

QUANTIFICAÇÃO DE TREMOR DE PUNHO UTILIZANDO O SENSOR LEAP MOTION

Fábio Henrique M. Oliveira*, João A. F. Barbosa Júnior**, Alessandro R. P. Machado**
e Adriano O. Andrade**

*Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberlândia, Brasil

**Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

e-mail: oliveirafhm@gmail.com

Resumo: A quantificação do tremor tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores. Ela permite que o tremor seja avaliado de forma objetiva. Com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de métodos para a detecção e quantificação do tremor humano, esta pesquisa avalia o uso do sensor Leap Motion em dois cenários distintos: (i) tremor induzido por meio de estimulação elétrica funcional; (ii) tremor Parkinsoniano detectado de um indivíduo acometido pela doença de Parkinson e mais dois voluntários neurologicamente saudáveis. Os resultados apontam que o sensor LM atende ao propósito de quantificar e analisar o tremor humano de punho.

Palavras-chave: Quantificação, Tremor de punho, Estimulador elétrico, Sensor Leap Motion.

Abstract: *The quantification of tremor has been studied by several researchers. The quantification allows the tremor to be evaluated objectively. In order to contribute to the development of methods for the detection and quantification of human tremor, this study evaluate the use of the Leap Motion sensor in two different scenarios: (i) tremor induced by functional electrical stimulation; (ii) Parkinsonian tremor detected from an individual affected by Parkinson's disease and two other neurologically healthy volunteers. The results show that the LM sensor serves the purpose of measure and analyze human tremor wrist.*

Keywords: *Quantification, Wrist human tremor, Electrical stimulator, Leap Motion sensor.*

Introdução

O tremor humano pode ser classificado em duas categorias: fisiológico e patológico [1]. O fisiológico é considerado normal e decorrente da atividade mecânica do coração, ademais está presente em todas as pessoas, mas não é perceptível a olho nu. Usualmente o tremor fisiológico acomete alguns grupos musculares nas partes distais dos membros, cabeça, língua, mento, corda vocal e raramente, o tronco [2]. O tremor patológico é anormal e associado às síndromes neurológicas, podendo ser subdividido em tremor de repouso e ação. O tremor de repouso manifesta-se quando a parte do corpo acometida encontra-se sem ativação voluntária e apoiada sobre uma superfície contra a gravidade. Já o

tremor de ação ocorre durante a contração voluntária dos músculos envolvidos [2,3].

A quantificação do tremor tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores [4]. A quantificação permite que o tremor seja avaliado de forma objetiva, possibilitando a mensuração do mesmo com inúmeras variáveis, tais como idade e presença de doenças neurológicas [4].

A quantificação do tremor envolve a seleção de sensores para a sua detecção e o uso de ferramentas para processamento de sinais que permitem a extração de suas características [4].

Com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de métodos para a detecção e quantificação do tremor humano, esta pesquisa avalia o uso do sensor Leap Motion em dois cenários distintos: (i) tremor induzido por meio de estimulação elétrica funcional; (ii) tremor Parkinsoniano detectado em um indivíduo acometido pela doença de Parkinson e mais dois voluntários neurologicamente saudáveis.

Materiais e métodos

Sensor Leap Motion (LM) – O LM é um sensor de mensuração de profundidade que utiliza infravermelho para mapear uma dada área em formato de esfera, tendo como origem a posição física do sensor. Nessa área mapeada, esse sensor é capaz de fornecer dados sobre as mãos tais como a posição das mesmas com precisão de milímetros [5][6].

Software para coleta – A Figura 1 apresenta o sistema para coleta de dados acrescido de balões explicativos. A arquitetura e organização deste sistema se encontra detalhada em [7].

Por meio deste *software* é possível registrar o deslocamento da palma da mão e dos dedos ao longo dos eixos (x,y,z). Ressalta-se que neste estudo utilizaremos apenas o deslocamento da palma da mão como informação para análise do tremor.

Pré-processamento do sinal – Todas as ferramentas utilizadas no processamento do sinal foram desenvolvidas no MATLAB (MathWorks®).

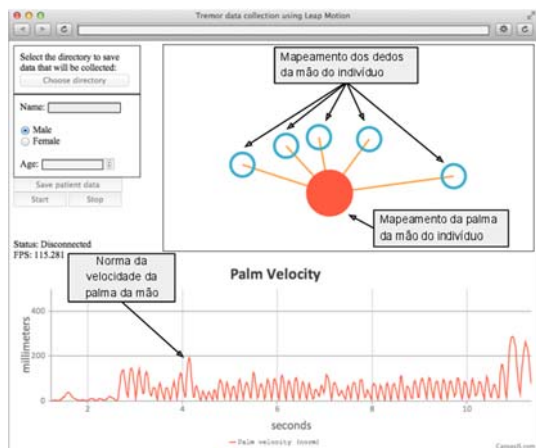


Figura 1: Interface do sistema para coleta usando o sensor Leap Motion.

A variação da posição da palma da mão ao longo do tempo é utilizada para calcular a velocidade (v) da mesma, como definido em (1). A série temporal da norma da velocidade ($\|\vec{v}\|$) é estimada e, então, utilizada para a representação do movimento voluntário e involuntário (tremor).

$$\vec{v} = \left[\frac{\Delta x}{\Delta t}, \frac{\Delta y}{\Delta t}, \frac{\Delta z}{\Delta t} \right] \quad (1)$$

Uma janela retangular de duração de 10 s foi aplicada a todos os sinais coletados de modo a padronizar a análise desses.

Processamento do sinal – Nesta etapa utilizou-se o método desenvolvido por Andrade [8], que faz uso da transformada de Hilbert para estimar a frequência média instantânea (FMI) de sinais biomédicos, tais como o eletromiograma.

Protocolos experimentais – Dois cenários distintos foram avaliados: (i) tremor induzido por meio de estimulação elétrica funcional; (ii) tremor Parkinsoniano detectado de um indivíduo acometido pela doença de Parkinson e mais dois voluntários neurologicamente saudáveis. Este estudo foi avaliado e aprovado¹ pelo Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

A Figura 2 ilustra o cenário e os elementos utilizados no experimento que envolve o estimulador a luva (para produzir o tremor) e o LM (para capturar o tremor induzido).

Para a indução do tremor foi utilizado o dispositivo desenvolvido pela empresa VITATronic® [9], com a finalidade de emular o tremor humano tipicamente encontrado na população idosa.

O estimulador utilizado foi alimentado por uma bateria de 9V e possui dois potenciômetros, sendo um para ajustar a frequência do pulso elétrico de saída e outro para configurar a amplitude do estímulo. Esse

pulso é transmitido via cabo para a luva condutora usada pelo voluntário.

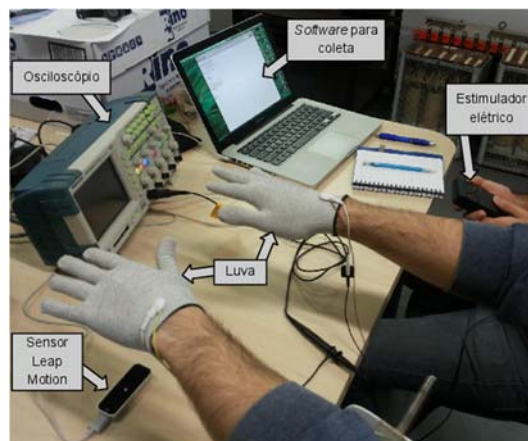


Figura 2: Tremor induzido por meio de estimulação elétrica funcional.

Para visualizar a frequência e a amplitude do sinal de estímulo foi utilizado um osciloscópio conectado aos terminais de entrada da luva utilizada pelo voluntário. A Figura 3 ilustra um pulso típico gerado pelo estimulador.

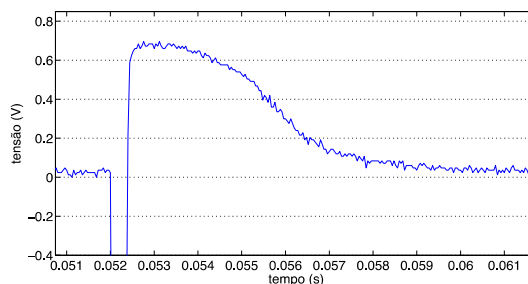


Figura 3: Exemplo de um pulso elétrico gerado pelo estimulador de tremor.

O cenário 1 (tremor induzido) foi conduzido com um voluntário neurologicamente saudável. A Tabela 1 sintetiza as configurações do experimento.

Tabela 1: Resumo das configurações adotadas no cenário 1.

Item	Parâmetro	Configuração
Estimulador	Amplitude	0,68 V
	Frequência	2,5 Hz / 5 Hz / 7,5 Hz / 10 Hz
Leap Motion	Frequência de amostragem	60 Hz
-	Tempo da coleta	>= 10 s

Coletou-se a atividade de tremor induzido por estimulação elétrica para ambas as mãos considerando-se as quatro configurações de frequência por no mínimo 10 s, mantendo a amplitude do pulso fixa (conforme detalhado na Tabela 1).

O segundo experimento foi realizado com um

¹ CAAE: 07075413.6.0000.5152 (identificador único do projeto)
Parecer CONEP n. 361.526
Parecer CEP n. 270.782

indivíduo diagnosticado com a doença de Parkinson e com mais dois participantes, sendo esses últimos neurologicamente saudáveis. A Figura 4 ilustra o cenário de uma coleta com um participante.



Figura 4: Tremor Parkinsoniano detectado em um indivíduo acometido pela doença de Parkinson (exemplo de coleta efetuada com o ombro isolado).

No cenário 2, o participante é solicitado a manter a mão estática (>=10 s) sobre o LM a uma distância de 20 cm do mesmo por duas vezes, sendo a primeira vez com a mão livre (como demonstrado na Figura 4) e a segunda vez a mão com um peso (188g no formato de chumbada) fixado no dorso da palma do indivíduo.

Duas configurações de coleta compõem o cenário 2. Em uma, o voluntário mantém o ombro isolado por meio do uso de um apoio para o cotovelo e na outra configuração o voluntário posiciona o braço e o antebraço no mesmo plano, de modo a formar, aproximadamente, 90 graus entre o tronco (contra a gravidade). A Tabela 2 sintetiza o cenário 2 e suas configurações.

Tabela 2: Resumo do cenário 2 e sua configuração.

Voluntário	Tipo de tremor	Configuração de coleta	
1	Fisiológico	Ombro livre	Sem peso e com peso (188g)
2	Fisiológico	Ombro isolado e cotovelo apoiado	
3	Parkinson	Ombro livre	

Em ambos os experimentos os procedimentos realizados nas etapas de pré-processamento e extração de características do sinal foram padronizados, conforme já mencionado.

Resultados

Estimulador e Leap Motion (cenário 1) – As Figuras Figura 5 e Figura 7 apresentam a norma da velocidade ($\|\vec{v}\|$) da palma da mão esquerda do voluntário, no momento da captura o estimulador estava configurado para operar respectivamente a 2,5 Hz e 10 Hz. As Figuras Figura 8 e Figura 6 mostram a frequência média instantânea (FMI) estimada por meio da análise espectral de Hilbert. A Figura 9 compara os resultados obtidos em cada um dos casos.

Tremor fisiológico e Parkinsoniano (cenário 2) – A Figura 10 apresenta a norma da velocidade da palma da mão (NVPM) dos três participantes e compara

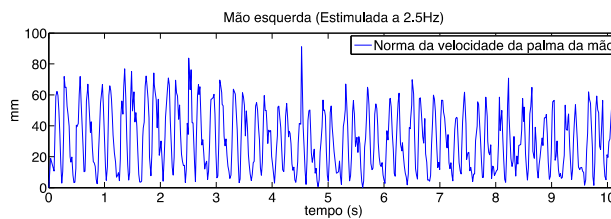


Figura 5: Norma do vetor de velocidade da palma da mão esquerda (estimulada a 2,5 Hz).

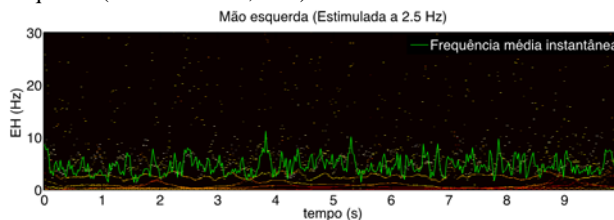


Figura 8: FMI (em verde) estimada, a partir do sinal apresentado na Figura 5, usando a análise espectral de Hilbert.

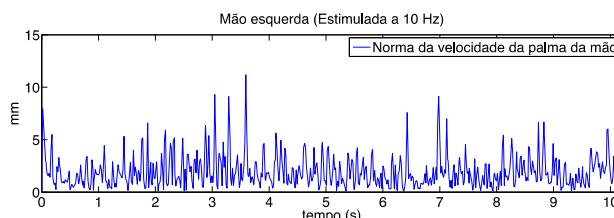


Figura 7: Norma do vetor de velocidade da palma da mão esquerda (estimulada a 10 Hz).

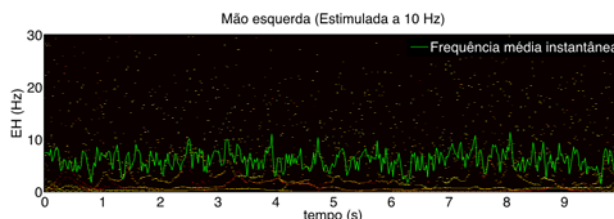


Figura 6: FMI (em verde) estimada, a partir do sinal apresentado na Figura 7, usando a análise espectral de Hilbert.

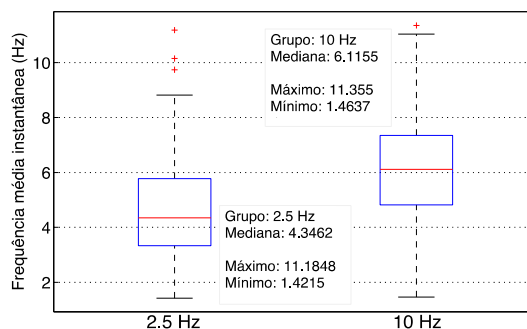


Figura 9: Boxplot que indica a mediana da FMI do tremor para dois casos que compõem o cenário 1.

No eixo x da Figura 10 pode-se observar os participantes 1, 2 e 3 que correspondem, respectivamente, às abreviações s1, s2 e s3, sem peso e com peso de 188g fixado na mão. Os voluntários 1 e 2 são neurologicamente saudáveis e o terceiro possui

diagnóstico da doença de Parkinson.

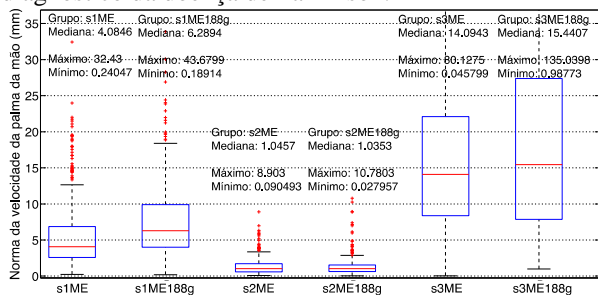


Figura 10: *Boxplot* que indica a mediana da amplitude do tremor de cada participante nas duas configurações do cenário.

Em formato similar, a Figura 11 apresenta a FMI para os mesmos casos exibidos na Figura 10.

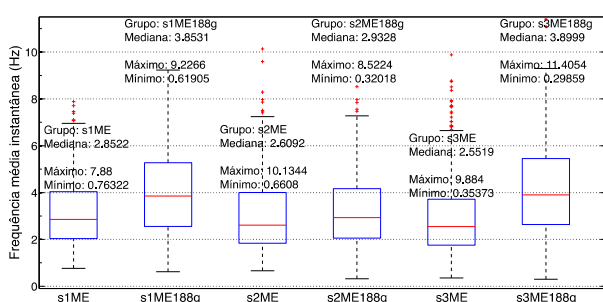


Figura 11: *Boxplot* que exibe a FMI para todos os casos que compõem o cenário 2.

Discussão

Cenário 1 – Os resultados advindos das coletas de tremor induzido eletricamente demonstram coerência, conforme pode ser observado na Figura 9 em que a FMI aumenta quando a frequência do estímulo elétrico é alterada de 2,5 Hz para 10 Hz, embora não haja dados sobre tal comportamento na literatura.

Cenário 2 – Os resultados obtidos (amplitude e frequência) não apresentam diferenças significativas, do ponto de vista estatístico, entre as duas condições (sem peso e com peso) para os três participantes. Resultado que se mostra em consonância com a pesquisa conduzida por Meshack [10], em que é analisada a influência do uso de pesos no tremor.

Para determinar a influência do uso de pesos na frequência do tremor, a análise de variância simples (*One-way ANOVA*) foi empregada. Aplicou-se a função *ANOVA* nas FMIs dos participantes 1, 2 e 3, obtendo, respectivamente, os seguintes valores: (p -value=8.40584e-12), (p -value=0.1481) e (p -value=1.67199-19).

Como descrito na seção de Materiais e métodos e na Tabela 2, este estudo considerou, além do peso, o isolamento ou não do ombro durante as coletas. Acerca desta configuração, os resultados apontam uma influência desta variável sob a amplitude do tremor capturado, uma vez que os voluntários 1 e 3 não tiveram seus ombros isolados e o voluntário 2 sim, de forma a aumentar a amplitude do mesmo.

Portanto, a partir dos resultados expostos neste trabalho, infere-se que o sensor LM atende ao propósito de quantificar e analisar o tremor humano de punho.

Como trabalho futuro sugere-se que uma luva com sensores apropriados, similar ao desenvolvido por Andrade [11], seja usada para coletar o tremor de punho e seus dados sejam comparados aos apresentados nesta pesquisa.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro, ao IFTM pelo apoio e estímulo durante as atividades de pesquisa, aos voluntários pela presteza e a aluna Ana Paula de Sousa Paixão pelo suporte e auxílio.

Referências

- [1] Mattos JP. Diagnóstico diferencial dos tremores. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, v. 56, n. 2, p. 320–323, doi:10.1590/S0004-282X1998000200027, 1998.
- [2] Borges V, Ferraz HB. Tremores. *Revista Neurociências*, v. 14, p. 43–47, 2006.
- [3] Smaga S. Tremor. *American Family Physician*, v. 68, p. 1545–1552, 2003.
- [4] Mansur PHG, et al. A Review on Techniques for Tremor Recording and Quantification. *Critical Reviews™ in Biomedical Engineering*, v. 35, n. 5, p. 343–362, doi:10.1615/CritRevBiomedEng.v35.i5.10, 2007.
- [5] *Leap Motion - Technical Specifications*. Disponível em: <<https://www.leapmotion.com/product>>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- [6] Weichert F, et al. Analysis of the accuracy and robustness of the leap motion controller. *Sensors (Basel, Switzerland)*, v. 13, n. 5, p. 6380–93, doi:10.3390/s130506380, 2013.
- [7] Oliveira FHM, Andrade AO. Estratégia para detecção de tremor de punho utilizando o sensor Leap Motion. Uberlândia: VII Simpósio em Engenharia Biomédica, 2014.
- [8] Andrade A, Kyberd P, Nasuto S. The application of the Hilbert spectrum to the analysis of electromyographic signals. *Information Sciences*, v. 178, n. 9, p. 2176–2193, doi:10.1016/j.ins.2007.12.013, 2008.
- [9] *TENS Gerät 410 / S*. Disponível em: <http://www.tens.de/TENS_410.htm>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- [10] Meshack RP. *The effects of weights on the amplitude and frequency of postural hand tremor in people with parkinson's disease*. Queen's University - [S.l.]. 2001.
- [11] Andrade AO, et al. Desenvolvimento de uma Luva Instrumentada para a Caracterização do Tremor Humano de Punho. Uberlândia: VII Simpósio em Engenharia Biomédica, 2014.