Anais do V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e X Simpósio de Engenharia Biomédica - ISBN: 978-85-5722-065-2 - DOI: 10.29327/cobecseb.78887

# AVALIAÇÃO INICAL DO USO DE UM SENSOR RESISTIVO PARA QUANTIFICAÇÃO DO MOVIMENTO DE PINÇA POLPA-A-POLPA NOS DISTÚRBIOS MOTORES DA DOENÇA DE PARKINSON

G. Jablonski*, S. C. Costa*, T. F. Zaruz* e A. O. Andrade*

*Núcleo de Inovação e Avaliação Tecnológica em Saúde (NIATS), Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Brasil
e-mail: gabriel659@hotmail.com

**Resumo:** A Doença de Parkinson (DP) é uma desordem neurodegenerativa do sistema nervoso central, com implicações graves para o indivíduo, causando déficits nas funções motoras. Entre os sintomas da DP estão a rigidez muscular e a bradicinesia, sendo ambos fatores que comprometem o movimento de pinça polpa-a-polpa, essencial para realizar diversas atividades de vida diária. O monitoramento periódico para avaliar a evolução da perda de movimento de pacientes acometidos pela DP é essencial devido à natureza da doença, que requer a avaliação da severidade dos sintomas, com intuito de capturar a variabilidade dos sintomas do paciente ao longo do tempo em seu ambiente de vida, o que pode ser feito por meio de diversos testes. Dentre estes, destaca-se o Teste de Toque dos Dedos (TTD), conhecido em inglês como *Finger Tapping Test*, que consiste na realização de movimentos de pinça polpa-a-polpa, repetitivos e contínuos, a fim de verificar a força e a velocidade do movimento. Neste trabalho, foi desenvolvido um dispositivo de fácil operação utilizando um sensor de torção à base de tinta resistiva para obtenção e análise de parâmetros envolvidos no TTD, como consistência e rapidez na realização do movimento de pinça polpa-a-polpa.
**Palavras-chave:** Doença de Parkinson, Bradicinesia, Teste de Toque dos Dedos.

***Abstract:*** *Parkinson's disease (DP) is a neurodegenerative disorder of the central nervous system, with serious implications for the individual, causing deficits in motor functions. Among the symptoms of DP are muscle stiffness and bradykinesia, both of which compromise the fine pinch movement, essential for performing several activities of daily life. Periodic monitoring for evaluation of the progression of movement loss of DP patients is essential given the nature of the disease, which requires assessing the severity of the symptoms, in order to capture their changes over time in the patient's life environment, which can be done through several tests. Amongst them is the Finger Tapping Test (TTD), which consists in performing repetitive and continuous fine pinch movements in order to verify the force and the speed of the movement. In this project, an easy-to-operate device was developed using a resistive ink based torsion sensor to obtain and analyze the parameters involved in TTD, such as consistency and speed of pinches.*

***Keywords:*** *Parkinson's disease, Bradykinesia, Finger Tapping Test.*

## Introdução

A Doença de Parkinson (DP) é uma doença crônica neurodegenerativa com implicações graves para o indivíduo, causando déficits nas funções motoras. A DP é caracterizada pela disfunção dos neurônios secretores de dopamina nos gânglios da base, os quais são responsáveis pelo controle e ajuste da transmissão de comandos conscientes do córtex cerebral para os músculos do corpo humano [1]. O seu diagnóstico é clínico, baseado em anamnese, exames clínicos específicos e exames neurológicos [2].

Entre os sintomas apresentados pelos indivíduos acometidos pela DP estão a rigidez muscular e a bradicinesia (lentidão de movimentos) [3], que são o foco principal do desenvolvimento deste trabalho. O diagnóstico precoce, assim como o acompanhamento da progressão da DP, pode ser realizado através de testes que levam em consideração os sintomas citados. O Teste de Toque dos Dedos (TTD), trata-se de uma modalidade desses testes, no qual o paciente realiza uma série de movimentos repetitivos e contínuos envolvendo os dedos da mão [3]. Nesse caso, o teste consiste em realizar o movimento de pinça polpa-a-polpa, aproximando e afastando o indicador do polegar.

O interesse pelo monitoramento a longo prazo de pacientes com doença de Parkinson é originado devido à natureza da doença, que requer avaliar a gravidade dos sintomas em diferentes pontos durante o dia e em diferentes dias, a fim de capturar a variabilidade em sua severidade ao longo do tempo. Vários autores demonstraram interesse para o monitoramento a longo prazo de sintomas em pacientes com doença de Parkinson desde meados dos anos noventa [4,5].

Deste modo, o objetivo do trabalho é desenvolver um dispositivo compacto e de fácil operação utilizando um sensor analógico de dois terminais, denominado *Flex Sensor*, o qual possui uma resistência que varia com sua torção, para obtenção e análise de parâmetros envolvidos no TTD, como consistência e rapidez na realização do movimento.

## Materiais e Métodos

Para a idealização do projeto, foram utilizados sensores de flexão a base de tinta resistiva, a plataforma

de prototipagem Arduino e a linguagem de programação de alto nível Python.

**Sensor de flexão –** A captura dos movimentos da mão humana já tem recebido auxílio de sensores de flexão há algum tempo, como é o exemplo do óptico [6] e do a base de tinta resistiva [7,8], sendo o último escolhido para este trabalho. O preço relativamente baixo do sensor a base de tinta resistiva [9], a sua simplicidade em comparação com sensores de alta precisão, a altíssima durabilidade (suporta cerca de 1 milhão de manobras de torção) e seu tamanho compacto [10] são fatores que justificam a sua escolha.

A detecção do movimento se baseia na capacidade do sensor de variar sua resistência quando submetido a uma torção, que pode chegar a dobrar de valor a uma curvatura de 180º [10]. Devido à inviabilidade de se medir diretamente essa variação na resistência, recorreu-se ao princípio de divisor de tensão para gerar uma variação em uma tensão DC, a qual foi medida por um pino de entrada analógica presente no Arduino, e então convertida para um sinal digital.

Devido ao baixo nível de complexidade do método utilizado para a obtenção dos sinais desejados, para a confecção do circuito foram necessários apenas um resistor dimensionado de forma a proporcionar uma tensão de saída dentro da faixa adequada para a faixa de operação ideal das portas analógicas do Arduino levando em consideração o uso de uma bateria de 12 V como fonte de alimentação; e um amplificador operacional LM324, utilizado seguindo a recomendação do fabricante, visando a redução de inconsistências na leitura devido à impedância do sensor quando usado apenas como divisor de tensão [10]. Com a aquisição adequada do sinal, deu-se início à etapa de visualização e processamento dos dados obtidos com o sensor de flexão ilustrado na Figura 1.



Figura 1: Sensor de flexão a base de tinta resistiva.

**Arduino –** A conversão do sinal obtido no circuito deu-se através da plataforma de prototipagem Arduino Uno. A tensão máxima tolerada pelos pinos analógicos utilizados é de 5 V, sendo que tensões maiores podem danificar a placa. A resolução do conversor analógico-digital é de 10 bits, o que caracteriza 1024 níveis de conversão com resolução de 4,88 mV. A frequência de amostragem foi de 200 Hz [11].

**Software –** Além da conversão do sinal analógico para digital, o código-fonte em funcionamento no Arduino também realiza uma filtragem utilizando o princípio de *Exponential Smoothing*, que, conforme a equação (1), que utiliza a amostragem mais recente, suaviza cada nova leitura, eliminando flutuações que prejudicariam o processamento do sinal [12].

$$y_n = w \cdot x_n + (1 - w) \cdot y_{n-1} \quad (1)$$

onde $y_n$ é o valor de saída do filtro, $x_n$ é o novo valor medido, $y_{n-1}$ é o último valor de saída do filtro e w é o fator de ponderação, um valor entre 0 e 100, que, quanto mais próximo de 100, mais rápida é a resposta e o sinal é filtrado apenas levemente; sendo que a recíproca, para valores mais próximos de 0, é válida [13].

Esse filtro foi obtido e implementado por meio da biblioteca *MegunoLink Arduino Library* [14].

Com o auxílio da linguagem de programação de alto nível Python e suas inúmeras bibliotecas, que, em geral, são desenvolvidas por seus usuários, foi possível desenvolver uma interface para a plotagem em tempo real da leitura realizada pelo Arduino, por meio da biblioteca dedicada a interfaces gráficas *Matplotlib* [15]. Foi implementado ainda um algoritmo preliminar para estimativa do tempo decorrido ao longo da realização de cada movimento de pinça por parte do usuário, por meio da detecção de picos e vales da forma de onda do sinal, função adquirida através da biblioteca *PeakUtils* [16]. Para utilização dessa funcionalidade, envia-se um comando para a interface, que, após um intervalo de tempo pré-determinado, interrompe a leitura e plotagem, calculando em seguida o tempo decorrido para cada torção realizada sobre o sensor após o envio do comando para início da aquisição dos dados.

## Resultados e Discussões

A fim de demonstrar o funcionamento do algoritmo de medição de tempo, foram realizados testes preliminares utilizando uma onda senoidal produzida por um gerador de função configurado em valores conhecidos de frequência.

Para o primeiro teste, ilustrado na Figura 2, a frequência programada no gerador de função foi de 1,29 Hz (período de 0,775 s) para verificar o comportamento do software em baixas frequências.

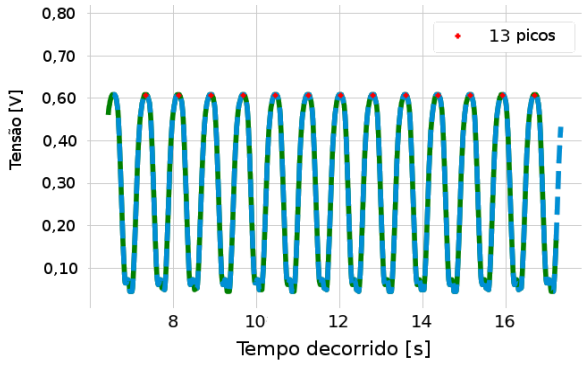



Figura 2: Gráfico gerado pelo software a partir de uma onda senoidal de 1,29 Hz obtida com auxílio de um gerador de função.

O período médio calculado pelo software para esta frequência, considerando os picos e vales (um período é composto por um pico e um vale) da onda senoidal gerada foi de 0,780 s.

Para o segundo teste a frequência programada no gerador de função foi de 5 Hz (período de 0,200 s) para verificar o comportamento do software em uma frequência mais elevada. O período médio calculado pelo software neste caso, considerando os picos e vales da onda senoidal gerada, foi de 0,197 s. O gráfico referente ao segundo teste está ilustrado na Figura 3.

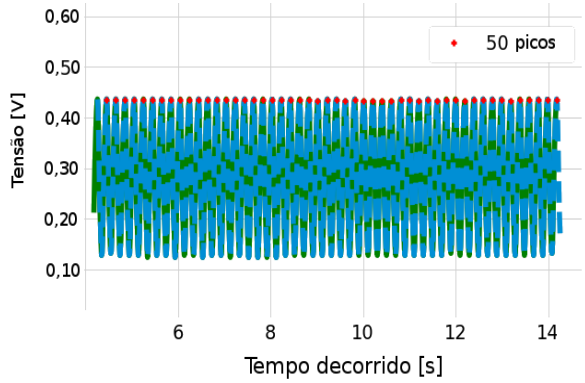



Figura 3: Gráfico gerado pelo software a partir de uma onda senoidal de 5 Hz obtida com auxílio de um gerador de função.

Os resultados obtidos nos testes apresentaram um nível de precisão dentro do esperado, comprovando o bom funcionamento do software.

Em seguida foram feitos testes com o sensor de flexão. O movimento de pinça polpa-a-polpa realizado no teste com o sensor está ilustrado na Figura 4.

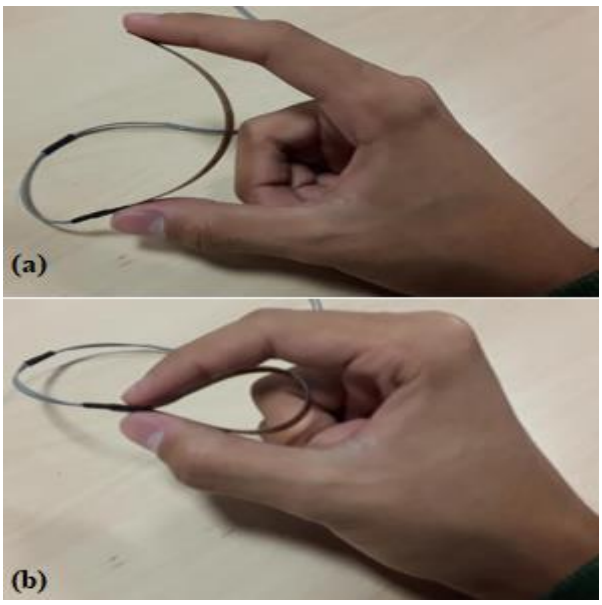



Figura 4: Ilustração do movimento de pinça fina utilizando o sensor de flexão: (a) estado inicial do sensor antes da pinça polpa-a-polpa, (b) sensor flexionado durante o movimento de pinça.

Assim como os testes realizados com o gerador de função, foram realizados dois testes de bancada com o sensor de flexão sendo manipulado por um voluntário jovem (faixa etária de 20 anos) sem a DP.

O primeiro teste com o movimento de pinça realizado a uma frequência mais baixa. O período médio calculado pelo software foi de 0,850 segundos, o que nos mostra que a frequência do movimento foi, em média, de aproximadamente 1,18 Hz. A Figura 5 mostra o gráfico referente ao primeiro teste.

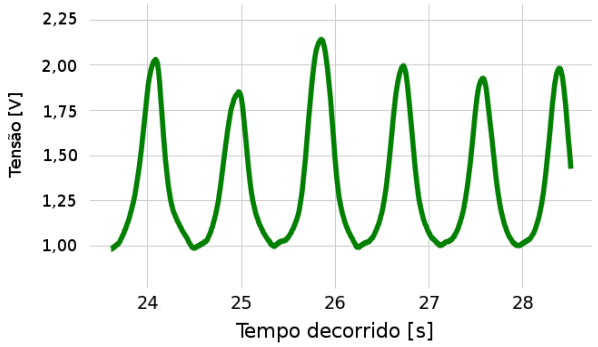



Figura 5: Gráfico gerado pelo software a partir do movimento de pinça em uma frequência de 1,18 Hz utilizando o sensor de flexão.

O segundo teste foi realizado com o movimento de pinça em uma frequência mais alta. O período médio calculado pelo software foi de 0,220 segundos, o que nos mostra que a frequência do movimento foi, em média, de aproximadamente 4,55 Hz. A Figura 6 mostra o gráfico referente ao segundo teste.

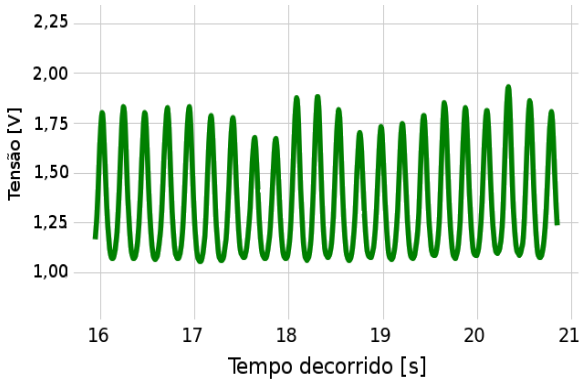



Figura 6: Gráfico gerado pelo software a partir do movimento de pinça em uma frequência de 4,55 Hz utilizando o sensor de flexão.

Durante a realização dos testes constatou-se que um valor de w próximo a 50 foi o ideal para a aplicação do filtro *Exponential Smoothing*, garantindo suavização e fidelidade satisfatórias do sinal.

## Conclusão

A partir das informações coletadas, é possível concluir que o uso do sensor de flexão à base de tinta resistiva na captura de movimentos de pinça revelou-se um método viável para a obtenção de alguns parâmetros desejados, para a medição do tempo de realização do

movimento, como pôde ser visto nos breves testes realizados.

De forma a aprimorar a tecnologia em desenvolvimento realizaremos no futuro: a confecção de uma luva especial para maior facilidade de utilização do sensor e de um invólucro para armazenamento do circuito; o desenvolvimento de uma interface amigável ao usuário; o desenvolvimento de um protocolo de uso do dispositivo para que este tenha repetibilidade periódica e aprimoramento do algoritmo para processamento de dados.

**Agradecimentos**

Os autores deste trabalho agradecem o apoio financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). A. O. Andrade é Bolsista do CNPq, Brasil (305223/2014-3).

**Referências**

[1] Siegel, C., Hochgatterer, A., & Dorner, T. E. (2014). Contributions of ambient assisted living for health and quality of life in the elderly and care services--a qualitative analysis from the experts' perspective of care service professionals}. *BMC Geriatr, 14*, 112.

[2] Gelb, D. J. *et al.*, "Diagnostic criteria for Parkinson disease," *Archives of Neurology,* vol. 56, pp. 33-39, 1999.

[3] SILVA, Rodolfo et al. Dispositivo para o diagnóstico precoce da Doença de Parkinson. International Conference On Engineering: Engineering for society, Covilhã, Portugal, dez. 2015.

[4] J. Ghika, A. W. Wiegner, J. J. Fang, L. Davies, R. R. Young, and J. H. Growdon, "Portable system for quantifying motor abnormalities in Parkinson's disease," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 40, pp. 276–283, Mar. 1993.

[5] Spieker, S., Jentgens, C., Boose, A. and Dichgans, J. "Reliability, specificity and sensitivity of long-term tremor recordings," *Electroencephalogr.Clin. Neurophysiol.*, vol. 97, no. 6, pp. 326–31, Dec. 1995.

[6] VPL RESEARCH, INC. Thomas G. Zimmerman. Optical flex sensor. USA nº US 4542291 A, 29 set. 1982, 17 set. 1985. Disponível em: <https://www.google.com/patents/US4542291#backward-citations>. Acesso em: 10 jun. 2017.

[7] Dixit, S. K.; Shingi, N. S. Implementation of Flex sensor and Electronic Compass for Hand Gesture Based Wireless Automation of Material Handling Robot. International Journal Of Scientific And Research Publications. Dez. 2012.

[8] GREENLEAF MEDICAL SYSTEMS, INC. Glenn R. Edwards; Graham Lloyd; Marl L. Oberman. Man-machine interface for a joint measurement system. USA nº US 5316017 A, 07 out. 1992, 31 maio 1994. Disponível em: <https://www.google.com/patents/US5316017>. Acesso em: 10 jun. 2017.

[9] SPECTRA SYMBOLFLEX SENSOR 4.5. Disponível em: < https://www.amazon.com/SPECTRA-SYMBOL-FS-L-0112-103-ST-SYMBOLFLEX-SENSOR/dp/B005T8743E>. Acesso em: 30 jun. 2017.

[10] Spectra Symbol. Flex Sensor Datasheet 2014. Disponível em: <http://www.spectrasymbol.com/wp-content/uploads/2016/12/FLEX-SENSOR-DATA-SHEET-v2014-Rev-A.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2017.

[11] Arduino UNO**.** Disponível em: <http://www.arduino.org/products/boards/arduino-uno>. Acesso em: 10 mai. 2017.

[12] Everette, S.; Junior, G. Exponential smoothing: The state of the art. Journal of Forecasting**,** Pennsylvania, Usa, v. 4, p.1-28, 1985.

[13] EXPONENTIAL FILTER. Disponível em: <http://www.megunolink.com/documentation/arduino-libraries/exponential-filter/>. Acesso em: 05 jun. 2017.

[14] ARDUINO LIBRARY**.** Disponível em: < http://www.megunolink.com/documentation/arduino-library/>. Acesso em: 05 jun. 2017.

[15] Matplotlib. Disponível em <https://matplotlib.org>. Acesso em: 12 de junho 2017.

[16] PeakUtils. Disponível em <http://pythonhosted.org/PeakUtils/index.html>. Acesso em: 01 de junho 2017.