

## Manutenção Preditiva na Prática: Análise de Vibrações em Motores elétricos

VITHORIO DA CONCEIÇÃO DUTRA<sup>1</sup>; OTACÍLIA MARIA SARMENTO CORRÊA FILHA<sup>2</sup>; TATIANA MARTH BUBOLZ<sup>3</sup>; WILLIAM DIETRICH KLUG<sup>4</sup>; ALEJANDRO MARTINS RODRIGUEZ<sup>5</sup>; ALINE SOARES PEREIRA<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – vithorio96@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – otaciliamariasarmento@ufpel.edu.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – tatianabubolz@yahoo.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – deiklug@gmail.com

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – aljmartins@gmail.com

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – professora.alinesp@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O Núcleo de Estudos Aplicados em Indústria 4.0 (NEAI 4.0) é um grupo de pesquisa vinculado ao curso de Engenharia de Produção, com o objetivo de investigar e disseminar as tecnologias habilitadoras no contexto da Indústria 4.0. O estudo dessas tecnologias e suas aplicações são de grande relevância, pois proporcionam aos estudantes uma abordagem prática e aplicada do conhecimento em engenharia.

Uma das áreas em que o NEAI 4.0 tem pesquisado é a de gestão das operações onde pode-se considerar questões relativas ao setor de manutenção das empresas. De acordo com Santos e Prata (2018), a manutenção refere-se ao conjunto de medidas técnicas e administrativas que buscam garantir ou restabelecer o estado de um item, permitindo que ele desempenhe adequadamente sua função. Dentre os métodos de manutenção, destaca-se a manutenção preditiva, tendo como finalidade indicar as condições reais de funcionamento e desempenho do maquinário (Zaro; Webber, 2023).

Com o intuito de aprofundar o entendimento sobre as tecnologias que sustentam o monitoramento de ativos, o grupo desenvolveu um projeto experimental voltado à construção de um dispositivo de análise de vibração, utilizado para coletar dados de motores elétricos.

Diante da evolução contínua do setor e da relevância do compartilhamento de conhecimento, este trabalho tem como objetivo aplicar conceitos de manutenção preditiva por meio da análise de uma base de dados secundários, provenientes de um experimento realizado por outros pesquisadores. Ao utilizar esses dados, busca-se proporcionar aos autores um aprendizado teórico e prático, fortalecendo o conhecimento na área.

### 2. METODOLOGIA

O trabalho buscou realizar uma análise secundária de dados no qual a base de dados escolhida foi encontrada no site Kaggle com o nome de *Condition Monitoring Dataset (AI4I 2021)*, os autores Matzka, Pilz e Franke (2021) realizaram medições de vibração e som em um motor de indução AC, operando com 230 V, 50Hz, acoplado a um compressor de ar. O sensor LSM9DS1 foi empregado para captar vibrações triaxiais a uma frequência de amostragem de 400Hz. Devido à variação nos tempos de amostragem, os dados foram ajustados para intervalos regulares com uma frequência de 300Hz, utilizando interpolação cúbica.

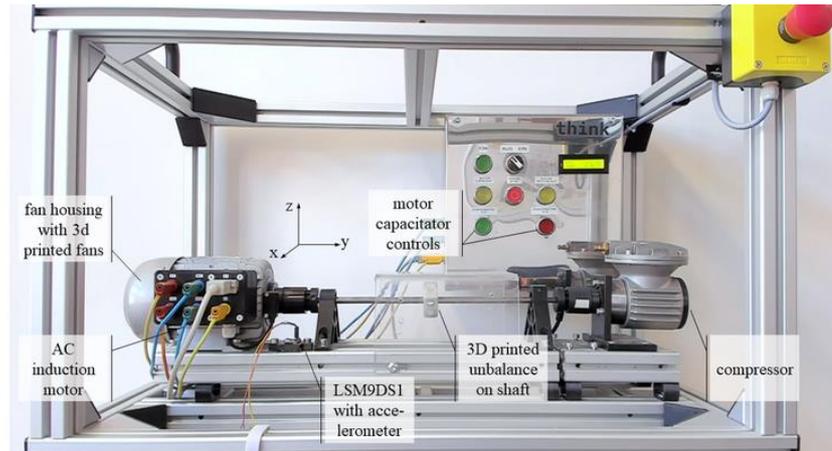


Figura 1: Configuração do motor para monitoramento de condições  
Fonte: (Matzka; Pilz; Franke, 2021)

Ao todo, Matzka, Pilz e Franke (2021) realizaram oito testes, avaliando diferentes condições operacionais e falhas simuladas no sistema do motor e compressor, conforme ilustrado na Figura 1. Para a manipulação dos arquivos de dados, foi utilizada a plataforma Google Colab, que permitiu aos autores trabalharem colaborativamente nos códigos Python, além de oferecer eficiência, pois não requer configuração alta do computador para utilizar. As bibliotecas Pandas, Numpy, Matplotlib e Scipy foram empregadas, sendo responsáveis por diversas operações, como a manipulação e visualização dos dados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro desafio enfrentado pelos autores foi replicar o procedimento de harmonização dos dados utilizando a interpolação cúbica. Desta forma foi empregado a função CubicSpline, presente na biblioteca Scipy. Conforme Lopes e Costa (2018), a interpolação polinomial é utilizada quando se tem pontos conhecidos dentro de um intervalo, e deseja-se determinar valores aproximados da função em pontos intermediários.

Com o uso da função os autores demonstram na Tabela (1) os resultados dos dados harmonizados para intervalos de tempo regulares, com uma taxa de amostragem de 300 Hz, no qual foi encontrando os mesmos valores dos dados originais.

Tabela 1: Análise comparativa da interpolação Spline Cúbica da base de dados com os resultados obtidos pelos autores

Tempo	accX - Raw	Tempo	accX - hrm	Tempo (Autores)	accX- hrm (Autores)
0	927,566	0	927,566	0	927,566
0,002	1259,04	0,003	417,74	0,0033	417,74
0,004	18,442	0,007	-431,54	0,0066	-431,54
0,007	-430,416	0,01	-375,78	0,01	-375,78
0,009	-433,71	0,013	-229,42	0,0133	-299,42
0,011	-299,754	0,017	-148,66	0,0166	-148,66
0,014	-242,048	0,02	755,71	0,02	755,71
0,016	-242,048	0,023	1281,07	0,0233	1281,07
0,019	473,238	0,027	411,67	0,0266	411,67

Fonte: Elaboração própria.

Para realizar a análise dos testes, foram gerados gráficos no domínio do tempo e gráficos da transformada de Fourier para os oito testes, como ilustrado nas Figuras 2 e 3, com o objetivo de identificar comportamentos relevantes. Essas representações visuais permitem observar tanto o formato das ondas quanto as frequências dominantes durante os testes.

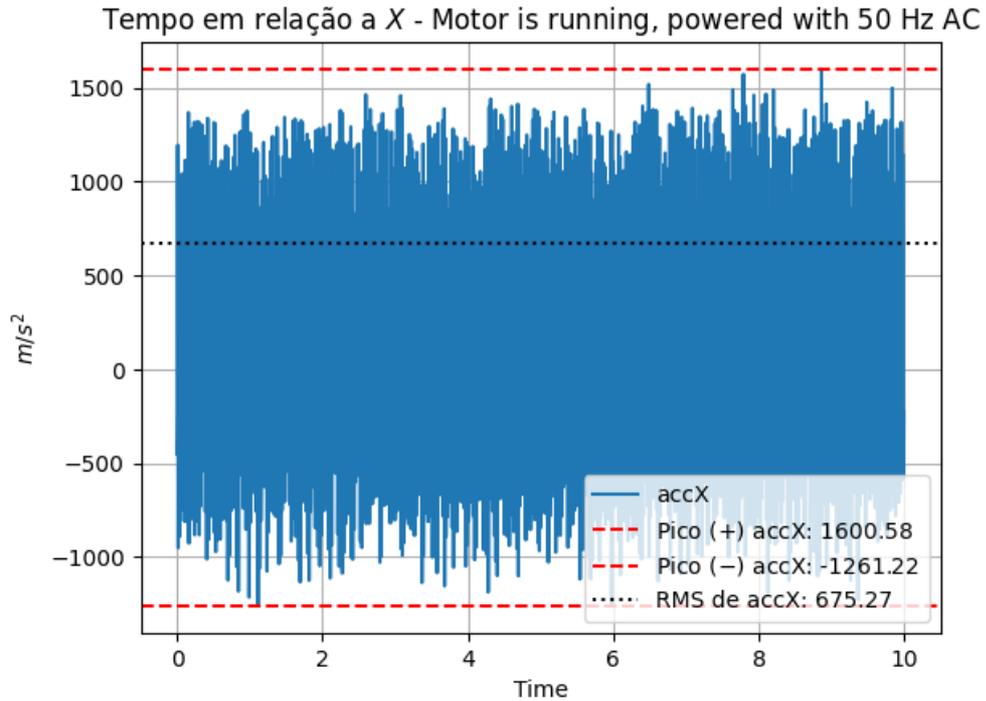


Figura 2: Gráfico no domínio do tempo  
Fonte: Elaboração própria.

Com gráfico no domínio do tempo mostrado na Figura 2, é possível identificar o padrão oscilatório da onda, os valores máximos e mínimos atingidos, sendo representados como valores de pico, bem como o valor de rms (*root mean square*) que representa o valor eficaz do sinal.

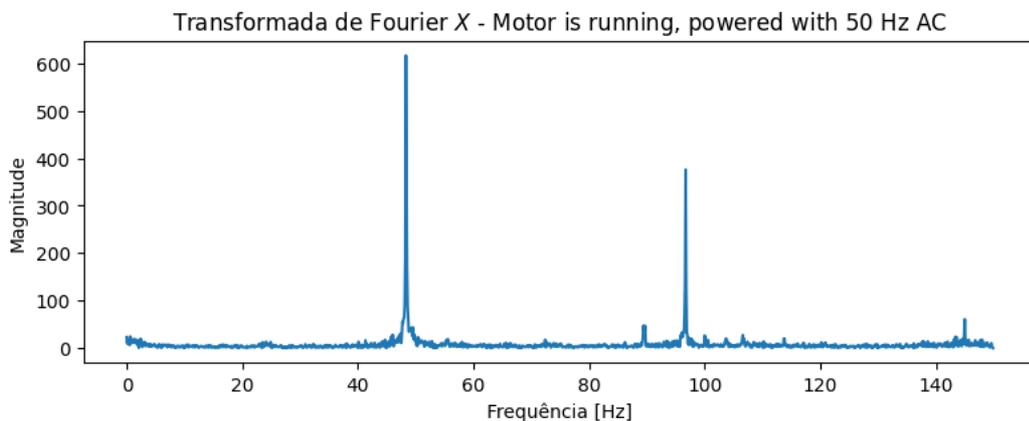


Figura 3: Gráfico no domínio da frequência.  
Fonte: Elaboração própria.

A transformada de Fourier, do conjunto de dados da Figura 3, indica um pico claro em 50Hz, no qual é esperado devido às características de alimentação

do motor. O pico em torno de 100 Hz pode estar relacionado aos harmônicos da frequência fundamental.

À medida que os testes foram realizados, foi possível perceber que o padrão de vibração do motor ligado, conforme mostrado na Figura 3, se manteve com o mesmo comportamento de frequência e magnitude. Além disso, foram identificadas novas frequências ao longo dos testes, relacionadas aos tipos de falhas propositalmente inseridas.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve por finalidade organizar um arquivo no Google Collab para compartilhar com futuros alunos do grupo de pesquisa que queiram prosseguir no desenvolvimento do estudo da manutenção preditiva. Dessa forma, o trabalho fornece uma base tanto para a realização de futuras práticas dentro das empresas, como para a criação de uma plataforma de monitoramento online.

O estudo da base de dados secundários permitiu identificar como os pesquisadores atuantes no campo estão realizando coleta de dados, e quais equipamentos e métodos estão sendo usados. Desta forma, salienta-se a descoberta do procedimento de interpolação cúbica, onde o grupo atualmente enfrenta o mesmo problema de variação de tempo nas coletas de dados.

Pode-se perceber também que apesar da variação dos testes, as frequências se mantiveram as mesmas, pois são oriundas do mesmo sistema, logo, buscar mitigá-las e compreendê-las torna-se uma atividade valiosa.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LOPES, Álvaro Pereira; COSTA, Manuel de Jesus dos Santos. **Comparação entre métodos de aproximação numérica utilizando o programa MATLAB**. Revista Margens Interdisciplinar, v. 11, n. 17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18542/rmi.v11i17.5447>. ISSN 1806-0560.

MATZKA, Stephan; PILZ, Johannes; FRANKE, Andreas. **Condition Monitoring Dataset (AI4I 2021)**. Kaggle, 2021. Disponível em: <https://www.kaggle.com/datasets/stephanmatzka/condition-monitoring-dataset-ai4i-2021?select=description.txt>

SANTOS, Danielle Freitas; PRATA, Auricélio Barros. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: SER - SAGAH, 2018. e-book. ISBN 9788595025493.

ZARO, E. M.; WEBBER, C. G. **Estudo de caso de desenvolvimento de sistema para manutenção preditiva 4.0**. Revista Produção Online, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 3418–3340, 2023. DOI: 10.14488/1676-1901.v22i3.4557. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4557>. Acesso em: 11 set. 2024.