

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ÓRTESE PARA REABILITAÇÃO DA FLEXÃO DO BRAÇO.

Ingrid Aruana Ribeiro, Julie Souza da Conceição, Victor Sette, Gustavo Carlos da Silva, Patrícia Marcondes dos Santos.

Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, ingridaruana15@gmail.com, julie.soucac@hotmail.com, vsette007@hotmail.com, gustavo_carlos@ymail.com, patriciams@univap.br.

Resumo

Neste artigo, foi apresentado o desenvolvimento de um protótipo de órtese destinada à reabilitação da flexão do braço, com o intuito de auxiliar no movimento de flexão do membro. A órtese foi composta por dois acelerômetros MPU-6050, responsáveis pela captação do movimento do braço, e um Servo Motor MG995, que auxiliará no movimento de flexão do braço. Toda a construção do projeto eletrônico foi desenvolvida a partir do software Tinkercad, já a parte de programação foi desenvolvida pelo software Arduino IDE.

O objetivo foi criar um dispositivo de fácil manuseio e acessível aos profissionais que o utilizarão em pacientes com necessidade de reabilitação ou com dificuldades para realizar o movimento de flexão do braço.

Palavras-chave: Reabilitação, Órtese, Acelerômetro, Servo Motor.

Área do Conhecimento: Engenharia Biomédica.

Introdução

A engenharia de reabilitação é uma área que tem como objetivo desenvolver tecnologias e métodos para melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiências físicas e motoras. Essas tecnologias e métodos são utilizados para ajudar na recuperação e reabilitação de indivíduos que sofreram lesões, acidentes ou doenças que afetam sua capacidade física e motora. Um exemplo de reabilitação é a recuperação do braço após uma lesão, que pode ser feita através de diferentes métodos e tecnologias (PAOLILLO *et al.*, 2006).

Atualmente há diversas aplicações da engenharia de reabilitação, como por exemplo nas áreas de Terapia Física e Ocupacional, área que utiliza de um método tradicional de reabilitação que tem como objetivo recuperar a capacidade de movimento e funcionalidade do braço. Esse método é realizado por fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais, que utilizam exercícios, técnicas manuais e outros métodos para melhorar a amplitude de movimento e a força muscular do braço, utilizando a estimulação elétrica funcional (FES): consiste de um método de reabilitação que utiliza correntes elétricas para estimular os músculos do braço. Essa estimulação é feita através de eletrodos que são colocados na pele e, quando ativados, causam a contração dos músculos. A FES pode ser usada para melhorar a força muscular e a coordenação do braço, ou ainda fazendo uso de jogos de realidade virtual: os jogos e a realidade virtual estão sendo cada vez mais utilizados na reabilitação do braço (PAOLILLO *et al.*, 2006).

Esses métodos envolvem o uso de dispositivos de controle de movimento, como *joysticks* e sensores de movimento, para controlar jogos ou ambientes virtuais que exigem o uso do braço, que pode ser usado para melhorar a coordenação e o controle motor do braço (PAOLILLO *et al.*, 2006).

As próteses e órteses são outras maneiras de reabilitação, onde são constituídas de dispositivos que podem ser usados para ajudar a restaurar a função do braço. As próteses são usadas para substituir membros perdidos ou amputados, enquanto as órteses são usadas para suportar, imobilizar ou

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

controlar o movimento do braço. Tanto as próteses quanto as órteses podem ser personalizadas para atender às necessidades individuais de cada paciente (PAOLILLO *et al.*, 2006).

Esses são apenas alguns exemplos de métodos e tecnologias que podem ser utilizados na reabilitação do braço. A escolha do método mais adequado dependerá da condição e das necessidades individuais de cada paciente (MORELLI *et al.*, 1993).

A fisioterapia é fundamental para o fortalecimento muscular, como nos casos de imobilização por gesso e também ao reequilibrar a musculatura de articulações. O projeto busca então realizar de uma maneira simples e acessível o desenvolvimento de uma órtese que disponibilize uma maior acessibilidade ao paciente, aproveitando a força muscular do paciente juntamente com uma força externa, para a realização de movimentos simples, proporcionando uma reabilitação de maior efetividade.

Metodologia

Para o desenvolvimento do projeto foram utilizados o acelerômetro MPU-6050, Arduino UNO, Fita de Velcro, Servo Motor (MG995) e Bateria.

Acelerômetro MPU-6050 - O módulo MPU-6050 é um componente crucial neste projeto, pois possui um sensor capaz de medir a aceleração em tempo real. Essa aceleração pode ser descrita como uma vibração ou movimento, e sua detecção é possível graças à interação da massa com o material piezoelétrico presente no sensor. Essa interação resulta na geração de uma carga elétrica proporcional à força exercida (ELETROGATE, 2022). Essa carga elétrica, por sua vez, pode ser convertida em coordenadas cartesianas e ângulos relacionados ao movimento capturado, fornecendo informações valiosas para o controle da órtese de reabilitação da flexão do braço.

Arduino UNO - O Arduino UNO é uma placa microcontrolada amplamente utilizada por iniciantes em eletrônica. Seu nome "UNO" deriva do italiano, significando "um", enfatizando sua versatilidade como uma solução acessível para projetos eletrônicos. Essa placa é controlada pelo *chip* ATmega328, que oferece suporte à comunicação serial UART TTL. Operando a uma tensão de 5V, o Arduino UNO possui 14 pinos digitais que podem ser configurados tanto como entradas (INPUT) quanto como saídas (OUTPUT). Além disso, dispõe de 6 canais de conversão analógica, permitindo a leitura de sinais analógicos com precisão (STA, 2019).

Fita de Velcro - As fitas de velcro foram utilizadas para fixar os sensores e componentes na órtese, de forma estratégica, no braço do usuário. Essa abordagem proporcionou uma fixação segura e ajustável, permitindo que os sensores captassem com precisão os movimentos do braço durante a reabilitação.

Além disso, o uso das fitas de velcro oferece a vantagem de ser um método prático e de fácil ajuste, adaptando-se às diferentes medidas e necessidades de cada indivíduo. A fixação firme dos componentes é crucial para garantir o bom funcionamento da órtese e a obtenção de resultados precisos durante o processo de reabilitação.

Servo Motor (MG995) e Fio de Nylon - O Servo Motor MG995 é um atuador eletromecânico que possui uma haste com capacidade de rotação de 180°, tornando-se um auxiliar para o músculo atuador. O controle desse motor é realizado por meio de um sinal PWM (Pulse Width Modulation) que opera a uma frequência de 50Hz. Quanto à alimentação, o Servo Motor MG995 requer uma tensão que varia de 4,8V a 7,2V para funcionar corretamente.

Esse servo motor é amplamente utilizado em aplicações robóticas, devido à sua capacidade de movimentação precisa e confiável em uma ampla faixa de rotação. Sua integração no protótipo da órtese proporcionou a assistência necessária ao movimento de flexão do braço durante o processo de reabilitação. (ELETROGATE, 2022).

Já o fio de Nylon, fará com que esta força da rotação do Servo Motor seja distribuída por todo o braço, atuando similarmente como um tendão.

Bateria - Fornecerá a energia necessária para alimentar todos os componentes. Durante o funcionamento, o projeto é alimentado por uma bateria de 12 Volts, garantindo um suprimento estável e confiável de energia.

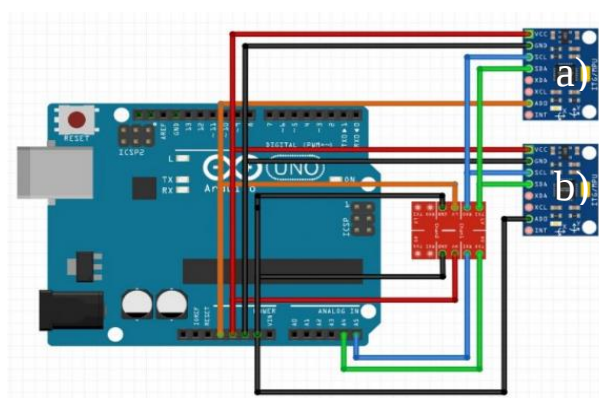
A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Desenvolvimento do Circuito

O projeto eletrônico foi desenvolvido utilizando o software Tinkercad resultando em 2 circuitos, onde o primeiro circuito visto na Figura 1 mostra as conexões entre 2 acelerômetros MPU-6050, podendo ser notado na Figura 1 (a) o acelerômetro responsável pela posição atual do antebraço, e na Figura 1 (b) outro acelerômetro que funcionará como referencial do ponto zero para o acelerômetro anteriormente citado. Já na Figura 2 mostra a conexão entre o acelerômetro responsável pela posição do antebraço e o servo motor conectados a uma placa Arduino uno. Assim, foi possível a simulação das conexões entre todos os componentes e periféricos, garantindo a correta interligação entre eles. Essa abordagem possibilitou uma visualização prévia e testes virtuais do circuito antes da montagem física.

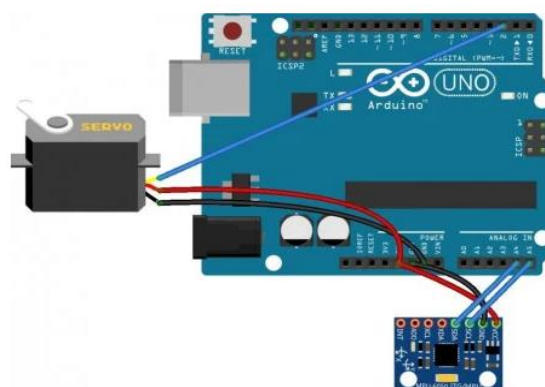
Após a etapa de simulação, as conexões finais do circuito foram estabelecidas com base nos modelos e esquemas das imagens fornecidas. Essas representações visuais serviram como referência para garantir uma montagem precisa e correta do circuito.

Figura 1- Conexão Arduino UNO e MPU-6050



Fonte: (GUIMARÃES, 2018)

Figura 2- Conexão Arduino UNO, MPU-6050 e Servo Motor



Fonte: (GUIMARÃES, 2018).

Programação

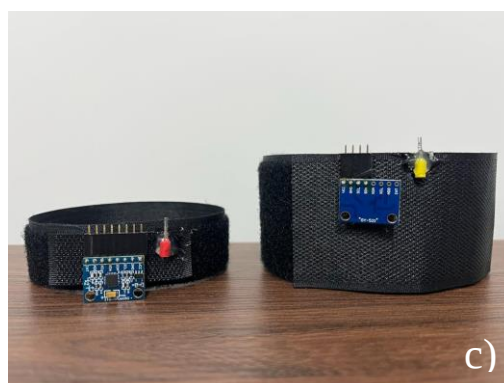
Foram realizados testes de programação de calibração do acelerômetro MPU-6050 para regular a progressão dos passos que seriam realizados pelo servo motor, utilizando como base a programação disponível no site: https://drive.google.com/file/d/1STfq_i_KVH9IXi9I04N1wsQ9wsyl8eUt/view, utilizando o *software* de desenvolvimento de código Arduino IDE que é uma opção popular e amplamente utilizada para desenvolver projetos com placas Arduino, devido à sua simplicidade de uso e suporte da comunidade. Além de ser compatível com várias versões de placas Arduino e sistemas operacionais, tornando-se uma escolha conveniente para testar a sensibilidade do acelerômetro MPU-6050.

Desenvolvimento do Suporte

Após a conclusão dos testes no *software*, deu-se início à etapa de suporte do protótipo. Nessa fase, foram realizados cortes nas fitas de velcro para que se adequassem às medidas do pulso, cotovelo e braços (região localizada entre o antebraço e o ombro), proporcionando um encaixe preciso e confortável.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Figura 3 – Fitas de Velcro: (a) - Fitas de velcro cortadas; (b) - Componentes acoplados na fita; (c) - Componentes acoplados no velcro



Fonte: o autor.

Com a finalização dos cortes, os componentes foram integrados às fitas de velcro, resultando na criação de um sistema embarcado consolidado. Essa união entre os componentes e as fitas de velcro garante uma fixação segura e confiável do protótipo no braço do usuário durante o processo de reabilitação. Fixação esta, realizada a partir de supercola e cola quente como podemos notar nas Figuras 3 (a) e 3 (b) que possuem os acelerômetros e o passador de fio, respectivamente.

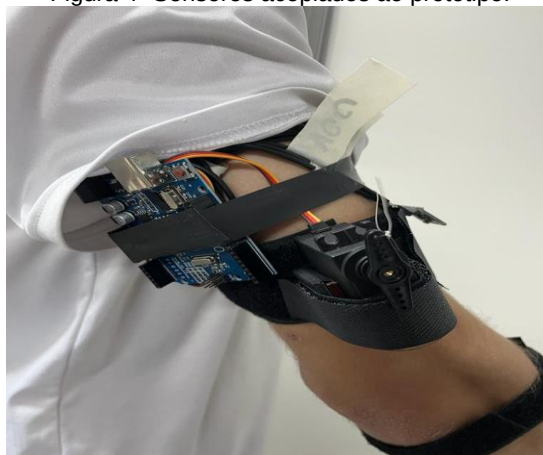
Essa etapa de acabamento é crucial para transformar os componentes isolados em um sistema funcional e prático, permitindo que o protótipo da órtese seja utilizado de forma eficiente no contexto da reabilitação da flexão da mão, punho e antebraço.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Resultados

Na Figura 3 (c) é possível ver as fitas já cortadas e com os acelerômetros acoplados e seus conectores.

Figura 4- Sensores acoplados ao protótipo.



Fonte: o autor.

O protótipo após acoplado no braço não apresentou dificuldades na mobilidade ou desconforto para o usuário. Podendo ser ajustado de acordo com a estatura da pessoa devido as fitas de velcro e seus ajustes, como é possível visualizar na figura 4. Observando-se a figura 5, nota-se também uma fita no pulso junto do MPU-6050, que será responsável pela captação do movimento do braço. Já na articulação do cotovelo possui uma fita junto de um guia para passar o fio e auxiliar na força do movimento, e por fim na parte superior do braço possui o sistema embarcado constituído pelo Servo Motor MG995, Arduino UNO, MPU-6050.

Figura 5- Protótipo.



Fonte: o autor

Durante o desenvolvimento do projeto, os sensores MPU-6050 funcionaram como o esperado e com a precisão desejada. Já o motor escolhido para o movimento do braço não foi ideal, onde a amplitude

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

do Servo Motor MG995 é de apenas 180°, amplitude essa (180°) que resultou em uma flexão inferior a 90° no movimento do braço do usuário, não sendo suficiente para fazer o movimento completo de flexão do braço, podendo ser substituído futuramente por um motor de passo para maior amplitude do movimento e mantendo o torque do MG995.

A utilização de um motor de passo permitirá um controle mais preciso e uma ampla gama de movimentos. Esses motores são conhecidos por sua capacidade de posicionar com precisão a órtese em diferentes ângulos, oferecendo maior flexibilidade na reabilitação da flexão do braço.

A substituição do Servo Motor pelo Motor de Passo representa um ajuste necessário para aprimorar a funcionalidade do protótipo, garantindo uma amplitude de movimento adequada para a reabilitação eficaz do braço.

Conclusão

O protótipo da órtese para reabilitação se mostrou altamente adaptável e confortável, independentemente do usuário que a utiliza. Sua construção é fácil e intuitiva, proporcionando uma experiência amigável ao usuário.

No entanto, o protótipo enfrentou uma limitação em termos de funcionalidade devido à escolha do Servo Motor para auxiliar no movimento de flexão do braço. Para obter uma maior amplitude de movimento, é necessário substituir o Servo Motor por um motor de passo.

É importante destacar que, mesmo com a necessidade de substituição do motor, o protótipo demonstrou ser promissor em termos de adaptabilidade, conforto e facilidade de uso, estando pronto para futuras melhorias e aperfeiçoamentos.

Referências

Mundo Projetado. **Acelerômetro MPU6050 com o Arduino**, 2018. Disponível em: <<https://mundoprojetado.com.br/acelerometro-mpu6050-arduino/>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Eletrogate. **Acelerômetros MPU-6050, MMA8452 e MPU-9250**, 2022. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/acelerometros-mpu-6050-mma8452-e-mpu-9250/>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

BARSOTTI JUNIOR, Aroldo *et al.* **Conhecendo o Arduino Uno. Oficina da Net**, 2015. Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/post/14674-conhecendo-o-arduino-uno>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Sistemas e Tecnologia aplicada. **Características principais do Arduino Uno**, 2022. Disponível em: <<https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/arduinos/caracteristicas-principais-do-arduino-uno>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

GUIMARÃES, Fábio. Acelerômetro MPU6050 com o Arduino. **Mundo Projetado**, 2018. Disponível em: <<https://mundoprojetado.com.br/acelerometro-mpu6050-arduino/>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

MORELLI, Ricardo *et al.* **Princípios e procedimentos utilizados na reabilitação das doenças do ombro**. Revista Brasileira de Ortopedia, v. 28, n. 9, p. 653-656, set. 1993.

PAOLILLO, Alessandra Rossi *et al.* **Engenharia biomédica: a tecnologia aplicada à reabilitação**. Revista Brasileira de Medicina, v. 63, n. 5, p. 238-243, 2006.

Eletrogate. **Servo Motor: Conheça Aplicações e Aprenda a Usar**, 2022. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/servo-motor-para-aplicacoes-com-arduino/>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Ortopedia Pompeia. **FORTALECIMENTO MUSCULAR**, 2022. Disponível em: <<https://www.pompeiaortopedia.com.br/servicos/fisioterapia/fortalecimento-muscular/>>. Acesso em 18 ago. 2023.