibidos de cada tarefa.

Kardec e Nascif (2010) afirmam que a manutenção precisa deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, o que exige a definição de padrões e procedimentos claros de execução para garantir a disponibilidade dos equipamentos.

Já para Xenos (1998) a padronização das atividades de manutenção é fundamental para eliminar falhas nos equipamentos, garantindo que todos os mantenedores executem as tarefas da mesma forma correta e segura.

2.3.2 Planos de Manutenção

De acordo com Viana (2006, p.87):

Os Planos de Manutenção são o conjunto de informações necessárias para orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva. Os mesmos representam, na prática, o detalhamento da estratégia de manutenção assumida por uma empresa. A sua disposição no tempo e no espaço, e a qualidade das suas instruções, determinam o tratamento dado pelo organismo mantenedor para com sua ação preventiva.

Segundo Xenos (1998, p.172), “um plano de manutenção consiste de um conjunto de ações preventivas e de datas para sua execução, é simplesmente um calendário de ações preventivas”. Para correta elaboração e aplicação dos planos de manutenção, é necessário o conhecimento prévio das ações preventivas de inspeção, reforma ou troca das peças e equipamentos, bem como seus respectivos intervalos de tempo. Esse conhecimento se dá seja por recomendações do fabricante e/ou da própria experiência acumulada pela empresa na manutenção do equipamento.

As ações preventivas devem estar definidas nos padrões de manutenção, que devem conter as instruções sobre o que, porque, como e com que frequência se deve inspecionar, reformar ou trocar todos os itens que compõem o equipamento (XENOS, 1998). Ainda segundo Xenos (1998), para equipamentos novos ou desconhecidos, para a elaboração do plano de manutenção é necessário buscar informações fornecidas pelos fabricantes, utilizando especificações técnicas e manuais de manutenção.

Na visão de Viana (2006) um bom plano de manutenção é aquele que está sempre sendo revisado, pois os mantenedores, à medida que os executam, podem e devem propor melhorias, para garantir sempre o melhor e mais completo plano de manutenção. Nos planos de manutenção, são necessários informar vários balizadores para facilitar o controle e a manutenção dos equipamentos, Viana (2006) cita:

- Título do plano de manutenção
- Grupo de máquina
- Periodicidade
- Tipo de dia (uteis ou corridos)
- Data da ativação
- Equipe de manutenção
- Planejador responsável
- Material de consumo

Existem diversos tipos de plano de manutenção, cada empresa utiliza algum modelo que melhor se adapta a sua equipe de manutenção, as Figuras 5 e 6 mostram dois modelos de planos de manutenção com resultados reais:

Equipamento: Trem Laminador		Padrões de Referência	Periodicidade	Ano 1												Ano 2												Ano 4				
Sub-conjuntos	Peças e Componentes			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	O	N	D
Cadeira F1	Mancais rolos laminadores	M-25-97	Mensal	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Mesa de rolos movimentação	M-29-97	Bimestral	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
	Pinos da capota da cadeira	M-35-97	Mensal	●	●	○	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Usinagem canal laminador	M-67-97	Bimestral	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
	Rolos laminadores	M-51-97	Semestral					▲						▲																		
Cadeira F2	Mancais rolos laminadores	M-26-97	Mensal	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Mesa de rolos movimentação	M-30-97	Trimestral	■					■				■		■			■				■			■			■			■	
	Pinos da capota da cadeira	M-36-97	Mensal	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Usinagem canal laminador	M-68-97	Bimestral	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
	Rolos laminadores	M-52-97	Semestral			▲								▲													△			△		
⋮	⋮							×						×	×																	
				Passado ← Presente → Futuro																												

Plano de Manutenção do Molde 1 - Lingotamento Contínuo			1		2		~	
Planejado Realizado Inspeção Reforma Troca Falha	Data da Montagem		09/10/96					
	Local da Montagem		LC 1					
	Data da Troca		15/10/96					
	Nº de Corridas		518					
	Padrões de Referência		Durante o uso	Após o uso	Durante o uso	Após o uso	~	~
Longitudinal (Face longa)	Placa de Cu anterior	500	M-017-26-97	△				
	Placa de Cu posterior	500	M-051-12-97	△				
	Caixa d'água anterior	1500	M-032-04-97	□				
	Caixa d'água posterior	1500	M-029-18-97	□				
	Tirantes de fixação 1	...	...	...				
	Tirantes de fixação 2							
	Tirantes de fixação 3							
	Tirantes de fixação 4							
	Cilindro abertura/fecham. 1							
	Cilindro abertura/fecham. 2							
	Cilindro abertura/fecham. 3							
	Cilindro abertura/fecham. 4							
Transversal (Face curta)	Placa de Cu lado direito							
	Placa de Cu lado esquerdo							
	Caixa d'água direita							
	Caixa d'água esquerda							
	Sistema de acionamento do lado curto do lado direito							
	Redução superior							
	Redução inferior							
	Olhal de conexão superior							
	Pino de conexão superior							
	Olhal de conexão inferior							
Sistema Hidráulico	Tubo HP-1							
	Tubo HP-6							
	Mangueira HH-1							
	Mangueira HH-6							
Sistema de Lubrificação								
Sistema de Água de Refrigeração								

Figura 6 – Exemplo plano de manutenção.

Fonte: Adaptado de Xenos, 1998

A Figura 5 apresenta um cronograma mestre de manutenção para um Trem Laminador, estruturado em uma base temporal (mensal/anual). Este modelo destaca-se pela gestão visual,

utilizando simbologia geométrica para confrontar as atividades planejadas (símbolos vazios) com as realizadas (símbolos cheios). Isso permite ao gestor identificar rapidamente a aderência ao plano, a ocorrência de falhas não previstas (marcadas com 'X') e a periodicidade das inspeções e trocas de componentes ao longo dos anos.

Por outro lado, a Figura 6 ilustra um plano para um Molde de Lingotamento Contínuo, onde o gatilho para a manutenção não é o tempo, mas sim o ciclo operacional (número de corridas). Este formato é ideal para equipamentos onde o desgaste é proporcional ao volume de produção. A planilha detalha os componentes críticos (como placas de cobre e sistemas de fixação) e registra as intervenções baseadas na vida útil estipulada para cada peça, garantindo a disponibilidade do ativo baseada em sua condição real de uso.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

Para a adequada estruturação científica deste trabalho, a metodologia utilizada foi classificada sob três óticas distintas: quanto a à natureza (abordagem), quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos técnicos. A Tabela 1 sintetiza as possíveis classificações metodológicas baseadas na literatura acadêmica e destaca as tipologias aplicadas nesta monografia.

Tabela 1 - Classificação da Pesquisa

Classificação	Tipos de Pesquisa
Quanto a Abordagem	Qualitativa; Quantitativa.
Quanto aos Objetivos	Exploratória; Descritiva; Explicativa.
Quanto aos Procedimentos	Bibliográfica; Documental; Experimental; Estudo de Caso; Pesquisa-ação; Pesquisa participante.

Fonte: Adaptado de Gil (2002) e Marconi e Lakatos (2021).

Quanto à abordagem ou natureza da pesquisa, Marconi e Lakatos (2021) definem a pesquisa quantitativa como aquela focada na objetividade, utilizando dados numéricos e estatísticos para traduzir opiniões e informações. Em contrapartida, conforme Minayo (2009), a pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, motivos, crenças, valores e atitudes, correspondendo a um espaço mais profundo das relações que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

Para a realização deste estudo, optou-se pela abordagem qualitativa, visto que o foco reside na compreensão aprofundada dos processos de manutenção, na interpretação de manuais técnicos e na análise das especificidades operacionais da torre, não se limitando apenas à quantificação numérica, mas ao entendimento da dinâmica do ativo.

No que tange aos objetivos, a literatura apresenta três classificações principais. Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória tem como finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos, proporcionando maior familiaridade com o problema para torná-lo explícito ou construir hipóteses. Já a pesquisa descritiva, conforme Vergara (2000), expõe características de

determinada população ou fenômeno, podendo estabelecer correlações entre variáveis. Por fim, a pesquisa explicativa preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofundando o conhecimento da realidade.

Diante dessas definições, este trabalho classifica-se como exploratório, pois investiga o contexto de manutenção da torre de monitoramento autônoma para proporcionar maior familiaridade com o problema das falhas não planejadas, visando a construção de uma proposta de plano de manutenção adequada à realidade da empresa.

Em relação aos procedimentos técnicos, existem diversas modalidades. Gil (2002) conceitua esse tipo de pesquisa como: pesquisa bibliográfica como sendo aquela desenvolvida com base em material já elaborado, como livros e artigos científicos. A pesquisa documental assemelha-se à bibliográfica, mas vale-se de materiais que não receberam tratamento analítico. A pesquisa experimental caracteriza-se pela manipulação de variáveis sob condições controladas, enquanto a pesquisa-ação pressupõe uma intervenção participativa para resolver um problema coletivo. Já a pesquisa participante envolve a interação direta entre pesquisador e membros da situação investigada. Por fim, o estudo de caso, para Marconi e Lakatos (2021), refere-se ao levantamento profundo de um ou poucos objetos para permitir seu amplo e detalhado conhecimento.

Neste contexto, o trabalho fundamenta-se em pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica fornece o embasamento teórico sobre os tipos de manutenção e gestão de ativos necessário para a sustentação do estudo. O estudo de caso se configura pela delimitação da pesquisa à análise profunda de um único objeto, a torre de monitoramento autônoma, dentro do ambiente específico da empresa de mineração, permitindo um diagnóstico preciso para a elaboração do plano de manutenção.

3.2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi adotada a metodologia descrita no fluxograma apresentado na Figura 7. O processo foi estruturado em etapas sequenciais lógicas que permitiram sair do diagnóstico inicial do problema até a proposição final da solução.

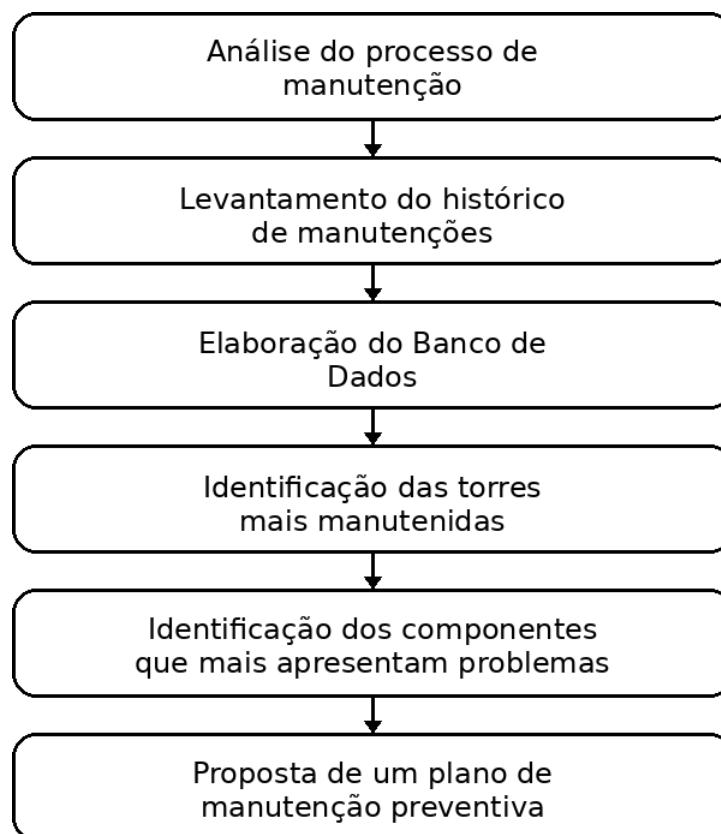


Figura 7 - Etapas da metodologia proposta
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

A primeira etapa consiste na revisão bibliográfica, necessária para o entendimento dos conceitos de manutenção preventiva, preditiva e corretiva, bem como das ferramentas de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). Em seguida, procede-se à identificação e avaliação do equipamento objeto de estudo, a torre de monitoramento autônoma, compreendendo seu funcionamento, componentes críticos e importância para o processo de mineração.

Posteriormente, realiza-se a coleta de dados através da consulta aos manuais de fabricação e montagem, desenhos técnicos e ao histórico de Ordens de Serviço (O.S.) da empresa, permitindo identificar as torres que tiveram maior frequência de manutenção, as falhas mais recorrentes e os modos de falha predominantes. Com base nessas informações, é feita a análise da criticidade dos componentes, definindo quais itens necessitam de maior atenção e prioridade nas intervenções.

Por fim, com base no diagnóstico realizado e nas recomendações técnicas, é elaborado o plano de manutenção preventiva, definindo as atividades, periodicidade e recursos necessários para garantir a disponibilidade e confiabilidade do equipamento.

3.3 Variáveis e Indicadores

Segundo Marconi e Lakatos (2021), uma variável pode ser considerada como uma classificação ou medida, um aspecto, atributo ou fator que é discernível no objeto de estudo e capaz de influenciar ou ser influenciado por outros fatores. Já os indicadores, conforme Santos (2004), são instrumentos que permitem a percepção de um dado fenômeno ou condição de modo simplificado, tornando observável uma variável qualitativa ou quantitativa.

De acordo com a bibliografia apresentada e com a proposta do trabalho de propor um plano de manutenção para a torre de monitoramento, definiu-se as variáveis e indicadores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Variáveis e indicadores do trabalho

Variáveis	Indicadores
Gestão da Manutenção	Tipos de manutenção aplicados (Corretiva/Preventiva); Existência de planos formais; Histórico de intervenções.
Confiabilidade do Equipamento	Frequência de falhas; Tempo de disponibilidade; Componentes críticos.
Planejamento e Controle (PCM)	Ordens de Serviço (O.S.); Tempo médio de reparo; Peças de reposição.

Fonte: Pesquisa Direta (2026)

A seleção dessas variáveis permite focar a análise nos pontos importantes que impactam a operação da torre de monitoramento, segregando o que é desgaste natural do que é falha proveniente da ausência de diretrizes de manutenção preventiva.

3.4 Instrumento de coleta de dados

Para o desenvolvimento deste estudo, os dados serão obtidos por meio de levantamento bibliográfico e da utilização de recursos como planilhas de controle, documentos técnicos e

roteiros. O método contempla também a observação participante de natureza não sistemática, efetivada através do monitoramento cotidiano da rotina de trabalho.

A Figura 8 representa a primeira página de uma O.S de uma determinada torre de monitoramento, através dela é possível coletar as informações necessárias para dar início ao levantamento de dados sobre as manutenções.

EMISSION DE ORDEM DE SERVIÇO DE MANUTENÇÃO

Nº Ordem: **0230**

Equipamento **+** Localização Tipo de manutenção **+** Prioridade

Solicitante Data prog. Hora Prog. Status **+** Data finalização

Descrição da solicitação Descrição do serviço Material Outros

Área de manutenção **+**

Descrição de defeito

Observações 2000 caracteres restantes

650 caracteres restantes

Anterior Próximo Imprimir Salvar Editar Excluir Sair

Figura 8 - Emissão de Ordem de Serviço.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

Pela emissão do documento da Figura 8, é possível identificar o número do equipamento (TAG), a data programada para manutenção, a localização, status do serviço, bem como a data e as atividades que foram ou vão ser realizadas. Esses são dados muito importantes para a sequência das atividades, eles devem ser preenchidos de forma mais fiel a realidade, visto que vão formar o banco de dados do Departamento de Manutenção dos Equipamentos de uma forma geral dentro da empresa.

3.5 Tabulação dos dados

O tratamento e a compilação das informações coletadas serão realizadas mediante o uso do *software* Microsoft Excel, ferramenta empregada para a organização sistemática, análise comparativa, elaboração gráfica e cálculo dos indicadores de desempenho.

Concomitantemente, o Microsoft Word será utilizado para a sistematização dos resultados e a redação das análises desenvolvidas ao longo do estudo.

3.6 Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as classificações metodológicas da pesquisa, bem como as ferramentas e procedimentos utilizados para a concretização do estudo. A definição da pesquisa como qualitativa, exploratória e estudo de caso garantiu a profundidade necessária para compreender a problemática da manutenção das torres de monitoramento na mineração.

No capítulo seguinte são apresentados os resultados desta análise, incluindo a descrição detalhada do equipamento, o levantamento dos equipamentos com maior frequência de manutenção, os componentes mais críticos, o diagnóstico das falhas recorrentes e a apresentação da proposta do Plano de Manutenção Preventiva.

4 RESULTADOS

4.1 Características da Empresa

A mineração constitui um dos pilares fundamentais da economia brasileira, desempenhando um papel estratégico no desenvolvimento industrial e no equilíbrio da balança comercial do país.

De acordo com dados recentes do Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2024), o faturamento do setor mineral no Brasil alcançou a marca de R\$ 270,8 bilhões em 2024, apresentando um crescimento de 9,1% em relação ao ano anterior. Esta performance robusta reflete a relevância do Brasil como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de substâncias metálicas, como o minério de ferro, além de outros minerais críticos para a transição energética global.

Nesse contexto de alta complexidade e relevância econômica, a empresa estudada opera com uma estrutura organizacional robusta e multifacetada. A empresa estudada faz parte do ramo da mineração, mais especificamente voltada para a prospecção, extração e beneficiamento de minerais metálicos e não metálicos.

Dentre as atividades essenciais da empresa está a sondagem mineral, que fornece dados decisivos para a avaliação de jazidas e o planejamento da exploração. Essa atividade passa por processos e equipamentos específicos, a fim de se obter as propriedades desejadas e informações geológicas precisas. Exemplos de equipamentos utilizados são sondas de perfuração, hastes, barriletes, bombas de lama e, de forma estratégica, a torre de monitoramento. A Figura 9 ilustra a estrutura organizacional que suporta e coordena essas atividades e o uso desses equipamentos.

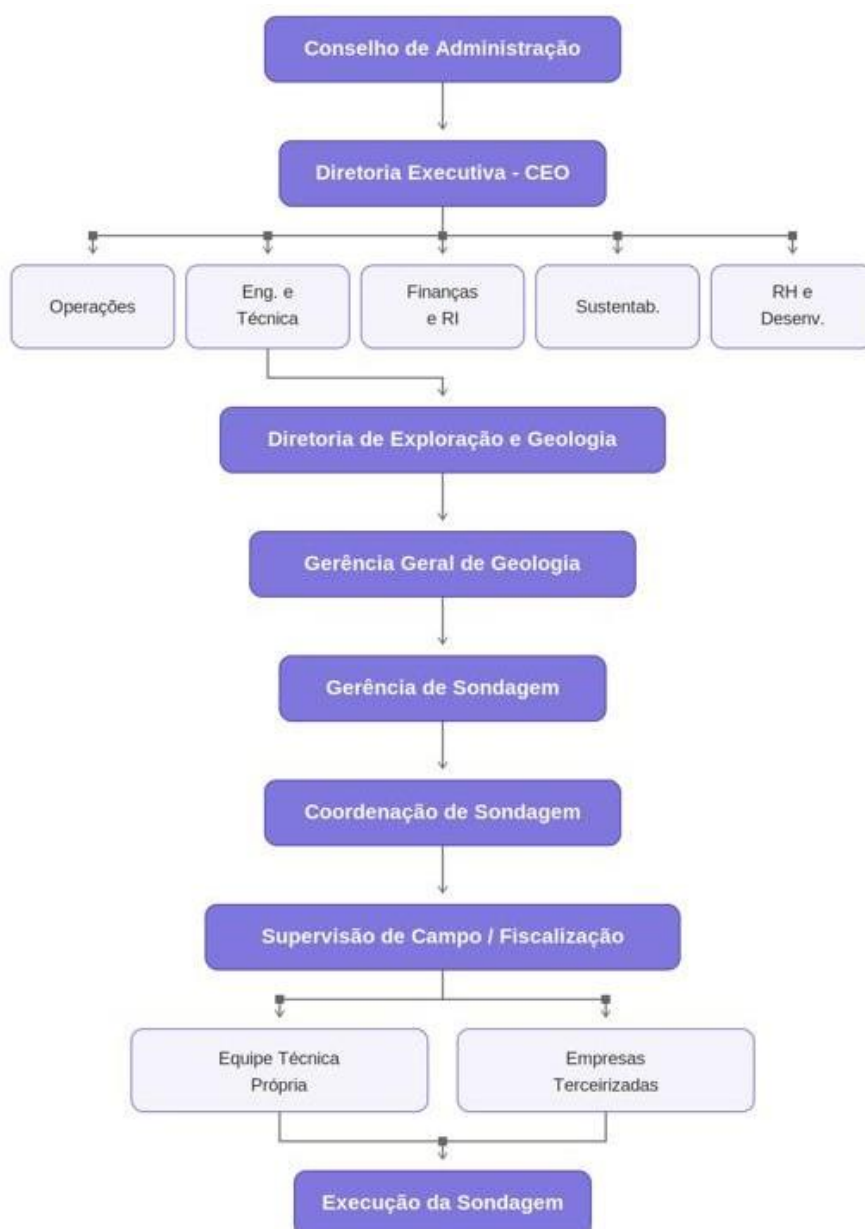


Figura 9 - Organograma de uma grande mineradora.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

A Figura 9 mostra a estrutura organizacional da empresa, que no ápice encontra-se o Conselho de Administração, que é o órgão máximo de governança, responsável por estabelecer a visão, a missão e as políticas gerais da empresa. Ele supervisiona a gestão, aprova grandes investimentos e assegura a conformidade com as regulamentações. A Diretoria Executiva (CEO), liderada pelo Diretor-Presidente, é encarregada da gestão operacional e da implementação das estratégias definidas pelo Conselho. O Comitê Executivo, composto por Vice-Presidentes de diversas áreas (Operações, Técnica, Finanças, Sustentabilidade, Recursos Humanos, Comercial e Jurídica), garante a coordenação e a execução das estratégias em suas respectivas esferas de atuação.

Mais abaixo do Comitê Executivo encontra-se o Nível Tático, que tem como função traduzir as diretrizes estratégicas em planos de ação detalhados. A Vice-Presidência Técnica e de Engenharia é fundamental neste contexto, pois abriga a Diretoria de Exploração e Geologia. Esta diretoria é responsável por identificar, avaliar e desenvolver novos recursos minerais, sendo essencial para a sustentabilidade e o crescimento da empresa. Dentro dela, a Gerência Geral de Geologia supervisiona os projetos de exploração e as equipes de geólogos, enquanto a Gerência de Sondagem especializa-se na gestão das campanhas de perfuração, incluindo planejamento, controle de qualidade e administração de contratos com fornecedores.

O nível operacional tem como foco a execução diária das atividades, transformando o planejamento tático em resultados concretos. A Coordenação de Sondagem gerencia as frentes de trabalho, otimiza recursos e garante o cumprimento dos cronogramas. A Supervisão de Campo ou Supervisão de Sondagem fiscaliza as operações diárias, assegurando a segurança, a qualidade dos dados e a conformidade com os planos, incluindo a fiscalização de contratos com terceiros. A Equipe Técnica de Campo pode ser da própria da mineradora ou terceirizada.

Para a execução das atividades de sondagem, diversos equipamentos são empregados. A Tabela 3 mostra os mais importantes:

Tabela 3 - Equipamentos importantes da Sondagem.

Equipamento	Função Principal
Sondas de Perfuração	Realizam a perfuração do solo e rocha.
Hastes e Barriletes	Formam a coluna de perfuração e coletam testemunhos.
Bombas de Lama/Água	Circulam fluidos para refrigeração e estabilização do furo.
Geofísica de Poço	Coletam dados sobre as propriedades das rochas no furo.
Torre de Monitoramento	Integra sistemas de monitoramento e coleta de imagens para acompanhamento em tempo real da perfuração, segurança e desempenho.

Fonte: Pesquisa Direta (2026)

Um dos equipamentos, especificamente a torre de monitoramento, é fornecida por uma empresa terceirizada, que deve garantir o correto monitoramento diário de todas as atividades, as coletas das imagens e as manutenções necessárias ao equipamento no geral, a fim de garantir sua correta e ininterrupta funcionalidade.

A empresa locadora do equipamento de monitoramento é uma prestadora de serviços especializada em soluções de segurança eletrônica e monitoramento remoto, atuando no atendimento a demandas de alta complexidade, operando tanto em perímetros urbanos quanto em áreas industriais, principalmente as de mineração, onde as condições ambientais impõem desafios severos aos equipamentos.

A estrutura organizacional da empresa é mostrada na Figura 10 e conta com um corpo técnico de aproximadamente 50 colaboradores, distribuídos entre as áreas administrativa, operacional e de manutenção. Sua missão institucional é prover previsibilidade e segurança às operações de seus clientes por meio da integração de tecnologias avançadas de vigilância e rastreamento. No contexto da mineração, a empresa atua de forma estratégica, garantindo que as atividades de sondagem e extração mineral em locais isolados sejam monitoradas continuamente, mitigando riscos operacionais e de segurança do trabalho.

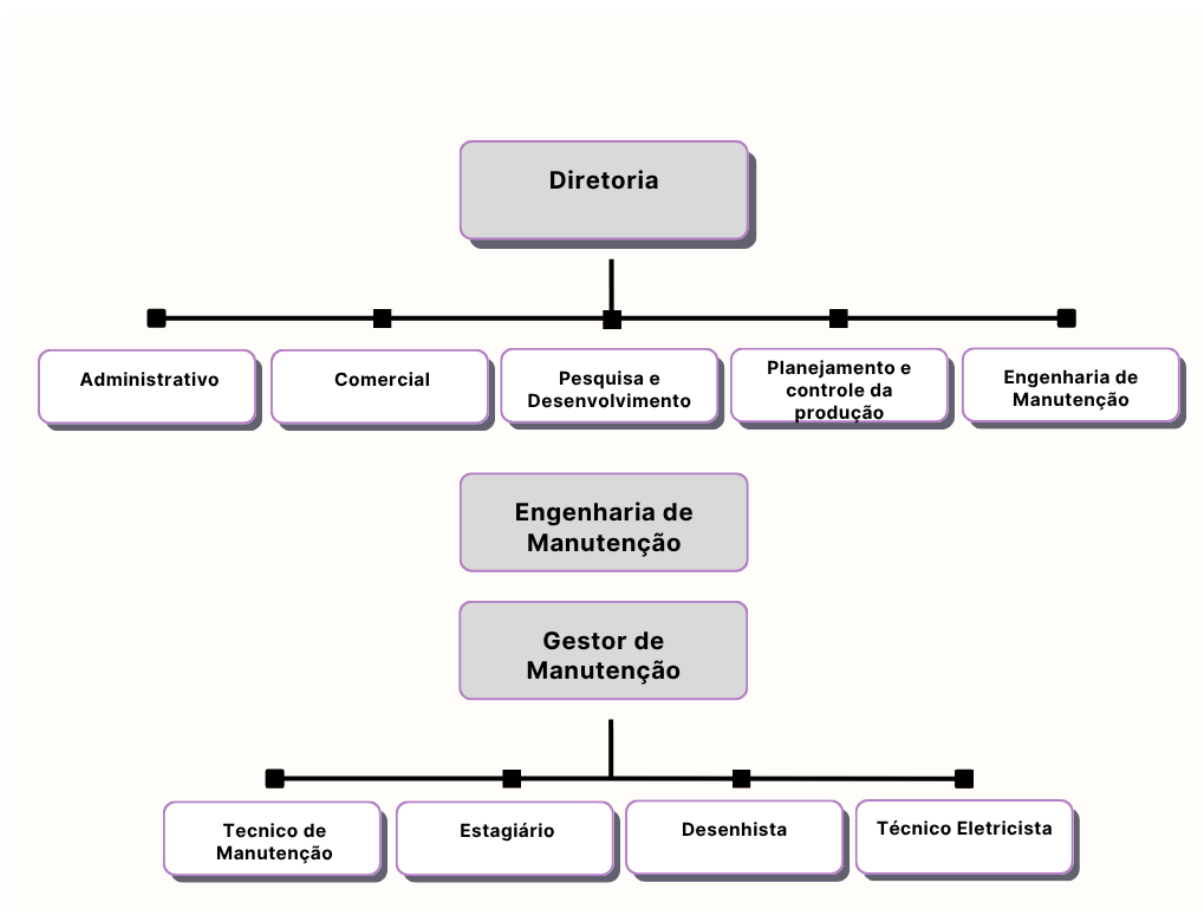


Figura 10 - Organograma de uma empresa de segurança e monitoramento.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

A estrutura da empresa desenvolvedora do equipamento de monitoramento é mostrada na Figura 10, no topo da organização encontra-se a Diretoria, que define a estratégia geral, as políticas de segurança e monitoramento, e aprova os investimentos em tecnologia, como os sistemas avançados e as torres de vigilância.

Diretamente ligadas à Diretoria, diversas áreas dão o suporte necessário. O setor Administrativo cuida dos recursos humanos, finanças e infraestrutura. O Comercial busca novos clientes e gerencia contratos de serviços de segurança. A Pesquisa e Desenvolvimento é importante para inovar em tecnologias, aprimorar sistemas de monitoramento, integrar

inteligência artificial e otimizar as torres. O Planejamento e Controle da Operação garante que as operações de monitoramento sejam eficientes, gerenciando recursos, incidentes e a coordenação das equipes. Por fim, a Engenharia de Manutenção é crucial para manter todos os equipamentos de segurança e monitoramento funcionando, incluindo câmeras, sensores, redes e, principalmente, as torres de monitoramento, garantindo a continuidade dos serviços.

Dentro do nível hierárquico da Gestão de Manutenção, encontram-se as equipes de manutenção que realizam as intervenções necessárias, tanto preventivas como corretivas, nos diversos equipamentos que a empresa possui, são eles os técnicos de manutenção e os técnicos eletricitas. O desenhista é responsável pela elaboração dos projetos dos equipamentos, melhorias e no desenvolvimento de novas soluções para o mercado. Já o estagiário é responsável pela gestão da manutenção dos equipamentos, emissão das Ordens de Serviço, acompanhamento do desempenho dos equipamentos e, de forma conjunta com o Gestor de Manutenção, a elaboração dos planos de manutenção dos equipamentos.

4.2 Equipamento estudado

Neste tópico são apresentados todos os sistemas passíveis de manutenção, da torre de monitoramento. Vale ressaltar que as principais falhas que podem vir a surgir na torre vão depender do local de uso e/ou da quantidade de movimentações que o equipamento sofre, são elas: falhas na estrutura, nos equipamentos eletrônicos, por falta de limpeza, nas placas solares, cabos, vedações e mastro.

A torre de monitoramento autônoma opera com base em um sistema integrado de geração, armazenamento e consumo de energia, garantindo autonomia e funcionalidade em ambientes remotos. O processo inicia-se com a captação de energia solar pelas placas solares, que convertem a irradiação solar em energia elétrica de corrente contínua (CC). Essa energia é então direcionada para um controlador de carga, que otimiza o carregamento das baterias. As baterias armazenam a energia para uso contínuo, especialmente durante períodos sem luz solar, como à noite ou em dias nublados.

Para alimentar os equipamentos eletrônicos que operam em corrente alternada (CA), um inversor converte a energia CC das baterias. O mastro telescópico eleva as câmeras e antenas, otimizando o campo de visão e a qualidade do sinal de comunicação. Os dados de vídeo são capturados pelas câmeras, processados e armazenados no NVR, e podem ser transmitidos remotamente via internet via satélite. Um monitor externo permite a visualização local das imagens, facilitando ajustes e verificações em campo. Todo o sistema é protegido pela

estrutura/chassi e pelas vedações/tampas, que garantem a integridade dos componentes contra intempéries e agentes externos.

A torre de monitoramento, como observado na Figura 11, pode ser dividida em 6 sistemas para melhor compreensão das funções de cada parte do equipamento. São esses sistemas:

- Estrutura/chassi;
- Equipamentos eletrônicos/elétricos;
- Equipamentos de apoio/movimentação;
- Mastro telescópico;
- Placas solares;
- Vedações/tampas.

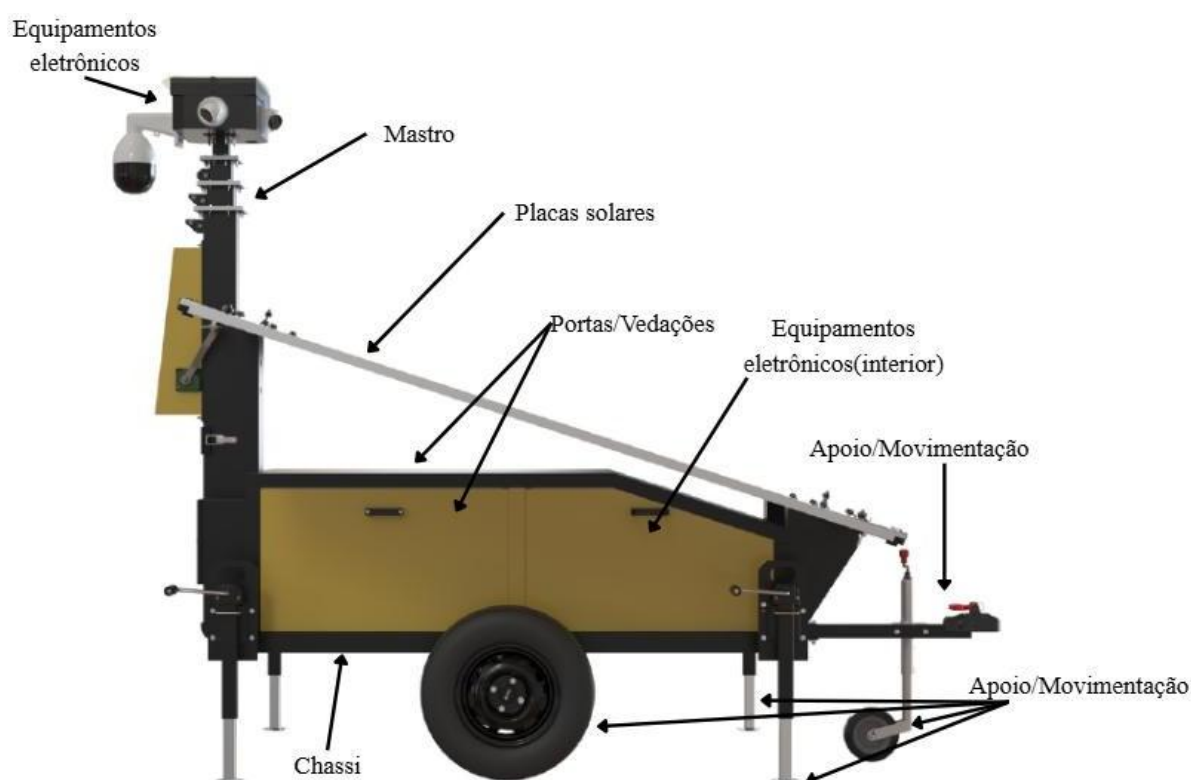


Figura 11 - Torre de monitoramento.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Estrutura/chassi**

O chassi é a estrutura rígida de suporte, feita em aço que sustenta todos os outros componentes do equipamento e que deve garantir a estabilidade do sistema, tanto em operação quanto em transporte. A estrutura é revestida com pintura anticorrosiva e os elementos são projetados para resistir a condições ambientais adversas e a esforços mecânicos.

A Figura 12 mostra o chassi do equipamento montado, onde o mesmo é fabricado em partes e fixado por parafusos na etapa de montagem do equipamento.

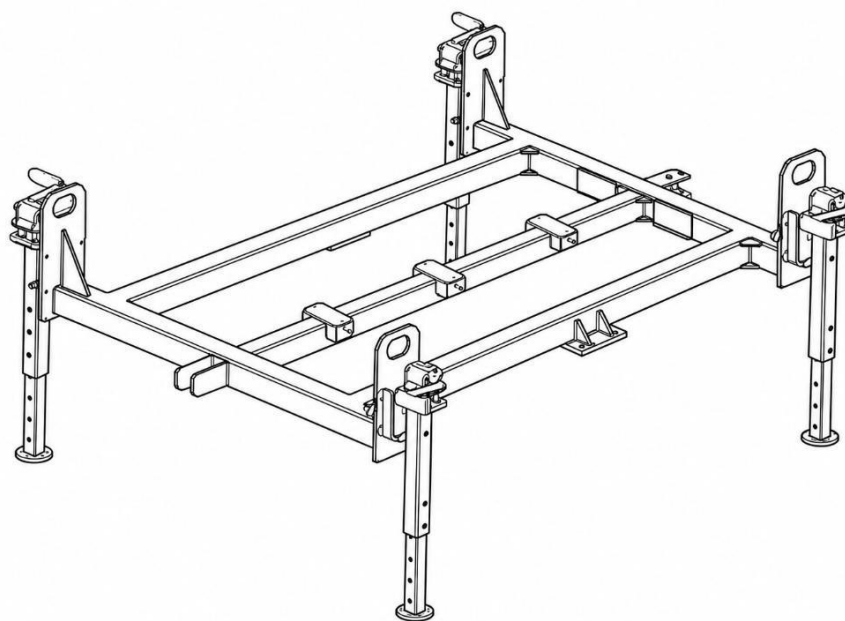


Figura 12 - Chassi/estrutura da torre de monitoramento.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Equipamentos eletrônicos/elétricos**

Os equipamentos eletrônicos e elétricos são o núcleo operacional da torre, responsáveis pela coleta, processamento, armazenamento e transmissão de dados, além do gerenciamento energético. Este subsistema inclui uma variedade de dispositivos essenciais, eles são fixados num painel e acoplados no interior da torre, conforme a Figura 13:

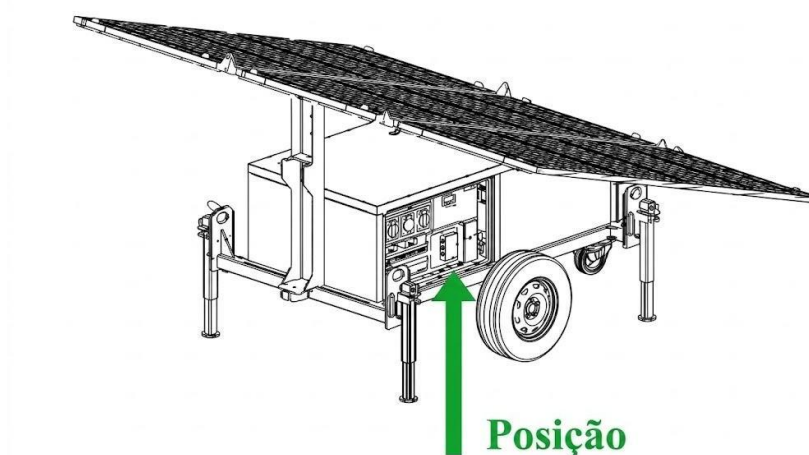


Figura 13 - Posição do painel de equipamentos.
 Fonte: Pesquisa Direta (2026)

A Figura 14 apresenta o painel de equipamentos eletrônicos/elétricos montado, nela é possível observar o inversor, switch, NVR, controlador de carga, disjuntores e o protetor de surtos.

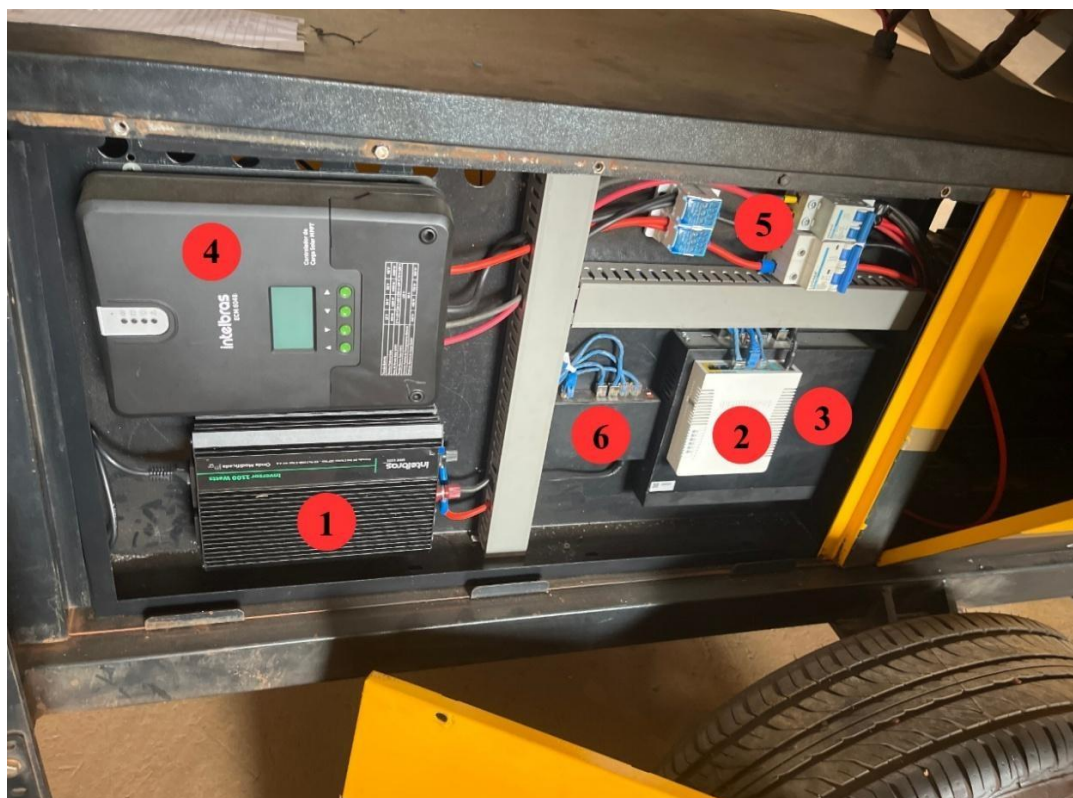


Figura 14 - Painel de equipamentos eletrônicos/elétricos.
 Fonte: Pesquisa Direta (2026)

Os equipamentos presentes na Figura 14 compõe grande parte de todos os equipamentos eletrônicos que estão na torre de monitoramento, eles são fixados no interior da torre e protegidos por tampas parafusadas na estrutura do equipamento, os equipamentos nela mostrados serão explicados separadamente:

1 - Inversor

Este dispositivo converte a corrente contínua (CC) das baterias em corrente alternada (CA) para alimentar os equipamentos que demandam essa forma de energia.

2 - Switch

Gerencia o tráfego de rede entre os diversos dispositivos eletrônicos conectados na torre, como câmeras e NVR. É também utilizado para expandir as portas cabeadas do roteador, permitindo conectar múltiplos aparelhos a rede.

3 - NVR (*Network Video Recorder*)

Grava e armazena as imagens e vídeos capturados pelas câmeras, permitindo o acesso posterior para análise e auditoria. Pode ter capacidade de armazenamento em disco rígido (HDD) ou em nuvem.

4 - Controlador de carga

O controlador de carga é o componente responsável por gerenciar o fluxo de energia entre os painéis fotovoltaicos e o banco de baterias. Sua função principal é evitar a sobrecarga ou a descarga profunda das baterias, prolongando sua vida útil e garantindo a estabilidade do sistema.

5 - Disjuntor

Os disjuntores atuam como dispositivos de proteção termomagnética, projetados para interromper automaticamente o fluxo de corrente elétrica em situações de sobrecarga ou curto-circuito. No sistema em questão, eles funcionam como uma chave de segurança que protege

tanto os equipamentos de consumo (como câmeras e NVRs) quanto a fiação interna, prevenindo danos permanentes ao hardware e reduzindo riscos de incêndio causados por falhas elétricas.

6 - Dispositivo de proteção contra surtos

O Protetor de Surto, ou Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS), tem a finalidade de desviar para o sistema de aterramento picos transitórios de tensão causados por descargas atmosféricas (raios) ou intervenções no sistema elétrico do equipamento. Nas torres de monitoramento, que são estruturas elevadas e vulneráveis, o protetor de surto para cabos de rede (*Ethernet*) é vital para proteger as portas de comunicação do switch e do NVR, garantindo que a integridade dos dados e do hardware não seja comprometida por induções elétricas externas.

- **Monitor Externo**

Fixado em uma caixa externa, este monitor permite a visualização local das imagens capturadas pelas câmeras, facilitando o ajuste, a configuração e o monitoramento em campo. A caixa externa garante a proteção do monitor contra intempéries e vandalismo, na Figura 15 pode-se visualizar o monitor externo de um equipamento em funcionamento:



Figura 15 - Monitor externo de visualização.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Baterias**

As baterias do sistema armazenam a energia gerada pelas placas solares, garantindo o funcionamento contínuo do sistema, especialmente em períodos de baixa irradiação solar ou durante a noite. A Figura 16 apresenta a posição do banco de baterias no interior do equipamento.

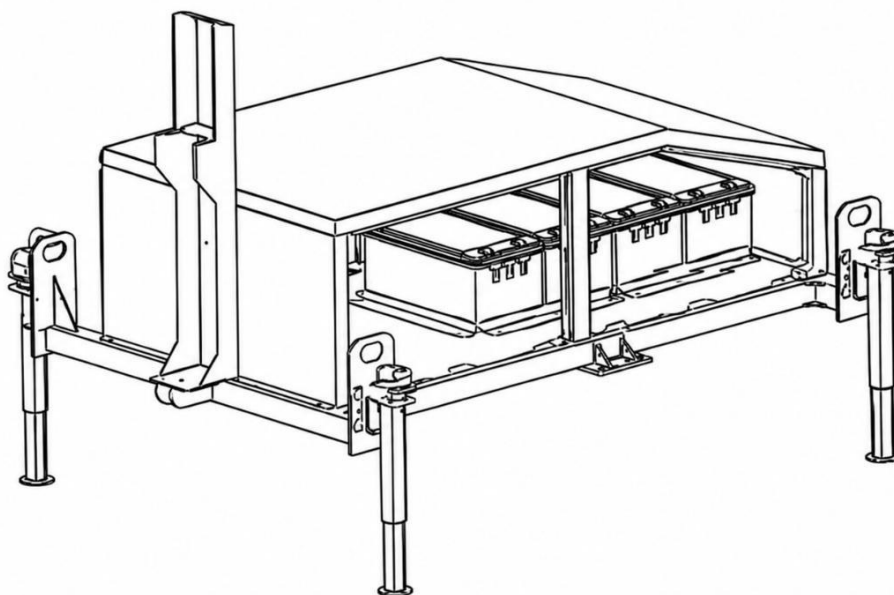


Figura 16 - Posição do banco de baterias.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Internet via Satélite**

A internet via satélite permite a comunicação remota da torre, possibilitando o acesso às imagens das câmeras em tempo real, o controle dos equipamentos e a transmissão de dados para uma central de monitoramento. Também pode ser utilizada para liberar o sinal para as pessoas ao redor fazerem o uso da internet em locais onde não existe sinal telefônico ou internet cabeada. As Figuras 17 e 18 mostram, respectivamente, a antena e o roteador da internet via satélite utilizada na torre:



Figura 17 - Antena da internet via satélite.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

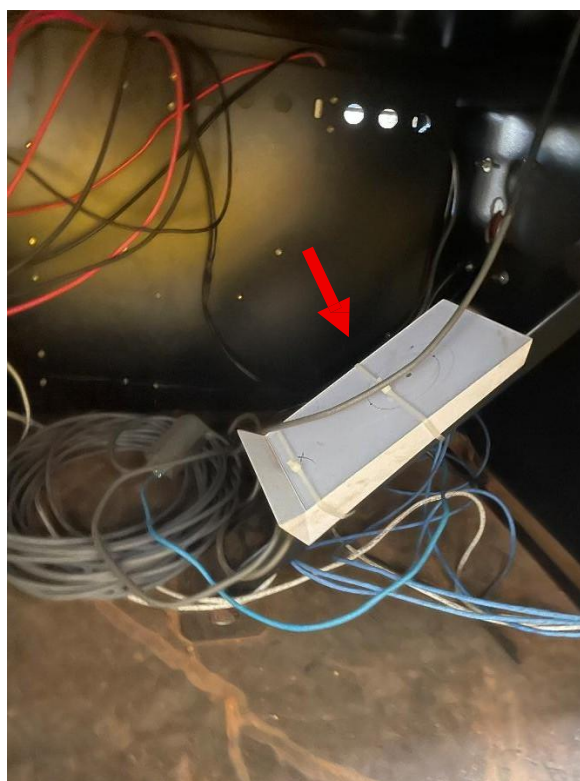


Figura 18 - Roteador da internet via satélite.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Câmeras**

Dispositivos de vigilância que capturam imagens e vídeos do ambiente. São utilizadas uma câmera por torre do tipo PTZ(*Pan-Tilt-Zoom*), conforme Figura 19, para maior flexibilidade de monitoramento, e três câmeras do tipo *bullet* fixas, mostradas na Figura 20, muitas vezes com recursos como visão noturna e detecção de movimento, As câmeras são posicionadas de forma a garantir o monitoramento em 360º graus de todo o local.



Figura 19 - Camera PTZ(Pan-Tilt-Zoom).
Fonte: Pesquisa Direta (2026)



Figura 20 - Câmera fixa do tipo *bullet*.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Equipamentos de apoio/movimentação**

Estes componentes são importantes para a mobilidade, posicionamento e estabilidade da torre em diferentes locais:

- **Pés de apoio**

Estruturas retráteis que são estendidas para nivelar e estabilizar a torre no solo, prevenindo tombamentos e vibrações que poderiam comprometer o monitoramento. São operados de forma manual. Sua quantidade e local onde são fixadas são mostradas na Figura 21:

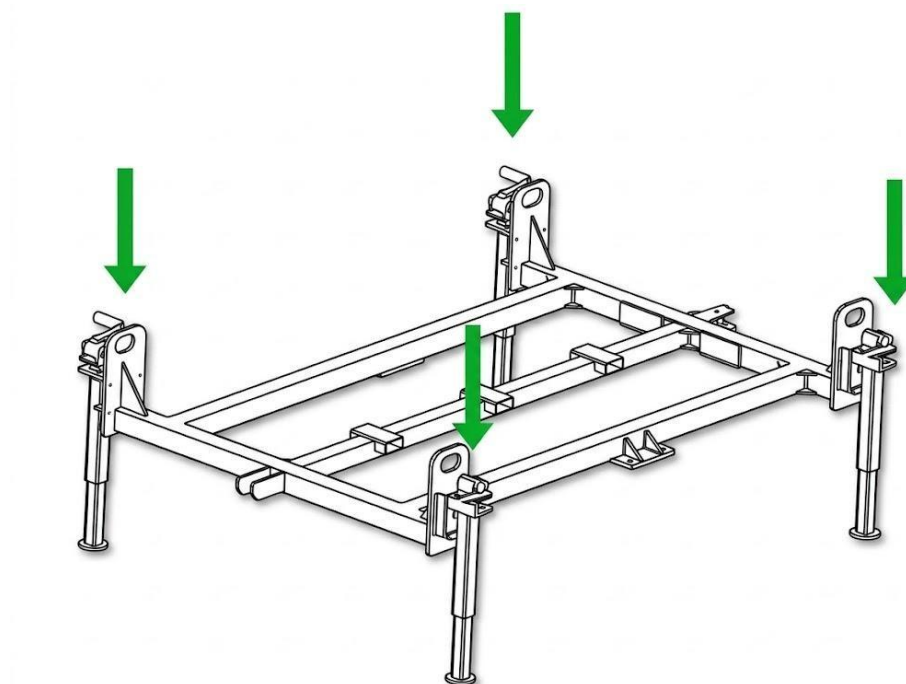


Figura 21 - Pés de apoio.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Pedestal 3ª roda**

Este componente, conforme mostra a Figura 22, também conhecido como roda de manobra, é instalado na parte frontal do chassi e serve para facilitar a movimentação manual da torre em curtas distâncias e para fornecer apoio frontal quando a torre está estacionada ou desacoplada de um veículo.

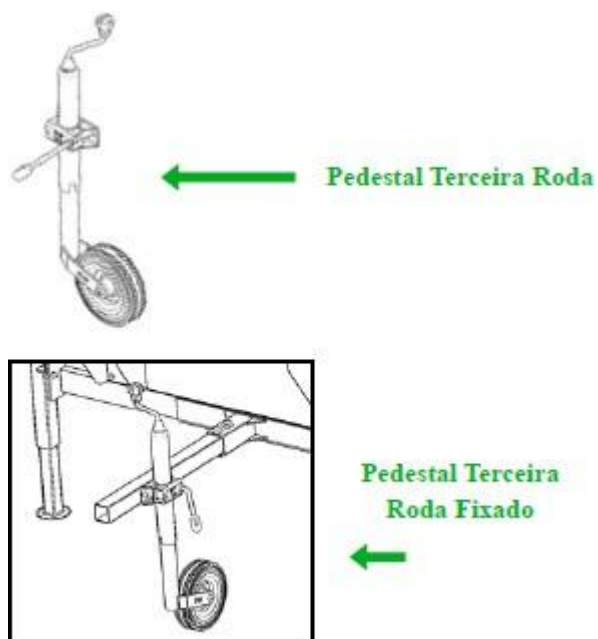


Figura 22 - Pedestal terceira roda.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Engate**

O engate é o dispositivo de acoplamento que permite a conexão segura da torre a um veículo rebocador, garantindo o transporte seguro e estável do equipamento. A Figura 23 mostra esse dispositivo:

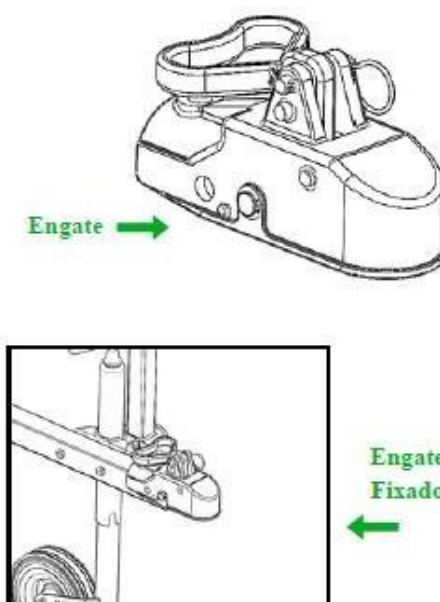


Figura 23 - Engate.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Rodas e eixo de torção**

As rodas permitem o deslocamento da torre. O eixo de torção é um tipo de suspensão que utiliza barras de borracha para absorver impactos, proporcionando uma condução mais suave, evitando vibrações e impactos aos componentes. Este tipo de suspensão reduz a frequência de manutenção em comparação com sistemas de molas e amortecedores convencionais, a Figura 24 apresenta o eixo de torção utilizado nos equipamentos:



Figura 24 - Eixo de torção.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Mastro telescópico**

O mastro telescópico é um elemento fundamental que permite elevar os equipamentos de monitoramento (câmeras, antenas, luminárias) a alturas consideráveis, otimizando o campo de visão e a cobertura de sinal da internet. Fabricado em aço, possui seções que se estendem e retraem utilizando cabos de aço. O mastro é erguido e retraído de forma manual, através de uma manivela. O Mastro montado é mostrado na Figura 25:



Figura 25 - Mastro telescópico.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Placas solares**

As placas solares, ou painéis fotovoltaicos, são responsáveis pela captação da energia solar e sua conversão em energia elétrica. São essenciais para a autonomia da torre, garantindo que o sistema possa operar em locais remotos sem acesso à rede elétrica. A quantidade e potência das placas são dimensionadas de acordo com o consumo energético dos equipamentos e a irradiação solar da região, geralmente são utilizadas 3 placas em cada torre, conforme mostra a Figura 26.

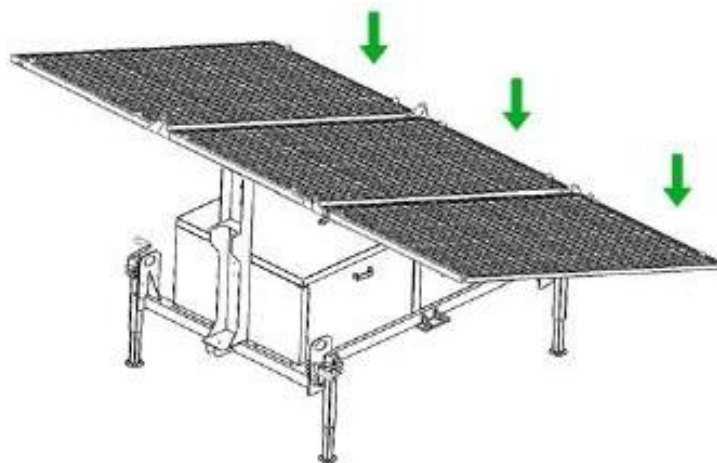


Figura 26 - Placas solares.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

- **Vedações/tampas**

As vedações e tampas são elementos de proteção que garantem a integridade dos componentes internos da torre, especialmente os eletrônicos. Elas protegem contra a entrada de poeira, umidade, chuva e outros agentes externos que poderiam danificar os equipamentos, a Figura 27 apresenta esses elementos:

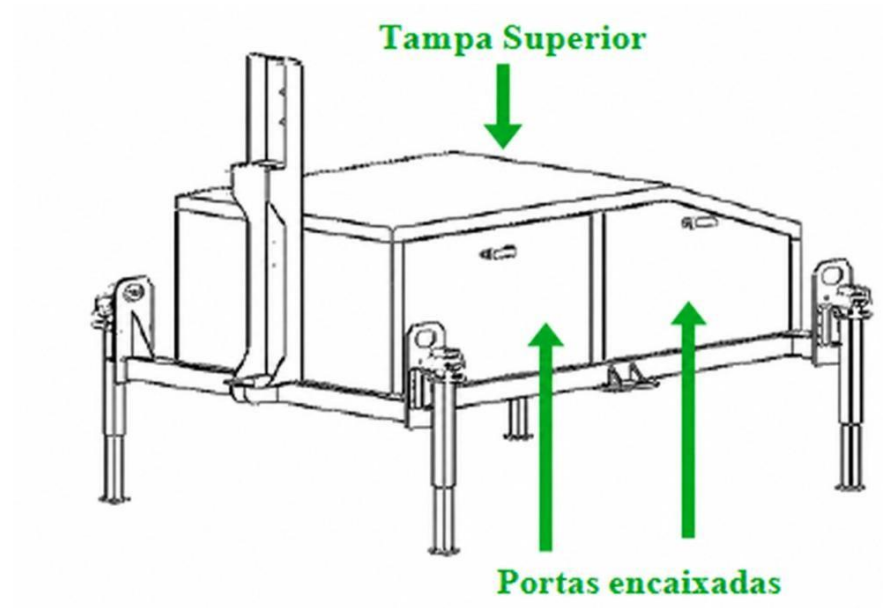


Figura 27 - Tampas e vedações.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

4.3 Elaboração do plano de manutenção preventiva

4.3.1 Tagueamento dos equipamentos

O passo inicial para estruturar o plano de manutenção preventiva das torres de monitoramento consiste na codificação dos ativos. Quando essa etapa de identificação é executada com rigor, os processos de planejamento e programação ganham fluidez e precisão. Conforme destaca Viana (2006), a adoção de *tags* padronizadas permite extrair o histórico detalhado de cada equipamento, viabilizando o acompanhamento de indicadores essenciais como o número de paradas, a disponibilidade física e os custos. Em suma, a codificação funciona como o registro de identidade da máquina, sendo um recurso indispensável para o direcionamento correto das intervenções.

Como forma de padronizar o processo, é proposto a confecção de adesivos de identificação com material resistente a área de atuação e compatível com o material da torre, como mostra a Figura 28.



Figura 28 - *Tag* de uma torre de monitoramento.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

Como visto na Figura 28, a identificação da torre é clara e simples. O material é adesivo e é fixado em partes de maior visibilidade do equipamento, para facilitar a rápida identificação do equipamento. A *tag* conta com as iniciais do equipamento, TMA para torre de monitoramento autônoma, e um número de identificação.

4.3.2 Ordens de serviço de manutenção

Após a consolidação da codificação das torres de monitoramento autônomas, a etapa subsequente baseia-se na análise das Ordens de Manutenção (OMs), instrumento já detalhado

no tópico 3.4 desse trabalho. O preenchimento adequado desse documento é importante para a correta sequência das atividades, ele deve conter informações precisas e ser de fácil interpretação para a equipe técnica, garantindo o registro dos tempos de serviço, bem como todas as informações relevantes sobre os componentes e possíveis falhas no equipamento. Esse rigor na coleta de dados permite a estruturação de um histórico organizado, viabilizando o mapeamento da frequência de falhas e direcionando os esforços para futuras análises de causa raiz.

Os apontamentos de rotina e as anomalias identificadas pelos técnicos de manutenção são sistematicamente consolidados em fichas e arquivos, assegurando a rastreabilidade das informações. O cruzamento desse histórico com o conhecimento operacional permite quantificar quais torres apresentam maior recorrência de paradas, bem como mapear o comportamento de seus componentes, identificando quais peças são mais substituídas, recuperadas ou mantidas.

A inserção contínua desses registros em sistemas informatizados otimiza a gestão de suprimentos, definindo com clareza os itens que exigem estoque de segurança e aqueles de baixa rotatividade. Além disso, o histórico viabiliza a medição do esforço de manutenção para peças que demandam recuperação e a análise da taxa de falhas do ativo. Dessa forma, é possível extrair indicadores de desempenho fundamentais, como MTTR (Tempo Médio para Reparo), fornecendo a base quantitativa necessária para projetos de melhoria contínua.

4.3.3 Banco de dados

O arquivamento e a gestão das informações contidas nas Ordens de Serviço (OS) ocorrem de forma digitalizada, utilizando-se como banco de dados uma planilha em *Excel* implementada pela empresa para o controle e emissão desses documentos. Essa ferramenta computacional simplifica a tabulação das informações operacionais, consolidando o histórico de entrada das torres e detalhando os processos executados em cada intervenção. Através da análise dos dados compilados nessa planilha, a equipe de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) obtém um panorama claro dos problemas recorrentes, o que viabiliza a criação de cronogramas otimizados e de um plano de manutenção preventiva estruturado.

A Figura 29 mostra um panorama geral, fornecido pela planilha utilizada, após a inserção das OS realizadas e planejadas pela equipe de manutenção.

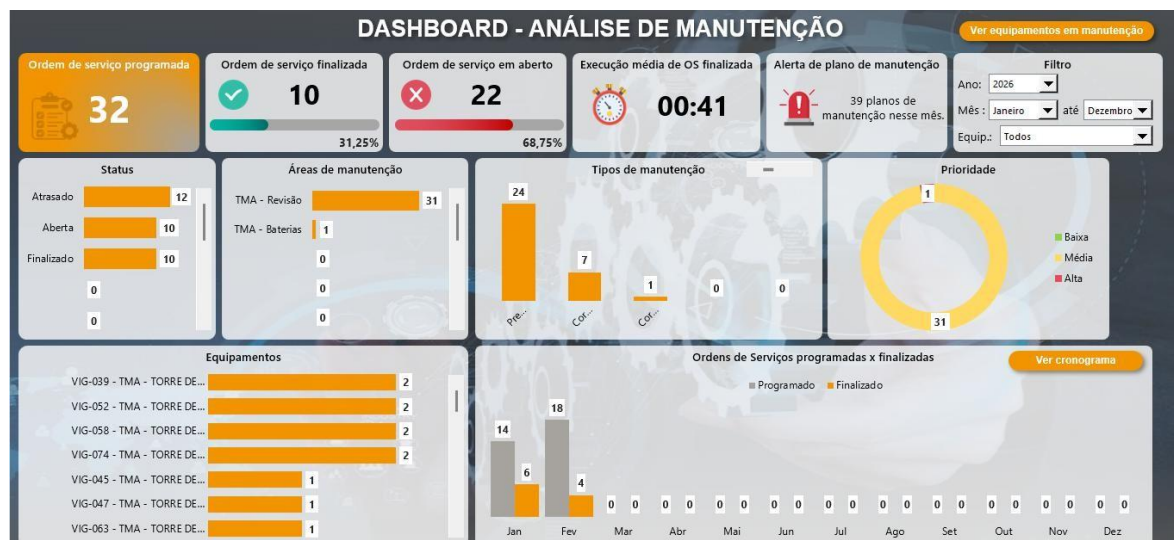


Figura 29 - Dashboard fornecido pela planilha sobre as manutenções.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

Informações importantes para a equipe de manutenção são mostradas na Figura 29, através dela é possível identificar quais equipamentos tiveram mais manutenções em determinado período, quantas ordens de serviço foram realizadas, o tempo médio de cada OS finalizada etc.

4.3.4 Elaboração do plano de manutenção do equipamento

Para a estruturação da proposta do plano de manutenção das torres de monitoramento, realizou-se o mapeamento dos componentes essenciais desse equipamento: estrutura/chassi, equipamentos eletrônicos/elétricos, equipamentos de apoio/movimentação, mastro telescópico, placas solares e vedações/tampas. A partir da análise desses itens, elaborou-se o plano de manutenção detalhado na Tabela 4.

Tabela 4 - Plano de manutenção de torres de monitoramento.

PLANO DE MANUTENÇÃO DE TORRES DE MONITORAMENTO				
TAG DO EQUIPAMENTO	TMA - 001	CÓDIGO DE REGISTRO DE MANUTENÇÕES		PM-TMA-01/2026
INSPEÇÕES PRÉ OPERACIONAIS	COMPONENTE	P.O.P.	RESPONSÁVEL	PERIODICIDADE
	Todos	01	Equipe de sondagem	Diariamente ao iniciar as atividades
INSPEÇÕES PERIÓDICAS	COMPONENTE	P.O.P.	RESPONSÁVEL	PERIODICIDADE
	Estrutura/chassi	02	Técnico Mecânico	Bimestral
	Eq. Apoio/movimentação	02	Técnico Mecânico	Bimestral
	Mastro telescópico	02	Técnico Mecânico	Bimestral
	Vedações/tampas	02	Técnico Mecânico	Bimestral
	Eq. Eletrônicos	03	Técnico Eletricista	Bimestral
	Placas solares	03	Técnico Eletricista	Bimestral
MANUTENÇÕES PREVENTIVAS	COMPONENTE	P.O.P.	RESPONSÁVEL	PERIODICIDADE
	Estrutura/chassi	04	Técnico Mecânico	Semestral
	Eq. Apoio/movimentação	04	Técnico Mecânico	Semestral
	Mastro telescópico	04	Técnico Mecânico	Semestral
	Vedações/tampas	04	Técnico Mecânico	Semestral
	Eq. Eletrônicos	05	Técnico Eletricista	Semestral
	Placas solares	05	Técnico Eletricista	Semestral

Fonte: Pesquisa Direta (2026)

A Tabela 4 detalha o plano de manutenção proposto para a torre de monitoramento autônoma. A estrutura deste plano prioriza informações essenciais, como a tipologia das intervenções (inspeções pré-operacionais, periódicas e manutenções preventivas), os componentes alvo, o responsável técnico, a periodicidade e a referência ao respectivo Procedimento Operacional Padrão (POP).

O POP atua como um documento normativo auxiliar, descrevendo a sequência lógica de execução e os recursos físicos necessários para cada tarefa. Esta organização visa otimizar a interpretação técnica e garantir a fluidez do fluxo de informações. Adicionalmente, o cabeçalho do plano indica o código do registro de manutenções, cujas especificidades serão aprofundadas na seção 4.4.1.6.

4.3.5 Procedimento Operacional Padrão Pré-Operacional

Visando a integração da manutenção autônoma ao plano preventivo, elaborou-se um Procedimento Operacional Padrão (POP) de caráter pré-operacional. Este documento,

detalhado na Tabela 5, estabelece as diretrizes que o operador deve seguir obrigatoriamente antes do início das atividades. O objetivo central é permitir uma avaliação preliminar das condições do equipamento, possibilitando a identificação precoce de anomalias ou irregularidades que possam comprometer a segurança ou a eficiência operacional da torre.

Tabela 5 - Procedimento Operacional Padrão – Pré-Operacional

Procedimento Operacional Padrão – Pré-Operacional			
Nº 01	Data da Elaboração: 15/06/2026	Revisão: 01	Data da Revisão: 15/06/2026
Área	Operação/Sondagem	Procedimento	Inspeção pré-operacional de funcionamento das TMA
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento operacional padrão é verificar se o equipamento está funcionando de forma contínua e ininterrupta, essa inspeção visual serve para o operador verificar se todos os componentes estão realizando suas funções de forma adequada.			
2. Materiais			
2.1 - Mangueira			
2.2 - Estopa e flanela			
2.3 - Chave Allen (se necessário reapertar os parafusos das tampas)			
3. Procedimentos			
3.1 Verificação da estrutura/chassi			
Para iniciar o procedimento pré-operacional, o operador deve realizar a verificação do estado geral da estrutura do equipamento e certificar se existem pontos de muita sujeira, ferrugem, amassados, trincas etc. Se necessário utilizar uma estopa e mangueira para uma fazer limpeza nos pontos mais críticos.			
3.2 Estado dos pés de apoio e rodas			
Verificar se os 4 pés de apoio estão travados e nivelados. Se estiverem sujos realizar a limpeza com água e uma flanela. Verificar a condição e pressão dos pneus.			
3.3 Funcionamento das câmeras			
Verificar se as 4 câmeras estão fixadas corretamente, se os cabos estão bem presos e sem avarias. Verificar no monitor externo se está aparecendo as imagens das 4 câmeras de forma nítida.			
3.4 Verificação do mastro telescópico			
O operador deve verificar se o mastro está travado e se não existem danos aparentes na sua estrutura ou manivela.			
3.5 Fixação das vedações e tampas			

O operador deve verificar se as vedações estão em bom estado, sem deixar poeira e água entrar dentro do equipamento, deve verificar também se as tampas estão bem fixas pelos parafusos, se necessário reaperta-los.

3.6 Verificação das placas solares

O operador deve verificar se as placas solares estão danificadas ou sujas. Se estiverem sujas é necessária uma limpeza com água e uma flanela.

Fonte: Pesquisa Direta (2026)

O procedimento detalhado na Tabela 5 orienta o operador na execução das inspeções pré-operacionais. Embora sejam atividades simplificadas e atreladas à rotina produtiva, essas verificações contribuem ativamente para a gestão da manutenção, visto que visam assegurar que o equipamento opere estritamente dentro dos parâmetros de trabalho propostos.

4.3.6 P.O.P de inspeção periódica

Como apresentado anteriormente, a torre de monitoramento autônoma é constituída por seis sistemas principais: estrutura/chassi, equipamentos eletrônicos/elétricos, equipamentos de apoio/movimentação, mastro telescópico, placas solares e vedações/tampas. De modo análogo à rotina pré-operacional, elaboraram-se P.O.P's direcionados à equipe de manutenção, com o objetivo de detalhar e padronizar a execução das inspeções periódicas de cada conjunto. Tais roteiros estão estruturados na Tabela 6, que aborda a inspeção periódica mecânica (chassi, mastro, movimentação e vedações), e na Tabela 7, dedicada à avaliação dos sistemas elétricos e de conectividade.

Tabela 6 - Procedimento Operacional Padrão – Inspeção Mecânica

Procedimento Operacional Padrão - Inspeção Mecânica			
Nº 02	Data da Elaboração: 15/06/2026	Revisão: 01	Data da Revisão: 15/06/2026
Área	Manutenção Mecânica	Procedimento	Inspeção de chassi, mastro, movimentação e vedações
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento é instruir o técnico mecânico sobre como realizar a avaliação visual e funcional dos sistemas estruturais e móveis da torre de monitoramento.			
2. Materiais			
2.1 - Lanterna de inspeção			
3. Procedimentos			

3.1 Verificação da estrutura/chassi
O técnico deve percorrer a estrutura do equipamento avaliando visualmente a presença de deformações estruturais, desgaste abrasivo ou trincas em pontos críticos de solda.
3.2 Componentes de Apoio e Movimentação
Avaliar o estado físico dos pedestais dos quatro pés de apoio e da terceira roda de manobra. Verificar se há folgas excessivas nos mecanismos retráteis e se os pinos de travamento operam livremente.
3.4 Cabos e Guias do Mastro Telescópico
Estender parcialmente o mastro para inspecionar visualmente se os cabos de aço apresentam arames rompidos, desfiamento ou corrosão. Verificar o alinhamento das seções telescópicas nas guias de deslizamento.
3.5 Fixação das vedações e tampas
Inspecionar visualmente o assentamento das borrachas de vedação nas portas e tampas do chassi, buscando por rasgos, deformações permanentes ou acúmulo de poeira abrasiva que comprometa o isolamento.

Fonte: Pesquisa Direta (2026)

Tabela 7 - Procedimento Operacional Padrão – Inspeção Elétrica

Procedimento Operacional Padrão - Inspeção Elétrica			
Nº 03	Data da Elaboração: 15/06/2026	Revisão: 01	Data da Revisão: 15/06/2026
Área	Manutenção Elétrica	Procedimento	Inspeção de sistemas eletrônicos e rede
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento é orientar o técnico eletricista na medição de parâmetros elétricos e na verificação de sinal e vídeo dos componentes internos da torre.			
2. Materiais			
2.1 - Multímetro			
2.2 - Notebook			
3. Procedimentos			
3.1 Parâmetros de Geração e Armazenamento			
Medir com o multímetro a tensão instantânea nos terminais do banco de baterias e a corrente de carga fornecida pelas placas solares através do visor do controlador de carga, registrando os valores no histórico.			
3.2 Indicadores do Painel Elétrico			

Verificar o status dos disjuntores e o indicador de desgaste ou queima do Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS). Avaliar visualmente se há sinais de aquecimento excessivo nos cabos internos.

3.4 Qualidade de Sinal da Internet via Satélite

Verificar a intensidade do sinal wi-fi, conectar-se ao wi-fi e realizar um teste de velocidade para conferência de velocidade. Verificar se a antena (fixada no mastro) está limpa e sem obstrução.

3.5 Mosaico de Vídeo e Monitor Externo

Avaliar a nitidez e a integridade do monitor externo. Verificar no NVR se os canais correspondentes às 4 câmeras (1 PTZ e 3 bullet) estão transmitindo vídeo continuamente e sem perda de pacotes de dados.

Fonte: Pesquisa Direta (2026)

4.3.7 P.O.P de manutenção preventiva

Para as atividades que demandam parada técnica e intervenção direta nos conjuntos mecânicos e elétricos, estruturou-se um plano de ações preventivas. Apresentados nas Tabelas 8 e 9, estes documentos padronizam as tarefas de substituição de consumíveis, lubrificação, limpeza pesada e ajustes mecânicos necessários para prolongar a vida útil do ativo e restabelecer as condições ideais de projeto.

Tabela 8 - Procedimento Operacional Padrão – Manutenção Preventiva Mecânica

Procedimento Operacional Padrão - Manutenção Preventiva Mecânica			
Nº 04	Data da Elaboração: 15/06/2026	Revisão: 01	Data da Revisão: 15/06/2026
Área	Manutenção Mecânica	Procedimento	Intervenção estrutural, lubrificação, movimentação e mastro
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento é estabelecer os passos para a execução de reparos preventivos, lubrificações e ajustes mecânicos nos subsistemas da torre de monitoramento.			
2. Materiais			
2.1 - Lavadora de alta pressão			
2.2 - Shampoo neutro			
2.3 - Jogo de chave combinada e torquímetro			
2.4 - Graxa lubrificante multiuso e desengripante aerossol			
2.5 - Perfil de borracha de vedação reserva			
3. Procedimentos			

3.1 Limpeza geral do equipamento
O responsável deve desligar o equipamento e retirar o painel eletrônico e baterias do mesmo. Após a torre estar sem nenhum equipamento eletrônico, deve se realizar uma limpeza completa na estrutura/chassi e no mastro.
3.2 Reaperto do chassi e suportes, Tratamento do Chassi
Executar o reaperto de todos os parafusos de união do chassi utilizando o torquímetro conforme especificação técnica. Caso existam pontos de oxidação na estrutura, realizar o lixamento local e aplicação de fundo anticorrosivo. Se for necessário, aplicar tinta específica para chassi.
3.3 Substituição de Vedações
Remover os perfis de borracha danificados ou ressecados das portas de proteção. Limpar a canaleta com desengraxante e instalar a nova borracha de vedação, garantindo a correta proteção do compartimento.
3.4 Limpeza, lubrificação e ajuste do Mastro Telescópico
Realizar limpeza no interior do mastro, aplicar camada uniforme de graxa nas guias internas de deslizamento do mastro e nas engrenagens da manivela de elevação. Realizar a regulagem e tensionamento dos cabos de aço utilizando os esticadores do conjunto.
3.5 Sistema de Reboque e Suspensão
Lubrificar a articulação do mecanismo de engate veicular e a caixa de engrenagens do pedestal da terceira roda. Inspecionar o alinhamento das rodas e reapertar os parafusos de fixação do eixo de torção.
3.6 Pneus e Rodas
Reapertar os parafusos das rodas, conferir pressão, conferir índice TWI dos pneus, se necessário trocar os que chegaram ao limite de desgaste. Conferir também o ano de fabricação (DOT), se passados 5 anos da fabricação, realizar a troca.

Fonte: Pesquisa Direta (2026)

Tabela 9 - Procedimento Operacional Padrão – Manutenção Preventiva Eletrônica

Procedimento Operacional Padrão - Manutenção Preventiva Elétrica			
Nº 05	Data da Elaboração: 15/06/2026	Revisão: 01	Data da Revisão: 15/06/2026
Área	Manutenção Elétrica	Procedimento	Manutenção de placas, conexões e hardware
1. Objetivo			
O objetivo deste procedimento é instruir o técnico eletricista na limpeza técnica, reaperto de conexões elétricas e reconfiguração preventiva dos sistemas eletrônicos da torre.			
2. Materiais			
2.1 - Chaves de fenda/fenda cruzada isoladas			

2.2 - Spray limpa-contato de secagem rápida
2.3 - Lavadora de alta pressão
2.4 - Shampoo neutro
2.5 - Flanela
2.6 – Multímetro
2.7 – Spray protetor de borne de bateria
3. Procedimentos
3.1 Limpeza das placas solares
Realizar a lavagem pesada das três placas solares utilizando lavadora de alta pressão e shampoo neutro com flanela macia para remover películas de poeira endurecida e incrustações.
3.2 Testar equipamentos em bancada
Realizar o teste de funcionamento em bancada de todos os equipamentos eletrônicos, câmeras e baterias. Testar e verificar condições das placas solares.
3.3 Manutenção do Painelelétrico e Bornes
Efetuar o reaperto técnico de todos os parafusos de fixação e de cabos nos disjuntores, controlador de carga e inversor. Aplicar spray limpa-contato em todos os barramentos e bornes.
3.4 Limpeza Técnica e Fixação da Antena
Limpar a superfície da antena de internet via satélite. Verificar o torque nos parafusos do suporte metálico de fixação da antena junto ao mastro, garantindo que vibrações externas não alterem seu apontamento.
3.5 Calibração do NVR e Limpeza de Lentes
Efetuar a limpeza externa das cúpulas de proteção das 4 câmeras. Acessar o sistema operacional do NVR, realizar a limpeza preventiva de cache de memória, verificar a integridade física do disco rígido (HDD) e conferir as gravações no sistema.
3.6 Baterias
Medir com o multímetro a tensão instantânea nos terminais do banco de baterias, verificar integridade e vida útil das baterias. Verificar se há vazamento de solução na estrutura do equipamento, se houver, realizar a troca das mesmas e limpar imediatamente o local. Ao fim da verificação, utilizar o spray protetor de borne da bateria.

Fonte: Pesquisa Direta (2026)

4.3.8 Registro de Manutenções

Definidas as atividades do plano de manutenção, com suas periodicidades, responsáveis e procedimentos, o passo seguinte é registrar as intervenções realizadas e compará-las ao que foi planejado. Essa etapa é fundamental, pois é por meio dela que se verifica se o plano está de fato sendo efetivo, e é também a partir do histórico acumulado do equipamento que se torna

possível identificar falhas no planejamento e promover melhorias contínuas. Para isso, propõe-se o modelo de registro apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Registro de Manutenções

REGISTRO DE MANUTENÇÕES															
TAG DO EQUIPAMENTO		TMA-001		CÓDIGO DE REGISTRO DE MANUTENÇÃO				PM-TMA-01/2026							
ATIVIDADE	COMP.	MÊS												REG.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
INSPEÇÕES PERIÓDICAS	Estrutura/chassi													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Eq. movimentação													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Mastro telescópico													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Vedações/tampas													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	Estrutura/chassi													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Eq. movimentação													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Mastro telescópico													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Vedações/tampas													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Eq. Eletrônicos													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Placas solares													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Estrutura/chassi													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	
	Eq. movimentação													PROGRAMADO	
														EXECUTADO	

Fonte: Pesquisa Direta (2026)

A tabela 10 reproduz as mesmas atividades, componentes e periodicidades definidas no plano de manutenção, mas organizada em formato de diagrama com unidade de medida mensal. As células completamente preenchidas indicam os meses em que cada atividade está prevista para ser realizada. Já os espaços em branco são destinados ao preenchimento conforme a execução, permitindo que se visualize de forma clara e direta a relação entre o que foi planejado e o que foi efetivamente realizado.

4.4 Evidências de resultados na aplicação de planos de manutenção preventiva em casos semelhantes

Como o presente estudo se limitou à elaboração da proposta, sem sua implementação efetiva no equipamento estudado, este tópico apresenta resultados quantitativos obtidos em outras aplicações de planos de manutenção preventiva, documentados em artigos científicos e monografias da área de engenharia de produção e mecânica. O objetivo é evidenciar, com base em estudos de caso semelhantes, o potencial de ganho que a implementação de um plano preventivo estruturado costuma proporcionar em termos de disponibilidade, confiabilidade e redução de custos de manutenção, reforçando a possibilidade da viabilidade prática da proposta desenvolvida para a torre de monitoramento autônoma.

Em um contexto mais próximo de equipamentos industriais críticos, Biehl e Sellitto (2015) descreveram a implantação de manutenção autônoma, que se pode comparar as inspeções pré-operacionais descritas no plano de manutenção deste trabalho, em uma área-piloto de três centros de usinagem de uma indústria metal-mecânica. Comparando os indicadores de manutenção antes e depois do programa, os autores verificaram um aumento superior a 700% no Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), uma redução de mais de 40% no Tempo Médio Para Reparo (MTTR) e, como consequência, uma elevação de cerca de cinco pontos percentuais na disponibilidade das máquinas, que passou de 94,2% para 99,7%, além de uma queda de quase 60% no custo de materiais de manutenção.

Resultados semelhantes foram reportados por Rosa, Martins e Lima (2022), em um estudo de caso conduzido em uma empresa do setor sucroalcooleiro, no qual foi implantado um plano de manutenção preventiva para uma frota de nove tipos de caminhões utilizados na operação. Comparando os indicadores de manutenção em períodos equivalentes antes e depois da implantação do plano, os autores constataram um aumento de 34% no MTBF médio da frota, passando de 32,3 para 43,3 dias, e um ganho de 1 ponto percentual na disponibilidade geral dos ativos, de 97,2% para 98,2%. Os próprios autores destacam que esse padrão de melhoria é recorrente na literatura sobre manutenção preventiva no setor, citando outros estudos de caso em usinas sucroalcooleiras nos quais a disponibilidade de ativos aumentou entre cerca de 6 e 36 pontos percentuais após a implantação de planos preventivos.

Em conjunto, esses estudos de caso, ainda que aplicados a equipamentos e setores distintos do avaliado neste trabalho, convergem para uma mesma conclusão: a substituição de um modelo de manutenção predominantemente corretivo por um plano preventivo estruturado

tende a produzir ganhos mensuráveis de disponibilidade e confiabilidade, além de reduzir custos com intervenções emergenciais. Esses resultados reforçam a expectativa de que a proposta de plano de manutenção preventiva elaborada para a torre de monitoramento autônoma, quando efetivamente implementada pela empresa, tenha potencial de gerar benefícios operacionais na mesma direção dos observados nesses casos correlatos.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo geral a elaboração de uma proposta de plano de manutenção preventiva para uma torre de monitoramento autônoma utilizada em atividades de sondagem em uma empresa do setor de mineração. Para isso, foram definidos como objetivos específicos a realização de um estudo teórico sobre manutenção, o desenvolvimento de uma metodologia de análise do equipamento e, por fim, a elaboração do plano propriamente dito.

O estudo teórico realizado no segundo capítulo forneceu a base conceitual necessária para sustentar as decisões tomadas ao longo do trabalho, abordando os diferentes tipos de manutenção, os fundamentos do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e os modelos de planos de manutenção encontrados na literatura. Essa fundamentação foi essencial para compreender o cenário encontrado na empresa e direcionar a construção de uma proposta adequada à realidade do equipamento.

A análise do equipamento revelou que a torre de monitoramento autônoma é composta por seis sistemas principais: estrutura/chassi, equipamentos eletrônicos/elétricos, equipamentos de apoio/movimentação, mastro telescópico, placas solares e vedações/tampas, cada um com características e exigências de manutenção distintas. O levantamento do histórico de Ordens de Serviço evidenciou uma frequência relevante de intervenções corretivas, confirmando a ausência de um plano preventivo formalizado para esses ativos e reforçando a necessidade e pertinência deste estudo.

Com base nesse diagnóstico, foi elaborada uma proposta estruturada, composta pelo tagging dos equipamentos, pelos Procedimentos Operacionais Padrão (P.O.P) para inspeções pré-operacionais, inspeções periódicas e manutenções preventivas, e por um modelo de registro de manutenções que permite acompanhar a relação entre o planejado e o executado ao longo do tempo. O plano definiu atividades, periodicidades e responsáveis técnicos de forma clara, buscando transformar o conhecimento tácito da equipe em um procedimento padronizado e replicável.

É importante destacar que a proposta não foi implementada na empresa durante o período de realização deste trabalho, o que representa uma limitação natural do estudo, uma vez que não foi possível mensurar de forma concreta os ganhos em disponibilidade e redução de custos. No entanto, os dados coletados foram reais, baseados no histórico de falhas e nas

características operacionais do equipamento, o que confere à proposta alta aderência à realidade e potencial concreto de resultados positivos após sua eventual aplicação.

A aplicação deste plano dependerá do engajamento técnico e cultural da organização. A efetivação da melhoria contínua exige o treinamento adequado das equipes de campo e de manutenção, além da disciplina no preenchimento correto das ordens de serviço.

Com base nos estudos de Biehl e Sellitto (2015) e Rosa, Martins e Lima (2022), verifica-se a importância de um plano de manutenção bem estruturado, que quando aplicado, possibilita ganhos em confiabilidade, produtividade, disponibilidade e redução em custos de manutenção, visto que o plano de manutenção preventivo assegura uma redução nas paradas não programadas nos equipamentos.

Conclui-se, portanto, que os objetivos gerais e específicos propostos para este trabalho foram alcançados. A proposta desenvolvida representa um avanço significativo em relação ao modelo reativo de manutenção atualmente adotado pela empresa, oferecendo uma estrutura organizada que, uma vez implementada, tem potencial para aumentar a confiabilidade e a disponibilidade das torres de monitoramento, reduzir as intervenções corretivas emergenciais e contribuir para a segurança das operações de sondagem em campo.

5.2 Recomendações

A partir do desenvolvimento deste trabalho e das observações realizadas ao longo do estudo, algumas propostas de novos trabalhos são apresentadas, com o intuito de complementar a proposta elaborada:

- Implementação e análise da eficiência do plano de manutenção;
- Proposta de melhorias no projeto do equipamento;
- Realização de melhorias no plano de manutenção baseadas em sua análise de eficiência;
- Análise comparativa de custos com manutenção antes e após a implementação do plano de manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BIEHL, N. C.; SELLITTO, M. A. **TPM e manutenção autônoma: estudo de caso em uma empresa da indústria metal-mecânica**. Revista Produção Online, Florianópolis, v. 15, n. 4, p. 1123-1147, 2015.

COLENGHI, V. M. **O&M e qualidade total**: uma integração perfeita. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Relatório anual da mineração brasileira 2024**. Brasília, DF: IBRAM, 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 55000**: asset management — overview, principles and terminology. Geneva: ISO, 2014.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 28. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

MOUBRAY, J. **Reliability-Centred Maintenance**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.

ROSA, A. G.; MARTINS, F. R.; LIMA, A. M. C. **Planejamento de manutenção preventiva: um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2022.

SANTOS, A. R. dos. **Metodologia científica**: a construção do conhecimento. 6. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2004.

TELES, J. **Aprenda manutenção com o mestre**. São Paulo: Editora Manutenção, 2019.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VIANA, H. R. G. **PCM: planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.