

DESENVOLVIMENTO DE UMA ÓRTESE DE MÃO CONTROLADA VIA INTERFACE CÉREBRO - COMPUTADOR

Matheus Henrique Kovalski, Alejandro Rafael Garcia Ramirez
Engenharia Mecânica - Processos de Fabricação

A reabilitação motora historicamente tem dependido de tecnologias de alto custo e, em muitos casos, invasivas. As limitações financeiras e técnicas restringem o acesso de muitos pacientes a tratamentos eficazes, criando uma barreira significativa para a recuperação. Diante desse desafio, o desenvolvimento de órteses não invasivas e de baixo custo surge como uma alternativa promissora. Ao viabilizar o acesso à reabilitação, essas soluções não apenas aceleram a recuperação motora, mas também promovem a autonomia e a qualidade de vida dos pacientes. É nesse cenário que a pesquisa se insere, propondo uma solução inovadora para tornar a reabilitação motora mais acessível. Neste trabalho foi projetada uma solução de baixo custo e não invasiva, formada por uma órtese de mão controlada via Interface Cérebro-Computador (BCI). A solução foi baseada em imagética motora (IM), considerando as limitações de movimento de possíveis usuários. O sistema aborda a aquisição de sinais de Eletroencefalografia (EEG) multicanal, pré-processamento, extração de características e classificação. A arquitetura proposta converte a intenção neural (flexão e extensão da mão) em comandos digitais que acionam a órtese. O sistema é composto por hardware (headset EEG, computador, ESP32 e atuador mecânico) e software (treinamento e classificação). A metodologia incluiu: (i) análise de bases de dados públicas ([MILimbEEGe PhysioNet](#)) e/ou leitura em tempo real; (ii) pré-processamento com filtragem [Butterworth](#) (8–30 Hz), referência média comum (CAR) e normalização z-score; (iii) [janelamento](#); e (iv) classificação com uma rede neural convolucional (CNN 2D), utilizando validação cruzada. Para validação, foi empregado o [dataset](#) padronizado [MILimbEEGe](#) um headset [OpenBCI](#), demonstrando o fluxo de operação em tempo real. O sistema adquire janelas de sinais, aplica o pipeline de limpeza e transformação, infere a classe e transmite comandos seriais para acionar o servomotor da órtese, executando a preensão/extensão conforme a intenção detectada. Os resultados foram avaliados em dois conjuntos de dados: o [MILimbEEGe](#) resultou em acurácias baixas; em contrapartida, no [PhysioNet](#) (64 canais no sistema 10–10) foi obtida 93% de acurácia no treinamento e 75% na validação cruzada. Os resultados indicam a viabilidade da arquitetura proposta, mas ressaltam a necessidade de aprimorar a generalização entre sujeitos e a robustez entre sessões. Adicionalmente, uma órtese impressa em 3D, inspirada no modelo Neurobots, foi integrada ao sistema, validando a prova de conceito de uma solução BCI-órtese acessível. O estudo, portanto, confirma a arquitetura proposta como uma alternativa aberta e escalável para o controle de dispositivos assistivos. Nos próximos passos o foco estará na calibração específica para cada usuário, no aumento do conjunto de dados de treinamento e a integração com feedback háptico para melhores resultados clínicos.

Palavras-chave: Órtese de mão; Tecnologia Assistiva; Interface Cérebro-Computador; Aprendizagem de Máquina.

Apoio: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/CNPq); Universidade do Vale do Itajaí (Univali)