



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA
COMPUTARIZADO PARA OPTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DE
MANUTENÇÃO ELÉCTRICA NA PLANTA DE
PROCESSAMENTO DA MONTEPUEZ RUBY MINING**

Autora:

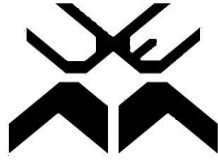
Maria Ângela Fernando Ndaluzza

Supervisores:

Eng° Zefanias Mabote

Eng° Luís Armando

Maputo, Junho de 2025



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA
COMPUTARIZADO PARA OPTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DE
MANUTENÇÃO ELÉCTRICA NA PLANTA DE
PROCESSAMENTO DA MONTEPUEZ RUBY MINING**

Autora:

Maria Ângela Fernando Ndaluz

Supervisores:

Eng° Zefanias Mabote

Eng° Luís Armando

Maputo, Junho de 2025

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho com todo o meu amor e gratidão aos meus pais, Rosa Felipe Jornão Supinho e Fernando Ndaluzza Chamwalira. Vocês são o meu alicerce, a minha força, a minha motivação. Tudo o que sou e o que conquistei foi inspirado na alegria, na fé e no amor que sempre me deram. Esta caminhada não teria sentido sem o vosso exemplo de coragem, sacrifício e esperança. Este trabalho é vosso tanto quanto meu.

AGRADECIMENTOS

A jornada até aqui não foi solitária, e é com imensa gratidão que reconheço aqueles que contribuíram para a concretização deste trabalho:

A Deus, porque O Senhor é meu pastor, nada me faltará. (Salmos 23)

Aos meus pais, Rosa e Fernando, por me concederem a vida e por acreditarem profundamente que a filha de vocês é capaz.

Aos meus irmãos, Nina, Lito, Fátima, Dinis, Finoca, Filipe, Vânia, Rainha e Naiza – obrigada pelo apoio incondicional, pela paciência e pela compreensão nos momentos mais desafiadores.

Aos meus colegas de trincheira, Nelson Mazive, Jacinto Siteo, Emiliano Matavel e Britt Utui – a vossa parceria e dedicação fizeram toda a diferença.

Um agradecimento mais que especial ao Stélio Matavel, que com generosidade ímpar compartilhou cerca de 80% do seu material estudantil – cadernos, fichas, explicações – és mais que um colega, és um super irmão.

Aos meus supervisores, Eng. Luís Armando e Eng. Zefanias Mabote, pela orientação, exigência e apoio técnico. A vossa sabedoria e paciência foram faróis nesta travessia. Não teria conseguido sem o vosso incentivo e orientação generosa. Serei eternamente grata pela forma como abriram portas e confiaram no meu potencial.

À MRM – *Montepuez Ruby Mining*, pela oportunidade ímpar de estágio e por me permitir aplicar na prática o conhecimento adquirido. Esta experiência foi transformadora.

A todos, meu sincero e profundo obrigado.

RESUMO

Este trabalho teve como objectivo principal desenvolver um sistema computarizado de apoio à gestão da manutenção eléctrica na planta de processamento da *Montepuez Ruby Mining* (MRM), em Cabo Delgado. A proposta surgiu da necessidade de modernizar um processo que ainda operava com registos manuais, sem indicadores consolidados e com baixa rastreabilidade das intervenções realizadas. A pesquisa adoptou uma abordagem aplicada, com métodos qualitativos e quantitativos, utilizando revisão bibliográfica, observação de campo, entrevistas e análise de formulários técnicos. O diagnóstico revelou fragilidades como: predominância de manutenção correctiva, ausência de indicadores como MTTR e MTBF, baixa integração entre sectores e dificuldade de acesso ao histórico técnico. Com base nesses dados, foi desenvolvido um sistema CMMS usando PHP, HTML, CSS, JavaScript e MySQL, capaz de registar activos, gerar ordens de serviço digitais, calcular indicadores técnicos e emitir relatórios. A solução foi validada com a equipa técnica da MRM e demonstrou ganhos significativos na organização das informações, planeamento das manutenções e redução do tempo de resposta. O sistema representa um avanço em direcção à digitalização e à Manutenção 4.0, oferecendo potencial para integração futura com sensores IoT e sistemas SCADA. Conclui-se que a solução proposta é tecnicamente viável, funcional e eficaz para a realidade industrial da MRM.

Palavras-chave: Manutenção Eléctrica, Sistema CMMS, *Montepuez Ruby Mining*, Indicadores Técnicos, Indústria 4.0, Gestão de Activos, Transformação Digital.

ABSTRACT

This Final Year Project aimed to develop a computerized system to optimize electrical maintenance management at the Montepuez Ruby Mining (MRM) Processing Plant, located in Cabo Delgado, Mozambique. The project responded to practical challenges such as decentralized manual records, lack of technical performance indicators, limited traceability of interventions, and poor interdepartmental integration. The research adopted an applied approach, combining qualitative and quantitative methods, including literature review, field data collection, technical form analysis, and interviews. The diagnosis revealed a predominance of corrective maintenance actions, absence of KPIs such as MTTR and MTBF, and difficulties in accessing historical data. Based on this assessment, a customized Computerized Maintenance Management System (CMMS) was developed using PHP, HTML, CSS, JavaScript, and MySQL. The system allows for asset registration, digital work order management, automated KPI calculation, and report generation. After field validation, the solution demonstrated significant improvements in information organization, preventive planning, and response time reduction. The developed system aligns with Industry 4.0 principles, offering potential for future integration with IoT sensors and SCADA systems. The proposed solution proved to be technically feasible, functional, and effective in improving the reliability, efficiency, and operational continuity of electrical maintenance at MRM.

Keywords: Electrical Maintenance, CMMS, Technical Indicators, Montepuez Ruby Mining, Industry 4.0, Asset Management, Digital Transformation.

ÍNDICE

DEDICATÓRIAS.....	II
AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	12
1.1. Contextualização	12
1.2. Formulação do Problema	12
1.3. Justificativa	13
1.4. Objectivos	13
1.5. Metodologia	14
CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
2.1. Conceitos fundamentais de manutenção	26
2.1.1. Tipos de manutenção: correctiva, preventiva e predictiva	26
2.1.2. Importância da manutenção em sistemas eléctricos	27
2.1.3. Indicadores de desempenho em manutenção (MTTR, MTBF, etc.)	28
2.2. Gestão de <i>manutenção</i> eléctrica	29
2.2.1. Estratégias de gestão da manutenção.....	29
2.2.2. Planeamento e controlo de manutenção	30
2.2.3. Impacto da má gestão na produtividade	30
2.3. Tecnologias de apoio à manutenção	30
2.3.1. Computerized maintenance management system (CMMS)	30
2.3.2. Internet of Things - Internet das Coisas (IoT) e monitoramento em tempo real	31
2.3.3. Integração entre sistemas.....	32
2.4. Sistemas eléctricos industriais	32
2.4.1. Características dos sistemas eléctricos em plantas de processamento	32
2.4.2. Equipamentos críticos: motores, bombas, compressores e transformadores	33
2.4.3. Falhas comuns e suas causas	34
2.5.1. Particularidades do sector de mineração.....	34
2.5.2. Estudos de caso: soluções de sucesso	34
2.5.3. Desafios em ambientes remotos.....	35
2.6. Transformação digital na manutenção	35

2.6.1. Indústria 4.0 e manutenção eléctrica	35
2.6.2. Big data e análise de falhas	35
2.6.3. Benefícios esperados	36
CAPÍTULO III – RESULTADOS	37
3.1. Diagnóstico do estado actual da manutenção	37
3.1.1. Forma de registo e acesso à informação	37
3.1.2. Monitoramento operacional	37
3.1.3. Indicadores técnicos (MTBF e MTTR)	38
3.1.4. Integração e comunicação entre sectores	38
3.1.5. Avaliação de desempenho técnico	39
3.2. Panorama das manutenções executadas (Jan–Fev 2025)	40
3.2.1. Classificação das actividades de manutenção	41
3.2.2. Tabela: Tipos de manutenção por equipamento/componente	41
3.2.3. Maiores ocorrências por local	41
3.2.4. Tabela: Exemplo de manutenções executadas	43
3.2.5. Shutdowns programados – actividades críticas	43
3.2.6. Observações operacionais relevantes	44
3.3. Infraestrutura eléctrica existente	44
3.3.1. Fonte principal de energia	44
3.3.2. Transformadores principais	45
3.3.3. Centros de controlo de motores (MCCs)	45
3.3.4. Geração principal (Prime Application)	45
3.3.5. Sistema de proteção e comutação	46
3.4. Principais problemas identificados	46
3.5. Impactos operacionais e oportunidades de melhoria	47
CAPÍTULO IV – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
4.1 Gestão da informação e registo técnico	48
4.2 Monitoramento e indicadores técnicos	49
4.3 Integração operacional e comunicação	50
4.4 Desempenho técnico e classificação das actividades	50
4.5 Infraestrutura e ocorrências locais	51
4.5.1. Arquitetura técnica e funcionalidades estratégicas do sistema CMMS desenvolvido para a MRM	51
4.6. Avaliação técnica, funcional e estratégica do sistema computadorizado desenvolvido para a MRM	54
4.6.1. Funcionalidades principais e capacidades técnicas	54

4.6.2. Comparativo entre o modelo tradicional e o sistema desenvolvido	55
4.6.3. Pontos fortes e benefícios estratégicos	55
4.6.4. Desafios e Limitações Iniciais	56
4.6.5. Sugestões de diagramas para apoio visual	56
4.6.6. Conclusão da avaliação	56
5. CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	58
5.1. CONCLUSÕES	58
5.2. RECOMENDAÇÕES	58
Referências Bibliográficas	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Abreviatura	Significado
MRM	<i>Montepuez Ruby Mining</i>
CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair (Tempo Médio de Reparo)</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)</i>
MDT	<i>Mean Down Time (Tempo Médio de Imobilização)</i>
MWT	<i>Mean Waiting Time (Tempo Médio de Espera)</i>
OS	Ordem de Serviço
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
RCM	<i>Reliability-Centered Maintenance</i>
VFD	<i>Variable Frequency Drive</i>
ATS	<i>Automatic Transfer Switch</i>
MCC	<i>Motor Control Center</i>
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração do diagrama de caso de uso	21
Figura 2: Ilustração do diagrama de classes	22
Figura 3: Ilustração do acesso ao sistema através do diagrama de actividade.....	23
Figura 4: Esquematização dos indicadores de desempenho. Fonte: Santos, Marco (2023)	29
Figura 5: Funcionamento de um CMMS. Fonte: Reeve (2014).....	31
Figura 6: Arquitetura de sistemas de mineração da <i>Montepuez Ruby Mining</i> . Fonte: Ruby Mining.....	33
Figura 7: Modelo de gestão 4.0 adoptado na mineração. Fonte: Pinheiro (2017).	35
Figura 8: Visualização de dados em sistema de manutenção 4.0. Fonte: Blog.engeman.com.br. (2022).....	36
Figura 9: Representação gráfica de MTBF e MTTR para Motores e Transformadores, Fonte: MRM (2025).	38
Figura 10: Fluxograma de processamento de dados, Fonte: Autora (2025).	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de manutenção	26
Tabela 2: Aplicações prácticas das CMMS.....	32
Tabela 3: Equipamentos mais vulneráveis em minerações.....	33
Tabela 4: Benefício tecnologia vs custo/ disponibilidade de operação	36
Tabela 5: Síntese dos problemas detectados.....	40
Tabela 6: Tipo de manutenção implementado vs. equipamento.....	41
Tabela 7: Locais com maior frequência de manutenção na Planta.	42
Tabela 8: Manutenções executadas.....	43
Tabela 9: Especificações dos Transformadores componentes da Planta	45
Tabela 10: Principais Problemas que impactam a eficácia da Manutenção Eléctrica.	46
Tabela 11: Impactos Operacionais Vs Oportunidades de Melhoria.	47
Tabela 12: Comparativo entre o modelo tradicional e o sistema computacional desenvolvido.	49
Tabela 13: Indicadores técnicos colectados na MRM	49
Tabela 14: Evolução esperada com a implantação do CMMS.	51
Tabela 15: Comparação entre Modelo tradicional e Sistema desenvolvido para Gestão de informação, Fonte: Autora (2025).	55
Tabela 16: Pontos fortes e benefícios estratégicos na gestão de informação, Fonte: Autora (2025).	55
Tabela 17: Desafios e limitações na gestão de informação, Fonte: Autora (2025).56	

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A mineração de rubis em Montepuez, na província de Cabo Delgado, posiciona-se como uma das mais importantes do mundo, com a *Montepuez Ruby Mining* (MRM) responsável por cerca de 50% do suprimento global dessa gema e ocupando como área de operação cerca de 34.966 mil hectares, isto faz com que seja considerada uma das maiores e mais importantes fontes desta jóia. A planta de processamento da MRM é feita de vários processos que dependem de um sistema eléctrico robusto, que alimenta motores, bombas, compressores e sistemas de automação. A gestão de manutenção desses equipamentos da Planta tem sido um desafio sob ponto de vista de acesso a informação do histórico de manutenção das máquinas e colecta de dados obtidos pela leitura regular dos parâmetros que actualmente são feitos de forma manual, dificultando o monitoramento, planeamento e eficácia no caso de análises mais profundas o que implica levar mais tempo no processo de análise devido a busca nos arquivos manuais de manutenção dos equipamentos da Planta de Processamento da *Montepuez Ruby Mining*.

Para mitigar esses problemas, a gestão de informação de manutenção otimizada é essencial. A implementação de tecnologias com monitoramento em tempo real e softwares de gestão que possam antecipar falhas, reduzir tempo de inactividade, aumentar a eficácia na análise de avarias complexas e prolongar a vida útil dos equipamentos.

Este trabalho propõe desenvolver estratégias de optimização, como sistema Computarizado, para Optimização da Manutenção Eléctrica na Planta de Processamento da *Montepuez Ruby Mining*.

1.2. Formulação do Problema

A equipa de manutenção da Planta de Processamento tem feito as suas manutenções preditivas e preventivas sem sobressaltos, entretanto o problema reside após se realizar todas essas manutenções ou extração rotineira de seus parâmetros de forma sistemática, os dados são comparados por um dia, uma semana, um mês só que depois de um ano fica complicado ter acesso a essa

informação de forma rápida pois devido a gestão manual esses papeis sao arquivados. Estima-se que uma ordem de serviço tem um tempo determinado para ser concluída e essa modalidade de operação no que diz respeito ao acesso histórico de falhas torna o processo lento e menos produtivo. A questão é, que metodologia deverá ser implementada para que se garanta um acesso de dados de forma eficiente, histórico acessível e ordens de serviço devidamente planeadas na Planta de Processamentos da *Montepuez Ruby Mining*?

1.3. Justificativa

O uso de um Sistema Computarizado moderno é de fácil manuseio e permite que o pessoal técnico no site possa facilmente recuperar procedimentos e documentação, verificar a disponibilidade das peças, interagir com o pessoal do inventário, avaliar o histórico de manutenção, manter a conformidade e actualizar ordens de serviço. Sem este Sistema Computarizado, os registos são manuais, dificultando o acesso rápido a informação seja no caso de disponibilidade da peça, de quanto tempo foi a última manutenção, de quem fez essa manutenção, no caso de ser uma avaria semelhante e ser um técnico diferente a resolver pode não ter a atenção que o outro teve sendo que já documentado é só ver como foi feita da última vez, seguir os procedimentos, entre outros.

Nos dias de hoje é complicado falar de gestão de manutenção sem falar de um sistema computarizado que nos auxilie nesse processo, porque estes sistemas nos permitem programar as ordens de serviço, acessar as essas ordens sempre que precisar de tal modo fica registado que quando o técnico X fez um determinado trabalho a máquina funcionou mais tempo e vice-versa, isto é, consegue-se avaliar o desempenho dos técnicos e eles facilmente conseguem acessar ao histórico de falhas de forma estruturada garantindo que o técnico sempre que precisar de um procedimento ou uma peça saiba onde encontrar em muito pouco tempo, desta forma aumentando a produtividade e eficácia da manutenção na Planta.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

Desenvolver um sistema computarizado para optimização da gestão manutenção eléctrica na planta de processamento da *Montepuez Ruby Mining*.

1.4.2. Objectivos específicos

1. Avaliar o estado actual do sistema eléctrico na planta de processamento, identificando pontos críticos, oportunidades de melhoria e indicadores-chave de desempenho (KPIs) para aprimorar a gestão da manutenção.
2. Propor práticas e ferramentas tecnológicas para otimizar a gestão da informação, baseando-se na análise de falhas e dados históricos, garantindo maior confiabilidade operacional e suporte à tomada de decisões.
3. Desenvolver ou integrar um sistema computarizado que permita o monitoramento em tempo real, a rastreabilidade das ordens de serviço e a organização eficiente dos registos de manutenção, reduzindo o tempo de inactividade dos equipamentos por meio de uma resposta mais ágil e estruturada às falhas.
4. Capacitar a equipa de manutenção, aproximadamente 16 técnicos (entre engenheiros e assistentes) por meio de treinamentos e workshops, garantindo o uso adequado do sistema e a aplicação das melhores práticas na gestão da manutenção eléctrica.

1.5. Metodologia

A metodologia adoptada neste trabalho foi elaborada com o intuito de desenvolver uma solução tecnológica prática e aplicável ao contexto da manutenção eléctrica na Planta de Processamento da *Montepuez Ruby Mining* (MRM), enfrentando as dificuldades operacionais observadas durante o estágio técnico realizado na empresa. O trabalho seguiu uma abordagem estruturada, baseada em etapas sequenciais que permitiram compreender o problema, propor e desenvolver uma solução computacional e avaliar sua aplicabilidade no ambiente real.

Quanto à natureza, trata-se de uma **pesquisa aplicada**, pois tem por objectivo resolver um problema concreto por meio de conhecimento técnico e científico.

Quanto à abordagem, é uma **pesquisa qualitativa e quantitativa**, pois envolve tanto a interpretação de dados e percepções da equipa quanto a colecta e análise de indicadores técnicos de desempenho.

Quanto aos objectivos, o estudo é **exploratório e descritivo**, na medida em que busca investigar e descrever os problemas reais do sistema de

manutenção eléctrica da MRM e propor uma solução prática por meio da aplicação de um sistema computacional.

Quanto aos procedimentos técnicos é uma **pesquisa documental** e de **estudo de campo**, pois baseia-se em documentos escritos como actas e relatórios, realiza observações e colecta de dados no site.

Quanto a instrumentos de recolha de dados é uma pesquisa tanto **qualitativa** como **quantitativa**, pois visa buscar informações detalhadas e subjetivas tanto como dados numéricos e estatísticos.

Quanto a instrumentos de análise de dados é uma pesquisa **predictiva** e **prescritiva**, pois utiliza dados históricos para prever tendências futuras e sugere accões a serem tomadas com base na análise de dados, visando otimizar resultados.

Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica teve início nas etapas preliminares do trabalho e se estendeu por todo o processo de desenvolvimento. Foram utilizadas fontes como livros técnicos, artigos científicos, normas nacionais e internacionais (IEEE, ABRAMAN), relatórios institucionais da MRM e estudos de caso sobre manutenção industrial e mineração.

A revisão abordou temas fundamentais para o entendimento e estruturação do sistema proposto, incluindo:

- ✓ Tipos de manutenção (correctiva, preventiva e predictiva);
- ✓ Indicadores de desempenho como MTTR (Mean Time to Repair), MTBF (Mean Time Between Failures) e MDT (Mean Down Time);
- ✓ Estrutura e benefícios dos sistemas CMMS (Computerized Maintenance Management System);
- ✓ Integração entre manutenção e estoque/logística;
- ✓ Transformação digital na indústria (manutenção 4.0);
- ✓ Características da manutenção eléctrica em ambientes industriais de mineração.

✓

Esta base teórica forneceu subsídios para a definição de requisitos do sistema e fundamentou a escolha das funcionalidades implementadas.

Colecta de dados em campo

A colecta de dados foi realizada presencialmente durante o estágio técnico na MRM, com foco específico na área de manutenção eléctrica. A ideia desta etapa era entender a realidade operacional da empresa, identificar os principais desafios enfrentados e levantar os dados necessários para o desenvolvimento do sistema. As fontes de dados incluíram:

- ✓ **Formulários técnicos preenchidos** manualmente pela equipa de manutenção, contendo registos de falhas, trocas de peças e descrição de serviços executados;
- ✓ **Registos de ordens de serviço** arquivadas fisicamente ou em planilhas Excel, sem padronização nem centralização;
- ✓ **Entrevistas com técnicos e supervisores**, com perguntas abertas e direccionadas à rotina operacional, dificuldades encontradas, formas de comunicação interna e sugestões de melhoria;
- ✓ **Observações directas** do fluxo de trabalho, da disposição dos equipamentos, das condições físicas das instalações eléctricas e da logística de manutenção.

Essa etapa permitiu identificar uma série de limitações práticas no processo de manutenção, como a dispersão de informações, a predominância de acções correctivas e a ausência de indicadores técnicos consistentes.

Diagnóstico técnico do sistema de manutenção existente

Com base nas informações coletadas, foi realizado um diagnóstico detalhado do sistema actual de manutenção eléctrica da planta. Essa análise revelou as seguintes características:

- ✓ **Sistema de registo rudimentar**, com grande volume de documentos físicos e ausência de integração digital entre os sectores;
- ✓ **Manutenção reactiva predominante**, com 35% das intervenções sendo correctivas, indicando pouca capacidade de antecipação;

- ✓ **Indicadores de desempenho (MTTR e MTBF) não monitorados de forma sistemática**, impossibilitando avaliação comparativa de desempenho ao longo do tempo;
- ✓ **Comunicação informal entre manutenção, logística e supervisão**, o que resultava em atrasos na obtenção de peças, retrabalho e falhas na rastreabilidade;
- ✓ **Falta de um sistema único de histórico de falhas e manutenções**, tornando lenta a resposta técnica em casos recorrentes.

Esse diagnóstico foi fundamental para orientar a estrutura do sistema computacional a ser desenvolvido, que deveria atacar diretamente essas fragilidades.

1.6. Fases do Desenvolvimento do Sistema CMMS

Esta secção tem como objectivo apresentar as principais etapas e artefatos gerados durante o processo de desenvolvimento do sistema computarizado de gestão da manutenção eléctrica (CMMS) para a planta de processamento da *Montepuez Ruby Mining*. A documentação contempla desde o levantamento de requisitos técnicos e operacionais até a modelagem da solução, oferecendo uma visão clara da estrutura do sistema, suas funcionalidades e o fluxo de interação entre os demais usuários. São abordados nesta secção os módulos desenvolvidos, os requisitos funcionais e não funcionais, as regras de negócio aplicadas e diagramas ilustrativos de arquitetura técnica.

1.6.1. Levantamento de requisitos

Segundo Sommerville (2011), o levantamento de requisitos é o processo de descobrir, analisar, documentar e verificar as funções e restrições de um sistema a ser desenvolvido. Esse processo é fundamental para assegurar que o software atenda às expectativas dos usuários e às necessidades do negócio. O processo de levantamento de requisitos envolve a comunicação contínua entre desenvolvedores, usuários finais e demais partes interessadas para compreender com clareza os problemas existentes, as oportunidades de melhoria e as funcionalidades desejadas.

Com base nas necessidades observadas em campo e nas entrevistas com os técnicos, foi possível definir os seguintes requisitos.

1.6.2. Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais descrevem as funcionalidades que o sistema deve necessariamente executar para atender às necessidades da gestão de manutenção eléctrica na planta de processamento da MRM:

Autenticação de Usuário (RF1): O sistema deve autenticar os usuários por e-mail e senha.

Cadastro de Activos Eléctricos (RF2): O sistema deve permitir o registro detalhado dos equipamentos, incluindo dados técnicos e status operacional.

Abertura e Gerenciamento de Ordens de Serviço (RF3) : O sistema deve permitir a criação, acompanhamento, execução e encerramento das OS com identificação do técnico responsável e registro das acções realizadas.

Geração Automática de Indicadores Técnicos (RF4): O sistema deve permitir a geração automática de indicadores técnicos, como MTTR, MTBF, backlog e tempo de resposta, com base nas ordens de serviço registradas, e deve apresentar esses indicadores por meio de gráficos ilustrativos.

Consulta ao Histórico de Manutenção (RF5): O sistema deve disponibilizar o histórico completo de manutenções por activo, incluindo datas e tipos de falha.

1.6.3. Requisitos Não Funcionais

Segundo Sommerville (2011), os requisitos não funcionais são requisitos que especificam critérios que podem ser usados para julgar a operação de um sistema, em vez de comportamentos específicos. Eles definem propriedades e restrições como desempenho, usabilidade, confiabilidade, segurança, entre outros aspectos que garantem a qualidade do software.

A seguir são apresentados requisitos não funcionais que descrevem o desenvolvimento do sistema:

Interface Responsiva (RNF1): O sistema deve apresentar uma interface responsiva, capaz de se adaptar corretamente a diferentes dispositivos, como

computadores, tablets e smartphones, garantindo boa usabilidade em qualquer contexto de acesso.

Segurança (RNF2): As informações devem ser protegidas por autenticação de usuários e controle de permissões.

Disponibilidade (RNF3): O sistema deve estar disponível para uso local na planta, com suporte a operação offline e sincronização posterior dos dados.

Escalabilidade (RNF4): A arquitetura do sistema deve permitir futuras expansões para outras áreas de manutenção (como mecânica ou civil) e integração com sistemas SCADA e sensores IoT.

Confiabilidade (RNF5): Os dados registrados devem ser armazenados de forma segura, minimizando risco de perdas e garantindo integridade das informações.

Desempenho (RNF6): O sistema deve responder a consultas e carregamento de ordens de serviço em no máximo 3 segundos sob carga normal.

1.6.4. Regras de negócio

As regras de negócio são condições específicas que orientam como os processos devem funcionar dentro de uma organização. Elas servem para garantir que todas as acções executadas no sistema estejam de acordo com políticas internas, normas legais e objetivos estratégicos da empresa (Ronald, 2013).

Essas regras podem definir quem pode realizar certas operações, em que momento uma acção pode ser executada, ou como os dados devem ser tratados.

A seguir são apresentadas as regras de negócio que descrevem o desenvolvimento do sistema.

Gerenciamento de Acesso (RN1): Apenas usuários autenticados podem acessar o sistema. O sistema deve restringir qualquer funcionalidade a usuários não logados.

Vinculação de OS a Activos (RN2): Toda ordem de serviço deve estar obrigatoriamente vinculada a um activo eléctrico previamente cadastrado. O sistema não deve permitir ordens de serviço sem essa associação.

Encerramento de OS (RN3): O sistema deve exigir o preenchimento completo dos campos obrigatórios (data, acções executadas, técnico responsável, observações) para permitir o encerramento de uma ordem de serviço.

Geração de Indicadores Técnicos (RN4): O sistema deve gerar automaticamente os indicadores técnicos (MTTR, MTBF, backlog) apenas com base nas ordens de serviço encerradas e válidas.

Agendamento de Manutenção (RN5): O sistema deve permitir o agendamento de manutenções preventivas apenas para activos com cadastro completo e estado operacional.

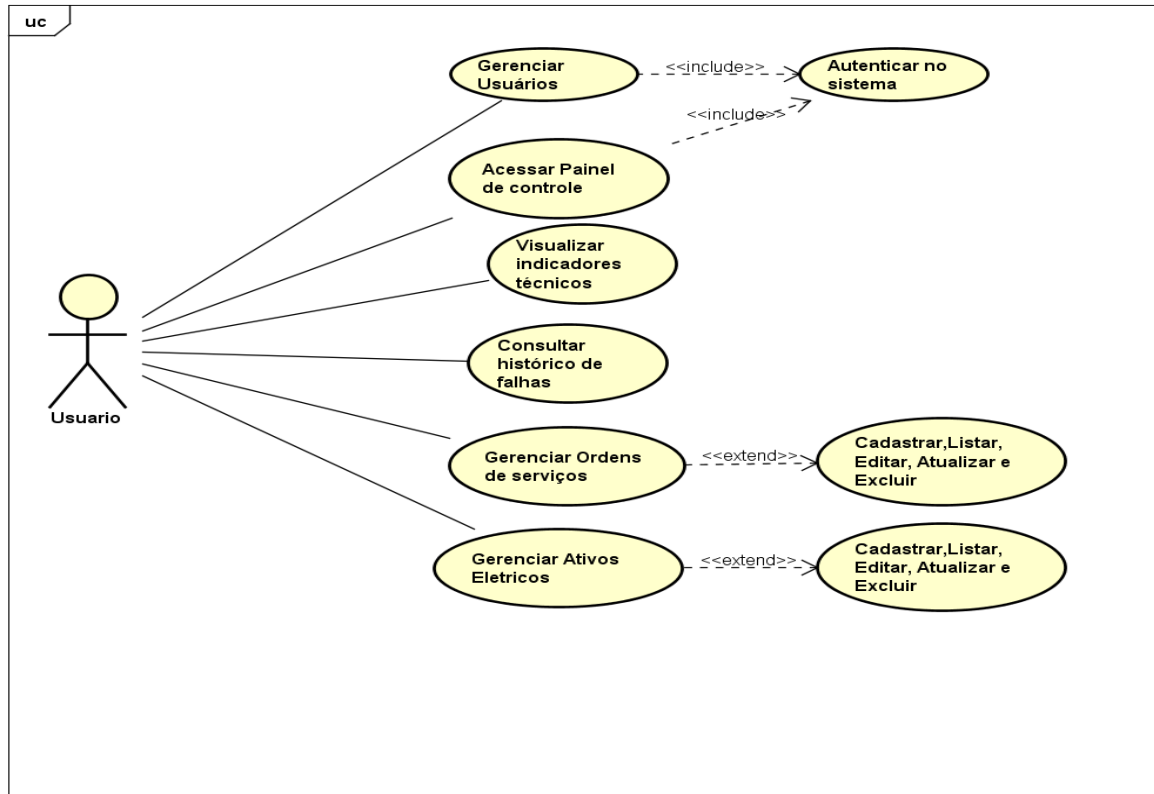
Cadastro de Ativos (RN6): O sistema não deve permitir o cadastro de activos com códigos de identificação duplicados.

1.7. Modelagem UML (Unified Modeling Language)

Segundo Paradigm (2023), a UML é uma linguagem de modelagem padronizada que consiste em um conjunto integrado de diagramas, desenvolvida para auxiliar desenvolvedores de sistemas e software a especificar, visualizar, construir e documentar os artefatos de sistemas de software, além de ser útil também na modelagem de negócios e de sistemas não relacionados a software. A especificação do sistema foi feita com diagramas UML na ferramenta Astah Community, incluindo casos de uso, classes e actividades.

1.7.1. Diagrama de Caso de Uso

O diagrama de casos de uso modela as principais interações entre os usuários e o sistema CMMS desenvolvido para a *Montepuez Ruby Mining*. Ele apresenta os diferentes actores (usuários) e os serviços oferecidos pelo sistema, representando a visão funcional de alto nível do sistema.



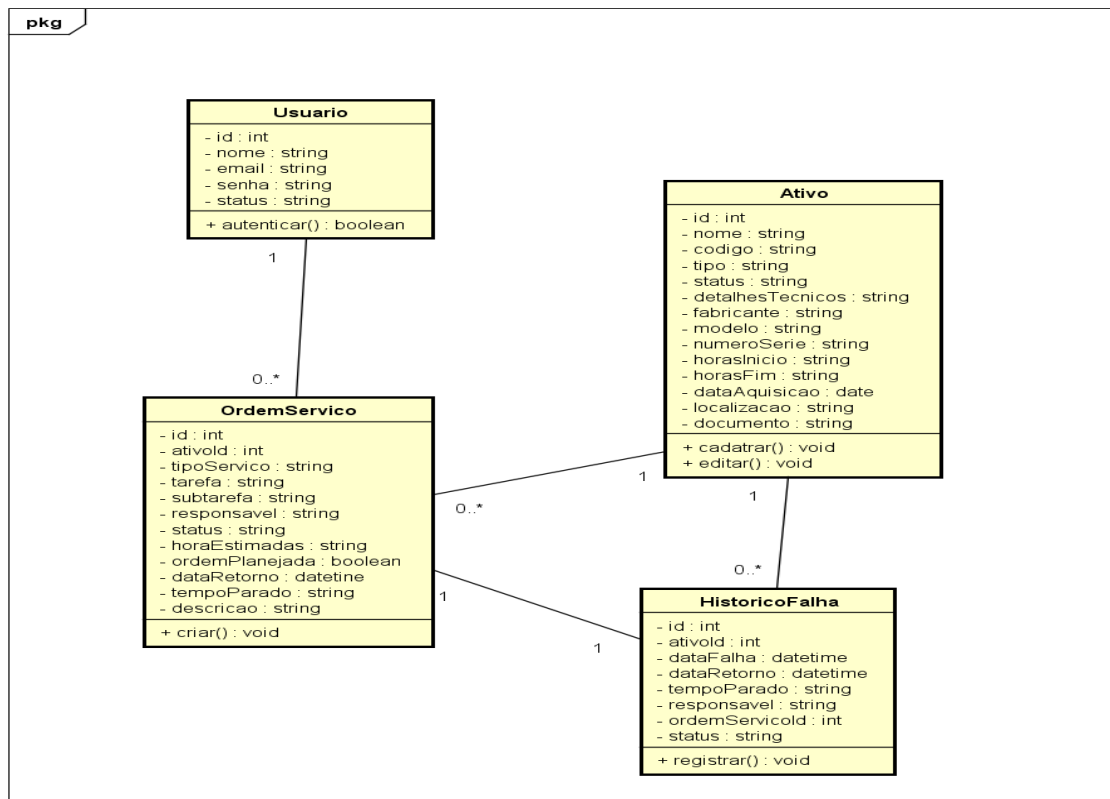
powered by Astah

Figura 1: Ilustração do diagrama de caso de uso

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

1.7.2. Diagrama de Classes

Segundo Pressman (2016), o diagrama de classes é o principal artefacto de modelagem orientada a objetos. Ele descreve a estrutura do sistema, mostrando suas classes, atributos, operações (ou métodos) e os relacionamentos entre os objetos. Esse diagrama fornece uma visão estática do sistema, permitindo a compreensão dos elementos fundamentais que compõem a aplicação.



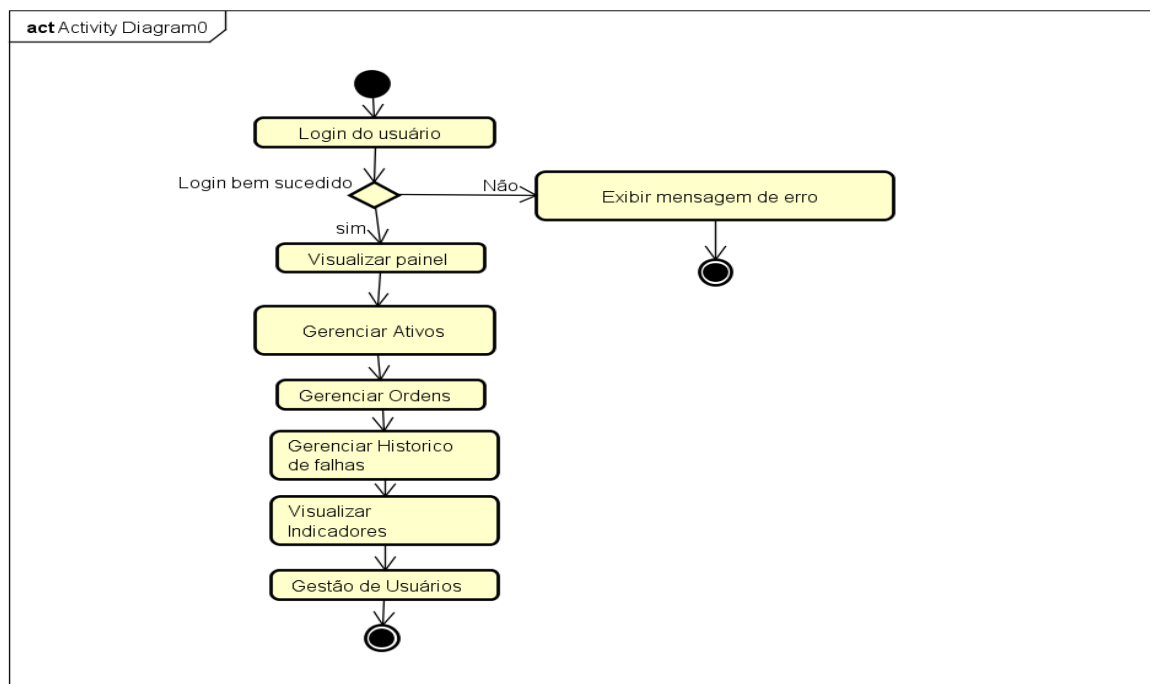
powered by Astah

Figura 2: Ilustração do diagrama de classes

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

1.7.3. Diagrama de actividades

O Diagrama de Actividades é um dos diagramas comportamentais da UML (Unified Modeling Language) utilizado para descrever o fluxo de controle entre as actividades de um sistema ou processo.



powered by Astah

Figura 3: Ilustração do acesso ao sistema através do diagrama de actividade

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Validação técnica

Após a conclusão da primeira versão funcional do sistema, foram realizadas sessões de validação com a equipa técnica da MRM, com o seguinte objectivo:

- ✓ Verificar a usabilidade da interface;
- ✓ Avaliar a clareza das informações exibidas;
- ✓ Colectar sugestões para melhorias futuras;
- ✓ Simular intervenções reais para testar o fluxo completo de abertura, execução e encerramento de uma ordem de serviço.

O feedback foi positivo, destacando-se a facilidade de navegação, a clareza dos registos e o potencial da ferramenta para reduzir o tempo de resposta e organizar o processo de manutenção.

Treinamento da equipa técnica

Para garantir a correcta utilização do sistema, foi realizado um **treinamento inicial** com a equipa de manutenção eléctrica da planta. Este treinamento teve carácter prático, abordando:

- Apresentação da estrutura geral do sistema;
- Demonstração do cadastro de activos;
- Simulação da abertura de ordens de serviço;
- Consulta ao histórico de falhas;
- Interpretação de relatórios e indicadores.

Também foi produzido um **manual simplificado de uso**, com instruções passo a passo e capturas de tela da plataforma.

Avaliação da solução desenvolvida

A solução desenvolvida foi avaliada com base nos seguintes critérios:

- ✓ **Funcionalidade:** capacidade do sistema de executar as tarefas para as quais foi concebido;
- ✓ **Usabilidade:** facilidade de uso e compreensão pelos técnicos;
- ✓ **Organização da informação:** clareza na apresentação dos dados e facilidade de consulta ao histórico;
- ✓ **Confiabilidade:** registo seguro das ordens e minimização da perda de dados;
- ✓ **Aplicabilidade real:** aderência do sistema às rotinas reais de manutenção da MRM.

Foi concluído que a solução é tecnicamente viável, funcional e alinhada com os objectivos propostos no trabalho, sendo um passo importante para a modernização e digitalização da gestão de manutenção da planta.

Tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema

Para o desenvolvimento deste sistema de gestão de manutenção de activos, foram utilizadas diversas tecnologias que, em conjunto, proporcionam uma aplicação funcional, interactiva e com uma base de dados sólida. As principais ferramentas e linguagens adotadas estão descritas a seguir:

HTML (HyperText Markup Language)

O HTML foi utilizado como linguagem de marcação para estruturar o conteúdo das páginas da aplicação. Ele permite organizar os elementos visuais de maneira hierárquica e compreensível tanto para os navegadores quanto para os usuários (CASTRO, 2014).

CSS (Cascading Style Sheets)

O CSS foi empregado para aplicar estilos e controlar a aparência dos elementos HTML, como cores, fontes e posicionamentos, garantindo um visual agradável e consistente em todas as páginas (DUCKETT, 2014).

JavaScript

O JavaScript foi utilizado para adicionar dinamismo ao sistema, tornando possível executar acções no navegador do usuário sem a necessidade de recarregar a página, como validações de formulários e interações com o banco de dados por meio de AJAX (FLANAGAN, 2020).

PHP (Hypertext Preprocessor)

O PHP foi a linguagem usada no lado do servidor. Ela é amplamente utilizada no desenvolvimento web e permite processar dados, interagir com bancos de dados e gerar conteúdo dinâmico (LINDLEY, 2017).

MySQL

O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional (SGBD), utilizado para armazenar de forma organizada os dados do sistema, como activos, ordens de serviço, histórico de falhas e usuários. É conhecido por sua eficiência, segurança e compatibilidade com o PHP (DURO, 2020).

XAMPP

O XAMPP foi usado como ambiente de desenvolvimento local. Ele fornece um pacote que integra o Apache (servidor web), o MySQL, o PHP e o phpMyAdmin, permitindo simular um servidor completo no computador do desenvolvedor (FRIESE, 2017).

CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceitos fundamentais de manutenção

2.1.1. Tipos de manutenção: correctiva, preventiva e predictiva

A manutenção industrial evoluiu significativamente nas últimas décadas, passando de abordagens reactivas para estratégias mais proactivas e inteligentes. De acordo com **Mobley (2002)**, a manutenção pode ser classificada em três categorias principais:

1. **Manutenção correctiva:** Realizada após a ocorrência de uma falha, visando restabelecer a funcionalidade do equipamento. Este método, embora necessário em alguns casos, pode gerar custos elevados devido a paradas não planeadas (PALMER, 1999).
2. **Manutenção preventiva:** Baseada em intervenções periódicas para evitar falhas. Segundo **Nakajima (1988)**, essa abordagem reduz a probabilidade de avarias inesperadas, mas pode levar a intervenções desnecessárias.
3. **Manutenção predictiva:** Utiliza monitoramento contínuo e análise de dados para prever falhas antes que ocorram. **Jardine et al. (2006)** destacam que essa técnica aumenta a disponibilidade dos equipamentos e reduz custos.

Tabela 1.1: Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de manutenção

Comparativo entre os tipos de manutenção			
Tipo	Manutenção correctiva	Manutenção preventiva	Manutenção predictiva
Fundamento	Baseado na resolução de falhas que já ocorreram	Baseada em intervalos determinados ou critérios de manutenção	Baseado nos sinais vitais e na performance dos equipamentos.

Fonte: Adaptado de Syos.com (2005)

Tabela 1.2: Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de manutenção

Investimento e custo operacionais	Exige baixo investimento em tecnologias, mas tem maior custo operacional	Exige investimento moderado em capacitação, métodos de gestão e tecnologias, com custos nem sempre necessários para a troca de componentes	Exige alto investimento em tecnologias de monitoramento e capacitação, mas otimiza recursos ao longo do tempo
Benéficos e quando usar.	Deve ser usada em conjunto com outros tipos de manutenção, nunca como única forma de actuação	É eficiente e amplamente usada, mas não pode ser única alternativa para negócios que buscam eficiência e querem se manter competitivos	É o modelo do futuro (indústria 4.0) para negócios que buscam eficiência, inovação e alta competitividade

Fonte: Adaptado de Syos.com (2005)

2.1.2. Importância da manutenção em sistemas eléctricos

Sistemas eléctricos em plantas industriais exigem gestão rigorosa devido ao seu impacto na segurança e produtividade. Segundo **ANSI/IEEE Std 902 (1998)**, a falta de manutenção adequada pode levar a:

- Sobreaquecimento de componentes;
- Curtos-circuitos;
- Interrupções na produção.

Smith (2015) ressalta que a implementação de práticas de manutenção eficientes pode reduzir em até **30%** os custos operacionais em plantas de processamento mineral.

2.1.3. Indicadores de desempenho em manutenção (MTTR, MTBF, etc.)

A medição da eficiência da manutenção é essencial para a tomada de decisões.

Os principais indicadores incluem:

- **Mean Time Between Failures (MTBF):** Tempo médio entre falhas

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{Número de avarias}} \quad \text{Eq. (1)}$$

- **Mean Time To Repair (MTTR):** este indicador representa o tempo médio de reparação de avarias e é apresentado sobre a unidade de horas. Este indicador detém a fórmula expressa na equação abaixo.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total de reparação}}{\text{Número de avarias}} \quad \text{Eq. (2)}$$

- **Mean Waiting Time (MWT):** é o tempo médio de espera. Este conceito compreende todo o período em que o equipamento está imobilizado por avaria até ao momento em que é iniciada a intervenção, conforme ilustra a equação abaixo. Os factores que influenciam este KPI, por norma, são a má sincronização entre a produção e a manutenção, falta de recursos ou carga burocrática de uma organização (Cabral, 2006).

$$MWT = \frac{\text{Tempo total de espera}}{\text{Número de avarias}} \quad \text{Eq. (3)}$$

- **Mean Down Time (MDT):** é o tempo médio de imobilização de um equipamento. Na prática é a soma dos indicadores MTTR e MWT, conforme exterioriza a equação abaixo.

$$MDT = MTTR + MWT \quad \text{Eq. (4)}$$

Assim, por forma a facilitar a compreensão dos indicadores de desempenho, ilustro a figura abaixo que representa graficamente os KPI de MTBF, MTTR, MWT e MDT

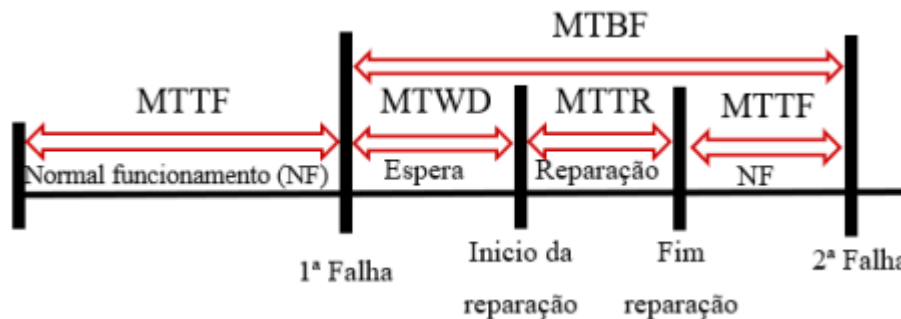


Figura 4: Esquematização dos indicadores de desempenho. Fonte: Santos, Marco (2023)

2.2. Gestão de *manutenção eléctrica*

2.2.1. Estratégias de gestão da manutenção

A gestão eficiente da manutenção requer métodos como:

RCM (Reliability-Centered Maintenance)

RCM é uma metodologia sistemática utilizada para determinar as estratégias de manutenção mais eficazes para equipamentos e sistemas, visando garantir sua confiabilidade e desempenho com o menor custo possível. O RCM foca na identificação das funções críticas de um activo, suas falhas potenciais e os modos como essas falhas podem ocorrer, aplicando acções de manutenção apropriadas (preventiva, predictiva, correctiva ou até mesmo a ausência de acção, quando justificável). (NOWLAN & HEAP, 1978).

TPM (Total Productive Maintenance)

O TPM é uma metodologia de gestão de manutenção que visa maximizar a eficiência dos equipamentos por meio da participação de todos os funcionários (desde operadores até a alta gestão). Seu objectivo é eliminar perdas relacionadas a quebras, defeitos e paradas não planeadas, promovendo a cultura de "zero falhas" e "zero acidentes", (NAKAJIMA, 1988).

2.2.2. Planeamento e controlo de manutenção

Um bom planeamento inclui:

Cronogramas de inspeção

Os cronogramas de inspeção são ferramentas essenciais em sistemas de gestão de manutenção (como TPM, RCM e Manutenção Predictiva), definindo quando, como e por quem as inspeções em equipamentos devem ser realizadas.

Gestão de peças de reposição

A gestão de peças de reposição é um processo estratégico que visa garantir a disponibilidade dos itens necessários para manutenção, minimizando custos de estoque e evitando paradas não planeadas. Envolve desde a identificação de peças críticas até a definição de níveis de estoque, compras e controlo de validade.

2.2.3. Impacto da má gestão na produtividade

Estudos da **ABRAMAN (2020)** mostram que falhas na manutenção causam perdas de até **20%** na produtividade em minas.

2.3. Tecnologias de apoio à manutenção

2.3.1. Computerized maintenance management system (CMMS)

Os sistemas CMMS são *softwares* especializados em gestão de manutenção, projectados para automatizar processos, otimizar recursos e aumentar a confiabilidade de activos. Eles integram informações sobre equipamentos, ordens de serviço, estoque de peças e histórico de manutenção em uma única plataforma (HIGGINS, 2018).

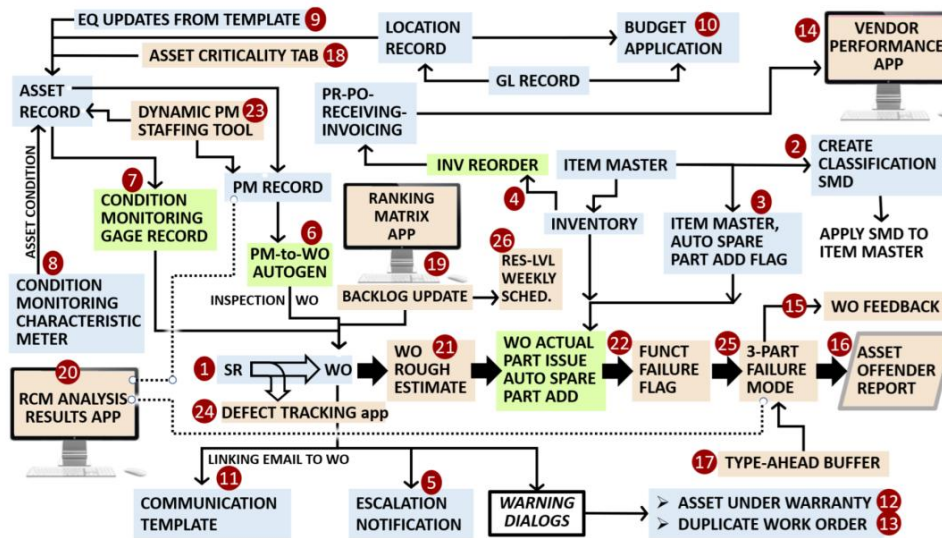


Figura 5: Funcionamento de um CMMS. Fonte: Reeve (2014).

2.3.2. Internet of Things - Internet das Coisas (IoT) e monitoramento em tempo real

O IoT revolucionou a gestão de activos industriais ao permitir monitoramento contínuo e análise predictiva de equipamentos. Quando combinado com sistemas CMMS e Manutenção 4.0, o IoT oferece *insights* em tempo real para evitar falhas e otimizar operações.

Funcionamento do IoT na manutenção

1. Sensores inteligentes

- Colectam dados de vibração, temperatura, corrente, pressão, humidade, etc.
- Exemplo: acelerômetros em motores detectam desbalanceamento.

2. Transmissão de dados

- Tecnologias: Wi-Fi, 5G, LoRaWAN, *Bluetooth*.
- Protocolos: MQTT, OPC UA para integração com sistemas industriais.

3. Plataformas de análise

- Softwares como PTC ThingWorx, Siemens MindSphere ou IBM Watson IoT.
- Aplicam *machine learning* para identificar padrões de falha.

4. Alertas e acções automáticas

- Notificações em tempo real para equipas de manutenção.
- Integração com CMMS para gerar ordens de serviço automáticas.

Tabela 2: Aplicações prácticas das CMMS

Sector	Aplicação IoT	Benefício
Energia	Monitoramento de transformadores	Evita superaquecimento e falhas catastróficas.
Manufactura	Análise de vibração em esteiras rolantes	Reduz paradas não planeadas.
Óleo & Gás	Pressão em tubulações	Previne vazamentos e acidentes.
Hospitalar	Temperatura de <i>freezers</i> médicos	Garante conservação de vacinas e medicamentos.

Fonte: Autora (2025)

Sensores inteligentes permitem redução de falhas em **40%** (MCKINSEY, 2021).

2.3.3. Integração entre sistemas

A integração entre ERP (Enterprise Resource Planning), CMMS (Computerized Maintenance Management System) e sistemas de inventário cria um fluxo de dados unificado que melhora significativamente a rastreabilidade de activos, a eficiência da manutenção e a gestão de estoques. Essa conexão elimina silos de informação e permite decisões baseadas em dados em tempo real. (GARCÍA, 2019).

2.4. Sistemas eléctricos industriais

2.4.1. Características dos sistemas eléctricos em plantas de processamento

Os sistemas eléctricos em plantas de processamento mineral, como a **Montepuez Ruby Mining**, operam em condições extremas, exigindo robustez e confiabilidade. Segundo **ANSI/IEEE Std 141 (1993)**, esses sistemas apresentam:

- **Alta demanda de potência:** devido ao funcionamento contínuo de equipamentos pesados;
- **Ambientes agressivos:** poeira, humidade e vibrações aceleram a degradação de componentes (NFPA 70E, 2021);
- **Redundância limitada:** falhas em subestações ou transformadores podem paralisar toda a operação.

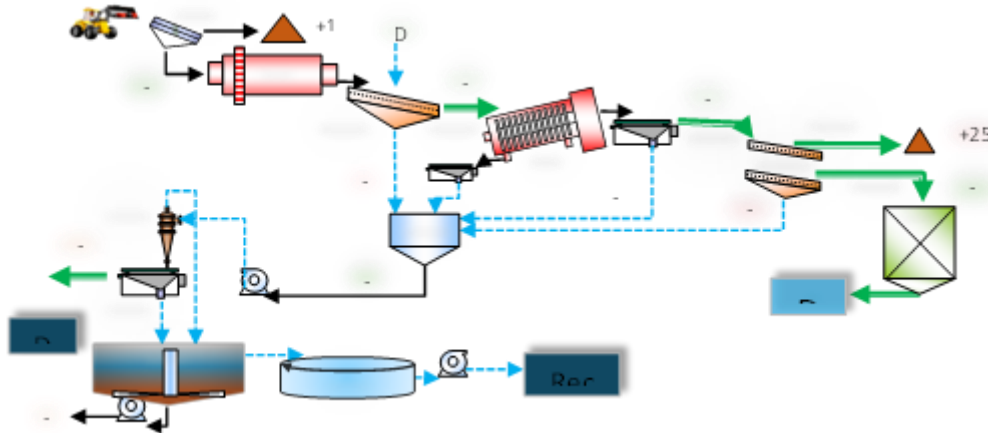


Figura 6: Arquitetura de sistemas de mineração da Montepuez Ruby Mining. Fonte: Ruby Mining

2.4.2. Equipamentos críticos: motores, bombas, compressores e transformadores

Estudos da **ABB (2022)** identificaram os equipamentos mais vulneráveis em mineração:

Tabela 3: Equipamentos mais vulneráveis em minerações

Equipamento	Principais Falhas	Impacto na Produção
Motores ($\geq 500\text{HP}$)	Desalinhamento, isolamento	35% das paradas
Bombas centrífugas	Cavitação, vedação	20% das falhas
Transformadores	Sobreaquecimento, degradação de óleo	Paradas prolongadas

Fonte: Autora (2025)

Transformadores em mineração requerem monitoramento contínuo de temperatura e óleo para evitar falhas catastróficas" (MCGRAW, 2020, p.112).

2.4.3. Falhas comuns e suas causas

Análises da **Vale S.A. (2021)** em plantas similares revelaram:

1. **Curto-circuitos (45% dos casos)**: causados por humidade e contaminação em painéis;
2. **Sobrecarga térmica (30%)**: má gestão da capacidade dos disjuntores;
3. **Falhas em acionamentos (25%)**: problemas em VFDs (Variable Frequency Drives).

2.5. Manutenção na indústria de mineração

2.5.1. Particularidades do sector de mineração

A mineração apresenta desafios únicos conforme **ABRAMAN (2023)**:

- **Logística complexa**: dificuldade de acesso a equipamentos em áreas remotas;
- **Custos de downtime**: US\$ 500k–1M por hora em minas de grande porte (MCKINSEY, 2022);
- **Normas rigorosas**: NR-12 e NR-10 exigem protocolos específicos.

2.5.2. Estudos de caso: soluções de sucesso

AngloAmerican (Minas-Rio, Brasil)

- Implementou **sensores IoT em 100% dos motores críticos**, reduzindo falhas em 40% (ANGLOAMERICAN, 2021).
- Sistema **CMMS integrado ao ERP** diminuiu o MTTR em 60%.

Vale (Carajás)

- **Digital twins** de transformadores aumentaram a vida útil em 15% (VALE, 2022).

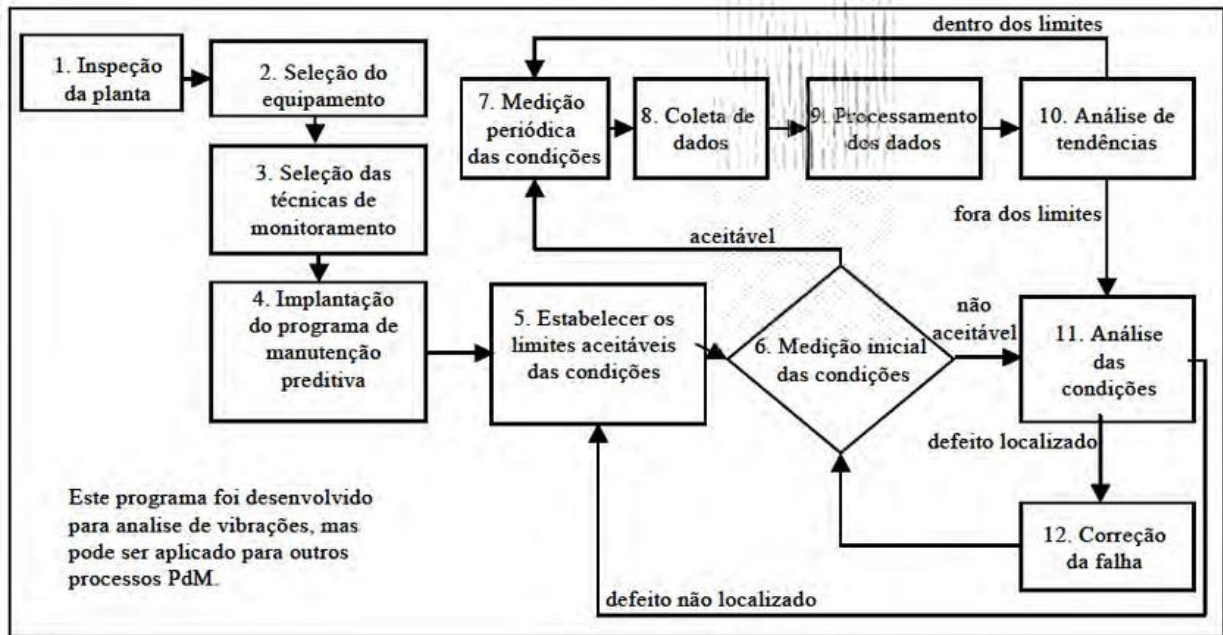


Figura 7: Modelo de gestão 4.0 adaptado na mineração. Fonte: Pinheiro (2017).

2.5.3. Desafios em ambientes remotos

- **Falta de conectividade:** soluções *offline* para coleta de dados (ex: *tablets* com sincronização posterior);
- **Clima extremo:** eletrônicos devem operar em temperaturas de -10°C a 50°C (IEC 60068-2).

2.6. Transformação digital na manutenção

2.6.1. Indústria 4.0 e manutenção elétrica

Conceitos-chave:

- **Digital Twins:** Simulação em tempo real de ativos;
- **AIOps:** Algoritmos para priorização automática de ordens de serviço.

2.6.2. Big data e análise de falhas

- Plataformas como **Siemens MindSphere** processam $>10\text{TB/dia}$ de dados de vibração e termografia (SIEMENS, 2023);
- **Padrão ISO 13374** para análise de condições.

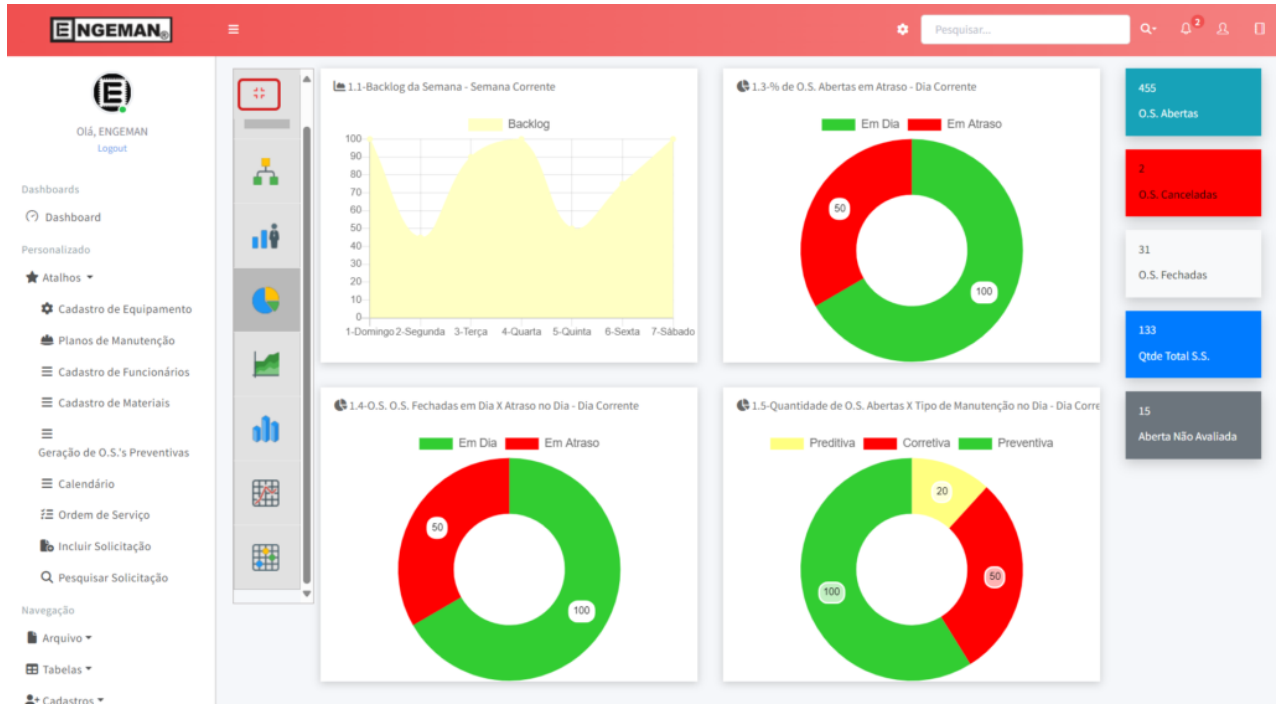


Figura 8: Visualização de dados em sistema de manutenção 4.0. Fonte: Blog.engeman.com.br. (2022).

2.6.3. Benefícios esperados

Estudos de caso comprovam:

Tabela 4: Benefício tecnologia vs custo/ disponibilidade de operação

Tecnologia	Redução de Custos	Aumento de Disponibilidade
CMMS + IoT	25%	30%
IA Predictiva	40%	45%

Fonte: Deloitte (2022)

CAPÍTULO III – RESULTADOS

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos a partir da análise do sistema de manutenção eléctrica da Planta de Processamento da *Montepuez Ruby Mining* (MRM), com base nos dados coletados entre janeiro e fevereiro de 2025, nos formulários técnicos e no levantamento de infraestrutura eléctrica existente.

3.1. Diagnóstico do estado actual da manutenção

A análise do ambiente actual de manutenção eléctrica na Planta de Processamento da *Montepuez Ruby Mining* (MRM) revelou fragilidades estruturais e operacionais que impactam diretamente a eficiência da gestão e a disponibilidade dos activos críticos.

3.1.1. Forma de registo e acesso à informação

Conforme evidenciado no Formulário Técnico (Anexo I), a maior parte das informações de manutenção está:

- ✓ Arquivada manualmente em papel;
- ✓ Complementada por planilhas locais em Excel, sem padronização nem integração;
- ✓ Com dados dispersos entre técnicos, sectores e armários físicos, dificultando acesso rápido ao histórico de avarias e ordens de serviço (OS).

Essa estrutura aumenta o tempo de resposta frente a falhas recorrentes, pois o técnico precisa buscar documentos físicos ou contar com memórias informais da equipa.

3.1.2. Monitoramento operacional

A colecta de dados operacionais (ex.: corrente, tensão, temperatura) ainda é feita de forma manual e periódica (diário). Isso:

- ✓ Impede o diagnóstico em tempo real;
- ✓ Aumenta a chance de falhas passarem despercebidas até o colapso de componentes;
- ✓ Reforça a necessidade de sensores integrados a sistemas de supervisão e análise de falhas.

3.1.3. Indicadores técnicos (MTBF e MTTR)

O estudo revelou que:

- ✓ O MTBF (*Mean Time Between Failures*) médio é de 40 dias para motores e 60 dias para transformadores;
- ✓ O MTTR (*Mean Time To Repair*) varia de 6 a 8 horas, dependendo da complexidade da avaria e da disponibilidade de peças.

Esses indicadores são visualizados abaixo:

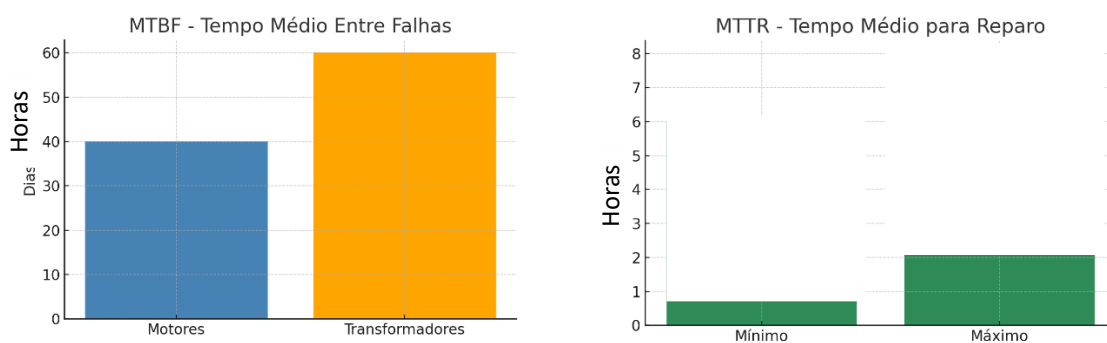


Figura 9: Representação gráfica de MTBF e MTTR para Motores e Transformadores, Fonte: MRM (2025).

Gráfico 1 – MTBF:

Transformadores possuem maior robustez estrutural, enquanto motores, por estarem sujeitos a mais ciclos de partida e carga variável, apresentam falhas mais frequentes.

Gráfico 2 – MTTR:

A variação no tempo médio de reparo deve-se, em grande parte, à logística de obtenção de peças e à ausência de procedimentos padronizados registrados em sistemas digitais.

3.1.4. Integração e comunicação entre sectores

A comunicação entre os sectores de manutenção, logística e inventário, embora apoiada por um sistema informatizado para emissão de **MR (Material Requisition)**, **PR (Purchase Requisition)**, verificação de *stock*, entre outras funcionalidades, ainda apresenta fragilidades significativas.

Apesar da existência desse sistema, sua **operacionalidade não é ideal**, apresentando falhas recorrentes, como **erros na subtração dos materiais requisitados**. Isso resulta frequentemente na **divergência entre o stock virtual e o stock físico**, onde o sistema indica a disponibilidade de peças ou equipamentos que, na realidade, não se encontram no armazém.

Essas inconsistências geram impactos operacionais relevantes, tais como:

- ✓ **Atrasos no atendimento das Ordens de Serviço (OSs)** devido à necessidade de replaneamento das actividades;
- ✓ **Uso forçado de soluções alternativas** ou adaptações de menor eficiência;
- ✓ **Risco de retrabalho** e comprometimento da rastreabilidade dos processos;
- ✓ **Aumento do tempo de resposta** entre os sectores, agravado pelo uso ainda recorrente de comunicação informal (presencial ou via telefone) em determinadas etapas críticas.

Dessa forma, a **integração sistêmica entre os sectores mostra-se insuficiente**, sendo necessário fortalecer a confiabilidade do sistema actual e promover **procedimentos mais padronizados e automatizados de comunicação e controlo de stock**, visando maior precisão, agilidade e rastreabilidade no processo de manutenção.

3.1.5. Avaliação de desempenho técnico

Não existem indicadores padronizados ou métricas objetivas para avaliação da performance dos técnicos. As análises são feitas de forma subjectiva pelos supervisores, sem apoio de relatórios automatizados ou dados históricos estruturados.

Tabela 5: Síntese dos problemas detectados.

Item	Situação Actual	Impacto Principal
Registo de Manutenção	Manual (papel e <i>Excel</i> dispersos)	Dificuldade de acesso e análise histórica
Monitoramento de Parâmetros	Manual e diário, semanal e mensal	Baixa confiabilidade e resposta tardia
MTBF	40 dias (motores), 60 dias (transformadores)	Frequência de falhas elevada em motores
MTTR	45 min – 2h	Tempo elevado de indisponibilidade
Integração Logística	Excesso de procedimentos	Atraso na reposição das peças
Avaliação de Desempenho	Subjectiva, sem dados estruturados	Falta de meritocracia e <i>feedback</i> técnico

Fonte: Autora (2025)

Este diagnóstico evidencia a necessidade urgente de implantação de um sistema computarizado de gestão de manutenção (CMMS), que centralize dados, otimize processos e forneça indicadores confiáveis para a tomada de decisão.

3.2. Panorama das manutenções executadas (Jan–Fev 2025)

Este tópico apresenta os resultados obtidos a partir da consolidação dos dados de manutenção eléctrica registrados na planta da *Montepuez Ruby Mining*. A análise abrange os meses de janeiro e fevereiro de 2025, com extensão qualitativa baseada em padrões recorrentes desde o início de 2024 (conforme apontado nos arquivos físicos e relatos técnicos).

3.2.1. Classificação das actividades de manutenção

A classificação das actividades de manutenção foi realizada com base nas descrições técnicas de cada intervenção, categorizando-as como **preventivas** ou **correctivas**. O gráfico abaixo ilustra essa distribuição.

Verifica-se que aproximadamente **65% das manutenções realizadas foram de natureza preventiva**, enquanto **35% foram correctivas**, evidenciando uma **tendência positiva para uma abordagem proactiva** de manutenção. Esse cenário reflete um esforço estruturado no sentido de **reduzir o número de falhas inesperadas, aumentar a confiabilidade dos equipamentos e otimizar a disponibilidade operacional** por meio de acções planeadas.

Ainda assim, a presença significativa de manutenções correctivas (35%) aponta para **oportunidades de melhoria no aprimoramento de planos de manutenção preventiva e predictiva**, visando a redução de intervenções não programadas e seus consequentes impactos no desempenho operacional.

3.2.2. Tabela: Tipos de manutenção por equipamento/componente

Tabela 6: Tipo de manutenção implementado vs. equipamento.

Tipo de Intervenção	Exemplos de Componentes Atingidos	Observações Técnicas
Preventiva	<i>Boreholes</i> , UPS de painéis, cabos de comando, bornes	PMs realizados conforme cronograma mensal
Correctiva	Disjuntores MCCB/ACB, motores, painéis MCC, UPSs, changeovers	Falhas inesperadas; muitas sem registos prévios digitais

Fonte: Autora (2025)

3.2.3. Maiores ocorrências por local

A tabela abaixo apresenta os locais com maior frequência de manutenção nos meses analisados:

Tabela 7: Locais com maior frequência de manutenção na Planta.

Local	Total de Manutenções
<i>DG Area (geradores e changeovers)</i>	7
<i>Log Wash Area</i>	4
<i>Floculant Plant</i>	3
<i>Substation/Work Shop/MCCs</i>	2
<i>Consulmet Camp</i>	2
<i>Logwash Area (área duplicada)</i>	1
<i>MCC2</i>	1
<i>Work Shop</i>	1
<i>DMS Area</i>	1
<i>Jojo Tank Area</i>	1

Fonte: Autora (2025)

Observação: A área DG (*Diesel Generator*) concentra a maioria das falhas devido à complexidade na distribuição e mudança de cargas.

3.2.4. Tabela: Exemplo de manutenções executadas

Tabela 8: Manutenções executadas

Data	Descrição da Ocorrência	Local	Tempo	Tipo
03/01/2025	Cabo de alimentação substituído em UPS	MCC Thickener	2h	Correctiva
04/02/2025	Falha em DG31, reconexão de placas de díodo	DG Area	6 dias	Correctiva
08/02/2025	Motor do <i>Grizzly</i> com falha mecânica e eléctrica	Front End	2h	Correctiva
10/02/2025	Substituição de parafusos de base em tela vibratória	Log Wash Area	1h	Correctiva
06/01/2025	PM em <i>Boreholes</i> : limpeza, aperto, isolamento	BH 01, BH 20	3 dias	Preventiva

Fonte: Autora (2025)

3.2.5. Shutdowns programados – actividades críticas

Durante os shutdowns planeados realizados em fevereiro, foram executadas tarefas estratégicas como:

- ✓ Substituição de disjuntores ACB (até 3200 A) e MCCB em painéis principais;
- ✓ Testes de continuidade e termografia com equipamentos portáteis;
- ✓ Reforço nos cabos de alimentação principais de DGs até MCCs;
- ✓ Análise de harmónicos nos painéis MCC das áreas de *Wash Plant* e Centrífugas.

Essas acções foram programadas em blocos de 4 a 6 dias, com equipas de 3 a 4 técnicos trabalhando em turnos específicos para garantir segurança e produtividade.

3.2.6. Observações operacionais relevantes

- ✓ Tempo médio por intervenção: entre 2 a 8 horas, com variações de até 6 dias para casos envolvendo substituição de infraestrutura crítica;
- ✓ Composição da equipa de manutenção: normalmente formada por um assistente, um técnico especializado e um supervisor ou engenheiro eléctrico, garantindo a execução segura, eficiente e tecnicamente orientada das actividades;
- ✓ Recursos utilizados: cabos de potência (50 a 240 mm²), disjuntores, conectores, painéis de comando, e peças estruturais como parafusos, terminais e barramentos.

3.3. Infraestrutura eléctrica existente

Com base no diagrama técnico “**POWER RETICULATION TO PP**” e nos dados operacionais coletados durante o período de estágio, foi possível mapear de forma precisa os principais componentes da infraestrutura eléctrica que alimenta a planta de processamento da *Montepuez Ruby Mining* (MRM):

3.3.1. Fonte principal de energia

- ✓ A planta é formalmente alimentada por uma linha de média tensão (33 kV), proveniente do alimentador Metoro–Montepuez, com ponto de derivação localizado no povoado de Namanhumbir.
- ✓ Contudo, esta linha apresenta baixa confiabilidade, com oscilações frequentes de tensão e cortes abruptos não informados previamente, que chegam a ocorrer entre 5 a 6 vezes por dia. Esta instabilidade compromete gravemente a continuidade das operações industriais, especialmente aquelas de médio e grande porte.
- ✓ Em razão dessa limitação, a planta passou a operar com geradores premium de alta capacidade, que não são utilizados em regime de *standby*, mas sim como fonte principal de alimentação eléctrica (prime application).
- ✓ Tal cenário torna a manutenção da infraestrutura de geração local um fator crítico de sucesso, sendo conduzida de forma rigorosamente preventiva, a fim de garantir a disponibilidade e continuidade operacional da planta diante da ineficiência da rede pública.

3.3.2. Transformadores principais

A planta conta com **quatro transformadores trifásicos**, todos com relação de transformação **33/415 kV**, especificados conforme abaixo:

Tabela 9: Especificações dos Transformadores componentes da Planta

Transformador	Potência nominal (kVA)	Tensão primária	Tensão secundária
T1	630	33 kV	415 V
T2	630	33 kV	415 V
T3	1250	33 kV	415 V
T4	1500	33 kV	415 V

Fonte: Autora (2025)

Estes transformadores atendem diversas áreas críticas como os painéis MCC, casas de força, bombas industriais e a estação de lavagem de pedras preciosas.

3.3.3. Centros de controlo de motores (MCCs)

- Estão distribuídos conforme a planta industrial:
 - MCC-01 e MCC-02 – área de *Wash Plant* (estação de lavagem);
 - MCC-03 – Sector de espessamento (*Thickener*);
 - MCC-04 – Centrífugas de separação mineral.

3.3.4. Geração principal (*Prime Application*)

- A planta dispõe de um sistema de geração a diesel composto por:
 - 1 unidade de 1250 kVA
 - 1 unidade de 1100 kVA
 - 1 unidade de 850 kVA
- Estes grupos geradores não operam em regime de *standby*, mas sim em *prime application*, ou seja, funcionam como fonte principal de energia, devido à baixa confiabilidade da rede pública (linha Metoro–Montepuez).

3.3.5. Sistema de proteção e comutação

- A protecção da planta é feita por:
 - Disjuntores ACB (até 3200 A) nas saídas dos painéis principais;
 - Disjuntores MCCB (1000 A e 1600 A) nos sectores intermediários;
 - ATS (Automatic Transfer Switch) com controlo de sobrecarga e falha de rede.

3.4. Principais problemas identificados

A partir da análise integrada dos documentos operacionais, formulários técnicos e registos de campo, foram identificados os seguintes entraves que impactam a eficácia da manutenção eléctrica:

Tabela 10: Principais Problemas que impactam a eficácia da Manutenção Eléctrica.

Problema	Descrição
Falta de integração SCADA x Manutenção	O SCADA é utilizado apenas para controlo de produção, sem monitoramento de activos de manutenção.
Acesso lento ao histórico de falhas	Dados estão arquivados em papel, o que dificulta análises rápidas e comparativas.
Atrasos na reposição de peças	A média 3 – 4 semanas compromete a agilidade das intervenções correctivas.
Avaliação subjectiva da equipa	Não há sistema formal de KPIs; supervisores avaliam com base em observação direta.
Comunicação operacional fragmentada	As interações entre manutenção e logística são feitas por meio de um sistema denominado business Center e por e-mail , ainda assim este sistema tem algumas falhas que tornam o processo de aquisição de peças lento.

Fonte: Autora (2025)

3.5. Impactos operacionais e oportunidades de melhoria

Os problemas mencionados geram impactos diretos no desempenho da planta e indicam oportunidades claras para inovação no modelo de gestão de manutenção. Os principais efeitos e propostas estão descritos na tabela abaixo:

Tabela 11: Impactos Operacionais Vs Oportunidades de Melhoria.

Impacto observado	Oportunidade de melhoria
2 a 3 falhas críticas mensais	Implantação de sistema predictivo com sensores e alarmes integrados à gestão de activos.
Perda de produtividade por inactividade	Adoção de CMMS (<i>Computerized Maintenance Management System</i>) com histórico acessível.
Ausência de <i>KPIs</i> estruturados	Desenvolvimento de painéis de indicadores técnicos, como MTBF, MTTR e índice de falhas.
Dificuldade no rastreio de ordens de serviço	Digitalização do ciclo completo de manutenção: abertura → execução → encerramento.
Comunicação e logística ineficientes	Integração entre CMMS e <i>stock</i> /logística com visibilidade em tempo real.

Fonte: Autora (2025)

Funcionalidades-chave recomendadas para o sistema CMMS:

- ✓ Cadastro e rastreamento completo de activos;
- ✓ Ordens de serviço electrónicas com notificações automatizadas;
- ✓ Histórico de manutenção por equipamento, com anexos e evidências;
- ✓ Integração com inventário e alarmes (por exemplo, via *SCADA*);
- ✓ Relatórios mensais automáticos e painéis de controlo com *KPIs*;
- ✓ Acesso remoto e por dispositivos móveis para equipas de campo.

CAPÍTULO IV – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise crítica e interpretativa dos resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho, à luz dos objectivos específicos definidos e da metodologia aplicada. A discussão estrutura-se em seis grandes eixos temáticos que agrupam os principais tópicos: (i) Gestão da Informação e Registo Técnico; (ii) Monitoramento e Indicadores Técnicos; (iii) Integração Operacional e Comunicação; (iv) Desempenho Técnico e Classificação das Actividades; (v) Infraestrutura e Ocorrências Locais; e (vi) Avaliação do Sistema Computarizado Desenvolvido. Cada secção busca comparar o modelo tradicional de gestão de manutenção eléctrica utilizado na planta da MRM com a solução proposta e desenvolvida neste trabalho, evidenciando os ganhos técnicos e operacionais alcançados.

4.1 Gestão da informação e registo técnico

A forma de registo das intervenções de manutenção na MRM, antes da proposta deste trabalho, era essencialmente manual, baseada em formulários impressos e planilhas electrónicas armazenadas de forma descentralizada. Esse modelo apresentava fragilidades evidentes, como a dificuldade de acesso a informações históricas, perda de registos, falhas na rastreabilidade de peças substituídas e dependência excessiva da memória dos técnicos mais experientes.

A implantação do sistema CMMS permitiu a digitalização total do processo de registo, garantindo padronização, centralização e segurança das informações. O sistema permite registar falhas, intervenções realizadas, equipamentos afectados, peças utilizadas e técnicos responsáveis, tudo de forma estruturada e acessível por múltiplos usuários.

Tabela 12: Comparativo entre o modelo tradicional e o sistema computacional desenvolvido.

Aspecto	Modelo antigo	Sistema CMMS Desenvolvido
Formato dos registos	Papel e planilhas <i>excel</i>	Plataforma <i>Web</i> com banco de dados
Acesso à informação	Local e manual	<i>Online</i> , integrado e por filtros
Rastreabilidade de falhas	Limitada	Completa (por data, equipamento, técnico)
Emissão de relatórios	Manual	Automática e customizável

Fonte: Autora (2025)

4.2 Monitoramento e indicadores técnicos

O monitoramento dos activos eléctricos era realizado de forma periódica e manual, com medições anotadas por técnicos em formulários físicos, o que resultava em baixa frequência de actualização e risco de perda de dados. Além disso, os indicadores técnicos como MTBF (Mean Time Between Failures) e MTTR (Mean Time to Repair) não eram calculados de forma sistemática, impossibilitando a gestão baseada em dados.

Com o sistema CMMS, foi estruturada uma base de cálculo automática desses indicadores a partir das ordens de serviço registadas. A título de exemplo, a planta apresentou os seguintes valores médios durante o período analisado:

Tabela 13: Indicadores técnicos colectados na MRM

Equipamento	MTBF (dias)	MTTR (horas)
Motores	40	7
Transformadores	60	6

Fonte: Autora (2025)

A implementação do sistema possibilita monitoramento em tempo real (futuramente integrado via *SCADA*), o que cria as condições ideais para adoção da manutenção preditiva.

4.3 Integração operacional e comunicação

A análise dos dados mostrou que havia forte fragmentação entre os sectores de manutenção, estoque e supervisão. A comunicação era predominantemente verbal ou via mensagens informais, gerando atrasos na reposição de peças, ordens de serviço não documentadas e retrabalho por falhas de registo.

A solução computacional proposta oferece um fluxo de trabalho integrado, com ordens de serviço electrónicas que podem ser abertas por supervisores e actualizadas por técnicos. O sistema possui funcionalidades que permitem vincular cada intervenção ao estoque de peças e acompanhar sua execução até o fechamento. A rastreabilidade das acções e peças utilizadas se torna automática e transparente.

Esse ganho de integração não apenas optimiza a comunicação interna, como reduz o tempo de resposta e melhora a gestão de materiais críticos.

4.4 Desempenho técnico e classificação das actividades

Antes da implementação do sistema, a avaliação do desempenho técnico da equipa era baseada em percepções dos supervisores, sem indicadores objectivos. Além disso, a maior parte das intervenções (68%) era de natureza correctiva, revelando um modelo de manutenção ainda reactivo.

O sistema CMMS, por sua vez, vincula cada técnico às ordens de serviço que executa, permitindo gerar relatórios de produtividade, tempo médio por serviço e reincidência de falhas nos equipamentos atendidos. Com isso, cria-se uma base meritocrática para avaliação de desempenho.

No que diz respeito à classificação das actividades de manutenção, o sistema permite o agendamento de manutenções preventivas, com alertas automáticos para equipamentos críticos, facilitando a transição de um modelo reactivo para um modelo planeado.

Tabela 14: Evolução esperada com a implantação do CMMS.

Indicador	Situação actual	Projecção com sistema
% de manutenções preventivas	32%	≥ 50% em 12 meses
Base de avaliação dos técnicos	Subjectiva	Relatórios automatizados
Tempo médio para resposta	Acima de 6h	Redução para <4h (meta)

Fonte: Autora (2025)

4.5 Infraestrutura e ocorrências locais

A análise do histórico revelou que os sectores com maior incidência de falhas eram os geradores diesel e os painéis MCC (Motor Control Centers), concentrando mais de 45% das ordens de serviço registadas. A ausência de filtragem por localização dificultava o reconhecimento de áreas críticas e o direccionamento eficaz dos recursos.

O novo sistema permite filtrar registos por localização e tipo de equipamento, o que facilita a priorização de acções de manutenção e o reforço da vigilância técnica em zonas de maior risco. Além disso, a robusta infraestrutura eléctrica da planta — com UPS, transformadores e disjuntores de grande porte — exige alto grau de confiabilidade na manutenção, o que só é possível com apoio de ferramentas digitais como a desenvolvida.

4.5.1. Arquitetura técnica e funcionalidades estratégicas do sistema CMMS desenvolvido para a MRM

O presente subcapítulo tem por objectivo aprofundar a apresentação da solução computacional desenvolvida neste trabalho, destacando sua arquitetura, estrutura funcional e alinhamento estratégico com os objectivos da manutenção eléctrica na planta de processamento da *Montepuez Ruby Mining* (MRM). Considerando que o sistema CMMS (Computerized Maintenance Management System) representa o núcleo da proposta de optimização, este capítulo explora os princípios de engenharia que nortearam seu desenvolvimento, bem como os resultados esperados com sua implantação.

4.5.1.1. Princípios de projecto e racionalidade técnica

O desenvolvimento do sistema CMMS foi guiado por uma abordagem centrada na realidade da planta da MRM, considerando os seguintes princípios:

- ✓ **Simplicidade operacional com robustez técnica:** A interface foi projectada para facilitar o uso por técnicos com diferentes níveis de familiaridade digital, mantendo consistência na colecta e organização dos dados.
- ✓ **Adaptabilidade ao contexto de mineração remota:** O sistema pode funcionar em ambientes com limitações de conectividade, sendo compatível com uso em rede local e com possibilidade de sincronização posterior.
- ✓ **Modularidade e escalabilidade:** A estrutura modular permite a expansão futura para outras áreas da manutenção (mecânica, civil), assim como a integração com sistemas de estoque, sensores e SCADA.
- ✓ **Uso de tecnologias abertas:** A escolha de ferramentas como PHP, MySQL, HTML e JavaScript favorece a manutenção do sistema e reduz custos de licenciamento.

4.5.1.2. Estrutura Modular do Sistema

O sistema CMMS desenvolvido é composto por módulos funcionais integrados, cada um com finalidades específicas:

- ✓ **Cadastro de Activos:** Permite o registo completo de equipamentos, incluindo dados técnicos, localização, imagens e fabricantes. Esse módulo é essencial para a rastreabilidade e para o planeamento de manutenções preventivas.
- ✓ **Ordens de Serviço (OS):** Gerencia todo o ciclo da intervenção técnica, desde a abertura da OS, atribuição de técnico, execução das actividades e encerramento digital com registo de peças utilizadas.
- ✓ **Indicadores Técnicos:** Gera automaticamente indicadores como MTTR, MTBF, backlog e tempo de resposta. Esses dados podem ser visualizados em relatórios e exportados para análise externa.
- ✓ **Relatórios e Análise:** Fornece relatórios por equipamento, técnico ou sector, com opção de filtros por período, tipo de falha e nível de criticidade.

- ✓ **Controlo de acesso:** diferencia os perfis de usuário (técnico, supervisor, administrador), garantindo segurança e integridade nas edições.
- ✓ **Upload de documentos e evidências:** permite anexar imagens, laudos, diagramas e relatórios às ordens de serviço.

4.5.1.3. Lógica de funcionamento e fluxo operacional

O funcionamento do sistema baseia-se em um fluxo estruturado de dados:

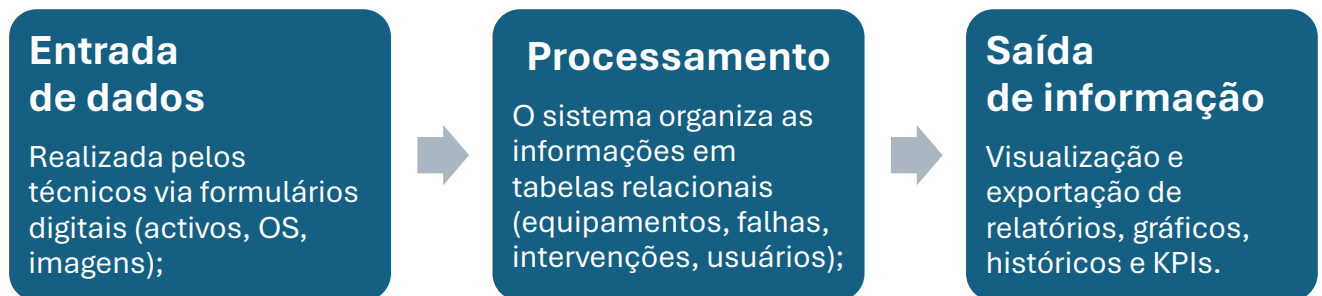


Figura 10: Fluxograma de processamento de dados, Fonte: Autora (2025).

A figura do dashboard inicial concentra os principais acessos aos módulos operacionais, com indicadores em tempo real e alertas visuais.

4.5.1.4. Diferenciais técnicos e inovações introduzidas

Entre os principais diferenciais do sistema, destacam-se:

- ✓ **Centralização de dados históricos com acesso remoto;**
- ✓ **Automatização de cálculos técnicos** com base em dados de campo;
- ✓ **Interface responsiva** para uso em dispositivos móveis durante as intervenções;
- ✓ **Estrutura pronta para integração com IoT e SCADA**, ampliando o potencial para manutenção preditiva.

4.5.1.5. Alinhamento com o conceito de manutenção 4.0

A solução proposta posiciona a MRM dentro do paradigma da Manutenção 4.0, ao:

- ✓ Promover a digitalização completa dos registos de manutenção;
- ✓ Permitir análise de dados em tempo real e alimentação de dashboards estratégicos;

- ✓ Fornecer subsídios para tomada de decisão baseada em indicadores de desempenho confiáveis;
- ✓ Preparar o ambiente para uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina no futuro.

Em síntese, o sistema CMMS desenvolvido não é apenas uma ferramenta operacional, mas sim uma solução estratégica de suporte à eficiência, segurança e sustentabilidade da manutenção eléctrica industrial na planta da *Montepuez Ruby Mining*.

4.6. Avaliação técnica, funcional e estratégica do sistema computadorizado desenvolvido para a MRM

O sistema computacional desenvolvido neste trabalho configura-se como uma solução do tipo **CMMS – Computerized Maintenance Management System**, desenhada sob medida para a realidade e necessidades específicas da planta de processamento da *Montepuez Ruby Mining* (MRM). Seu diferencial não está apenas na digitalização dos processos, mas na transformação do modelo de gestão de manutenção, ao oferecer uma ferramenta prática, confiável e escalável.

4.6.1. Funcionalidades principais e capacidades técnicas

O sistema apresenta um conjunto robusto de funcionalidades voltadas para o apoio prático às actividades de manutenção eléctrica:

- ✓ Cadastro completo de activos eléctricos, com dados técnicos, imagens, localização e status operacional;
- ✓ Ciclo completo de ordens de serviço: abertura, execução e encerramento com vinculação ao técnico e ao sector;
- ✓ Geração automática de indicadores técnicos, como MTBF, MTTR, backlog e índice de disponibilidade;
- ✓ Emissão de relatórios customizados, com filtros por período, equipamento, local e responsável;
- ✓ Integração com controlo de estoque e sistema de perfis por nível de acesso;
- ✓ Infraestrutura tecnológica preparada para integração futura com sensores, IoT e SCADA.

4.6.2. Comparativo entre o modelo tradicional e o sistema desenvolvido

Tabela 15: Comparação entre Modelo tradicional e Sistema desenvolvido para Gestão de informação, Fonte: Autora (2025).

Critério	Modelo tradicional	Sistema CMMS desenvolvido
Registo de informações	Manual e descentralizado	Digital, centralizado, com filtros
Acompanhamento de OS	Limitado e não rastreável	Em tempo real, com histórico completo
Geração de indicadores	Inexistente ou esporádica	Automática, por equipamento e técnico
Planeamento de manutenções	Reactivo (sem controlo prévio)	Preventivo, com alertas programáveis
Acesso remoto	Inexistente	Disponível via rede local/internet

Fonte: Autora (2025)

4.6.3. Pontos fortes e benefícios estratégicos

Tabela 16: Pontos fortes e benefícios estratégicos na gestão de informação, Fonte: Autora (2025).

Aspecto avaliado	Benefício estratégico
Centralização da informação	Elimina dispersão de registos e melhora o acesso a dados históricos
Indicadores técnicos	Suporte à decisão baseada em dados e ao controlo de desempenho técnico
Planeamento preventivo	Redução de falhas não programadas e aumento da vida útil dos activos
Integração entre sectores	Melhoria na comunicação e rastreabilidade de peças e ordens de serviço
Facilidade de uso	Interface simples, adaptada à equipa operacional com diferentes perfis

Fonte: Autora (2025)

4.6.4. Desafios e Limitações Iniciais

Tabela 17: Desafios e limitações na gestão de informação, Fonte: Autora (2025).

Desafio Identificado	Possível Solução
Necessidade de capacitação contínua	Programas de treinamento prático e produção de tutoriais internos
Resistência à mudança cultural	Envolvimento dos técnicos no processo de implantação e validação
Integração com sistemas existentes	Desenvolvimento progressivo de APIs e módulos compatíveis com ERP/SCADA
Conectividade limitada em campo	Solução híbrida offline com sincronização local e posterior upload em rede

Fonte: Autora (2025)

4.6.5. Sugestões de diagramas para apoio visual

Para complementar a apresentação e facilitar o entendimento técnico do sistema, recomenda-se a inserção dos seguintes diagramas e elementos visuais:

- ✓ **Fluxograma operacional do sistema CMMS:** destacando a sequência de actividades desde o cadastro de activos até o encerramento da OS;
- ✓ **Diagrama da arquitetura técnica:** representando o modelo cliente-servidor, módulos internos e fluxo de dados com banco de dados relacional;
- ✓ **Dashboard de indicadores técnicos:** simulação visual do painel com MTBF, MTTR, *backlog* e OS abertas/encerradas;
- ✓ **Mapa de localização de activos críticos:** representação gráfica com filtro por área e frequência de falhas.

4.6.6. Conclusão da avaliação

O sistema CMMS desenvolvido vai além de um *software* funcional; ele representa um avanço estrutural na forma como a manutenção eléctrica é gerida na MRM. A digitalização do ciclo de manutenção, o suporte à tomada de decisão baseada em evidências e a melhoria da comunicação intersectorial demonstram que a proposta é não apenas tecnicamente viável, mas estrategicamente transformadora.

Os impactos positivos são mensuráveis, replicáveis e projectam a *Montepuez Ruby Mining* para um novo patamar de maturidade na gestão de activos eléctricos industriais, alinhando-se às tendências globais da Indústria 4.0.

5. CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho permitiu alcançar com êxito o objectivo de criar uma solução computacional que respondesse aos principais desafios enfrentados pela manutenção eléctrica da planta da MRM. O diagnóstico inicial revelou um cenário marcado por registos manuais, baixa rastreabilidade, ausência de indicadores e comunicação ineficiente entre sectores.

A implantação de um sistema CMMS personalizado permitiu centralizar dados, digitalizar processos, estruturar o histórico técnico e automatizar a geração de indicadores fundamentais para a gestão de activos, como MTTR e MTBF. Além disso, possibilitou o planeamento de manutenções preventivas, a avaliação objectiva da equipa técnica e a melhora na tomada de decisões operacionais.

A validação prática do sistema confirmou sua viabilidade técnica e eficácia funcional, com ganhos expressivos na produtividade e confiabilidade das operações. A solução desenvolvida posiciona a MRM em alinhamento com as melhores práticas da Indústria 4.0, promovendo uma gestão mais estratégica, integrada e sustentável da manutenção eléctrica.

Assim, conclui-se que o sistema proposto não apenas resolve as fragilidades diagnosticadas, mas também estabelece uma base sólida para a evolução contínua da gestão de manutenção na empresa.

5.2. RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados alcançados e nas potencialidades identificadas ao longo do projecto, são feitas as seguintes recomendações para garantir a continuidade e a evolução do sistema:

1. **Implantação por etapas e capacitação contínua:** Realizar a expansão gradual do sistema em toda a planta, acompanhada de treinamentos práticos e tutoriais para garantir o domínio pleno da ferramenta por parte da equipa técnica.
2. **Ampliação do escopo para outras áreas de manutenção:** Extender o uso do sistema para os sectores de manutenção mecânica, hidráulica e civil, promovendo uma gestão integrada de todos os activos industriais.

3. **Integração com o sector de logística e inventário:** Conectar o sistema ao ocontrol de estoque, permitindo a emissão automática de requisições de material e monitoramento de disponibilidade em tempo real.
4. **Incorporação de sensores e sistemas SCADA (Manutenção Predictiva):** Integrar sensores IoT e SCADA ao sistema para viabilizar monitoramento contínuo e antecipação de falhas, fortalecendo a estratégia de manutenção predictiva.
5. **Criação de *dashboards* gerenciais:** Desenvolver painéis estratégicos com indicadores como MTBF, MTTR, *backlog* e disponibilidade, para uso pela supervisão e pela direção da planta.
6. **Registo de lições aprendidas:** Implantar um módulo para que técnicos documentem soluções adotadas em falhas complexas, criando uma base de conhecimento institucional valiosa.
7. **Avaliação periódica da eficácia do sistema:** Realizar auditorias trimestrais sobre o desempenho do sistema, avaliando o impacto na redução de inactividade e propondo melhorias contínuas.

Essas recomendações visam consolidar o sistema como um pilar estratégico da manutenção industrial da MRM, garantindo productividade, eficiência e alinhamento tecnológico com os padrões globais da indústria.

Referências Bibliográficas

- ABB Group. (2022). *Relatório anual de manutenção preditiva na mineração 2022: Análise de falhas em equipamentos críticos* [Annual predictive maintenance report in mining 2022: Critical equipment failure analysis]. ABB Ltd.
- Anglo American PLC. (2021). *Relatório de inovação em manutenção 2021: Implementação de IoT em operações mineiras* [Maintenance innovation report 2021: IoT implementation in mining operations]. Anglo American.
- Castro, E. (2014). *HTML5 e CSS3: Guia rápido e visual* (7ª ed.). Alta Books.
- Deloitte. (2022). *Relatório de transformação digital na manutenção industrial 2022: Estudos de caso e melhores práticas* [Digital transformation in industrial maintenance report 2022: Case studies and best practices]. Deloitte Touche Tohmatsu.
- Duckett, J. (2014). *HTML e CSS: Projete e construa websites* (1ª ed.). Alta Books.
- Duro, E. (2020). *MySQL: Guia do programador para banco de dados*. Novatec.
- Flanagan, D. (2020). *JavaScript: O guia definitivo* (7ª ed.). O'Reilly.
- Friese, K. (2017). *Manual do XAMPP: Como configurar e usar o servidor local para PHP e MySQL*. Digerati.
- García, M. J. (2019). *Integrated maintenance management systems: Connecting ERP, CMMS and inventory for operational excellence*. Springer.
- Higgins, L. R. (2018). *Computerized maintenance management systems* (3rd ed.). McGraw-Hill Education
- IEEE. (1998). *IEEE guide for maintenance, operation, and safety of industrial and commercial power systems* (IEEE Std 902-1998).
- Lindley, J. (2017). *PHP e MySQL: Desenvolvimento web*. Bookman.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to total productive maintenance (TPM)*. Productivity Press.
- Nowlan, F. S., & Heap, H. F. (2018). *Reliability-centered maintenance* (2nd ed.). SAE International. (Original work published 1978)
- Palmer, R. D. (1999). *Maintenance planning and scheduling handbook*. McGraw-Hill.

REFERÊNCIAS

PRESSMAN, R. S. Engenharia de software: uma abordagem profissional. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2016.

Smith, R. A. (2015). *Reliability, maintainability and risk: Practical methods for engineers* (9th ed.). Butterworth-Heinemann.

SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de software. 9. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

VISUAL PARADIGM. What is UML? 2023. Disponível em: <https://www.visual-paradigm.com/guide/uml-unified-modeling-language/what-is-uml/>. Acesso em: 4 agosto 2025.

ANEXOS

Anexo 1: Localização geográfica da Planta de Processamento

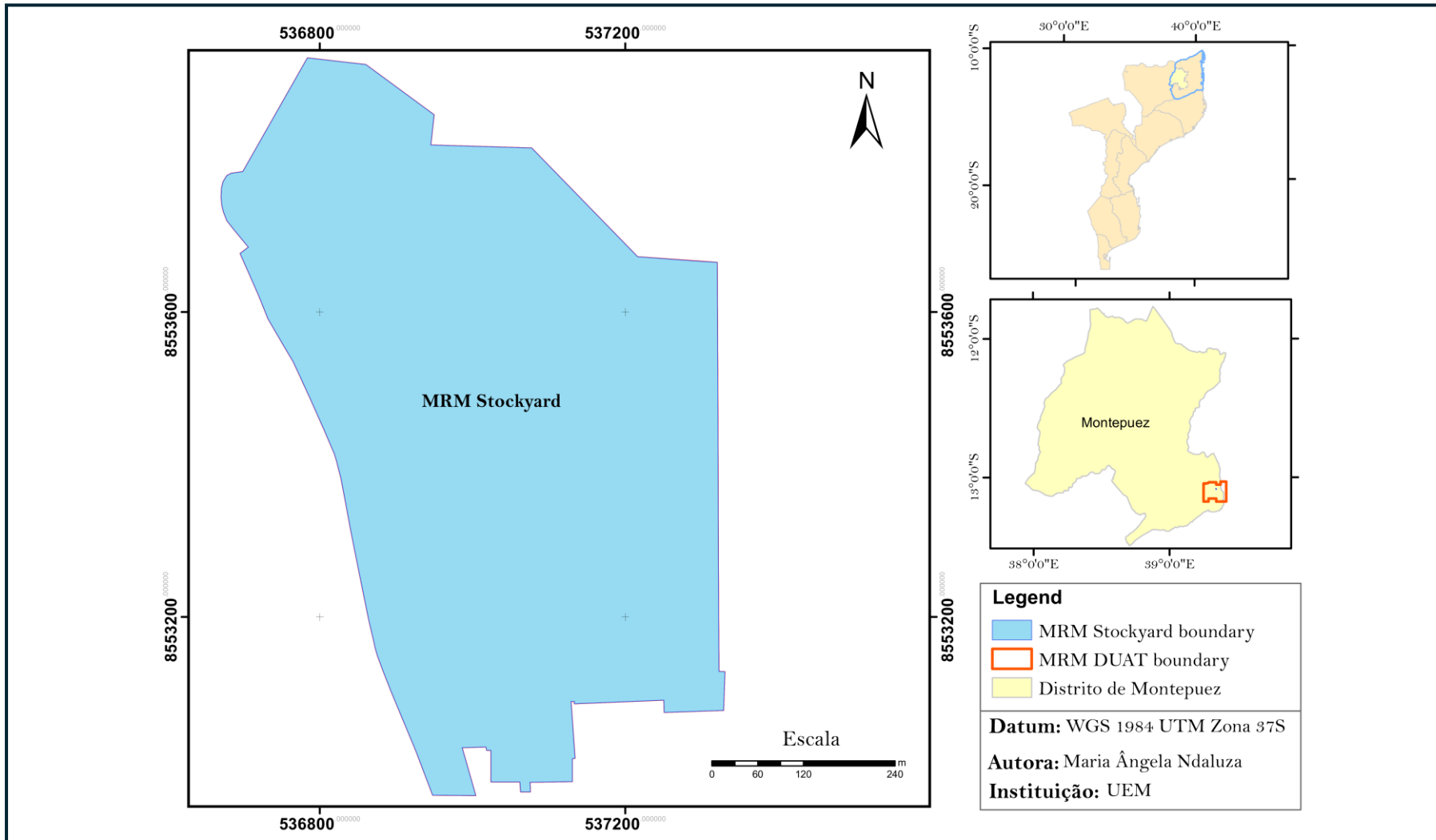


Figura A1-1. Localização geográfica da planta de processamento

Anexo 2: Exemplo 1 de check list de manutenção preventiva

Electrical Maintenance Jobs & Breakdown 01/01/25 to 31/01/25										
<u>S.N</u>	<u>Planned Jobs / Breakdown</u>	<u>Priority</u>	<u>Location</u>	<u>Started Date</u>	<u>End Date</u>	<u>Time Delay</u>	<u>Manpower</u>	<u>Material Issued/Available</u>	<u>Qty</u>	<u>Remark</u>
1	Borehole PM (Clean, Tightness & Insulation)									
2	Thickener UPS Trip									
3	Front End Panel Trip									
4	Mixing Tank Level Sensor Malfuncion									
5	JOJO Motor Bearing Change									
6	DM Motor Trip									
7	Change JOJO Motor with Old Motor									
8	Agregate Screen Base Bolt Broken									
9	MN Power Supply Trip									
10	DG 31 Faulty									
11	Shift DG 11 to DG 31 Area and Connect with MCC2 (ATS - 04)									
12	Install DG & Panel Supply									
13	Connect DG 16 to MCC3 (ATS - 01)									
14	5S Jobs									
Electrical Incharge: Nandadulal Dash										

Tabela A2-2. Exemplo de check list de manutencao preventiva

Anexo 3: Exemplo 2 de check list de manutenção preventiva

Electrical Shutdown Jobs 200TPH Plant 01/01/25 to 31/01/25								
<u>S.N</u>	<u>Activity</u>	<u>Date</u>	<u>Time Delay</u>	<u>Location</u>	<u>Manpower</u>	<u>Material Used</u>	<u>Qty</u>	<u>Remark</u>
1	Motor Greasing							
2	Belt Scale Zero Calibration							
3	Motor & Cable PM (Clean, Tightness & Insulation)							
4	Jojo Motor Change							
5	Belt Scale Zero Calibration							
6	Install ChangeOver System EDM/ UPS for Sizing Conveyor							
7	Install ChangeOver System EDM/ UPS for Thickener							
8	Belt Scale Zero Calibration							
9	Motor Greasing							
10	Belt Scale Zero Calibration							
11	Cable Laying from DG 21 to ATS 01							
Electrical Incharge: Nandadulal Dash								

Tabela A3-3. Exemplo 2 de check list de manutenção preventiva

Anexo 4: Tabela de Fórmulas usadas para o cálculo dos indicadores

Indicador	Descrição	Fórmula	Variáveis necessárias
MTTR – Mean Time to Repair	Mede o tempo médio necessário para reparar um equipamento após uma falha.	$MTTR = \frac{\text{Tempo total de reparo}}{\text{Número de falhas}}$	<ul style="list-style-type: none"> Tempo total de reparo (em horas ou minutos) Número total de falhas ocorridas
MTBF – Mean Time Between Failures	Mede o tempo médio de funcionamento de um equipamento entre duas falhas.	$MTBF = \frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número de falhas}}$	<ul style="list-style-type: none"> Tempo total de operação do equipamento (em horas) Número total de falhas
Disponibilidade Operacional	Mede o tempo em que o equipamento está disponível para operar.	$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$	<ul style="list-style-type: none"> MTBF (calculado previamente) MTTR (calculado previamente)
Backlog de Manutenção	Quantidade de trabalho pendente de manutenção (em horas ou dias).	$\text{Backlog} = \frac{\text{Total de horas de trabalho pendentes}}{\text{Capacidade semanal da equipa}}$	<ul style="list-style-type: none"> Total de horas de manutenção pendente Capacidade semanal da equipa de manutenção (em horas)
% Manutenção Preventiva vs Correctiva	Avalia o equilíbrio entre os tipos de manutenção realizados.	$\% \text{ Preventiva} = \frac{\text{Horas de manutenção preventivas}}{\text{Horas totais de manutenção}} \times 100$	<ul style="list-style-type: none"> Horas dedicadas à manutenção preventiva Horas totais de manutenção (preventiva + correctiva)
Taxa de Quebra	Mostra a frequência de falhas em relação ao número total de equipamentos.	$\text{Taxa de Quebra} = \frac{\text{Nº de equipamentos com falha}}{\text{Nº total de equipamentos}} \times 100$	<ul style="list-style-type: none"> Número de equipamentos que apresentaram falha Número total de equipamentos monitorados
Confiabilidade do Equipamento	Probabilidade de o equipamento funcionar sem falha durante determinado tempo.	$R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}}$	<ul style="list-style-type: none"> t = tempo específico de operação desejado (em horas ou dias) MTBF (calculado anteriormente)
Cumprimento do Plano de Manutenção	Avalia a execução do plano de manutenção previsto.	$\% \text{ Cumprimento} = \frac{\text{Ordens de serviço concluídas}}{\text{Ordens de serviço planeadas}} \times 100$	<ul style="list-style-type: none"> Número de ordens de serviço concluídas Número total de ordens de serviço planeadas

Tabela A4-4. Fórmulas usadas no cálculo dos indicadores

ANEXOS

Anexo 5: Formulário de Colecta de dados

<i>Desenvolvimento de um Sistema Computarizado para Optimização da Manutenção Eléctrica na Planta de Processamento da Montepuez Ruby Mining</i>			
	Estudante:	Maria Ângela Fernando Ndaluzá	
	Instituição:	Montepuez Ruby Mining (MRM)	
	Local:	Planta de Processamento – Montepuez, Cabo Delgado	
	Data de Início da Colecta:	DD/MM/AA	
	Supervisor (UEM):	Eng. Zefanias Mabote	
	Co-Supervisor (Empresa):	Eng. Luís Armando	
Nº	Tipo de Informação a Colectar	Descrição/Objectivo	Dados Colectados / Observações
1	Histórico de Manutenção	Tipos de registos disponíveis (manuais, digitais), frequência de manutenção	
2	Tipos de Equipamentos Críticos	Listar motores, transformadores, sistemas automatizados e outros	
3	Dados Operacionais Regulares	Que parâmetros são monitorados (tensão, corrente, temperatura, vibração, etc.)	
4	Tempo Médio entre Falhas (MTBF)	Quantas falhas ocorrem por equipamento em determinado período	
5	Tempo Médio para Reparo (MTTR)	Tempo médio gasto nas manutenções correctivas	
6	Método de Registo Actual	Forma de arquivamento: papel, Excel, CMMS (ex: SAP PM)	
7	Inventário de Peças de Reposição	Existência de peças críticas em <i>stock</i> , tempo médio de aquisição	
8	Equipa de Manutenção	Número de técnicos, qualificações, turnos de trabalho	
9	Permissões e Hierarquia Operacional	Quem executa, quem supervisiona, quem aprova ordens de serviço	
10	Softwares ou Tecnologias Utilizadas	Ferramentas digitais atuais: sensores, SCADA, CMMS, alarmes, etc.	
11	Ocorrências no Sistema Eléctrico	Frequência de falhas, interrupções ou falhas críticas	
12	Indicadores de Performance (KPIs)	Quais KPIs são utilizados: disponibilidade, produtividade, etc.	
13	Custos com Manutenção	Média mensal/anual de gastos com manutenção eléctrica e parada de equipamentos	
14	Dificuldades Apontadas pelos Técnicos	Comentários sobre limitações actuais no acesso à informação, tempo de resposta, etc.	

Tabela 5-5. Formulário de colecta de dados

Anexo 6: Diagrama de processos da Planta

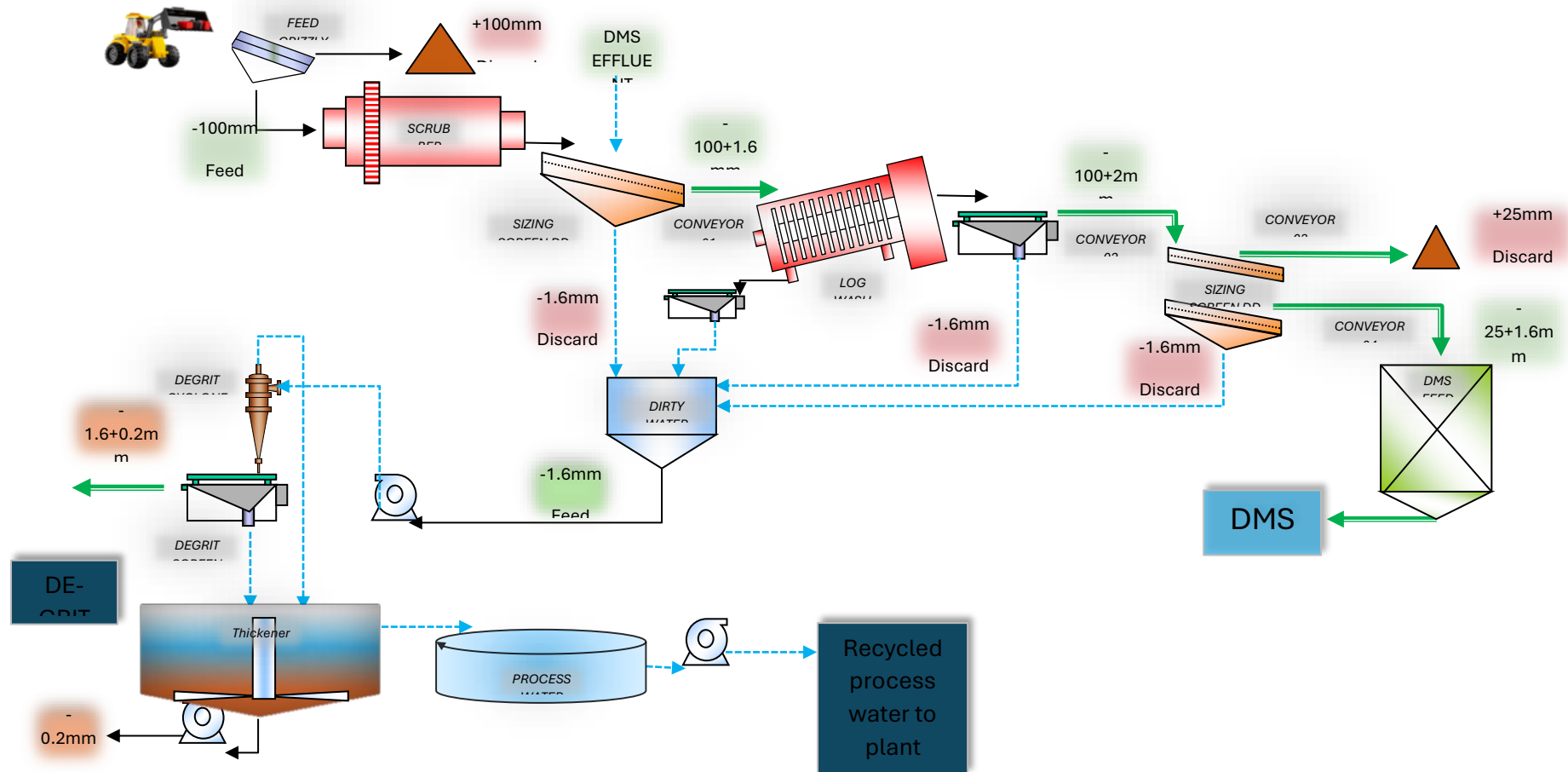


Figura A6-6. Diagrama de processos da planta

Anexo 7: Manual de utilização

Guia Prático de Utilização da Plataforma Digital de Gestão de Manutenção

Anexo 7: Manual de utilização

Montepuez Rubi Minig

GUIA PRÁTICO DE UTILIZAÇÃO SCGM – MRM

05ht June, 2025

Presented by - Maria Angela



Figura A7-9. Imagem exterior da planta de processamento

Anexo 7: Manual de utilização

Figura A7-10. Imagem de Rubís

1. Introdução

→ Este guia prático tem como objetivo orientar os utilizadores da planta de processamento da Montepuez Ruby Mining (MRM) sobre o uso eficiente do sistema computarizado de manutenção elétrica (CMMS). O sistema foi desenvolvido para centralizar as informações de ativos, intervenções técnicas e indicadores de desempenho, promovendo uma gestão inteligente e digitalizada da manutenção elétrica, alinhada às práticas da Indústria 4.0.

Anexo 7: Manual de utilização

2. Vantagens do Sistema CMMS



 Montepuez Rubi Mining



Acesso rápido ao histórico de falhas e intervenções

Redução do tempo de resposta técnica

Planeamento preventivo com alertas automáticos

Geração automática de relatórios e indicadores (MTTR, MTBF)

Integração com o estoque e rastreabilidade de peças

Registro digital estruturado e acessível remotamente

Figura A7-11. Imagem do interior da planta de processamento

Anexo 7: Manual de utilização

3. Funcionalidades Principais



 Montepuez Rubi Mining



Cadastro de Ativos:
inclusão de dados
técnicos, imagens e
localização dos
equipamentos

Ordens de Serviço (OS):
abertura, execução e
encerramento digital de OS
com atribuição por técnico

Indicadores Técnicos:
cálculo automático do
MTTR, MTBF e backlog

Relatórios e Gráficos:
exportação de dados por
período, equipamento ou
técnico

Integração: futura conexão
com sensores e SCADA

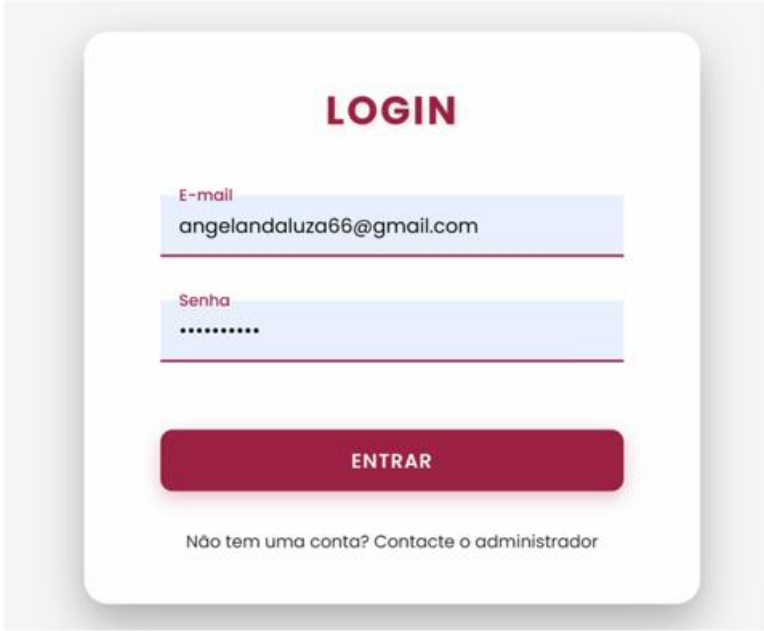
Controle de Acesso:
usuários com diferentes
permissões e níveis de
acesso

Figura A7-12. Imagem ilustrativa *brainstorming* das funcionalidades principais

Anexo 7: Manual de utilização

4. Tela de login do sistema

O acesso ao sistema é feito por meio de um navegador. O usuário deve inserir o e-mail autenticado e a respectiva senha previamente cadastrados como ilustrado abaixo:



A screenshot of a login form titled "LOGIN". The form contains two input fields: "E-mail" with the value "angelandaluza66@gmail.com" and "Senha" with masked characters "*****". Below the fields is a red button labeled "ENTRAR". At the bottom, there is a link: "Não tem uma conta? Contacte o administrador".

Figura A7-13. Login do sistema

Anexo 7: Manual de utilização

5. Dashboard Inicial

Após o login o usuário será direcionado ao painel onde estão acessíveis os módulos como Ativos, Ordens e Relatórios:

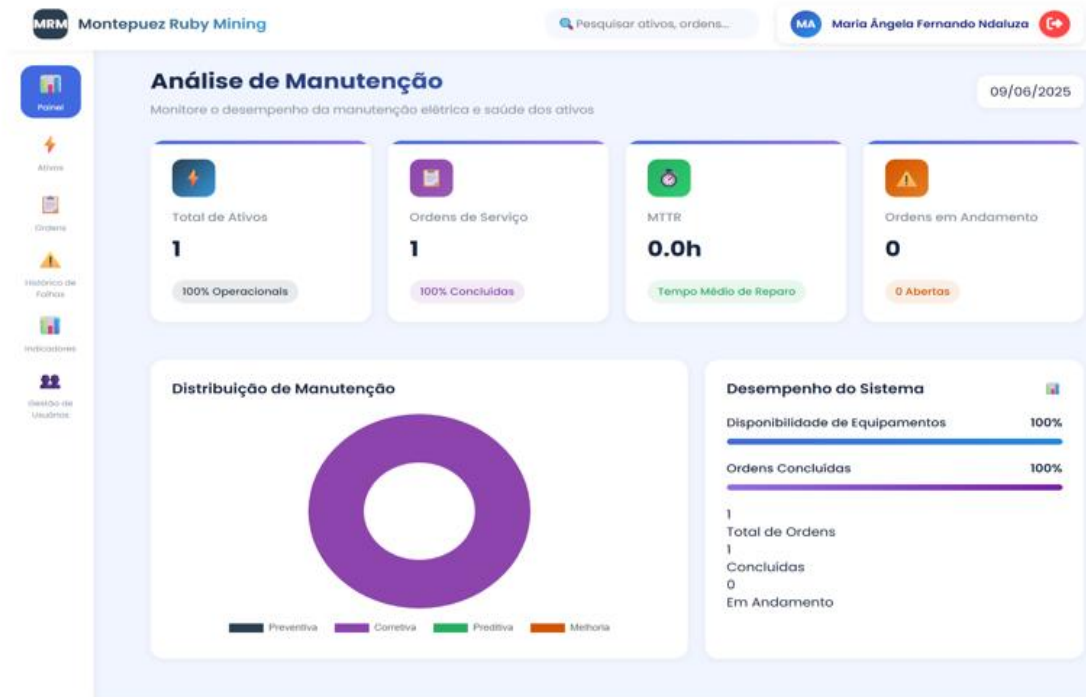


Figura A7-14. Dashboard Inicial

Anexo 7: Manual de utilização

6. Cadastro de Ativos

Neste módulo, o usuário pode cadastrar os equipamentos fornecendo informações técnicas como nome, tipo, número de série e várias outras informações:

The screenshot displays the 'Cadastro de Ativos' (Asset Registration) form within the MRM Montepuez Ruby Mining system. The interface includes a search bar, a user profile for Maria Ângela Fernando Ndaluzza, and a sidebar with navigation options: Painel, Ativos, Ordens, Histórico de Falhas, Indicadores, and Gestão de Usuários. The main form area is titled 'Cadastro de Ativos' and contains a section for 'Informações Básicas' with the following fields:

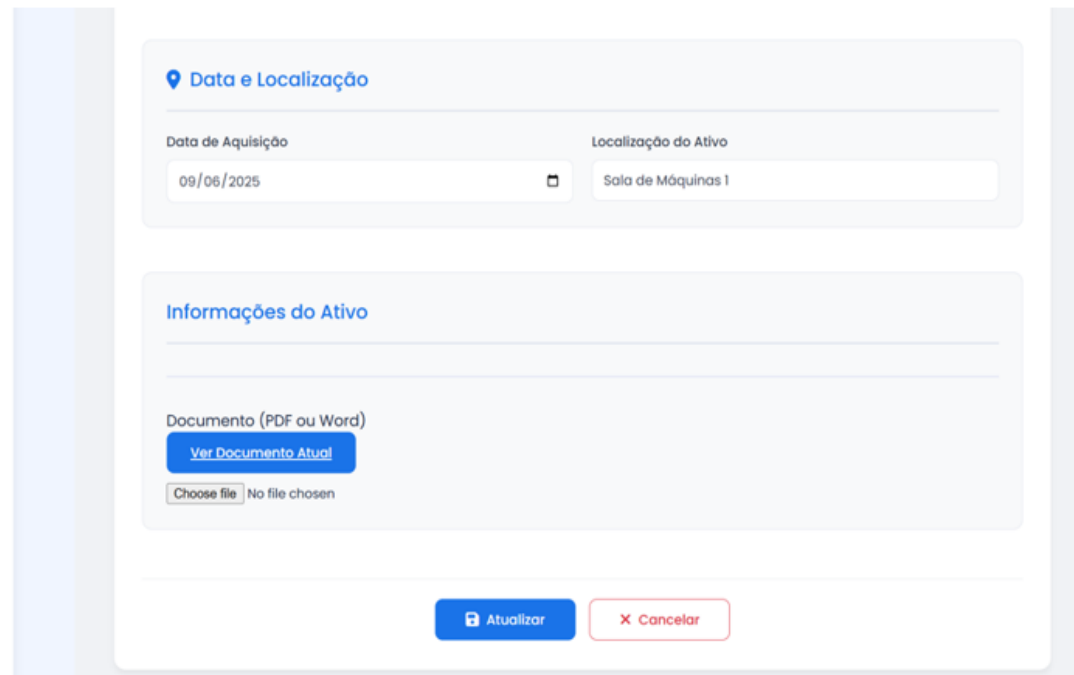
Informações Básicas	
Nome do Ativo	Código do Ativo
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo do Ativo	Status
<input type="text" value="Selecione o tipo"/>	<input type="text" value="Selecione o status"/>

Figura A7-15. Cadastro de activos

Anexo 7: Manual de utilização

7. Upload de documentos

Anexe todos os documentos que achar relevantes para o manuseio seguro do equipamento:



The screenshot displays a web form for document upload. It is divided into two main sections: 'Data e Localização' and 'Informações do Ativo'. In the 'Data e Localização' section, there are two input fields: 'Data de Aquisição' with the value '09/08/2025' and a calendar icon, and 'Localização do Ativo' with the value 'Sala de Máquinas 1'. The 'Informações do Ativo' section contains a label 'Documento (PDF ou Word)', a blue button labeled 'Ver Documento Atual', and a file selection area with a 'Choose file' button and the text 'No file chosen'. At the bottom of the form, there are two buttons: a blue 'Atualizar' button with a refresh icon and a red 'Cancelar' button with an 'X' icon.

Figura A7-16. Upload de documentos

Anexo 7: Manual de utilização

8. Ordens de Serviço

Neste painel podemos ver a lista de ordens em andamento ou concluídas, criar nova ordem, editar ou apagar:

The screenshot shows the 'Gestão de Ordens de Serviço' (Service Order Management) interface. At the top, there is a search bar for 'Pesquisar ativos, ordens...' and a user profile for 'Maria Ângela Fernando Ndaluz'.

The main content area features a table with the following data:

CÓDIGO OS	ATIVO	TIPO DE SERVIÇO	DATA ABERTURA	DATA CONCLUSÃO	STATUS	RESPONSÁVEL	AÇÕES
OS-20250609-083	Gerador Principal ATV0013423	Corretiva	09/06/2025 12:56	09/06/2025 12:58	CONCLUÍDA	Maria Ângela Fernando Ndaluz	[Editar] [Apagar]

A '+ Nova Ordem' button is located in the top right corner of the main content area.

Figura A7-17. Ordens de serviço

Anexo 7: Manual de utilização

9. Histórico de falhas

Neste painel temos apenas o histórico das manutenções do tipo correctivas

MRM Montepuez Ruby Mining Pesquisar ativos, ordens... MA Maria Ângela Fernando Ndaluz

Histórico de Falhas
Registro completo de falhas e manutenções correctivas

1 Falhas Registradas

ATIVO	DATA DA FALHA	DATA DE RETORNO	TEMPO PARADO	RESPONSÁVEL	ORDEM DE SERVIÇO	STATUS
Gerador Principal ATV0013423	09/06/2025 12:56	09/06/2025 12:58	1m	Maria Ângela Fernando Ndaluz	OS-20250609- 083 Teste	RESOLVIDO

Figura A7-18. Histórico de falhas

Anexo 7: Manual de utilização

10. Relatórios e Indicadores

O sistema gera automaticamente relatórios com indicadores como MTTR, MTBF e Backlog, com filtros por equipamento ou período:



Figura A7-19. Relatórios e indicadores

Anexo 7: Manual de utilização

11. Gestão de Usuários

Por último temos o painel que nos possibilita visualizar os usuários da plataforma, adicionar, editar ou eliminar:

The screenshot shows the 'Gerenciamento de Usuários' (User Management) interface. The top navigation bar includes the company logo 'MRM Montepuez Ruby Mining', a search bar 'Pesquisar ativos, ordens...', and the user profile 'MA Maria Ângela Fernando Ndaluzza'. The sidebar on the left contains icons for 'Painel', 'Ativos', 'Ordens', 'Histórico de Falhas', 'Indicadores', and 'Gestão de Usuários'. The main content area features a title 'Gerenciamento de Usuários' with a subtitle 'Gerencie os usuários do sistema' and a '+ Novo Usuário' button. Below this is a table with the following data:

Usuário	Email	Tipo	Status	Ações
MA Maria Ângela Fernando Ndaluzza	angelandaluza66@gmail.com	Admin	Ativo	[Edit]

Figura A7-20. Gestão de usuários

Anexo 7: Manual de utilização

12. Considerações Finais



10. Considerações Finais

Este guia foi elaborado como instrumento de apoio prático aos utilizadores do sistema CMMS da MRM. Recomenda-se que novos membros da equipe sejam treinados com base neste material, e que as boas práticas aqui descritas sejam integradas ao processo padrão de manutenção da empresa.

Montepuez Rubi Mining 



Figura A7-21. Imagem ilustrativa de trabalho em equipa