



Desenvolvimento de Um Simulador Controlado por Interface Cérebro-Computador Não Invasiva para Treinamento na Utilização de Cadeira de Rodas

Ânderson R. Schuh, Universidade Feevale,
anderschuh@gmail.com

Alessandro Lima, Universidade Feevale,
alessandroplima@gmail.com

Regina de O. Heidrich, Universidade Feevale,
rheidrich390@gmail.com

João Mossmann, Universidade Feevale,
mossmann@gmail.com

Cecilia Flores, Universidade Feevale,
dflores@ufcspa.edu.br

Marta R. Bez, Universidade Feevale,
martabez@gmail.com

Resumo. Interface Cérebro-Computador (ICC) é um sistema computacional capaz de estabelecer a comunicação entre a atividade neurofisiológica e uma máquina computacional. Neste contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo apresentar o desenvolvimento de um simulador de cadeira de rodas comandada por uma ICC não invasiva, utilizando um eletroencefalograma (EEG) de baixo custo. O simulador será utilizado para treinamento de pessoas com necessidades especiais para que, no momento de uso da cadeira, consigam controlá-la facilmente, evitando acidentes.

Palavras-chave: Simulador. Interface Cérebro-Computador. Interface Homem-Computador. Neurociência.

Development of a Simulator Controlled by Non-Invasive Brain-Computer Interface for Training in the Usage of Wheelchair

Abstract. Brain-Computer Interface (BCI) is a computational system able to establish the communication between the neurophysiological activity and a computer. In this context the main goal of this work is to show the development of a wheelchair simulator controlled by a non-invasive BCI using a low cost electroencephalogram (EEG). The simulator will be used for training people with special needs, so at the time when they use the wheelchair it will be easier to control it, preventing accidents.

Keywords: Simulator. Brain-Computer Interface. Human-Computer Interface. Neuroscience.

1. Introdução

Interação Homem-Computador (IHC) é uma área multidisciplinar, preocupada com o *design*, avaliação e implementação de sistemas e máquinas computacionais que interagem com o homem, e o estudo dos fenômenos que os rodeiam (Hewwet et al., 1992). A origem dos estudos sobre IHC remete ao início dos sistemas computacionais. Na vanguarda da área de IHC, estudos apontam para uma Interface Cérebro-Computador (ICC), também conhecida como Interface Cérebro-Máquina (ICM), que é um sistema computacional capaz de estabelecer a comunicação entre a atividade neurofisiológica e uma máquina computacional. Pode-se citar como objetivos principais das ICC a reparação ou ampliação das funções motora e cognitiva (Wolpaw, 2007). Conforme Leuthard (2009), ICC é um dispositivo que pode decodificar a atividade cerebral e criar um caminho de comunicação alternativo aos nervos e músculos periféricos.

Uma ICC oferece um meio alternativo a comunicação natural do sistema nervoso, é um sistema artificial que contorna vias eferentes do corpo (Figura 1). Ela mede diretamente a atividade cerebral associada à intenção do usuário, e traduz em sinais de controle para aplicações. Tipicamente, possui quatro características: deve registrar a atividade diretamente do cérebro; deve possuir *feedback*; precisa ser em tempo real; e deve ser controlada pela iniciativa voluntária do usuário (Graumann; Allison; Pfurtscheller, 2010).

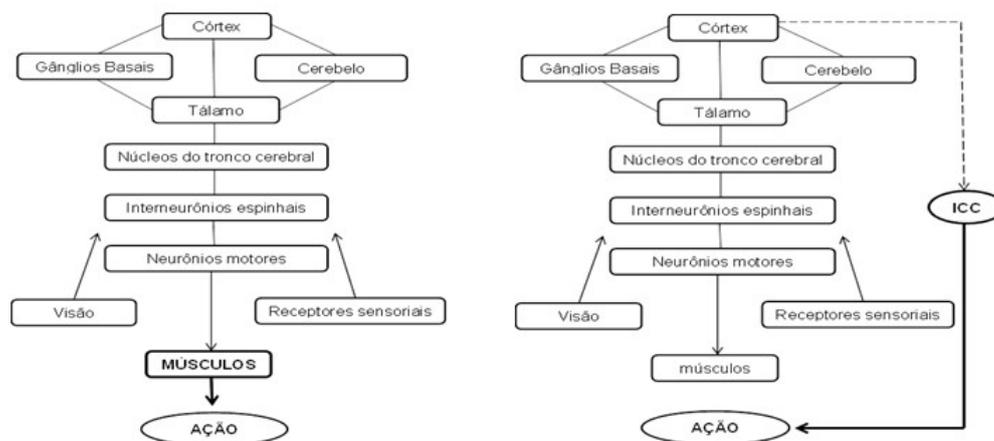


Figura 1 - Comparação entre a comunicação normal do sistema nervoso central, e com a utilização de uma interface cérebro computador (Wolpaw, 2007).

Na Figura 1, o diagrama da esquerda, apresenta a produção da ação motora através das várias áreas do Sistema Nervoso Central (SNC) normal, que colaboram para controlar neurônios motores da medula espinhal, assim, ativando os músculos. O diagrama à direita, apresenta a produção da ação pela ICC, mesmo que ainda utilizando as mesmas áreas do SNC que colaboram para controlar o córtex e que produzem os sinais do cérebro. A ICC atribui aos neurônios corticais o papel de saída, que normalmente é realizado por neurônios motores.

A área de ICC divide-se basicamente em dois grupos: as interfaces invasivas e as não invasivas. A técnica invasiva implanta no córtex eletrodos que registram os sinais com grande precisão e qualidade. Para isso, é necessário realizar uma cirurgia intracraniana de alto risco. Por outro lado, ICCs não invasivas baseiam-se basicamente nos sinais de eletroencefalograma (EEG), um dispositivo que distribui eletrodos pelo escalpo e através deles realiza o registro da atividade eletrofisiológica do cérebro. Através destes sinais é possível gerar atividade computacional, apesar de não serem tão precisos. As vantagens desta técnica são a não exposição a uma cirurgia intracraniana e o baixo custo em comparação a métodos invasivos (Lebedev; Nicolelis, 2006).

Atualmente, um consórcio científico internacional intitulado *The Walk Again Project*, vem apresentando uma possível imagem do futuro das ICCs, um exoesqueleto para reabilitação de pessoas com lesões motoras severas (Nicolelis, 2011). Para o treinamento dos futuros usuários deste aparato, a pesquisa deste projeto utiliza-se de simuladores (Washington Post, 2013). Ainda, pesquisadores desenvolveram uma ICC não invasiva e baseada em movimentos motores imaginados, capaz de controlar em um ambiente real, um veículo aéreo não tripulado. Na fase de treinamento, este estudo também se utilizou de um simulador do veículo real (Lafleur *et al*, 2013).

Neste sentido, Filho cita Pegden (1991), onde afirma que “*simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação*”. Além disto, a simulação pode ser usada quando o sistema real ainda não existe, fazendo parte do planejamento do modelo real (Filho, 2001). Akpan (2001) já investigava o potencial uso de simulações no ensino em situações em que demonstrações naturais eram impossíveis de serem realizadas ou potencialmente perigosas, como em um caso de acidentes.

O uso de simuladores se torna cada vez mais constante. Pode-se citar como exemplos de utilização de simuladores: a) simuladores de voo: amplamente utilizado na formação de pilotos, simuladores de voo atuais podem demonstrar a maioria das situações que um piloto enfrentaria em uma situação real (Matsuura, 1995); b) simuladores de educação médica: utilizados no treinamento de competências de profissionais da saúde, expondo-os a situações de ambientes clínicos complexos, sendo possível o educador alterar as reações dos pacientes virtuais. Da visão ética, este tipo de abordagem não coloca em risco pacientes reais (Ziv; Wolpe; Small; Glick, 2003); c) simuladores de direção: as principais finalidades são o treinamento de condutores (carros, motos, caminhões, etc.), pesquisa para desenvolvimento de veículos e estudos de comportamento de condutores no tráfego (Lucas, 2013).

Pesquisas do governo dos EUA apontam que a utilização de simuladores pode reduzir a ocorrência de acidentes de trânsito, em um período de 24 meses após a aprovação da habilitação (Denatran, 2012). Apoiado por este fator, o Conselho Nacional de Trânsito (Contran), por meio de resoluções, aprovou e inseriu a obrigatoriedade da utilização de simuladores no treinamento de novos condutores a partir de 2014 (Contran, 2013).

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um simulador para o treinamento/aprendizagem no uso de cadeira de rodas controlada por ICC não invasiva, utilizando um EEG de baixo custo, tendo como característica de comando o piscar dos

olhos. Na seção dois é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento. A seção três apresenta o protótipo, seguido das considerações finais.

2. Metodologia utilizada

Anteriormente foram apresentados conceitos sobre ICC e simuladores. Neste sentido, este capítulo propõe-se a apresentar a metodologia utilizada para o desenvolvimento do protótipo, um simulador de cadeira de rodas em ambiente tridimensional controlado por ICC não invasiva.

Para tanto, era necessário a utilização de um EEG como dispositivo para aquisição dos sinais. Outra premissa que foi estipulada era que este dispositivo fosse de baixo custo. Com isso, foi realizada uma pesquisa de mercado, na busca de equipamentos que suprissem as necessidades. Assim, foi encontrado o *Neurosky Mindwave* (MW). Atualmente, o MW é o EEG com menor custo do mercado.

O MW, de maneira geral, realiza a gravação das ondas cerebrais, processa a informação e digitaliza-a. Em seguida, disponibiliza essa informação para utilização em aplicações. Os ritmos, as frequências e as condições ou estados mentais considerados pela fabricante estão em *Neurosky* (2012). Está disponível para compra na loja virtual da empresa (Neurosky, 2012).

Este dispositivo baseia-se na tecnologia *Neurosky Thinkgear Technology*, que consiste em um eletrodo disposto na região pré-frontal, Fp1 no padrão 10-20, conforme Tatum *et al* (2010), um eletrodo como ponto de referência no grampo da orelha, e um *chip onboard* que processa todos os dados, assim como, remove ruídos e interferências. O equipamento dispõe de um algoritmo proprietário chamado *eSense*, através do qual são extraídas algumas características dos sinais digitalizados, disponibilizando diretamente nas aplicações algumas alternativas de comando. Pode-se citar, como exemplo, o nível de atenção e nível de meditação (Neurosky, 2012).

Também conhecido como *neuro headset*, em função de seu formato semelhante a um fone de ouvido (Figura 2), o equipamento conta com uma interface *bluetooth* com fácil conectividade, utilizando portas seriais, com suporte a plataformas *Microsoft Windows, Mac OS X, Android* e *IOS*. Não possui cabos de conexão, e é extremamente leve, com isso, torna-se um dispositivo de fácil manuseio (Neurosky, 2012).



Figura 2 – NeuroSky Mindwave (NEUROSKY, 2012).

Em nível de desenvolvimento, para realizar a conexão da aplicação ao equipamento, pode-se utilizar o *ThinkGear Connection Driver* (TGCD), uma biblioteca nativa para *Windows* e *MAC OS X*, que possui métodos de conexão que simplificam a implementação. É distribuída em formato *.dll* para *Windows* e *.bundle* para *OS X*, ideal para desenvolvimento com linguagem C e suas derivadas. No site do fabricante é possível encontrar ferramentas para desenvolvedores e pesquisadores, além de exemplos de código para diversas plataformas, tais como C/C++, Java, C#, Action Script (Neurosky, 2012).

Posteriormente, com o intuito de além de construir uma interface de controle, também simular a cadeira de rodas motorizada, foi definido o uso do motor de jogos (*Game Engine*) *Unity3d*. Este pode ser utilizado para desenvolvimento em ambientes 2D e 3D. A ferramenta veio ao mercado com o intuito de democratizar o desenvolvimento de jogos (Santos, 2012). Além do ambiente em três dimensões, a ferramenta disponibiliza a implementação de fatores realísticos, como simulação de física. Isso aproxima a aplicação desenvolvida de um ambiente real (Unity3D, 2013).

Tem suporte a multiplataforma, entre elas *Windows*, *Mac OS X*, *IOS*, *Android*, entre outros. Pode-se utilizar nativamente as linguagens *C#*, *JavaScript* e *Boo*. Desta maneira, com as bibliotecas disponíveis do *Neurosky em C#*, tornam-se compatíveis para o desenvolvimento da aplicação (Unity3D, 2013). Para a execução de *scripts*, o *Unity 3D*, possui uma versão de alto desempenho da biblioteca Mono, uma implementação de código aberta do *framework .Net* da *Microsoft* (Passos, 2009).

Para a modelagem 3D de todos os elementos presentes no simulador, foi utilizado o Autodesk 3DS Max. Conforme o site do fabricante, o software “*oferece uma solução completa de modelagem, animação, simulação e renderização 3D para artistas de jogos, cinema e gráficos animados*”. Com o 3ds Max é possível criar objetos virtuais, personagens, animações e ambientes tridimensionais (Autodesk, 2013).

3. Desenvolvimento do Simulador

Após o estudo do funcionamento do MW, verificou-se que o próprio dispositivo é capaz de extrair a característica do piscar dos olhos, repassando a informação em valores inteiros que variam de 1 a 255, sendo 1 uma piscada leve, e 255 uma piscada forte. Optou-se pela utilização desta característica como fonte de comandos para a interface.

Inicialmente, foi criada a interface de controle que o usuário utiliza para selecionar os comandos disponíveis da cadeira. Esta interface consiste em 3 botões que representam em ordem: rotacionar a esquerda, ir em frente, rotacionar a direita. Cada botão é destacado automaticamente pela aplicação. Este destaque dura o intervalo de 2 segundos, quando então, é alterado o destaque para o próximo botão, e assim por diante. Quando o usuário deseja selecionar a opção destacada, ele deve utilizar o comando disponível, ou seja, piscar os olhos. Ao selecionar a opção, esta começará imediatamente a ser executada; para parar a execução, o usuário deve piscar novamente. Neste momento, todo o fluxo descrito acima volta a ser executado.

A cadeira de rodas foi modelada tendo como referência um produto já comercializado no mercado, a *Jazzy Select Elite* (Jazzy, 2013). Além de ser uma cadeira motorizada, possui um sistema de movimentação que possibilita o usuário a rotacionar a cadeira 360 graus em um raio de atuação menor que outros modelos. Este aspecto

contribui significativamente no controle de movimentação a partir da interface desenvolvida.

No que diz respeito à movimentação da cadeira, foi desenvolvido um sistema de controle das 6 rodas, sendo as rodas centrais responsáveis pela força de torque que movimenta a cadeira. As rodas traseiras funcionam de maneira a auxiliar as rodas centrais no controle de direção. As dianteiras auxiliam no equilíbrio. Vale ressaltar que o estudo inicial dos movimentos da cadeira foi específico para compreender a movimentação básica.

A velocidade máxima que a cadeira pode atingir é controlada, sendo possível a configuração da velocidade em dois estágios: 3,5 km/h e 7 km/h. Os estágios correspondem a 50% e 100% da velocidade que a cadeira real pode atingir, conforme documentação técnica da *Jazzy* (Jazzy, 2013). Juntamente com a cadeira, existe um personagem que retrata um ser humano. O peso aplicado a cadeira juntamente com o personagem foi de 105 kg. Este valor é aproximadamente a soma do peso da cadeira, com a média do peso de brasileiros entre 18 e 34 anos, conforme dados do IBGE no período de 2008 a 2009 (IBGE, 2009).

Ainda, foi desenvolvido um sistema de sensores que visa evitar colisões. Dispõem de nove sensores dispostos na frente e em ambos os lados da cadeira. No caso de um sensor detectar uma possível colisão, o mesmo atua na cadeira parando imediatamente o movimento, assim como, ativa novamente a interface de controle, e bloqueia opção de movimento que levaria a colisão, não permitindo o usuário a selecioná-la. Assim, pode-se afirmar que o controle da cadeira é compartilhado, ou seja, o usuário compartilha o controle com o sistema inteligente de comando da cadeira. A Figura 3 apresenta uma tela do simulador desenvolvido. As setas amarelas representam a interface de controle, onde a opção rotacionar à esquerda está em destaque. Centralizada está a cadeira e ao fundo um dos ambientes construídos.

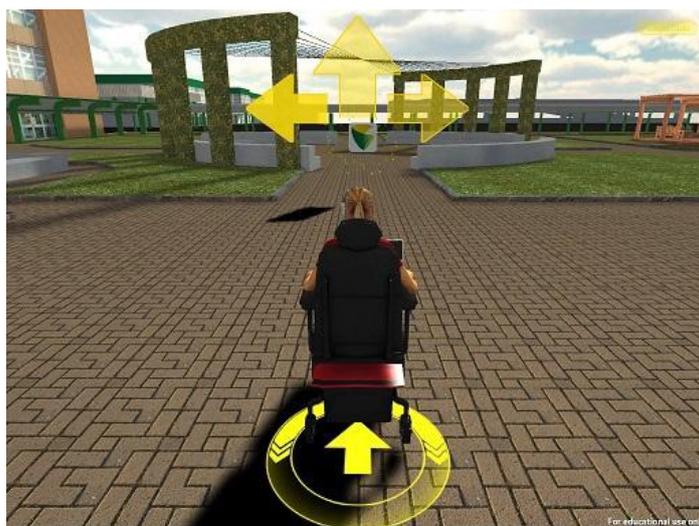


Figura 3 - Tela do simulador em execução.

Dois ambientes 3D foram desenvolvidos, visando reproduzir ambientes reais onde se pode pilotar a cadeira de rodas. O primeiro, denominado Tutorial, consiste em uma sala com quatro lados e três obstáculos no chão. O segundo foi chamado de

Universidade, uma vez que foi modelada uma região do campus de uma universidade. Os dois ambientes são controlados, ou seja, além dos obstáculos, ambos possuem uma “malha” que delimita a atuação da cadeira, somente sendo possível transitar em locais permitidos. Tanto a malha quanto os obstáculos, sempre estão ao alcance dos sensores.

5. Considerações finais

O estudo sobre ICC busca aprimorar a maneira de interação entre o ser humano e as máquinas. É importante lembrar que a ampliação e recuperação das funções motora e cognitiva, são o principal foco das pesquisas desta área. Pode-se afirmar que o EEG, apesar de ter sido desenvolvido há bastante tempo, ainda é uma ferramenta fundamental para o apoio a diagnósticos clínicos. Entretanto, pesquisadores estão realizando novas abordagens para este dispositivo, entre elas, estão as ICCs. Atualmente, existem no mercado, dispositivos que aproximam o usuário final das ICCs. Em contrapartida, ainda hoje, não existem aplicações que façam essa interação de maneira convencional.

Os simuladores contribuem significativamente no que diz respeito ao planejamento de novas tecnologias. Diversas pesquisas se utilizam destas ferramentas para estudos de fenômenos e comportamentos reais. No que diz respeito ao treinamento/aprendizagem de pessoas, a grande justificativa, é que em muitos casos, a atividade a ser realizada pode comprometer o estado físico da pessoa. Com a utilização de um simulador, é possível reproduzir consideravelmente a realidade, permitindo ao usuário adaptar-se ao sistema sem o risco inerente ao uso da cadeira de rodas.

O simulador desenvolvido já está em funcionamento, sendo possível realizar o controle pela ICC. A aplicação foi testada exaustivamente pelos desenvolvedores, e ainda, por mais cinco pessoas, sendo que nenhuma delas possui algum tipo de deficiência. Estes testes tiveram o foco principal de testar os movimentos da cadeira, o funcionamento do sistema de sensores, a diferenciação de piscar voluntariamente ou involuntariamente. Desta maneira, preparando o sistema para o usuário final.

Devem ser realizadas, ainda, as avaliações formais, a fim de obter dados para a validação do protótipo. Assim, essas avaliações devem se estender até pessoas que possuem deficiências motoras e que efetivamente usarão o equipamento acoplado a cadeira de rodas. Desta maneira, pretende-se verificar a viabilidade, primeiramente, da adaptação dos voluntários ao simulador, em segundo, a utilização do simulador como ferramenta de apoio ao treinamento dos usuários e, em terceiro, a produção de todo o sistema proposto no simulador em um produto real.

Referências

AKPAN, J. P. (2001) Issues associated with inserting computer simulations into biology instruction: a review of the literature. **Electronic Journal of Science Education**, Southwestern University, v. 5, n. 3.

AUTODESK. (2013) **3ds max**. Disponível em: <http://www.autodesk.com.br/products/autodesk-3ds-max>. Acesso em: out/2013.

CONTRAN. (2013) **Resolução N. 444**. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/Resolucao4442013.pdf>. Acesso em: out/2013.

DENATRAN. **Simulador de Direção Veicular será obrigatório nas autoescolas a partir de 2013.** 2012. Disponível em: http://www.denatran.gov.br/ultimas/20121101_simulador_aprova.htm. Acesso em: out/2013.

FILHO, P. J. de F. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas - com Aplicações em Arena.** 1. ed. Florianópolis: Visual Books, 2001.

GRAIMANN, B.; ALLISON, B.; PFURTSCHELLER, G. **Brain-Computer Interfaces: A Gentle Introduction.** 2010

HEWETT, T. T.; et al. **ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction.** 1992.

IBGE. **Dados amostrais e estimativas populacionais das medianas de altura e peso, por situação do domicílio e sexo, segundo a idade e os grupos de idade Brasil – período 2008-2009.** 2009. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pof/2008_2009_enc_aa/tabelas_pdf/tab1_1.pdf. Acesso em: out/2013.

JAZZY. **Product Specifications Sheet.** 2011. Disponível em: <http://www.pridemobility.com/jazzy/jazzyselectelite.asp>. Acesso em: out/2013.

LAFLEUR, K. et al. Quadcopter control in three-dimensional space using a noninvasive motor imagery-based brain-computer interface. **Journal of Neural Engineering** 10, 2013.

LEBEDEV, M. A.; NICOLELIS, M. A. L. Brain-machine interfaces: past, present and future. **TRENDS in Neurosciences** v. 29, n. 9, Duke University, Durham, USA, 2006.

LEUTHARDT, E. C. et al. Evolution of brain-computer interfaces: going beyond classic motor physiology. **Neurosurg Focus**, 2009.

LUCAS, F. R. et al. **Uso De Simuladores De Direção Aplicado Ao Projeto De Segurança Viária.** Universidade de São Paulo, 2013.

MATSUURA, J. P. **Aplicação Dos Simuladores De Vôo No Desenvolvimento E Avaliação de Aeronaves e Periféricos.** 1995. Disponível em: <http://www.ele.ita.br/~jackson/files/tg.pdf>. Acesso em: out/2013.

NEUROSKY. **Neurosky Mindwave.** 2013. Disponível em: <http://www.neurosky.com/Products/MindWave.aspx>. Acesso em: out/2013.

NICOLELIS, M. A. L. **Muito além do nosso eu: a nova neurociência que une cérebros e máquinas e como ela pode mudar nossas vidas.** São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

PASSOS, E. B. Tutorial: Desenvolvimento de Jogos com Unity 3D. **VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment.** Rio de Janeiro, 2009.

UNITY3D. **Unity.** 2013. Disponível em: <http://unity3d.com>. Acesso em: out/2013.

WOLPAW, J. R. Brain-computer interfaces as new brain output pathways. **The Journal of Physiology Online**, 2007.



WASHINGTON POST. **Mind-controlled prostheses offer hope for disabled.** 2013. Disponível em: http://articles.washingtonpost.com/2013-05-06/national/39055212_1_brain-cells-miguel-nicolelis-rats. Acesso em: out/2013.

ZIV, A.; WOLPE, P. R.; SMALL, S. D.; GLICK, S. Simulation-based medical education: an ethical imperative. **Academic Medicine**, v. 78, n. 8, ago-2003. 2003.