

INSTRUMENTO PARA REABILITAÇÃO DE MOVIMENTOS

Alex Sandro Paulino Gomes, Faculdade do Centro Leste, aspgomes@ucl.br

Drielle Viana Vieira, Faculdade do Centro Leste, driellevieira@ucl.br

Graziela Deluca Homem, Faculdade do Centro Leste, grazideluca@ucl.br

Leticia Araújo Silva, Faculdade do Centro Leste, 20092tcest0222@ucl.br

Rafael Leal Silva, Faculdade do Centro Leste, rafael@ucl.br

Resumo: este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo para acompanhamento da evolução de pacientes na realização de flexão e extensão de membros superiores durante a fisioterapia. Os testes foram realizados em um grupo de seis pessoas utilizando uma estrutura impressa em impressora 3D, potenciômetro e Arduino com interface gráfica em LabVIEW. Foi observado que o equipamento possuiu um bom desempenho, adequado para a aplicação. No entanto, a variância medida nos resultados apresentou-se um pouco elevada, problema este que pode ser contornado com a utilização de um sensor com maior precisão.

Palavras chave: Engenharia Biomédica, Fisioterapia, Goniômetro, Reabilitação.

1. INTRODUÇÃO

Reabilitação pode ser definida como “um conjunto de medidas que ajudam pessoas com deficiências ou prestes a adquirir deficiências a terem e manterem uma funcionalidade ideal na interação com seu ambiente” ou como “um conjunto de terapias para o restabelecimento da saúde ou da funcionalidade de um indivíduo” (World Health Organization, 2011; Unidade Acesso da FCT, 2015). Segundo o Censo Demográfico realizado pelo IBGE em 2010, mais de 13 milhões de pessoas - cerca de 7% da população total brasileira - possuem deficiência motora. No Espírito Santo, esse número chega a mais de 250 mil pessoas – cerca 7,2% total da população do estado – onde: 65,6% possuem alguma dificuldade; 29,0% grande dificuldade; e 5,4% possuem total incapacidade de realizar movimentos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). Neste contexto, instrumentos para mensurar a evolução do paciente são de extrema importância. Uma forma de avaliação do progresso de uma reabilitação de articulações e tecidos que as envolvem é a goniometria. Esta técnica utiliza o goniômetro universal, um instrumento plástico ou metálico que possui uma parte fixa e outra móvel. A primeira parte é posicionada na lateral do úmero, com o ápice em direção ao acrômio; já a segunda é disposta sob a face lateral do rádio com a parte distal voltada para o processo estilóide do próprio. Essas estruturas são unidas por um corpo central que é posicionado no epicôndilo lateral do úmero, que possui uma escala que pode ser de 0° a 360° ou 0° a 180°. Entretanto, apesar da vasta utilização, ela depende diretamente da prática do profissional fisioterapeuta (Marques, 2014). Sendo assim, surge o questionamento: **é possível criar uma ferramenta com interface gráfica para medição de ângulos em movimentos de flexão e extensão de cotovelo para acompanhamento da evolução do paciente?**

Tal questionamento serviu de motivação para este estudo, cujo objetivo principal é criar e verificar a precisão de um instrumento de avaliação capaz de auxiliar o profissional um acompanhamento prático da mobilidade da articulação do cotovelo e músculos flexores e extensores do braço durante a fisioterapia. Como objetivos secundários, destacam-se: criar um protótipo impresso em impressora 3D e implementar firmware para aquisição de dados em hardware aberto e de baixo custo. A proposta é facilitar a cópia deste protótipo em qualquer lugar do mundo; desenvolver uma interface gráfica para interação com o usuário; armazenar e analisar estatisticamente os dados adquiridos; e analisar a acurácia e precisão das medições.

Serão apresentados neste artigo o desenvolvimento da estrutura mecânica, a escolha do hardware, o firmware em código aberto com interface Arduino IDE e a interface gráfica em LabVIEW. O artigo é voltado principalmente para entusiastas, que desejam compreender o desenvolvimento de um instrumento para medição e evolução de pacientes em fisioterapia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para validar a proposta utilizou o projeto impresso em impressora 3D, onde o fixou no braço do paciente em pé e em três regiões: anterior do braço; epicôndilo lateral do úmero; e lateral do antebraço; através de estruturas acolchoadas, com cintas ajustáveis no braço. Para as medições iniciais realizou-se o teste em um grupo de 06 pessoas. Durante o teste, o usuário seguiu um gabarito, que consistiu em um objeto com a angulação desejada máxima, para chegar aos ângulos indicados (60° e 90°). Para as medições, cada usuário manteve o equipamento por 3 segundos em cada ângulo, e após a medição, descansou de 15 e 20 segundos até a seguinte. Foram realizadas três medições em cada pessoa, onde, em cada medição o usuário realizou apenas uma vez o movimento. Ao chegar no ângulo pré-determinado pelo gabarito, o usuário recebia um biofeedback verbal para que o mesmo não exercesse um movimento maior que o desejado. Após o armazenamento dos dados, realizou-se uma análise estatística para obtenção do máximo, a variância e o desvio padrão de cada uma das três medições. Os mesmos foram comparados com um goniômetro universal para averiguar a acurácia e precisão do ângulo medido pelo equipamento.

2.1. Estrutura mecânica

Projetada para realizar movimentos semicirculares, a estrutura é adaptável tanto aos membros inferiores quanto aos superiores. Nestes últimos, a estrutura é fixada entre o braço e o antebraço, e para os membros inferiores, o equipamento é apoiado entre a coxa e a perna. Em ambos os casos a movimentação do usuário com o aparelho permite transmitir a circundação do aparelho, ou seja, ao realizar o movimento o aparelho não gera movimento fora do eixo de rotação do membro do paciente.

A Figura (1) (a) a seguir representa o protótipo 3D e seus respectivos componentes.



Figura 1. (a) Desenho da estrutura 3D. 1 – Rolamento; 2 – Base; 3 – Tampa; 4 – Haste; 5 – Suporte “braçadeira” (ajustável); (b) Estrutura final, Acervo Próprio (2017).

O encaixe ao membro do paciente é feito por meio de braçadeiras acolchoadas que são fixadas no componente 5 da estrutura (suporte “Braçadeira”), a fim de proporcionar ao usuário conforto para realizar os movimentos, como pode ser observado na Figura (1) (b). No componente 4, percebe-se um pequeno trilho na sua ponta. Esse design permite ao componente suporte da “braçadeira” (peça 5) realizar movimentos à medida que o usuário realiza a flexão ou extensão do seu braço, não impedindo ou travando o movimento do paciente. Dentro da base (peça 2) foi implementado o hardware, que consiste em: 01 Arduino Nano; 01 placa eletrônica; 01 potenciômetro linear de 10 K Ω . Tal peça possui um orifício para entrada de um cabo mini USB para conexão entre o microcontrolador e o computador.

A estrutura feita de material ABS foi plotada em uma impressora 3D, com custo de operação R\$ 180,00 levando aproximadamente 15 horas para sua completa impressão. A estrutura de fixação teve um custo de R\$ 200,00, um valor alto devido à mão de obra. Já o hardware teve um custo total de R\$ 60,00. Comprando em quantidade, estima-se que o custo total seja inferior a R\$ 300,00, excluindo custo de licença do software (comentado no tópico 2.2.2).

2.2. Programação

2.2.1 Arduino

Arduino é uma plataforma de hardware de código aberto, com um ambiente de fácil utilização. Tal plataforma é composta por uma placa, que possui um microcontrolador Atmel, e por uma interface no computador chamada de IDE (Integrated Development Environment), baseada na linguagem C/C++ (De Souza, 2011).



Figura 2. Fluxograma do programa na plataforma Arduino, Acervo Pessoal (2017).

Na Figura (2) podemos observar o fluxograma do funcionamento do programa na plataforma Arduino. Ao carregar o programa, são realizadas as configurações no microcontrolador, como portas de entrada e saída de dados. Após isso, inicia-se a coleta de dados a cada 4 ms, onde é feita uma média dos oito últimos valores.

2.2.2 LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) é uma linguagem de programação gráfica com mais de 30 anos para controle e aquisição de dados desenvolvida pela National Instruments. Sua representação se dá sob a forma de diagrama de blocos, considerada, portanto uma forma de programar intuitiva. O programa possui três componentes principais: o painel frontal; o diagrama de blocos; e o painel de conectores (Elliott, 2007).

No trabalho em questão, a plataforma LabVIEW foi utilizada como interface gráfica, em comunicação com o Arduino, para interação do usuário no programa. Essa interface pode ser observada nas Fig. (3) e (4), que mostram os painéis frontais respectivos para: menu inicial e análise estatística de aquisições anteriores; e aquisição de dados do braço direito ou esquerdo;

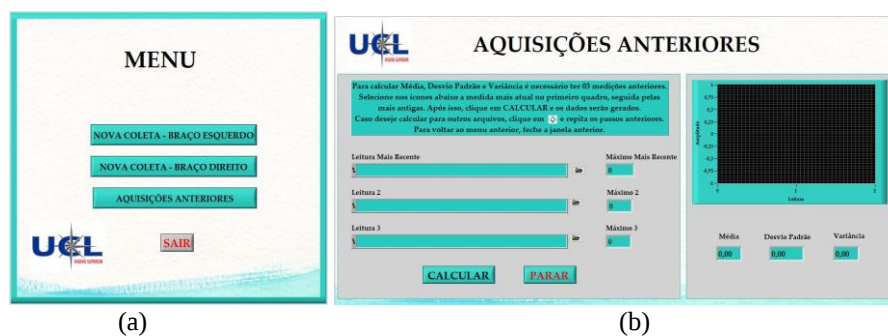


Figura 3. (a) Menu de seleção e (b) aquisições anteriores para análise estatística. Acervo Pessoal (2017).



Figura 4. Interface para realizar aquisição de dados (a) no braço direito e (b) esquerdo. Acervo Pessoal (2017).

Para a implementação da interface gráfica, foi desenvolvida uma programação em blocos no LabVIEW que pode ser representada pelo fluxograma da Fig. (5).

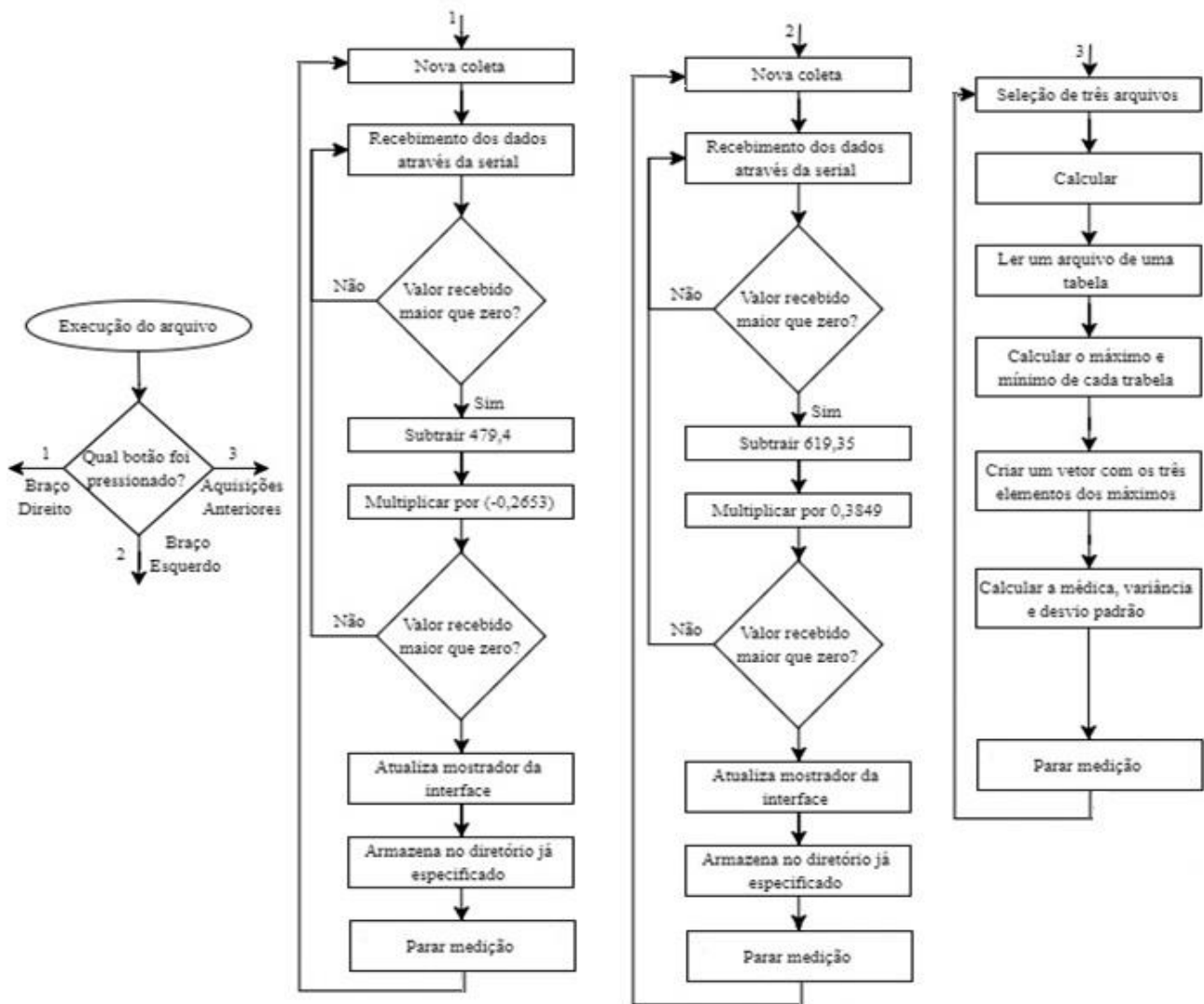


Figura 5. Fluxograma do programa na plataforma LabVIEW. Acervo Pessoal (2017).

Observa-se na Fig. (5) que para ambos os braços o dado é subtraído e multiplicado por outro. Esses valores foram obtidos através das médias de 30 medidas que seriam correspondentes ao braço em extensão (0° graus) e braço em flexão (90°). Com essas médias, foi feita uma interpolação para cada braço. As equações obtidas podem ser vistas abaixo nas Eq. (1) e (2), onde x_n é o valor da leitura do potenciômetro dada pelo Arduino e Y_n é a saída em graus.

$$Y_1 = -0,2653(x_1 - 479,40) \quad (1)$$

$$Y_2 = -0,3489(x_2 - 619,35) \quad (2)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a metodologia comentada no item 1, foram realizados testes em seis pacientes a fim de verificar a acurácia do equipamento. A Tabela (1) abaixo mostra tais medições realizadas para ângulos de 60° e 90° , onde, o braço em extensão corresponde à leitura do equipamento em 0° . Observa-se nesta tabela que o maior desvio padrão foi obtido na medição de 90° do braço esquerdo ($6,51^\circ$).

Tabela 1. Valores das medições realizadas em seis pacientes. Acervo Pessoal (2017).

		Pacientes						Média	Desvio Padrão
		1	2	3	4	5	6		
Direito	60°	70,00	74,00	69,00	67,00	65,00	63,00	68,00	3,90
	90°	93,00	98,00	95,00	92,00	96,00	98,00	95,50	2,50
Esquerdo	60°	53,00	69,00	65,00	53,00	62,00	58,00	60,00	6,51
	90°	99,00	100,00	106,00	98,00	100,00	99,00	99,50	2,88
								Média	3,95

O objetivo desse estudo foi de desenvolver um protótipo para medir a precisão de um instrumento de avaliação capaz de auxiliar ao profissional um acompanhamento preciso e prático da mobilidade da articulação do cotovelo e músculos extensores e flexores do braço durante a fisioterapia. Os resultados alcançados foram considerados aceitáveis, pois, Lustosa et al (2008) realizaram um estudo utilizando um goniômetro e obtiveram em suas medidas um desvio padrão médio de 9,02, que é bem elevado em relação ao obtido nesse artigo (3,95).

Apesar dos valores serem aceitáveis, ainda se torna necessário um maior investimento no sensor para aumentar a precisão do equipamento.

4. CONCLUSÃO

Após a realização dos testes, percebeu-se que o equipamento possui um bom desempenho na medição dos ângulos dos braços em movimentos de flexão e extensão. Entretanto, o seu elevado desvio padrão se deu na baixa resolução do potenciômetro, influenciando diretamente na correta medição dos ângulos.

O equipamento descrito acima não pretende substituir o goniômetro na prática clínica, pois, de fato, este último possui um custo reduzido e é bastante confiável. Desta forma, ele visa verificar a precisão de um instrumento capaz de auxiliar o profissional durante a reabilitação de um indivíduo.

Para trabalhos futuros, serão realizados novos testes com outro sensor de melhor resolução em substituição do potenciômetro. Além disso, pretende-se utilizar bateria e conexão wireless a fim de disponibilizar o equipamento para os pacientes realizarem as medições em casa de forma autônoma – previamente instruídos por um profissional - e este acompanhar a evolução deste de forma remota.

5. REFERÊNCIAS

- DE SOUZA, Anderson R. et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1702, 2011.
- ELLIOTT, Chance et al. National instruments LabVIEW: a programming environment for laboratory automation and measurement. **JALA: Journal of the Association for Laboratory Automation**, v. 12, n. 1, p. 17-24, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_religiao_deficiencia/caracteristicas_religiao_deficiencia_tab_uf_xls.shtm>. Acesso em: 12 mai. 2017.
- LUSTOSA, Lygia Paccini et al. Goniometria e fleximetria: um estudo de confiabilidade e comparação das medidas nas articulações do cotovelo e joelho. **e-Scientia**, v. 1, n. 1, 2008.
- MARQUES, Amélia Pasqual. **Manual de goniometria**. 3ª ed. São Paulo: Manole, 2014. cap. 1
- UNIDADE ACESSO DA FCT. **Tecnologias de apoio para pessoas com deficiência**. Disponível em: <<http://www.acessibilidade.gov.pt/livros/tapd/html/indice.html>>. Acesso em: 11 mai. 2017.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reabilitação**. Disponível em: <http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/chapter4_por.pdf?ua=1>. Acesso em: 12 mai. 2017.

6. AGRADECIMENTOS

À Faculdade do Centro Leste – UCL – pelo total apoio dado durante a execução do projeto, em especial à Profa. MSc. Karla Loyola de Oliveira Arantes.

Aos amigos e familiares por disponibilizarem seu tempo no auxílio dos testes do equipamento.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.