



08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

SISTEMA DE INTERAÇÃO HOMEM-MÁQUINA BASEADO EM ELETROENCEFALOGRAFIA E ANÁLISE POR MEIO DE UM MODELO EDUCACIONAL

Mayra Mota Medeiros* - maymotm@gmail.com

Anna Caroline Pessoa de Mello Bitão* - annabitao@gmail.com

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil

Resumo. A tecnologia proporciona avanços em diversas áreas, principalmente na medicina e educação, facilitando a busca de formas diferentes para ajudar pessoas. O uso de Interação Homem-Máquina (IHM) mostra a interligação presente entre a área biológica e tecnológica, ressaltando o quanto é funcional o trabalho em conjunto de ambos. O projeto em questão busca de forma didática, realizar um estudo em diferentes indivíduos utilizando uma ferramenta presente na área da Neurociência. Juntamente ao uso da IHM, a ferramenta em questão, poderá auxiliar no tratamento de pessoas que possuem necessidades físico-motoras ou psicológicas, através da análise das suas ondas cerebrais durante o seu estado de concentração. O projeto simula um jogo no qual um manipulador robótico é acionado por um humano através dos seus sinais elétricos captados por um dispositivo neurossensor simples. Esses sinais são recebidos e codificados por um programa em um computador, realizando o movimento do atuador. Os resultados concluem que mesmo com algumas limitações presentes no atuador e no neurossensor utilizados, a simulação demonstra eficiência e reafirma a possibilidade da ferramenta ser utilizada como tecnologia assistiva ou auxílio na educação. Os testes demonstram que cada um reage de forma diferente e é possível, através do treinamento proporcionado pelo uso do equipamento, aprimorar a concentração durante a simulação.

Keywords: Interação Homem-Máquina (IHM), Neurossensor, Robótica, Eletroencefalografia

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, o homem tem buscado evolução e o alcance da era tecnológica mostra a sua enorme capacidade para a produção e desenvolvimento de novos equipamentos. Pessoas se relacionam umas com as outras através de dados a partir de máquinas, ou seja, interagem com as mesmas. Essa interação existe desde o surgimento dos computadores, mas apenas nas décadas de 1970 e 1980 o termo *Human Machine Interaction* (HMI) - Interação Homem-Máquina (IHM) se tornou um campo reconhecido de pesquisa (Grudin, 2005). Atualmente, tecnologias, antes só vistas em filmes de ficção científica, se fazem presente e se tornam cada vez mais acessíveis

e inseridas na vida das pessoas. A sociedade tem acesso a sistemas inteligentes que já se tornaram indispensáveis, e não se resumem apenas à *Internet* e *smartphones*. Englobam produtos e experimentos adjuntos à realidade virtual e aumento da imersão dos indivíduos em experiências digitais através de vídeos em 360 graus e transmissões ao vivo em redes sociais, por exemplo.

O surgimento da *Internet* das Coisas - *Internet of Things* (IoT), da Computação em Nuvem e outras recentes aplicações do desenvolvimento científico, mostra um cenário compatível para que, em breve, mais uma “revolução” aconteça. Uma Era em que esse controle e interação com as máquinas ocorrerá através da mente. Onde mentes serão capazes de controlar membros robóticos, jogos, tocar instrumentos ou até conduzir automóveis (Bernardo, 2012). Muitos laboratórios já realizam pesquisas com o uso de Interfaces Cérebro-Máquinas, especialmente, com equipamentos que realizam a leitura das ondas cerebrais, verificam os dados e fornecem respostas eletrônicas. O neurocientista Miguel Nicolelis, um dos principais nomes da Neurociência, destaca o uso de sensores na leitura das descargas elétricas produzidas pelo cérebro para geração de comandos motores. Os sinais das ondas cerebrais são convertidos em sinais digitais para que um dispositivo mecânico, eletrônico ou virtual obedeça aos comandos do cérebro (Nicolelis, 2014).

O principal objetivo para desenvolvimento das tecnologias cérebro-máquina é a recuperação dos movimentos para pessoas deficientes, com ausência de membros ou que sustentam doenças neuromusculares. Porém, estudos apontam que esse tipo de avanço pode ter um papel importante na melhoria dos sistemas de educação, uma vez que a atividade cerebral está ligada a foco, concentração e, conseqüentemente, compreensão (Costa, 2013).

Nos últimos anos, diferentes dispositivos de medição de atividades elétricas cerebrais surgiram no mercado. Pesquisas têm sido desenvolvidas com a finalidade de analisar a confiabilidade deles. Submetido à análise, o dispositivo de eletroencefalografia comercial mais simples apresenta uma abordagem de registro e processamento eficientes e com baixo custo (Salabun, 2014).

O presente trabalho busca levar para o público uma demonstração didática de uma ferramenta acessível financeiramente na área da Neurociência. Criando-se, assim, uma forma de interação homem-máquina para realização do estudo da concentração em diferentes indivíduos, além de representar a busca pela solução de problemas rotineiros na vida de pessoas que precisam de assistência físico-motora. A ideia também é aprimorar pesquisas e artigos já existentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema trata-se de uma simulação onde um manipulador robótico, acionado através das ondas cerebrais, captura um objeto e entrega em local determinado (Figura 1). O acionamento ocorre através de um valor específico do estado de concentração do usuário e da intensidade do seu piscar de olhos. Os valores para ambos são predeterminados pelo programador. O manipulador realiza os movimentos para “capturar” e “depositar” a peça a partir do valor da concentração e o “abrir” e “fechar” da garra são determinados pelo ato de piscar de olhos de forma mais intensa.

Os materiais utilizados para simulação do treinamento foram: *MindWave Mobile Bluetooth*® *Wireless Brainwave Headset*; interface de potência; Manipulador Robótico RD5 NT; Arduino Mega; fonte de alimentação e um computador com MATLAB® , *Simulink* e *Think Gear Connector* instalados.

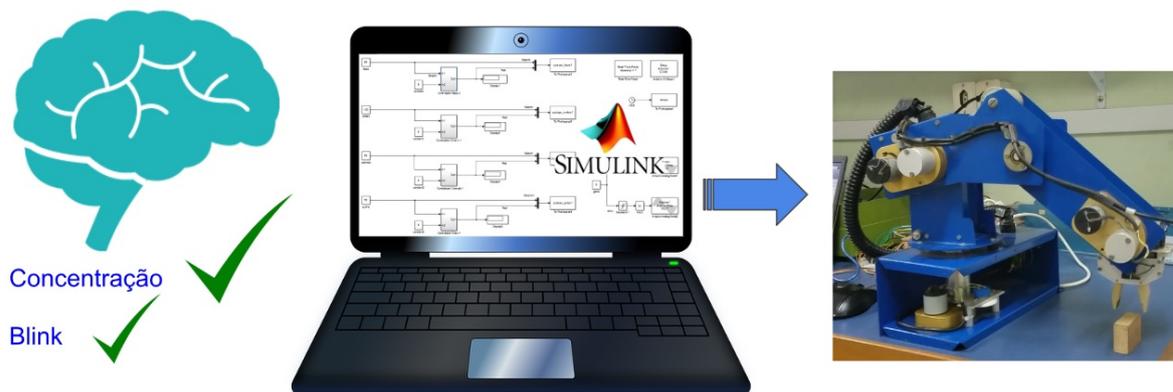


Figura 1- Esquema do projeto.

2.1 Eletroencefalograma

O *NeuroSky Mindwave Mobile Headset* (Figura 2) permite o controle nos aplicativos e jogos através de ondas cerebrais, ou seja, realizando interação com os computadores e *smartphones*. O neurosensor realiza a leitura das ondas de forma não invasiva. Um sensor a seco é posicionado na região do córtex cerebral do usuário, em outras palavras, na testa. Nessa região, é possível fazer uma detecção estimada do estado cerebral; e outro sensor é posicionado por um *clip* preso a orelha, que objetiva filtrar os distúrbios tornando melhor a qualidade das ondas. Cientistas atribuíram letras gregas às diferentes bandas das ondas captadas: delta, teta, alfa, beta e gama (Neurosky, 2015).



Figura 2- *Mindwave Mobile Headset*.

Depois das configurações necessárias e conexão do dispositivo via *Bluetooth*®, ele é capaz de captar as ondas e interpretar os dados referentes à concentração, meditação e o ato de piscar. Quanto à fiabilidade, o produto *MindWave* mostrou que é capaz de cumprir o que se propõe

a fornecer, até mesmo em grupos especiais, como no caso de pessoas com paralisia cerebral (Heidrich et al, 2015).

O eletroencefalograma (EEG) é o método mais difundido para uso em interface cérebro-máquina (ICM) e mais utilizado para aplicações não invasivas, devido a simplicidade de uso e ao custo. Cada eletrodo reflete o potencial elétrico de milhões de neurônios corticais, porém com uma resolução espacial menos precisa no caso de sensores não invasivos comparados aos sensores invasivos (Simplicio et al, 2016).

2.2 Manipulador Robótico

Neste presente trabalho, os tipos de juntas existentes no manipulador são torcional, rotativa e prismática (ou linear). O órgão terminal é responsável por realizar a tarefa, correspondendo-se à garra, tendo a capacidade de suportar até 350 gramas. Como o manipulador possui cinco juntas, ele também apresenta cinco graus de liberdade. O modelo é RD5 NT (Figura 3), sendo o elo entre a base e o ombro de 11,41 centímetros, o elo entre o ombro e o cotovelo de 12,47 centímetros e entre o cotovelo e o pulso, 16,24 centímetros (Didacta Italia, 2008).

Os movimentos das juntas são realizados por motores elétricos de corrente contínua com 15V de alimentação. Cada motor possui um sensor acoplado que envia um sinal para estimar a posição das juntas. Cada sensor possui uma alimentação de 5Vcc.

Um dos problemas encontrados durante o trabalho foi justamente o controle de posição do manipulador, devido a compensação dos distúrbios, nível de flexibilidade e a compensação da força da gravidade.



Figura 3- Manipulador Robótico.

2.3 Interface de Potência e Comunicação de Dados

A Interface de Potência (Figura 4) é composta pelas faces superior e lateral. Na face superior, encontram-se os receptores de alimentação dos sensores e motores do manipulador e

um conector DB25 fêmea. Na face lateral, encontram-se os receptores de sinal dos motores do manipulador.

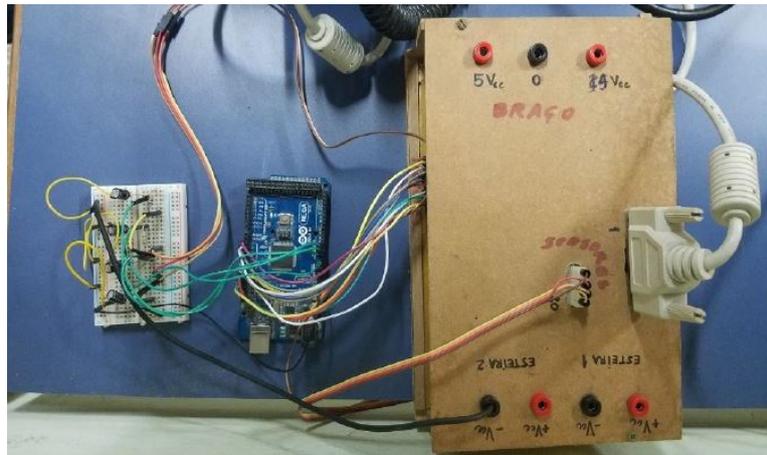


Figura 4- Filtro, Arduino Mega 2560 e Interface de Potência.

Ela fornece para alimentação dos motores do manipulador 15Vcc e para os sensores 5Vcc. O conector DB25 fêmea recebe o cabo DB25 que faz a comunicação do manipulador robótico com a interface.

2.4 Desenvolvimento do Programa

O *software* MATLAB®), além de ser fundamental para a implementação do controlador, foi a plataforma usada para utilizar a biblioteca do neurosensor e gerar os gráficos de *neurofeedback*.

A interface homem-máquina com o uso do *MindWave Mobile Bluetooth® Wireless Brainwave Headset* desenvolvido pela *NeuroSky®* permite que o braço robótico seja acionado. Através de uma conexão via *Bluetooth* do *headset* com o computador e com a interface no MATLAB® (Figura 5), foi possível medir de 0 a 100 as ondas cerebrais referentes a tradução do estado de concentração.

A programação foi feita por meio da tecnologia *ThinkGear™* já presente no *headset*, localizada no *chip* de bordo, que permite com que os dispositivos possam interagir com as ondas cerebrais dos usuários. O *chip* processa os dados coletados pelos sensores e os fornece em formato digital para os *softwares* e aplicativos.

Para a simulação também foi mensurada a ação de “pisar os olhos”, medida através da força com a qual é feita. A mesma fez o papel de confirmar ou não a ação de movimento de fechar e abrir a garra. O movimento das juntas do atuador foi determinado previamente em uma lógica criada no MATLAB® utilizando o comando “*set_param*”. O comando é encarregado de enviar para o bloco no *Simulink* a angulação desejada de movimento de cada junta do manipulador.

As ondas cerebrais foram monitoradas por um código no MATLAB®, ambiente que permite a utilização da biblioteca do *ThinkGear* (*Thinkgear.dll*), coletando os dados das ondas através de atributos como o *TG_DATA_ATTENTION* e o *TG_DATA_BLINK_STRENGTH*.

No final do código, é necessário um comando que libere a porta COM relacionada ao *headset*, para que quando o programa seja iniciado novamente, não ocorra o erro de conexão.

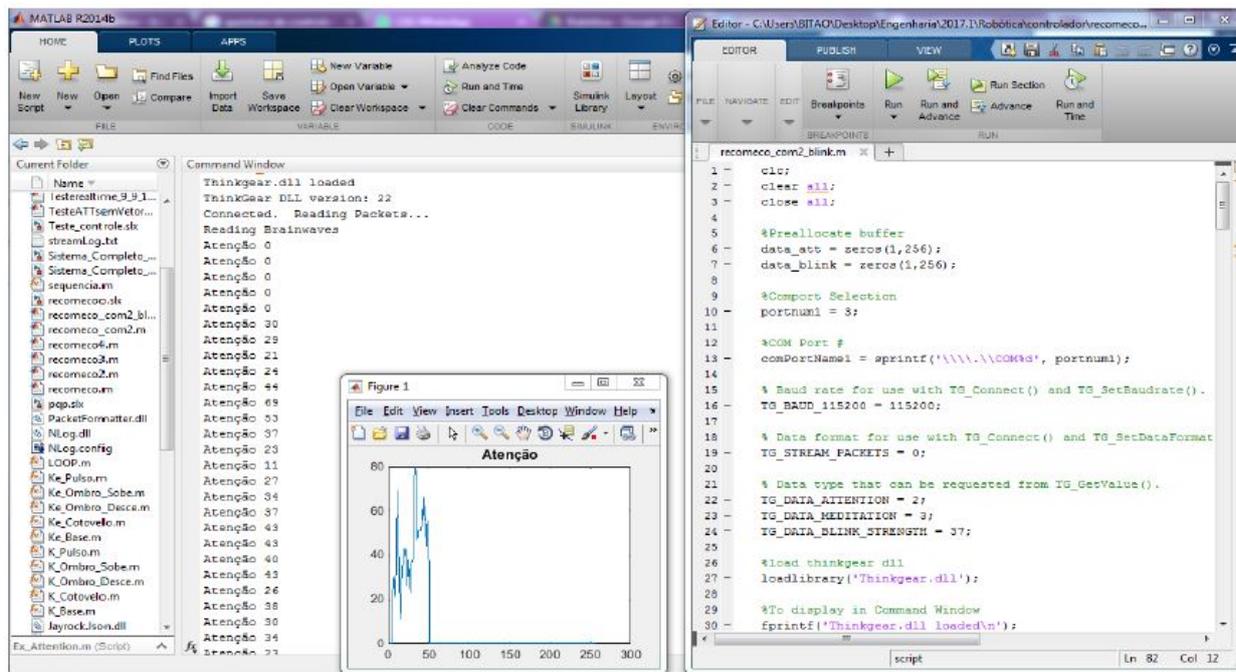


Figura 5- Tela de leitura do neurossensor.

2.5 Controlador

Inicialmente, foi definida a posição zero, ou seja, a posição inicial a qual o manipulador deve estar antes de começar o processo. Com essa definição foi possível compreender os ângulos das juntas e, assim, foram feitos os testes, medições e calibrações dos mesmos.

De acordo com a programação feita no MATLAB® e determinação do limiar do neurossensor, o movimento do braço se inicia. Assim, atingindo a atenção desejada, o manipulador robótico, até então parado, dá início às etapas onde primeiro pega a peça de cor vermelha. Submetido ao movimento de piscar, a garra realiza o movimento de abrir e fechar. Em seguida, o mesmo acontece com a peça azul, que é capturada e colocada na caixa correspondente à sua cor.

Para o desenvolvimento do controlador foi realizado o levantamento das curvas e transformação de base dos sistemas de pulso, cotovelo, ombro e base. O sistema de controle é ilustrado na Figura 6.

No controle em Espaço de Estado, foi necessário o ajuste dos ganhos para a atual aplicação e para estabilizar melhor o movimento do braço robótico, além da sua calibração.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema desenvolvido foi apresentado numa feira científica e utilizado em nove pessoas. Notou-se que os níveis de concentração variam de um pessoa para outra, estando em um mesmo ambiente. Além disso, após várias tentativas em um mesmo indivíduo, ou seja, quando sujeito a um treinamento, os níveis de concentração melhoram e são atingidos de forma mais rápida do que da primeira vez que é utilizado.

O manipulador respondeu corretamente no momento que a ação de concentração ou pis-

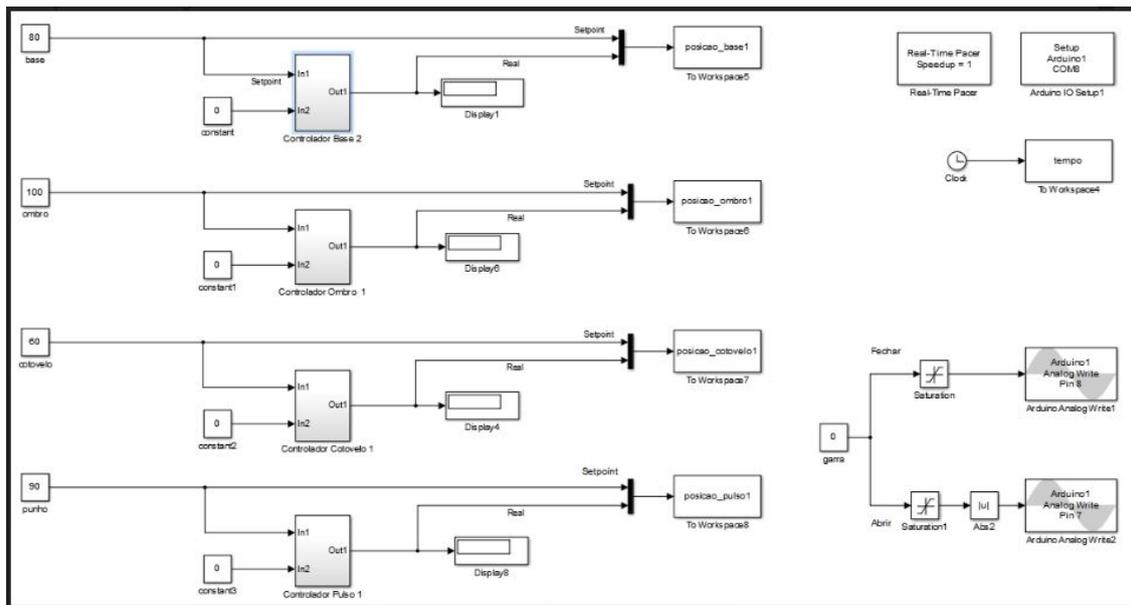


Figura 6- Sistema de Controle

car de olhos era enviada para o Simulink através do *m-file* do MATLAB®. Alguns problemas foram encontrados em relação ao controle do manipulador, haja vista que, durante o uso, o manipulador passava a não responder corretamente conforme novos testes ocorriam. Tudo indica que esse fato era devido ao tempo de uso do atuador em questão, pois os *encoders* e os motores são antigos.

Dos testes realizados nos nove usuários durante o período de desenvolvimento do projeto, algumas características foram notadas a respeito do aparelho que realiza o *neurofeedback*. A concentração acima de 70% é difícil para ser atingida, uma vez que durante os testes realizados, poucas vezes os usuários conseguiram ultrapassá-la, estabelecendo uma média dos usuários no intervalo entre 60% e 70%. Além disso, observando o comportamento das ondas, nota-se que a concentração diminui consideravelmente enquanto o usuário está conversando, chegando a níveis abaixo de 20%. E por fim, uma característica relacionada ao funcionamento do equipamento refere-se às interferências sofridas na presença de muitos aparelhos eletrônicos, pois nesses ambientes, pode-se perceber que as ondas tornam-se não muito acuradas quando comparadas a ambientes livres.

4. CONCLUSÃO

O trabalho apresentou um protótipo educacional simples com uso de eletroencefalografia para análise das ondas beta, ou seja, níveis de concentração. Mesmo simples, a proposta abrange a possibilidade de melhorias comportamentais através da observação de dados em tempo real. O uso dessa tecnologia em conjunto com as respostas dos indivíduos à interface mostra o caminho promissor relacionado ao sensoriamento do corpo humano.

O manipulador, devido ao tempo de uso, possui desgastes em sua estrutura, diminuindo a precisão na leitura dos encoders dos motores. Porém, essa característica causa apenas pequenas variações nos movimentos do atuador. O neurossensor utilizado não apresenta a mesma acuracidade dos demais modelos que possuem mais de um canal de leitura. Entretanto, tendo em vista

o que foi proposto, os resultados obtidos no trabalho demonstraram eficiência na simulação, ou seja, na utilização do manipulador e de um neurosensor mais acessível financeiramente.

A técnica proposta é interessante para uso como tecnologia assistiva e diagnóstico de distúrbios de atenção. O trabalho fica disponível para aprimoramento e futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

- Grudin, J (2005), "Three Faces of Human-Computer Interaction", in *IEEE Annals of the History of Computing*, 1058-6180/05, 46-62.
- Bernardo, A. and Mali, T. (2012), "O Cérebro No Controle.", in *Revista Galileu, Editora Globo*, Accessed on June 25, 2018, from <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI285959-17773,00-O+CEREBRO+NO+CONTROLE+TRECHO.html>
- Nicolelis, M. (2014), "Brain-to-brain communication has arrived. How we did it", in *TED Ideas worth spreading, LLC* Accessed on June 28, 2018, from https://www.ted.com/talks/miguel_nicolelis_brain_to_brain_communication_has_arrived_how_we_did_it
- Costa, C.M. (2013), "Neurociências na Aprendizagem", in *Revista Linha Ditera*, ISSN 2176-4417, Edição 186, Ano 17, Setembro 2013.
- Saľabun, W. (2014). *Processing and spectral analysis of the raw EEG signal from the MindWave*. Przeglad Elektrotechniczny. 90. 169-174. 10.12915/pe.2014.02.44.
- Neurosky, Inc (2015). *Greek Alphabet Soup – Making Sense of EEG Bands*. Accessed on June 28, 2018, from <http://neurosky.com/2015/05/greek-alphabet-soup-making-sense-of-eeb-bands/>
- Heidrich, R. O. ; Jensen, E. ; Rebelo, F. ; and Oliveira, T. (2015). *A comparative study: use of a Brain-computer Interface (BCI) device by people with cerebral palsy in interaction with computers*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 87(4), 1929-1937. Epub October 30, 2015. <https://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201520130413>
- Simplicio, H. ; Molioli, R. C. ; Brasil, F. L.; Kunicki, A.C.B.; Araujo, M. F. P. ; Morya, E. (2016) *Neurociência aplicada as práticas tecnológicas*. In: Hugo Saba; Eduardo Manuel de Freitas Jorge; Claudio Reynaldo B. de Souza. (Org.). Pesquisa aplicada inovação. 1ed.Salvador: Edifba, 2016, v. 1, p. 15-32.
- Didacta Italia. (2008), *RD5 NT Didatic Robot with 5 Axes User's Manual*, 1ª ed., Torino, Itália.

HUMAN-MACHINE INTERACTION SYSTEM BASED ON ELECTROENCEPHALOGRAPHY AND ANALYSIS BY AN EDUCATIONAL MODEL

Abstract. *Technology provides advances in many areas, especially in medicine and education, it makes easier to find different ways to help people. The use of Human Machine Interaction (HMI) shows the present interconnection between the biological and technological area, emphasizing how functional the work in conjunction of both is. In a didactic way, the project in question seeks to carry out a study in different individuals using a tool present in the area of Neuroscience. Together with the use of HMI, the tool in question can help in the treatment of people who have physical-motor or psychological needs, by analyzing their brain waves during their state of concentration. The project simulates a game where a robotic manipulator is triggered by a human through its electrical signals analyzed by a simple neurosensor device. These signals are received and coded by a program on a computer, performing the movement of the actuator. The results conclude that even with some limitations present in the actuator and sensor used, the simulation demonstrates efficiency and reaffirms the possibility of the tool being used as assistive technology or educational aid. The tests demonstrate that each person reacts differently and through the training provided by the use of the equipment it is possible to improve concentration during the simulation.*

Keywords: *Human Machine Interaction (HMI), Neurosensor, Robotics, electroencephalography.*