



## Avaliação da Aplicação de Sensores de Força para Mapeamento de Dor

Luis Vosgerau Baroni<sup>1</sup>, Wu Feng Chung<sup>1,2</sup>, Weber Shoity Takaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, PR

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP

luis.baroni@unioeste.br, wu.chung@unioeste.br, webertakaki@gmail.com

**Resumo.** O questionário é o método mais utilizado para estimar a dor, porém inviabiliza a análise desse aspecto no momento de ocorrência. Assim, o uso de dispositivo com sensor de força resistivo pode favorecer a identificação da dor em tempo real. O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento do sensor em delinear o intervalo entre a força mínima e a máxima exercida sobre o dispositivo em testes físicos e ambiente de simulação. Estes testes demonstraram uma relação logarítmica entre a força aplicada e a tensão de saída, constituindo um desafio para o mapeamento da intensidade da dor, pois a partir de 0,85 kg, a tensão de saída apresenta pouca variação mesmo com elevada força aplicada. Assim, foi realizada a divisão da curva em duas partes usando-se o ponto no qual a derivada da função se torna inferior a 1. Cada parte foi ajustada pelo modelo polinômio de grau 1 para a linearização desse comportamento, resultando em similaridade elevada. Desse modo, por meio desse procedimento pôde-se reduzir a complexidade do fenômeno físico.

**Palavras-chave:** Escalas de dor; Tempo real.

**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 resposta fundamental do organismo para a sua proteção e varia com o estímulo sofrido. Atualmente, os questionários em escalas verbais ou numéricas como a *Verbal Rating Scales* e a *Numeric Rating Scales* são os mais utilizados para estimar a intensidade da dor (1) e classifica essa manifestação em níveis de acordo com as respostas. No entanto, existem dificuldades em aplicar estes questionários no momento de ocorrência da dor, bem como ao longo de um determinado tempo. Assim, este trabalho tem como motivação estabelecer uma relação entre a intensidade da dor e a força aplicada sobre um sensor de força resistivo (FSR) (2). Desse modo, acredita-se que a identificação e a análise, em tempo real, da dor possa ser feita, e, com isso, contribuir positivamente para melhor interpretação dessa manifestação clínica tão importante.

#### 1.1 Objetivo

Estudar e analisar o comportamento do sensor de força resistivo em delinear o intervalo entre as forças mínima e máxima exercida sobre o dispositivo em testes físicos e ambiente de simulação.

### 2. ATIVIDADES PRINCIPAIS

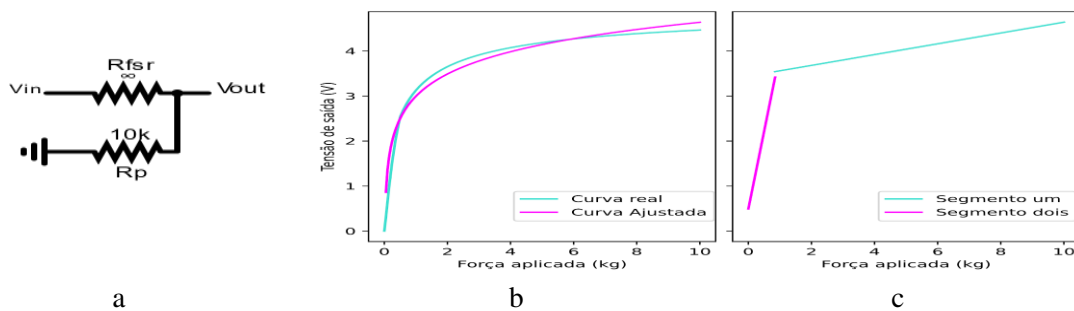
As principais atividades envolveram testes e análises do sensor por meio de estudo teórico, observação prática do comportamento do sensor em circuito básico, simulação do circuito em software, implementação do protótipo do circuito e coleta e análise de dados.

### 3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Os materiais utilizados foram: FSR (2); resistor (10kΩ) para resistência em *pull-down*; placa de desenvolvimento *Arduino Uno* para leitura e digitalização da saída dos circuitos; simulador *Falstad Circuitjs* para diagramação esquemática e simulação eletrônica do circuito e *Tinkercad* para simulação do circuito em protoboard; linguagem de programação *Python* e bibliotecas para análise dos dados e geração de gráficos. As análises iniciais utilizando-se do circuito com resistor *pull-down* acoplado à saída (Figura 1-a), indicaram



uma relação logarítmica entre as forças simuladas eletronicamente aplicadas sobre o sensor e a saída lida que resultou nos gráficos demonstrados nas Figura 1-b e 1-c. A curva de cor azul (Figura 1-b) demonstra o comportamento observado pelo circuito em ambiente de simulação e confirmada no protótipo. A curva em cor rosa (Figura 1-b) é resultante da modelagem da curva azul em função logarítmica e a qualidade do ajuste foi medida pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), alcançando 0,96. A relação logarítmica entre a força aplicada (eixo x) e a tensão de saída (eixo y), demonstrou dois comportamentos distintos na mesma curva, sendo que, inicialmente, apresentou forte crescimento de y em relação a x, e, depois, a redução extrema da elevação. Com isso, a curva foi separada em duas partes no ponto de mudança da taxa de crescimento da função, resultando nos intervalos no eixo x de  $[0, 0,85]$  e  $[0,85, 10]$  (Figura 1-c). Este ponto de mudança corresponde ao local que a derivada da função se torna inferior a 1. Cada parte foi então ajustada pelo modelo polinômio de grau 1 para linearizar o primeiro e o segundo segmento, gerando  $R^2$  de 0,90 e 0,8, respectivamente, com similaridade elevada. Por meio desses procedimentos, pôde-se reduzir a complexidade do fenômeno físico e contribuiu positivamente para a compreensão do FSR.



**Figura 1** – (a) Diagrama esquemático do circuito com resistor *pull-down*; (b) Curvas real e ajustada relativas à tensão de saída ( $V_{out}$ )<sup>(8)</sup>; e (c) Representação linearizada da curva em dois segmentos.

#### 4. DESAFIOS E APRENDIZADOS

A relação logarítmica entre a força aplicada sobre o FSR e a tensão de saída do circuito gera um comportamento complexo para o mapeamento da dor. Assim, acredita-se que a linearização dessa curva será útil para compreender essa manifestação clínica. Para isso, foram necessários estudos de eletrônica para elaboração e compreensão do circuito, linguagem *Python* e abordagem da dor, que foi essencial para auxiliar no projeto. O próximo passo será realizado a correlação da força mecânica aplicada diretamente no sensor em relação à gradação leve, moderada e forte da dor simulada.

#### 5. REFERÊNCIAS

1. Zwakhlen SM, Hamers JP, Abu-Saad HH, Berger MP. Pain in elderly people with severe dementia: A systematic review of behavioral pain assessment tools. BMC Geriatrics; 2006.
2. Interlink Electronics. FSR Integration Guide & Evaluation Parts Catalog With Suggested Electrical Interfaces. 90-45632 Rev. D; 2007.