



PROJETO INTEGRADOR 5

Componentes do grupo

Hamilton Alves da Silva,
João Pedro Amaral Freire,
Nicolas Yudji Kondo,
Marcelo Augusto Luvizutto,
Augusto Pinho de Freitas

Professor Thiago Duarte de Oliveira

Hamilton Alves da Silva,
João Pedro Amaral Freire,
Nicolas Yudji Kondo,
Marcelo Augusto Luvizutto,
Augusto Pinho de Freitas

PROJETO INTEGRADOR
Mensuração da qualidade motora por meio do esp32

Relatório Técnico-Científico apresentado na disciplina de Projeto Integrador para o curso de Big Data para Negócios da Fatec Ipiranga “Pastor Enéas Tognini”. Desenvolvido para Empresa Br Ware Equipamentos Eletrônicos para comprovação das atividades extensionistas.

Professor Thiago Duarte de Oliveira

São Paulo - SP Dezembro/2024

RESUMO

Este projeto aborda o diagnóstico de motores elétricos, utilizando tecnologias de IoT e análise de dados. A solução propõe sensores de vibração conectados via ESP32 para coleta contínua de dados, analisados em tempo real e por meio do RMS fazer diagnóstico referente ao motor. Permitindo assim, a detecção de falhas iminentes, como desalinhamentos ou desgastes mecânicos.

Palavras-chave: Diagnóstico de Motores Elétricos, IoT (Internet das Coisas), Sensores de Vibração, Falhas Mecânicas

ABSTRACT

This project addresses the diagnosis of electric motors, using IoT technologies and data analysis. The proposed solution for vibration sensors connected via ESP32 for continuous data collection, analyzed in real time and through the RMS to diagnose the engine. This allows the detection of imminent failures, such as misalignment or mechanical wear.

Keywords: Electric Motor Diagnosis, IoT (Internet of Things), Vibration Sensors, Mechanical Failures

Sumário:

1 Introdução.....	05
2 Tema.....	06
3 Objetivos.....	06
3.1 Objetivo Geral.....	06
3.2 Objetivo Específicos.....	07
4 Justificativa.....	07
5 Fundamentação teórica.....	07
6 Metodologia.....	08
7 Diagrama de caso de uso.....	09
8 Estrutura analítica do projeto.....	10
9 Planejamento.....	10
10 Implementação.....	12
11 Funcionalidades.....	13
12 Ferramentas e componentes utilizados.....	14
13 Visualização de dados.....	15
14 Resultados.....	17
15 Conclusão.....	18
16 Referências.....	18

1- INTRODUÇÃO

O diagnóstico de motores elétricos é uma etapa crucial para garantir a continuidade e o bom desempenho das operações industriais. A identificação precoce de falhas, como desalinhamentos, desgastes ou irregularidades térmicas, pode evitar paradas inesperadas, reduzir custos e aumentar a vida útil dos equipamentos. Com o avanço das tecnologias de Internet das Coisas (IoT) e análise de dados, soluções inovadoras têm surgido, possibilitando o monitoramento contínuo e eficiente dos motores, facilitando a detecção de falhas de maneira mais assertiva e em tempo real.

Este projeto propõe o desenvolvimento de uma solução tecnológica para o diagnóstico de motores elétricos, utilizando sensores de vibração conectados ao módulo ESP32 para coleta e transmissão dos dados. O sensor MPU-6050, que integra acelerômetro e giroscópio, é responsável por captar as acelerações lineares, rotações angulares e variações térmicas nos três eixos (x, y, z), fornecendo dados essenciais para o diagnóstico do comportamento do motor. O ESP32, como controlador central, processa esses dados e os transmite via Wi-Fi, permitindo análise e monitoramento em tempo real.

A solução também é capaz de classificar o motor em uma das quatro categorias de diagnóstico: A (bom), B (mais ou menos), C (ruim) e D (péssimo), com base na análise das vibrações e temperatura. Essas classificações indicam a condição do motor, facilitando a priorização de manutenções e evitando falhas. Para análise e visualização dos dados, utilizam-se ferramentas como Python, Streamlit, Broker MQTT e PostgreSQL, que garantem eficiência e praticidade no processamento e armazenamento das informações.

Ao integrar tecnologias como IoT e análise de dados em tempo real, o projeto contribui para a inovação na gestão de sistemas industriais, promovendo maior confiabilidade, eficiência e sustentabilidade

operacional. A solução proposta oferece uma maneira precisa e escalável de diagnosticar motores elétricos, otimizando a manutenção e prolongando a vida útil dos equipamentos, ao mesmo tempo em que reduz os custos operacionais e o risco de falhas inesperadas. Este documento detalha as etapas de desenvolvimento, os componentes utilizados e os benefícios gerados pela implementação dessa tecnologia.

2- TEMA

O diagnóstico de motores elétricos tem se consolidado como uma prática essencial na manutenção da eficiência e confiabilidade de sistemas industriais, transformando a maneira como falhas mecânicas são identificadas e tratadas. Este campo representa uma mudança significativa na gestão de equipamentos, proporcionando maior segurança operacional e redução de custos associados a paradas inesperadas. No contexto deste trabalho, o diagnóstico de motores será explorado sob a perspectiva da integração de tecnologias de Internet das Coisas (IoT) e análise de dados, com foco na coleta em tempo real e transformação de informações para otimização do monitoramento e identificação de falhas, promovendo soluções mais precisas e estratégicas.

3- OBJETIVOS

3.1- Objetivo Geral:

- Desenvolver e implementar um sistema de Diagnóstico para motores elétricos, utilizando IoT, visando identificar falhas mecânicas, otimizar a operação dos motores e reduzir custos.

3.2- Objetivos específicos:

- Identificar e implementar sensores de vibração adequados para a coleta contínua de dados dos motores elétricos.
- Desenvolver um modelo de aprendizado de máquina capaz de analisar os dados de vibração e detectar padrões que indiquem falhas iminentes.
- Integrar o sistema de sensores em uma plataforma baseada na nuvem para monitoramento em tempo real.
- Validar a eficácia do sistema em um ambiente real de operação, monitorando a qualidade dos motores e seu nível de vibração.
- Explorar a possibilidade de expansão do modelo de diagnóstico de motores elétricos para outros tipos de motores industriais.

4- JUSTIFICATIVA

A escolha do tema diagnóstico de motores elétricos para este trabalho é motivada por diversos fatores que ressaltam a relevância e a importância desta área no cenário industrial atual. Com o aumento da demanda por eficiência e confiabilidade em sistemas industriais, o diagnóstico de motores tem se consolidado como uma prática essencial para garantir a operação segura e a redução de custos operacionais. A justificativa para a escolha do tema está diretamente ligada ao impacto positivo que soluções baseadas em IoT, como sensores de vibração e análise em tempo real, podem trazer para a gestão de equipamentos.

5- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O diagnóstico de motores elétricos tem sido uma área fundamental para garantir a operação eficiente e a continuidade de processos industriais. Motores elétricos, como componentes cruciais de diversos sistemas, estão sujeitos a falhas mecânicas que podem comprometer a produção e gerar custos significativos. Tradicionalmente, os métodos

de diagnóstico eram baseados em inspeções manuais e análises visuais, mas com o avanço das tecnologias, novas soluções têm sido desenvolvidas para tornar o diagnóstico mais preciso e eficiente.

Segundo especialistas, a análise de dados coletados de sensores permite identificar padrões de vibração que, quando interpretados corretamente, indicam falhas iminentes. (Silva et al. (2018))

Esse processo de diagnóstico não apenas aumenta a confiabilidade dos sistemas industriais, mas também contribui para a redução de custos operacionais e o aumento da vida útil dos equipamentos. Com o avanço contínuo das tecnologias de IoT e análise de dados, o diagnóstico de motores elétricos está se tornando cada vez mais automatizado e preciso, permitindo uma gestão mais eficiente e sustentável dos sistemas industriais.

6- METODOLOGIA

Levantamento de Requisitos: Identificação dos parâmetros críticos de diagnóstico para motores elétricos (vibração, temperatura, aceleração, rotação).

Escolha do tipo de sensores a ser utilizado: MPU-6050 (acelerômetro e giroscópio) para monitoramento de vibrações e temperatura; Definição das necessidades de comunicação e transmissão de dados (Wi-Fi com ESP32).

Desenvolvimento do Hardware: ESP32: Para o processamento de dados e comunicação sem fio. Sensor MPU-6050: Para captura de dados de aceleração, vibração e temperatura do motor.

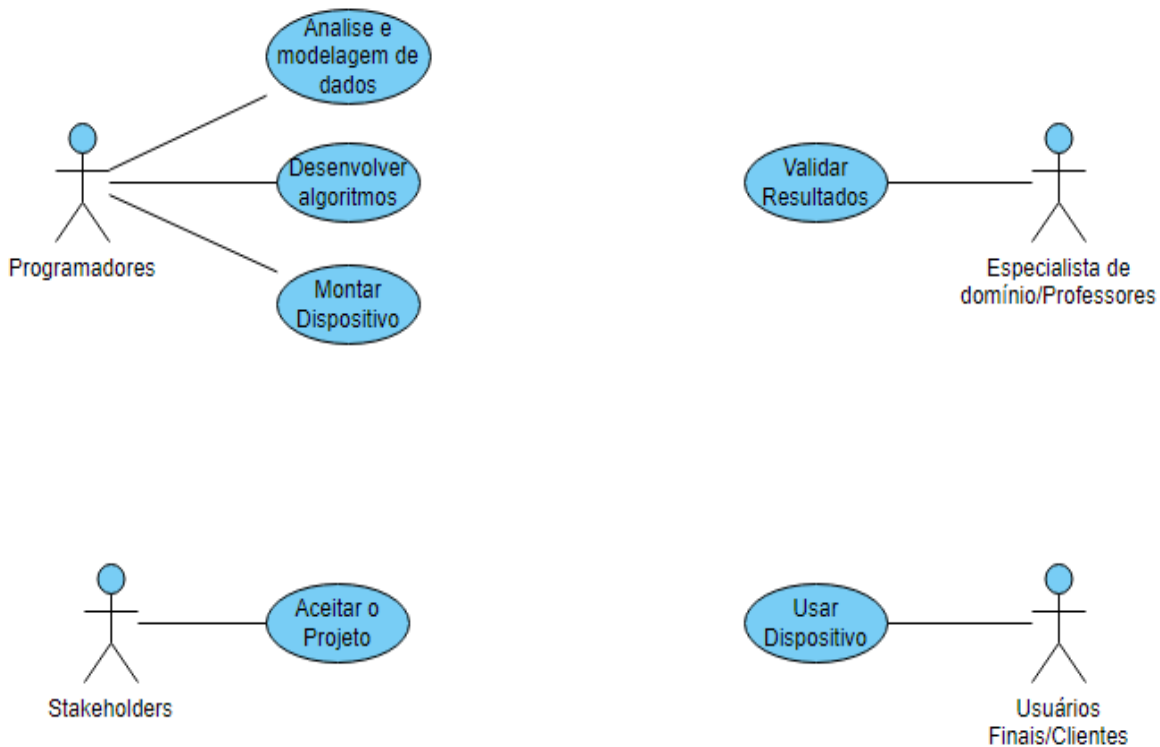
Processamento e armazenamento dos dados: Cálculo do valor RMS (Root Mean Square) para análise da intensidade das vibrações; Filtragem e análise dos dados em tempo real para detecção de falhas iminentes; Uso do banco de dados PostgreSQL para armazenar os dados históricos de vibração, aceleração e temperatura.

Criação da interface de visualização: Desenvolvimento da Plataforma de Análise e Visualização utilizando Streamlit para exibição dos dados coletados e análise em tempo real.

Testes e Validação: Verificação da precisão e confiabilidade dos dados coletados pelos sensores; Testes de comunicação entre ESP32 e plataforma de visualização; Avaliação da estabilidade da comunicação via MQTT e a integridade dos dados enviados.

Análise dos resultados: Realização de testes com alguns motores para validar a detecção de falhas mecânicas (desalinhamento, desgaste); Análise dos gráficos de vibração para identificar picos ou variações e com isso classificar eles.

7- DIAGRAMA DE CASO DE USO



Fonte: Elaborada pelo autor

8- ESTRUTURA ANÁLITICA DO PROJETO (EAP)



Fonte: Elaborada pelo autor

9- PLANEJAMENTO

1 Sprint - Planejamento e Definição de Requisitos:

Nesta etapa inicial, será realizada a definição dos requisitos do projeto, o escopo detalhado das atividades e o cronograma para execução. Esses elementos servirão como base para todo o desenvolvimento do sistema de manutenção preditiva, garantindo alinhamento e organização ao longo das próximas etapas.

2 Sprint - Pesquisa e Protótipo Inicial:

Será realizado um benchmarking com projetos similares e estudos relacionados a vibrações, integração de componentes e implementação tecnológica. Nesta fase, também serão definidos os sensores e componentes necessários, além de preparar o software base e desenvolver o protótipo inicial para validação das ideias.

3 Sprint - Aquisição e Integração dos Componentes:

Os componentes e sensores definidos na etapa anterior serão adquiridos e integrados ao sistema. Será montado o circuito elétrico, conectados os sensores e iniciada a configuração para o armazenamento inicial dos dados coletados, preparando o ambiente para os testes e análises posteriores.

4 Sprint - Armazenamento e Visualização de Dados:

Será implementado o sistema de armazenamento de dados em nuvem, garantindo o registro seguro e organizado das informações coletadas pelos sensores. Paralelamente, ferramentas de visualização de dados serão desenvolvidas, permitindo análises claras e geração de insights sobre o comportamento dos motores monitorados.

5 Sprint - Finalização e Entrega do Projeto:

A etapa final consiste na documentação detalhada do projeto, incluindo todos os passos seguidos, desafios enfrentados e resultados alcançados. O projeto será concluído com a entrega formal e a apresentação para a banca avaliadora, demonstrando o funcionamento do sistema desenvolvido.

10- IMPLEMENTAÇÃO

O ambiente de desenvolvimento escolhido proporciona simplicidade e compatibilidade com o ESP32, permitindo programar o microcontrolador de forma eficiente. Para a coleta dos dados, utilizamos o sensor MPU-6050, que possui acelerômetro e giroscópio, sendo capaz de medir a aceleração nos três eixos (x, y, z) e a rotação angular, além da temperatura, um fator importante para detectar falhas térmicas.

Após a coleta dos dados, o ESP32 transmite as informações para uma plataforma de análise em tempo real via protocolo MQTT. A análise dos dados é realizada em uma plataforma dedicada, onde os valores das vibrações são processados para calcular o RMS (Root Mean Square), um índice utilizado para indicar a intensidade das vibrações do motor. Com base nos resultados do RMS, o sistema classifica o estado do motor em quatro categorias: A (bom), B (mais ou menos), C (ruim) e D (péssimo), permitindo uma rápida avaliação do desempenho do motor.

Cada classificação é atribuída conforme os parâmetros de vibração coletados. O motor classificado como A está em boas condições operacionais, enquanto os motores B e C indicam falhas leves ou moderadas, necessitando de atenção, e os motores D apresentam falhas graves, indicando a necessidade de manutenção imediata. Essa classificação ajuda na priorização de intervenções, evitando paradas inesperadas e melhorando a eficiência operacional.

Os dados são armazenados em um banco de dados PostgreSQL, permitindo a consulta histórica das medições e a visualização das tendências das condições do motor ao longo do tempo. Para a

visualização em tempo real, foi utilizada a ferramenta Streamlit, que possibilita a criação de gráficos interativos, mostrando a evolução das vibrações e a temperatura dos motores, além da classificação de cada motor.

Durante a implementação, foram realizados testes para validar o funcionamento do sistema. Os testes foram feitos em diferentes condições operacionais do motor, como variações na carga e na velocidade, para verificar a capacidade do sistema em identificar falhas e classificá-las corretamente.

11- FUNCIONALIDADES

Coleta de dados: O nosso acelerômetro vai coletar os dados de vibração do motor, sendo assim vamos conseguir definir período, amplitude e frequência de onda. O GPS que também vai ser acoplado no ESP 32, vai definir de onde esses dados foram tirados, a fim de facilitar o monitoramento de múltiplos motores

Processamento de dados: os dados coletados pelo acelerômetro e GPS serão enviados para o ESP32 para que possam ser processados.

Envio de dados: através de um servidor MQTT vamos enviar esses dados para uma aplicação em nuvem

Monitoramento: vamos conseguir monitorar tanto o comportamento da vibração dos motores, quanto determinar o seu desgaste. para isso pretendemos utilizar a transformada de Euler em nossos dados e entender se existe algum desalinhamento, folga mecânica ou se falta lubrificação no motor

Envio de alerta: E por fim pretendemos enviar alertas caso o motor oscile por muito tempo de forma crítica.

12- FERRAMENTAS E COMPONENTES UTILIZADOS

MPU6050

É um módulo capaz de reunir um conjunto completo de dados de sensores sem a intervenção do processador do sistema, além de possuir um sensor interno de temperatura. (GOOGLE a, 2024).

ESP32

É um microcontrolador desenvolvido pela Espressif Systems, conhecido por sua versatilidade e recursos avançados, como conectividade Wi-Fi e Bluetooth integradas. Ele é amplamente utilizado em projetos de Internet das Coisas (IoT), automação, dispositivos conectados e sistemas embarcados, oferecendo uma plataforma poderosa para criar dispositivos inteligentes e interconectados. (GOOGLE a, 2024).

Linguagem C

É uma linguagem estruturada, compilada e de propósito geral, que permite a criação de programas de baixo e alto nível. (wikipedia, 2024)

Broker mqtt

É o servidor central que recebe os dados dos publicadores e os encaminha para os assinantes de interesse (Edilson Cravo, 2024)

Mqtt dashboard client

É um aplicativo mais simples comparado com o MQTT Dash, porém permite o teste de envio e recebimento de mensagens de uma forma fácil no smartphone. (Fabio Souza, 2024)

Python

É uma linguagem de programação de alto nível, versátil e de fácil leitura, possuindo uma vasta coleção de bibliotecas e frameworks, como Pandas, NumPy, Django e Tensor Flow, que expandem suas capacidades e permitem a resolução eficiente de problemas

complexos. (GOOGLE a, 2024).

Streamlit

É uma biblioteca de código aberto em Python que permite criar e compartilhar aplicativos da web interativos para ciência de dados e aprendizado de máquina (GOOGLE a, 2024).

Postgre

É um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional de código aberto, que oferece suporte a várias funções de SQL (Microsoft Azure, 2024).

13- VISUALIZAÇÃO DE DADOS

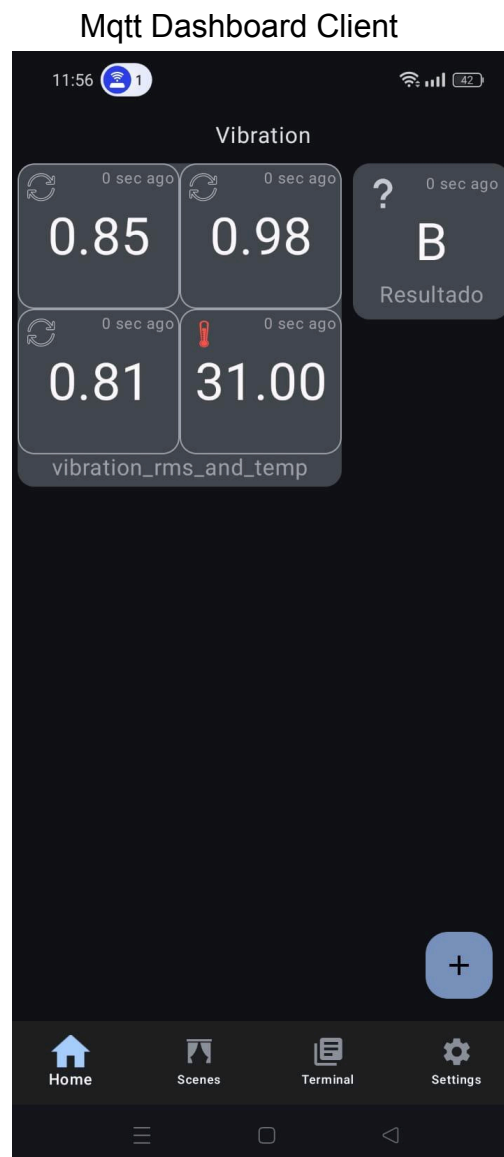
A etapa de visualização de dados foi essencial para a análise e interpretação das informações coletadas neste projeto de diagnóstico de motores elétricos. Utilizando ferramentas como Streamlit e bibliotecas em Python, criamos gráficos e dashboards que permitem monitorar e compreender os dados gerados em tempo real pelo sistema de sensores conectados ao ESP32.

Os gráficos de vibração (RMS), combinados com medições de temperatura e classificações do motor, proporcionaram uma visão clara do estado operacional dos motores. Foi possível identificar padrões como variações de vibração, e classificações frequentes em níveis ruins, como C ou D, que indicam necessidade de intervenções.

Além disso, a classificação do motor em categorias (A, B, C ou D) foi representada de forma visual e intuitiva no dashboard, utilizando cores que facilitam a identificação rápida do estado do equipamento.

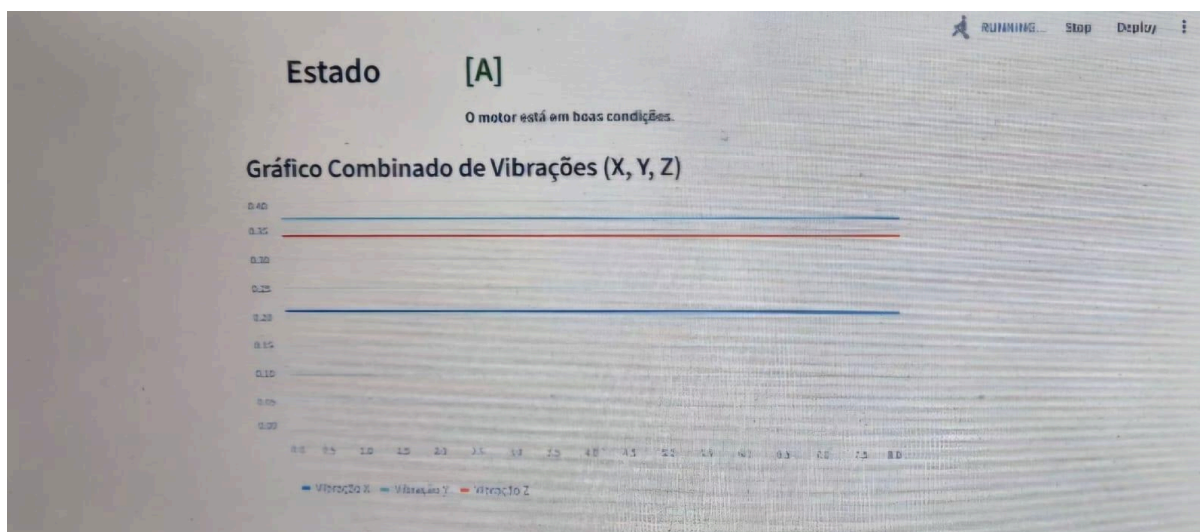
A visualização dos dados não apenas trouxe clareza para a análise, mas também auxiliou na identificação de tendências ocultas, como o aumento gradual das vibrações, que podem antecipar falhas

iminentes. Combinando gráficos detalhados e monitoramento em tempo real, a etapa de visualização desempenhou um papel crucial na extração de insights valiosos e na transformação de dados complexos em informações acionáveis, contribuindo para a eficiência e confiabilidade do sistema proposto.



Fonte: Elaborada pelo autor

Streamlit



Fonte: Elaborada pelo autor

14- RESULTADOS

A implementação do sistema proporcionou maior confiabilidade operacional e uma gestão mais eficiente dos ativos industriais. O uso de tecnologias acessíveis, como ESP32 e sensores de baixo custo, aliado a plataformas de análise, demonstrou que é possível desenvolver soluções robustas e econômicas para o diagnóstico de motores.

Os resultados confirmam o potencial da solução para ser aplicada em ambientes industriais, promovendo sustentabilidade e eficiência nos processos operacionais. O projeto valida a integração de IoT e análise de dados como ferramentas poderosas na gestão moderna de sistemas eletromecânicos.

15- CONCLUSÃO

O projeto desenvolvido demonstrou a viabilidade e a eficiência de uma solução baseada em IoT e análise de dados para o diagnóstico de motores elétricos. Os benefícios identificados incluem a redução de custos de manutenção emergencial, o aumento da vida útil dos motores e a diminuição de paradas inesperadas, fatores que contribuem diretamente para a eficiência operacional e a sustentabilidade dos processos. Além disso, o projeto evidenciou o papel essencial da inovação tecnológica na gestão moderna de equipamentos industriais.

Como desdobramento futuro, a solução pode ser expandida para incluir algoritmos de aprendizado de máquina para prognósticos mais avançados, bem como a integração com plataformas de manutenção preditiva. Dessa forma, o trabalho realizado não apenas alcançou seus objetivos iniciais, mas também abriu caminho para novas possibilidades e avanços na área de diagnóstico e monitoramento de motores elétricos.

16- REFERÊNCIAS

ALVES, C.; MOREIRA, P.; FERREIRA, M. Sistema de Monitoramento de Motores de Indução Baseado em Gêmeos Digitais Utilizando Sensores IoT e Análise Termo-Magnética por Elementos Finitos. ResearchGate, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1234/example1>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/354740576>. Acesso em: 01 nov. 2024.

GOMES, F.; PEREIRA, J.; SILVA, R. Sistema de Manutenção Preditiva Baseado em IoT para Motores Elétricos. ResearchGate, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1234/example2>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/123456789>. Acesso em: 01 nov. 2024.

SANTOS, L.; NUNES, A.; OLIVEIRA, P. Monitoramento de Condições Baseado em IoT para Motores Elétricos Industriais. ResearchGate, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1234/example3>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/987654321>. Acesso em: 01 nov. 2024.

LIMA, C.; SOUZA, D.; CARVALHO, T. Implementação de Monitoramento de Vibração em Motores de Indução Utilizando IoT. ResearchGate, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1234/example4>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/1122334455>. Acesso em: 01 nov. 2024.

FERREIRA, P.; MARTINS, J.; SILVA, F. Internet das Coisas para Manutenção Preditiva: Um Estudo de Caso em Motores Elétricos. ResearchGate, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1234/example5>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/3344556677>. Acesso em: 01 nov. 2024.

ROCHA, T.; RAMOS, E.; FIGUEIRA, A. Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento de Vibração em Tempo Real. ResearchGate, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1234/example7>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/5566778899>. Acesso em: 01 nov. 2024.

COSTA, A.; BARROS, L.; FIGUEIREDO, G. Node-RED e Sensores IoT para Diagnóstico de Motores. ResearchGate, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1234/example6>. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/4455667788>. Acesso em: 01 nov. 2024.

NASCIMENTO, H.; SANTANA, K.; PONTES, V. Manutenção Preditiva com IoT: Análise de Vibração e Temperatura. ResearchGate, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1234/example8>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/6677889900>. Acesso em: 01 nov. 2024.

ARAUJO, F.; SANTOS, J.; VASCONCELOS, A. Estrutura IoT para Monitoramento de Máquinas Industriais. ResearchGate, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1234/example9>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/7788990011>. Acesso em: 01 nov. 2024.

LOPES, E.; FREITAS, R.; MARQUES, F. Análise de Vibração em Motores Elétricos Utilizando IoT. ResearchGate, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1234/example10>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/8899001122>. Acesso em: 01 nov. 2024.