

# Solução *wireless* de baixo custo para monitoramento de condição de operação de máquinas rotativas

**Bruno Martins do Nascimento**

Estudante do Curso de Engenharia de Telecomunicações

Semestre 2023-2

**Resumo.** *A Internet das Coisas (IoT) desempenha um papel essencial ao possibilitar a coleta e transmissão de dados em tempo real. Isto possibilita a interconexão de dispositivos e máquinas, criando-se uma rede. Sensores colocados nas máquinas podem coletar dados sobre sua condição operacional, como vibrações e estes dados podem ser transmitidos, armazenados, processados e analisados. A possibilidade dos dados ficarem disponíveis em tempo real é uma vantagem para o usuário, permitindo-o verificar a todo momento as condições das máquinas. A integração dessas tecnologias possibilita a aplicação de estratégias de manutenção preventiva e preditiva, apresentando-se como uma abordagem promissora para a otimização industrial. Como exemplo, pode-se citar o monitoramento dos níveis de vibração em máquinas rotativas, que são um indicador de sua eficiência, bem como de possíveis desgastes e falhas em componentes. Este trabalho tem como objetivo realizar o monitoramento de máquinas rotativas utilizando “hardware” de baixo custo e recursos de “software” livre, de forma a avaliar a viabilidade de sua aplicação na detecção de padrões de comportamento e de falhas neste tipo de máquina. A utilização de dispositivos de baixo custo tem o potencial de ampliar consideravelmente a aplicação de técnicas de manutenção preventiva e preditiva em campo, com um evidente retorno positivo em termos de eficiência técnica e econômica para as empresas e para a sociedade.*

**Palavras-chave:** *Máquinas rotativas. Monitoramento de máquinas. Manutenção preditiva. Otimização industrial.*

# 1 Introdução

A tecnologia tem nos tornado mais conectados e automatizados. A Internet das Coisas (IoT) é um exemplo disso, conectando dispositivos comuns com capacidade computacional, como aparelhos do cotidiano, à internet, permitindo que eles se comuniquem entre si (SANTOS, 2016). A IoT tem demonstrado ser uma valiosa ferramenta de otimização e eficiência para as empresas e tem significativa importância ao realizar processos, sejam eles simples ou complexos, repetitivos ou não, reduzindo assim, erros humanos e custos para as empresas. A tecnologia *wireless* é essencial nesse cenário, facilitando o uso das aplicações, tornando-as mais escaláveis e aumentando a mobilidade. Esse tipo de conexão viabiliza a comunicação com diversos dispositivos, como computadores, smartphones, ou quaisquer equipamentos com tecnologia compatível.

Máquinas rotativas/vibratórias tem uma ampla aplicação e desempenham um papel importante em vários segmentos industriais e comerciais. Este tipo de máquina se caracteriza por apresentar frequências de vibração e ruído específicos, que se alteram com o desgaste progressivo de peças e componentes, ou na ocorrência de anormalidades nas condições de operação. Manutenção preditiva é um processo sistemático de monitoramento de grandezas físicas que caracterizam o funcionamento de máquinas e equipamentos. Esse processo tem por objetivo determinar se há ou não a necessidade de realizar atividades de manutenção para garantir o funcionamento dos equipamentos (OTANI, 2008). Desta forma, a manutenção preditiva é essencial para uma maior eficiência e redução de eventuais falhas e custos desnecessários no setor industrial. Crucial para a aplicação destas técnicas de manutenção avançadas é o monitoramento das máquinas de maneira contínua, com sensores adequados. O avanço das ferramentas de IoT no setor fabril tornou muito mais acessível o monitoramento e supervisão de máquinas, permitindo uma grande evolução na aplicação da manutenção preditiva. Ao integrar sensores, banco de dados e comunicação, é possível desenvolver uma solução acessível de baixo custo para a supervisão desse tipo de máquinas.

O presente trabalho tem como foco desenvolver uma solução *wireless* de baixo custo e arquitetura livre para o monitoramento de vibração em máquinas rotativas/vibratórias, explorando a melhor utilização de sensores e demais dispositivos, bem como selecionar técnicas adequadas de processamento dos dados obtidos para transformá-los em informações capazes de possibilitar ao usuário compreender as condições da máquina e tomar a melhor decisão possível.

## 1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de monitoramento de vibração de máquinas rotativas *wireless* com sensores e controladores de baixo custo e de arquitetura livre. A solução será testada em bombas hidráulicas e compressores de refrigeração com o intuito de analisar as frequências de vibração, caracterizar suas assinaturas vibracionais típicas e detectar condições de operação anômalas.

## 1.2 Objetivos Específicos

1. selecionar equipamentos adequados para a solução, como placa de desenvolvimento/microcontrolador e sensores;
2. estudar e realizar testes em máquinas rotativas;
3. desenvolver *software* para coleta de dados e transmissão via nuvem;
4. avaliar métodos de análise dos dados;
5. desenvolver algoritmo para processamento dos dados;
6. desenvolver interface para o usuário receber as informações.

## 2 Metodologia

A seguir serão apresentadas as metodologias adotadas no trabalho, bem como suas etapas.

### 2.1 Microcontrolador

Essa etapa consiste em determinar qual microcontrolador atende às necessidades do projeto. Dentre os requisitos do *hardware* estão:

- baixo custo;
- capacidade de coletar os dados necessários;
- capacidade de processar os dados coletados;
- transmissão *wireless* das informações.

### 2.2 Sensores

A escolha dos sensores será feita em função do microcontrolador e vice-versa. Dentre as classes de sensores, está prevista a utilização de acelerômetros (sensor vibração) e a possibilidade de adotar o uso de microfones (sensor de som). Será necessário um estudo para determinar quais sensores se adaptam melhor à proposta. Dentre os fatores que serão analisados, estão:

- frequência de amostragem;
- tipo de saída: I2C, ISP, analógica;
- custo/disponibilidade para compra;
- tensão de alimentação;
- quantidade de eixos (para o acelerômetro).

### 2.3 Processamento de dados

O microcontrolador será responsável pelo processamento dos dados coletados. Será desenvolvido um algoritmo capaz de, dentre outras funcionalidades, realizar a transformada rápida de fourier (MOHD; RAHIMAN, 2021), para obtenção dos espectros de frequência, essencial para a análise dos dados desta natureza.

### 2.4 Transmissão de dados

A transmissão dos dados para a posterior disponibilização através de uma interface e sua análise, por exemplo, através de gráficos, é uma parte essencial para o monitoramento das máquinas vibratórias. Para esse propósito, dentro da proposta, serão estudados e utilizados protocolos adequados para a realização da transmissão dos dados sem fio.

### 2.5 Interface Web

Essa etapa é responsável pela apresentação dos dados já processados. Serão aprofundadas maneiras de representar graficamente essas informações obtidas.

### 3 Considerações Parciais/Finais

O presente trabalho dedica-se ao desenvolvimento de uma solução de monitoramento de condição de operação de máquinas rotativas, utilizando tecnologias IoT e *hardware* de baixo custo, com foco no processamento dos sinais obtidos, para assim, ser capaz de realizar a manutenção preditiva e consequentemente resultar na redução de despesas e na melhoria da eficiência operacional. A tecnologia da Internet das Coisas desempenha um papel fundamental neste projeto, permitindo a interconexão de dispositivos e máquinas para coleta e transmissão de dados em tempo real. Essa abordagem tem o intuito de economizar significativamente tempo e custos para as empresas que operam máquinas rotativas/vibratórias ao automatizar esse processo, diminuindo os erros da dependência da aferição humana. Ao longo deste projeto, serão implantados algoritmos de processamento de sinais que permitirão analisar os dados obtidos. A utilização destas técnicas permite a detecção de padrões muitas vezes imperceptíveis para seres humanos, o que torna possível a realização de uma avaliação individual dos casos. Portanto, a utilização de todas essas técnicas juntas não só reflete na economia em mão de obra, mas também na eficiência, prevenção de falha dos motores e, consequentemente, no ciclo produtivo das diferentes atividades econômicas.

## Referências

MOHD GHAZALI, M. H., RAHIMAN, W. (2021). Vibration Analysis for Machine Monitoring and Diagnosis: A Systematic Review. School of Electrical and Electronic Engineering, Universiti Sains Malaysia Engineering Campus.

OTANI, M., MACHADO, W. V. (2008). A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial [The proposal of the industrial maintenance management development in the search of the excellence or world class]. *Revista Gestão Industrial*, 4(2), 01-16. DOI: 10.3895/S1808-04482008000200001

SANTOS, BRUNO P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, v. 31, 2016.