

Aplicação da Transformada de Fourier na Indústria 4.0

André Pontes Vaz de M. Filho e Waslon Terllizie A. Lopes

Resumo—Este artigo tem por objetivo apresenta a aplicação da Transformada de Fourier para reduzir ruídos e outliers, melhorar a qualidade dos dados e detectar anomalias na Indústria 4.0.

Palavras-chave—Transformada de Fourier, Indústria 4.0, redução de ruídos, detecção de anomalias.

I. INTRODUÇÃO

Na era da Indústria 4.0, a integração é ainda mais profunda da transformada de Fourier na indústria. Com o advento da Internet das Coisas (IoT), da inteligência artificial e da análise de big data, a capacidade de coletar, processar e interpretar dados de vibração atingiu um novo nível. Agora, as máquinas podem se comunicar entre si e tomar decisões autonomamente com base na análise em tempo real de seus padrões de vibração, contribuindo para a criação de fábricas inteligentes e altamente eficientes [1].

Uma das principais dificuldades nesse cenário é o alto custo com processamento e a presença de ruídos e outliers nos dados coletados. Esses elementos indesejados podem distorcer as análises, levando a interpretações equivocadas e decisões inadequadas. Na prática geral, o algoritmo Fast Fourier Transformation (FFT) divide recursivamente a DFT em DFTs menores, reduzindo drasticamente o tempo de computação necessário. A complexidade de tempo da DFT é $2N^2$ enquanto a da FFT é $2N\log N$. No entanto, identificar padrões anômalos em meio a um vasto conjunto de dados pode ser uma tarefa desafiadora. [2].

A Transformada de Fourier surge como uma solução poderosa para esses problemas, permitindo a transformação de dados do domínio do tempo para o domínio da frequência. Essa técnica facilita a identificação e a eliminação de ruídos, proporcionando um conjunto de dados mais limpo e confiável. Ao decompor sinais complexos em suas componentes de frequência, é possível isolar e remover interferências que comprometem a qualidade dos dados [4].

Este artigo concentra-se na aplicação da Transformada de Fourier na Indústria 4.0 e apresenta resultados obtidos pela aplicação dessa técnica na redução de ruídos e detecção de anomalias. O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: aborda Desafios na Extração e Processamento de Dados Seção V Aplicação da Transformada de Fourier na Redução de Ruídos. A Seção VI é voltada à Detecção de Anomalias com Transformada de Fourier. Por sua vez, a Seção VII é voltada às conclusões e propostas para trabalhos futuros.

André Pontes Vaz de M. Filho e Waslon Terllizie Araújo Lopes, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil, E-mails: apvmf@academico.ufpb.br e waslon@cear.ufpb.br.

II. FERRAMENTAS E MÉTODOS

A linguagem Python e as bibliotecas NumPy e Matplotlib foram utilizadas para simular a medição de sensores e aplicar a Transformada Rápida de Fourier (FFT). A utilização dessas ferramentas permitiu realizar a transformação dos dados do domínio do tempo para o domínio da frequência e criar representações gráficas que ilustram o funcionamento da FFT.

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}$$

Figura 1. Transformada Rápida de Fourier (FFT)

III. DESAFIOS NO PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados coletados na Indústria 4.0 frequentemente contêm ruídos e outliers, que podem distorcer análises e comprometer a tomada de decisões. Ruídos são interferências aleatórias que podem surgir devido a falhas nos sensores ou interferências eletromagnéticas, enquanto outliers são valores atípicos que podem resultar de erros de medição ou eventos incomuns. A presença desses elementos indesejados torna crucial o pré-processamento eficiente dos dados para garantir sua qualidade e confiabilidade. [3]

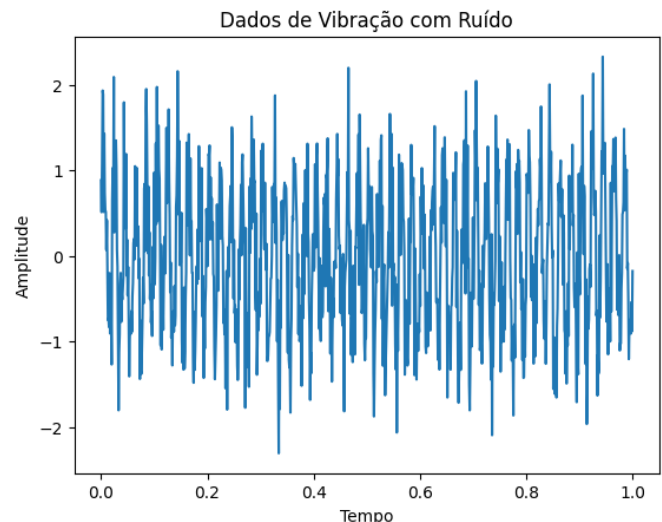


Figura 2. Simulação do sinal com ruídos no domínio do tempo

IV. FILTRAGEM DE RUÍDOS

Como descrito na seção anterior A Transformada de Fourier é uma técnica matemática que transforma um sinal do domínio do tempo para o domínio da frequência e ao aplica-lá a em dados coletados de sensores vibração, é possível decompor o sinal em suas componentes de frequência e filtrar os ruídos, resultando em um conjunto de dados mais limpo. [3]

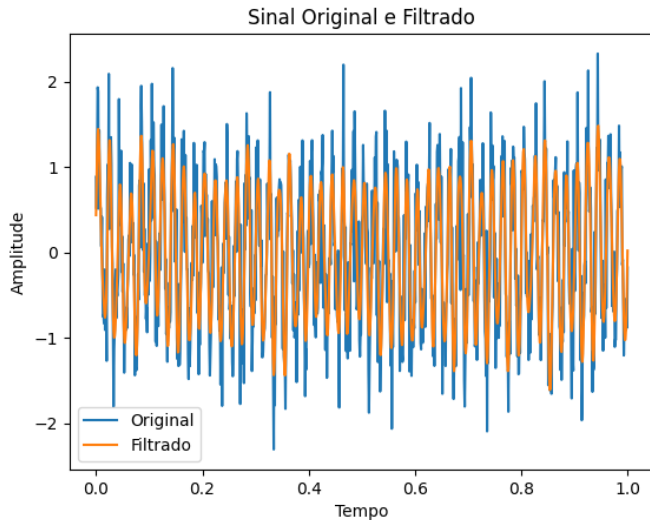


Figura 3. Simulação filtrando frequências maiores que 100Hz.

V. DETECÇÃO DE ANOMALIAS

A Transformada de Fourier não é apenas útil para a redução de ruídos, mas também para a detecção de anomalias. Em sistemas industriais, anomalias podem indicar problemas como desgaste de componentes, falhas iminentes ou desvios operacionais. Ao transformar os dados para o domínio da frequência, é possível identificar padrões anômalos que não são facilmente detectáveis no domínio do tempo. [2]

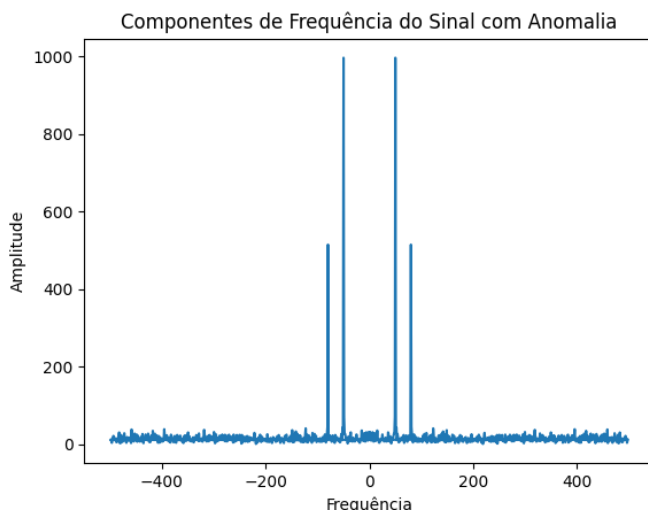


Figura 4. Simulação com ruídos ou anomalias no domínio da frequência.

VI. MANUTENÇÃO PREDITIVA

Ao empregar técnicas de análise de Fourier, as equipes de manutenção industrial podem realizar uma manutenção mais proativa e preditiva, evitando paradas não planejadas e reduzindo custos operacionais. Além disso, a análise de Fourier permite uma compreensão mais profunda do comportamento dos equipamentos ao longo do tempo, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de manutenção que visam aumentar a confiabilidade e disponibilidade. [2]

VII. CONCLUSÃO

Neste artigo, foi apresentado o funcionamento da Transformada de Fourier aplicada à Indústria 4.0, destacando sua importância tanto no monitoramento em tempo real quanto no fornecimento de dados mais precisos para outros setores da empresa. Em particular, o time de machine learning pode utilizar esses dados tratados para realizar previsões e classificações mais precisas. Como trabalhos futuros, os autores pretendem explorar a aplicação da Transformada de Fourier agregado a técnicas de machine learning para fazer previsões.

AGRADECIMENTOS

André Pontes Vaz de M. Filho agradece ao Professor Waslon Terllizzie Araújo pela base matemática que foi necessária para conseguir concluir esta pesquisa e a SIEMENS pela demonstração prática do funcionamento dos seus sensores de vibração.

REFERÊNCIAS

- [1] Nagesh Singh Chauhan. Using Fourier Transform in Machine Learning Applications. KDnuggets, February 14, 2020.
- [2] Ivar Koene, Raine Viitala, and Petri Kuosmanen. Internet of Things Based Monitoring of Large Rotor Vibration With a Microelectromechanical Systems Accelerometer. *IEEE Access*, vol. 7, pp. 95103-95112, July 2019.
- [3] Gonçalo José Santiago Pereira. Monitorização de dados de produção numa empresa produtora de pneus, no contexto da indústria 4.0. Tese de Doutorado, 2023.
- [4] Daniel E. Shea et al. Extraction of instantaneous frequencies and amplitudes in nonstationary time-series data. *IEEE Access*, vol. 9, pp. 83453-83466, 2021.