



RIC021 - Modelagem matemática da dor por meio de sensores de força resistivos para uso em sistema médicos

Anderson Freiman¹, Wu Feng Chung^{1,2}, Huei Diana Lee¹, Weber Shoity Resende Takaki¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

²Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

anderson.freiman@unioeste.br, wufengchung@gmail.com,
hueidianalee@gmail.com, webertakaki@gmail.com

Resumo. A dor é uma importante manifestação clínica presente em diferentes enfermidades e está diretamente associada a experiência emocional com características estritamente pessoal. Por tratar-se de uma percepção subjetiva, os instrumentos para registro e análise desta sensação baseiam-se, principalmente, em questionários de autoavaliação, que apesar de serem amplamente aplicados, não permitem realizar o registro dinâmico da dor durante a execução conjunta com outras atividades, além de dificultar o uso por indivíduos com deficiência visual ou motora. Assim, o objetivo desse trabalho foi modelar matematicamente a relação entre uma ação individual capaz de representar a ocorrência de dor, neste caso a força aplicada sobre um sensor, e a resposta deste aparato como forma de estabelecer a interface entre o indivíduo e o sistema de registro da dor, sem prejudicar a subjetividade dessa percepção. Para tanto foram usados dois modelos matemáticos para calcular a variação da resistência elétrica interna do sensor quando submetido à aplicação de uma carga externa.

Abstract. Pain is an essential clinical manifestation present in different illnesses and is directly associated with emotional experience with strictly personal characteristics. Because it is a subjective perception, the instruments for recording and analyzing this sensation are mainly based on self-assessment questionnaires, which, despite being widely applied, do not allow for the dynamic recording of pain during joint execution with other activities, besides making it difficult to use for individuals with visual or motor impairments. Thus, the objective of this work was to mathematically model the relationship between an individual's action capable of representing the occurrence of pain, in this case the force applied on a sensor, and the response of this apparatus as a way of establishing the interface between the individual and the pain recording system, without compromising the subjectivity of this perception. To this end, two mathematical models were used to calculate the variation of the internal electrical resistance of the sensor when subjected to the application of an external load.

Palavras-chave: Algia; Dispositivo Médico; Medição da Dor.

Nome do projeto: Estudo de sensores para registro e avaliação dinâmica de tempo e intensidade de dor em movimentos corpóreos.

1. CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

A dor é uma manifestação clínica essencial e subjetiva e o autorrelato é tido adequado para a sua caracterização. Diversos métodos são usados para mensurá-la, como a *Visual Analog Scale* e a *Numerical Rating Scale* (1), todavia, estas técnicas apresentam limitações quando usados junto com outra atividade, aspecto este que pode ser contornado pelo uso de dispositivos tangíveis.

1.1 Objetivo

Modelagem matemática a dor por meio de sensores de força resistivos (SFR) e relacionar a resposta destes sensores no registro da intensidade e duração dessa manifestação clínica.



2. ATIVIDADES PRINCIPAIS

Levantamento bibliográfico por *string* de busca, estudos de métodos para quantificar a dor e funcionamento e aplicações de microcontroladores (MIC) e SFR com dois modelos matemáticos e a comparação estatística.

3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Simulações do funcionamento do SFR com o MIC Arduino foram realizadas para a compreensão desses aparatos, em particular a variação da resistência elétrica interna do SFR quando forças variáveis em relação ao tempo são aplicadas sobre o sensor. Ademais, utilizou-se o software Autodesk Tinkercad (AT) para simular circuito eletrônico com amplificador operacional (AO), e com o sensor conectado em paralelo com um resistor, configurando divisor de tensão (Figura 1-a) (2). Para tornar o controle mais fidedigno da força aplicada sobre o sensor no AT, foi elaborado um programa em Python para simular o incremento linear de força variando-a de 0 a 10 N com intervalos de 0,02 N. Depois, o programa foi modificado para calcular a variação da resistência elétrica do SFR usando as equações de Paredes-Madrid *et al.* (3). Com a resistência calculada pelos dois métodos, era determinada a tensão de saída do AO utilizando a Equação 1.

$$V_{out} = \frac{R_M V +}{(R_M + R_{SFR})} \tag{Equação 1}$$

Sendo: V_{out} : tensão de saída do AO; $V+$: tensão de entrada do AO; R_M : resistência de acoplamento e R_{SFR} : resistência interna do sensor.

Por meio do coeficiente de determinação (R^2), as curvas obtidas pelas equações de resistência de Paredes-Madrid *et al* (azul) e AT (vermelho) (Figura 1-b) foram comparadas alcançando $R^2=0,9641$.

Figura 1 - (A) Diagrama do circuito com AO; (B) Curva de tensão de saída para os dois métodos.



4. DESAFIOS E APRENDIZADOS

Os desafios foram a compreensão da modelagem matemática da resistência elétrica interna do SFR, do tema dor e da linguagem Python na modelagem e validação dos modelos gerados.

REFERÊNCIAS

1. Adams AT, Adams P, Murnane E, Elfenbein M, Sannon S, Gay G *et al.* Keppi: a tangible user interface for self-reporting pain. *ACM Trans Appl Percept*; 2018.
2. Interlink Electronics. FSR® Integration Guide. Document part number EIG-10000 Rev. B; 2022.
3. Paredes-Madrid L, Palacio CA, Matute A, Vargas CAP. Underlying physics of conductive polymer composites and force sensing resistors (FSRs) under static loading conditions. *Sensors*. 17; 2017.