

Técnicas de processamento e reconhecimento de padrões de sinais mecânicos e biomecânicos com o uso de redes de Bragg em fibra óptica

Processing and pattern recognition of mechanical and biomechanical signals techniques using fiber Bragg gratings

RESUMO

Eduardo Henrique Dureck
ehdureck@uol.com.br
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

Jean Carlos Cardozo da Silva
jeanccs@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

Uilian José Dreyer
uiliandreyer@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

Alessandra Kalinowski
ale.k11@hotmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

Daniel Rodrigues Pipa
danielpipa@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



As técnicas de processamento de sinais e reconhecimento de padrões são de vasta importância para a engenharia, podendo ser trabalhadas com dados adquiridos por meio de sensores. Este artigo tem como objetivo estudar as diferentes técnicas utilizadas em dois ambientes distintos da engenharia, na elétrica (dispositivos de chaveamento) e na biomecânica (cinesilogia). Foram utilizadas as redes de Bragg em fibra óptica como o elemento sensor aplicado a dois experimentos, um sobre a caracterização da corrente de entrada na bobina de um relé e outro sobre a caracterização do movimento de dedos com base na musculatura do antebraço. Por meio deste trabalho foi possível averiguar a importância de se entender o experimento realizado e determinar a melhor técnica de processamento de sinais. Também foi possível criar padrões para cada condição dos experimentos realizados com base em gráficos de dispersão aprimorados em virtude da magnitude de densidade espectral e a análise do discriminante linear.

PALAVRAS-CHAVE: Processamento de sinais. Sistemas de reconhecimento de padrões. Redes de Bragg. Máquinas elétricas. Cinesilogia.

ABSTRACT

Signal processing and pattern recognition techniques are of great importance for engineering, they can be worked with data acquired through sensors. This paper aims to study the different techniques used in two distinct engineering environments, in electrical (tapping artefacts) and in biomechanical (kinesiology). Fiber Bragg gratings were used as the sensor element applied in two experiments, one about the characterization of a relay coil input current and the other about the characterization of fingers's movement based on the forearm musculature. It was possible to ascertain the importance of understanding the experiment and to determine the best signal processing technique by this work. It was also possible to create patterns of each condition of the executed experiments based on improved scatter plots due to spectral density and linear discriminant analysis.

KEYWORDS: Signal processing. Pattern recognition systems. Bragg gratings. Electrical machines. Kinesiology.

INTRODUÇÃO

Com o passar da evolução de técnicas de sensoriamento, tem-se procurado cada vez mais não só uma otimização dos sensores, mas também métodos matemáticos mais avançados para o entendimento dos sinais monitorados. Pesquisas apontam que uma maneira de se entender uma amostra, é o reconhecimento de padrões, ou seja, designar os dados a um grupo específico conhecido com base em suas características (CASTRO; Prado,2002; SHENGXI, 1988). Entretanto, para designar tais características, é essencial um entendimento do ambiente e do ensaio em questão para se compreender qual informação é importante (ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2000).

Um dos sensores que vem se popularizando para aquisição de sinais é a rede de Bragg em fibra óptica (FBG). A FBG é uma modulação periódica do índice de refração do núcleo da fibra que reflete uma parte do espectro da luz transmitido, essa reflexão é denominada de comprimento de onda de Bragg e se altera conforme a variação de forças longitudinais e temperatura (SILVA, 2005; OTHONOS, 1997). Suas aplicações são vastas e podem ser utilizadas em diferentes áreas da engenharia.

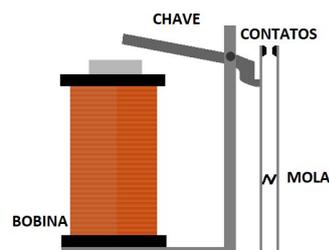
Portanto, o objetivo deste trabalho é estudar técnicas para processamento e reconhecimento de padrões de sinais mecânicos e biomecânicos monitorados por redes de Bragg em fibra óptica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho, foram selecionados dois experimentos: um de caráter mecânico, envolvendo um relé, e um de caráter biomecânico, utilizando a movimentação de dedos. Ambos foram realizados no Laboratório de Engenharia de Sistemas Optoeletrônicos (LabESO) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Curitiba.

Para o experimento mecânico, foi gravada uma FBG de comprimento de 1532 nm e refletividade de 40% e colada na lateral do invólucro do relé do tipo MPL-112-A. O princípio de funcionamento de um relé consiste na atração de uma chave para o núcleo da bobina com base na teoria eletromagnética da corrente em solenoides (HAYT JR, 1983), essa chave desloca os contatos de um circuito e quando não existe corrente, uma mola retorna o sistema ao seu repouso (Figura 1).

Figura 1 – Diagrama do funcionamento de um relé.



Fonte: Autoria própria.

Na sequência, foi utilizado um banco de resistores ligados em série com o relé para diminuir a corrente de entrada com o intuito de obter a corrente ideal de fechamento do relé que evite desgastes no funcionamento do contato e repiques, prolongando sua vida útil. Por fim, foi ligado um interrogador óptico I-MON 512 High Speed com 6k Hz de taxa de aquisição para monitorar sinais da FBG a partir de cinco amostras com resistências diferentes ligadas ao relé.

O segundo ensaio realizado no LabESO, envolvendo um grupo de quatro indivíduos, objetivou identificar a movimentação de diferentes dedos com base em uma FBG de comprimento de onda 1542 nm, posicionada na musculatura do antebraço. Essa FBG também foi conectada ao I-MON, entretanto com taxa de aquisição de apenas 50 Hz. Desta forma, foram obtidas 15 amostras por indivíduo, divididas em cinco amostras de cada dedo analisado (indicador, médio e mínimo). Assim, como haviam quatro indivíduos envolvidos no ensaio, obtiveram-se 60 resultados no total.

Cada amostra foi obtida por meio da movimentação dos dedos mencionados, totalmente distendidos, partindo-se da posição de repouso apoiada sobre uma superfície plana, até a elevação máxima possível com a palma da mão apoiada (JOBÁGY, 2005).

Ambos experimentos tiveram como foco determinar padrões característicos dos sinais recebidos, no primeiro foi possível identificar a resistência ligada em série e no segundo, o dedo movimentado. Para as análises dos dados foi necessário um processamento de sinal diferente para cada ensaio, utilizando o software MATLAB.

Primeiramente foi necessário observar quais informações no sinal seriam determinantes para criar um gráfico de dispersão dos padrões selecionados. Para o ensaio do relé foi verificado que o tempo e a magnitude de frequência são características determinantes, pois o tempo de chaveamento variava conforme as resistências aplicadas e sabe-se que a frequência é um fator de muita importância (ORHAN; AKTURK; CELIK, 2006). A primeira característica foi de fácil obtenção, sendo necessário apenas um gatilho de acionamento, já para a magnitude de frequência foi necessária a utilização de três métodos numéricos. Tais métodos foram: a transformada de Hilbert para obter a envoltória do sinal, separando melhor os grupos de dados visualmente; a transformada de Fourier para o reconhecimento das frequências do fechamento do contato e, por fim; a densidade de magnitude espectral (PSD), que mostra a influência de cada frequência na função. Obteve-se, então, duas informações para a construção de um gráfico de dispersão dos padrões: o tempo e a média do PSD. Para a análise do experimento da movimentação de dedos, utilizou-se a média do movimento até a sua total distensão e a taxa de crescimento da função. A frequência não foi utilizada pois a taxa de aquisição era muito baixa e não foi possível utilizar o tempo devido ao fator humano, pois cada amostra obteve um tempo diferente conforme o indivíduo. Com base nessas duas características também seria possível criar um gráfico de dispersão dos padrões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como gráfico que mostra os padrões de cada resistência aplicada ao relé, foi gerada a Figura 2 onde são observados os diferentes grupos e a área onde atuam. A partir da interpolação de superfície, é possível criar um gráfico de melhor

entendimento visual, como mostra a Figura 3. Esta interpolação segue uma função gerada com as médias dos padrões, expandindo a possível área de atuação de cada resistência, adquirindo, assim, a corrente ideal de fechamento pelo operador.

Figura 2 – Gráfico de dispersão dos chaveamentos.

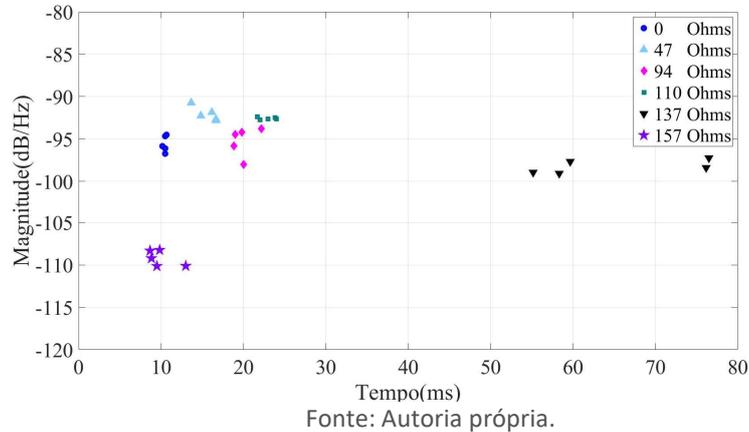
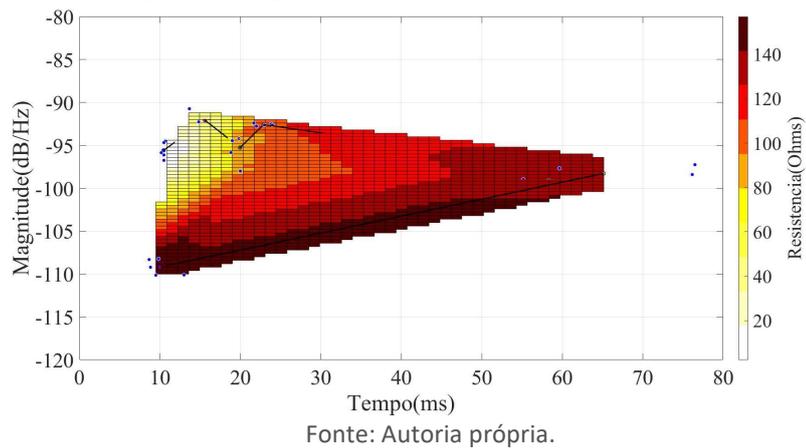
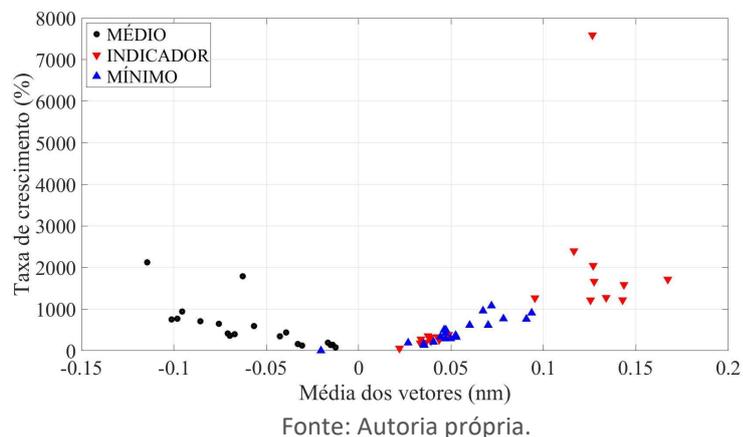


Figura 3 – Diagrama de área de atuação das resistências.

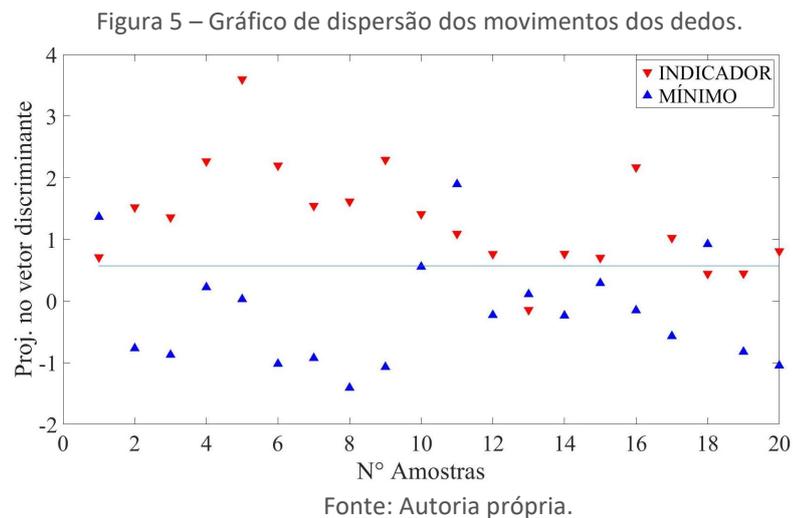


Para o reconhecimento de padrões de movimento de cada dedo, também foi gerado um gráfico de dispersão com base nas suas duas características estudadas, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Gráfico de dispersão dos movimentos dos dedos.



Embora o gráfico aparente indicar as zonas de ação de cada dedo, é necessário utilizar outros métodos para a divisão e classificação delas. Uma das alternativas foi a utilização da Análise do Discriminante Linear (LDA), que envolve a média e covariância dos grupos de funções e cria uma imagem com uma divisória entre os padrões baseada no valor numérico característico do método (BISHOP, 2006, p. 186), representado na Figura 5.



Pode-se observar que a divisão dos dedos mínimos e indicadores tem mais eficácia com a utilização do LDA do que um gráfico de dispersão, portanto eles se complementam.

CONCLUSÃO

Este trabalho buscou contribuir para o desenvolvimento de métodos de reconhecimento de padrão a partir de sinais adquiridos por sensores a fibra óptica em diferentes aplicações. Com os experimentos realizados, foi possível observar a relevância de um processamento de sinal antes do reconhecimento de padrões e a necessidade de se entender o método e o ambiente em que se realiza a aquisição de dados. É notável a diferença visual que um método não otimizado causa no entendimento das características que diferem os grupos, assim como a distinção que se tem nas condições de um sinal de fácil reprodutibilidade como o mecânico em comparação com um sinal biomecânico de difícil reprodutibilidade. Objetiva-se melhorar e aperfeiçoar o trabalho futuramente, com a intenção de aplicar os conhecimentos adquiridos em movimentos biomecânicos mais sofisticados e equipamentos elétricos de maior escala.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que me concedeu a bolsa de Iniciação Científica para a realização desse trabalho; ao Dr Jean Carlos Cardozo da Silva, que me orientou e guiou nesta pesquisa; ao grupo do LabESO e; à minha família que sempre me apoiou.

REFERÊNCIAS

CASTRO, A. A. M de; PRADO, P. P. L. de. Algoritmos para reconhecimento de padrões. **Revista Ciências Exatas**, Taubaté, v. 8, p. 129-145. 2002.

SHENGXI, P. et al. The design and implementation of dip arrow plot pattern recognition system. *In*: [1988 Proceedings] **9th International Conference on Pattern Recognition**. IEEE, 1988. P. 703-705.

ALBUQUERQUE, M. P. de; ALBUQUERQUE, M. P. de. **Processamento de imagens: métodos e análises**. Rio de Janeiro, Brasil, v. 12, 2000.

SILVA, Jean Carlos Cardozo da. **Monitoração de vibrações de estruturas com o emprego de sensores em fibra óptica**. 2005. Tese (Doutorado em Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2005.

OTHONOS, Andreas. Fiber Bragg gratings. **Revista Review of scientific instruments**, v. 68, n. 12, p. 4309-4341, 1997.

HAYT JR, William Hart. **Eletromagnetismo**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1983

JOBÁGY, Ákos et al. Analysis of finger-tapping movement. **Revista Journal of neuroscience methods**, v. 141, n. 1, p. 29-39, 2005.

ORHAN, Sadettin; AKTURK, Nizami; CELIK, Veli. Vibration monitoring for defect. Diagnosis of rolling element bearings as a predictive maintenance tool: Comprehensive case studies. **Revista Ndt & E International**, v. 39, n. 4, p. 293 – 298, 2006.

BISHOP, Christopher M. **Pattern recognition and machine learning**. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.