

7 Conclusões

Neste trabalho buscaram-se evidências da viabilidade inicial da utilização do sensor filme PVDF para detecção de danos em rolamentos autocompensadores de rolos, sob as condições experimentais adotadas. Ruídos mostraram-se presentes dada à natureza de alta impedância do sensor PVDF, mas puderam ser mitigados com o desenvolvimento de um conjunto de circuitos condicionadores de sinais e com a usinagem de um encapsulamento de alumínio, que foi construído para acomodação e isolamento do sensor. Após as caracterizações e análises, verificou-se que foi possível diminuir significativamente os níveis de ruídos captados pelo sensor PVDF.

Também foi elaborado um sistema de aquisição de dados na plataforma LabView, bem como desenvolvido um sistema de aquisição baseado no microcontrolador STM32, ambos apresentados em apêndice. Além disso, foi construída uma bancada experimental para condução dos ensaios, bem como desenvolvido um conjunto de programas para análise dos sinais do rolamento, tanto no domínio do tempo, quanto no domínio frequência, com os mesmos também disponibilizados em apêndice. Tais métodos apoiam-se na literatura específica do tema, apresentada durante a revisão bibliográfica realizada e foram validados com utilização de conjuntos de dados experimentais disponibilizados, também, pela literatura específica do tema.

Por meio dos ensaios confirma-se que a aplicação dos métodos de detecção de danos em rolamentos requer o conhecimento prévio de suas frequências esperadas, não tendo sido, inicialmente, imediatamente óbvia a localização destes no espectro de frequências. A baixa rotação do eixo motriz impôs uma maior complexidade à análise, tendo-se em vista a localização das frequências características de defeitos, calculadas e verificadas nas baixas frequências do espectro. Além disso, conforme verificado na própria literatura, a localização de tais frequências características de defeito aproxima-se do estimado, mas usualmente não coincide com absoluta precisão. Dadas as vibrações de outros elementos do motorreductor, transmitidas por meio do eixo, percebeu-se que isto representou um desafio na detecção das falhas. Ademais, como visto na literatura, o próprio estágio de degradação do rolamento pode causar um elevado nível de ruídos no espectro de frequências e, nesse sentido, ao se trabalhar com aplicações de diagnósticos com falhas introduzidas

manualmente, há, ainda, que se ter cautela durante a introdução dos danos. Portanto, esse processo baseou-se, também, em referências encontradas na literatura.

Com uso do sensor acelerômetro de uso comercial, foi possível detectar as frequências características de defeito no elemento rolante e na pista externa das amostras de rolamentos autocompensadores de rolos. Já com uso do sensor filme PVDF, com o arranjo de circuitos condicionadores de sinal e encapsulamento utilizado durante os ensaios, os padrões descritos na literatura para tais frequências características de defeitos não puderam ser encontrados.

Conclui-se, assim, que o mesmo não se mostrou alternativa viável ao sensor acelerômetro para detecção de danos na pista externa e no elemento rolante de rolamentos autocompensadores de rolos sob as condições experimentais adotadas. A presença de ruídos de alta frequência, que fizeram necessária a aplicação de filtro passa-baixa, impossibilitou a aplicação da técnica de demodulação do sinal, ou análise de envelope. Também, e principalmente, a baixa rotação do eixo motriz fez com que as frequências de defeito apresentassem-se com baixa amplitude apresentando desafio à detecção dessas. A partir disso tentou-se, assim, que fosse feita a identificação dos danos por meio de outros métodos de análise espectral, FFT e PSD. Os resultados obtidos por meio desses métodos sugerem que os danos foram registrados em suas frequências base com uso do sensor PVDF, mas os padrões das falhas expostos na literatura não puderam ser visualizados e, portanto, não há como se afirmar taxativamente que as mesmas foram detectadas, o que corrobora as conclusões obtidas por este trabalho quanto à impossibilidade de uso deste como alternativa imediata ao sensor acelerômetro sob as condições experimentais adotadas.

Os resultados obtidos com o sensor PVDF, demonstram, ainda assim, uma representação das frequências similar à do sensor acelerômetro em ensaios realizados, o que mostra promissores indícios para continuidade de projetos de pesquisa que visem o aprimoramento do uso do PVDF ao se considerar aplicações de manutenção preditiva. A bancada experimental, circuitos condicionadores, encapsulamento e softwares de aquisição e análise construídos e disponibilizados, bem como os ensaios, resultados e conclusões obtidas durante este trabalho são, nesse âmbito, contribuições que se tornam ponto de partida para investigações futuras.

7.1 Sugestões de trabalhos futuros

Baseando-se nessas conclusões é possível que se investigue, em trabalhos futuros, a possibilidade de detecção dos danos em rolamentos, com uso do sensor PVDF, em condições de maiores rotações, outros arranjos de cargas e/ou com imposição de sinais de falhas de maior amplitude. Isso pode se dar por meio de trabalhos que se proponham a estudar a calibragem do conjunto sensor pvdf, encapsulamento e circuito condicionador de forma a aproximá-lo o máximo possível da resposta de frequências dos acelerômetros comerciais. As conclusões também apontam para a possibilidade de estudos futuros que verifiquem o emprego do sensor em demais aplicações onde essa faixa de frequências se faça suficiente e em que sua definição não seja fator inviabilizante à utilização do mesmo. Além dessas possibilidades, o sistema de aquisição de dados baseado em microcontrolador STM32, em conjunto com circuito de condicionamento do sinal elaborado, pode vir a ser utilizado para estudos futuros de viabilidade de um sistema de aquisição de dados baseado em alternativas de sistemas de conversão analógico-digital de baixo custo.

Assim, sugestões de trabalhos futuros incluem, mas não se limitam a:

- Investigação de outras aplicações do conjunto de circuito, encapsulamento e sensor construídos, de forma que este possa ser adotado para fins de manutenção preditiva em outras áreas.
- Investigação de métodos para aprimoramento da resposta de frequências geradas pelo sensor, através de melhorias mecânicas no arranjo do sensor em relação ao encapsulamento.
- Desenvolvimento de circuitos condicionadores e amplificadores do sinal do sensor PVDF, tal como a construção de encapsulamentos blindados para o sensor e para os filtros de tratamento do sinal, de forma a buscar que se mitigue ainda mais a questão de ruídos inerentes à natureza do sensor.
- Investigação de métodos de detecção automática de falhas baseado em inteligência artificial, com classificação automática de falhas por meio da utilização das ferramentas de análise espectral do sinal.