

---

# SIMULADOR VIRTUAL PARA TREINAMENTO DE CADEIRANTES CONTROLADO POR SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS

A. N. Silva\*, Y. Morère\*\*, A. B. Soares\*, E. L. M. Naves\*, A. A. R. de Sá\*

\*Laboratório de Engenharia Biomédica/Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

\*\*Laboratório de Automática Humana e Ciências do Comportamento/Universidade de Lorraine, Metz, França

e-mail: andrei.ufu@gmail.com

**Abstract:** The development of assistive technology are dedicated to people who may have a variety of disabilities or limitations that can limit their participation in daily life, providing accessibility, mobility and assistance in communication or cognitive domains. Motorized wheelchairs are an example of this type of technology. They give more independency to its users and demands less physical effort to produce movement. However, the joysticks for controlling it can limit its use for people who can still operate it and driving without proper advice or training may be dangerous. Virtual motorized wheelchairs simulators can be a great tool for learning and practicing how to drive a real vehicle while alternative ways of controlling it might allow those who have different and more severe motor disabilities to still use a wheelchair for mobility. Electromyographic signals are an option to produce a different type of control. This paper presents an electromyography system capable of controlling a virtual motorized wheelchair using muscles located on the face. By integrating these two parts, it was created a safer and realistic system to test different types of control with EMG signals with promising results, providing an interesting background for assistive technology approach.

**Palavras-chave:** Eletromiografia, Cadeira de rodas, Simulador virtual, Tecnologia assistiva.

## Introdução

Tecnologia assistiva pode ser definida como uma aplicação de ciências e engenharia que resultam em invenções, métodos ou processos que oferecem suporte à vida de pessoas com deficiências [1]. Este tema é bastante abrangente e pode ser dividido em diversas categorias como: Acessibilidade, mobilidade e comunicação [2].

A cadeira de rodas convencional começou como um meio de transporte, sem o intuito de promover mobilidade às pessoas necessitadas, mas já durante a Primeira Guerra Mundial ela passou a ser utilizada por soldados feridos. Posteriormente começaram a ser introduzidas motores elétricos nas mesmas, visando dar

autonomia ao cadeirante, dando origem a uma nova tecnologia assistiva que visava melhorar a mobilidade de pessoas deficientes. Então, motores começaram a ser introduzidos junto a *joysticks* mais sofisticados para o controle do veículo [2].

Com o surgimento da realidade virtual, iniciou-se uma modelagem de objetos reais, que foram adaptados para simular situações reais, como pilotagem de carros e aviões [3]. Neste contexto começaram a surgir trabalhos relacionados à modelagem de cadeira de rodas motorizadas em ambientes virtuais [4]. Este advento permite aos usuários se adaptarem de forma mais segura ao controle de uma cadeira de rodas real. No entanto, por utilizarem *joysticks*, elas são limitadas a pessoas que ainda são capazes de utilizá-los. Sendo assim, pesquisas têm sido realizadas buscando novas formas de acionamento e controle destes veículos para pessoas com problemas motores mais severos. Uma das alternativas encontradas é a utilização de sinais eletromiográficos (EMG) para tanto [5].

Neste contexto, este projeto contemplou o desenvolvimento de um sistema de eletromiografia capaz de se comunicar com um simulador virtual de cadeira de rodas motorizada já desenvolvido, assim como controlar a sua movimentação, sendo possível iniciar e parar o seu deslocamento, bem como direcioná-lo para esquerda ou direita. Este projeto busca uma forma de acionamento diferente e que atenda uma faixa maior de pessoas.

## Materiais e Métodos

O projeto é composto por um *software* de coleta e processamento de sinais EMG em tempo real, um servidor *broadcast* e um simulador virtual de cadeira de rodas. Foram utilizados dois canais de eletromiografia para o controle da cadeira de rodas virtual. O diagrama de blocos do sistema completo é apresentado na Figura 1.

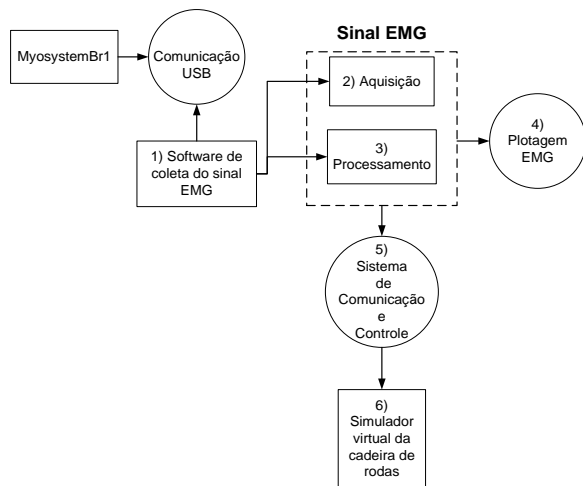


Figura 1: Diagrama de blocos do projeto.

### 1) Software de coleta do sinal EMG

Para a coleta do sinal EMG foi desenvolvido um *software* que é conectado ao equipamento MyosystemBr1 [6], que apresenta alto desempenho para coleta de sinais eletromiográficos e foi implementado na plataforma de desenvolvimento *Microsoft Visual C# 2008 Express Edition*. A Figura 2 mostra o equipamento utilizado.

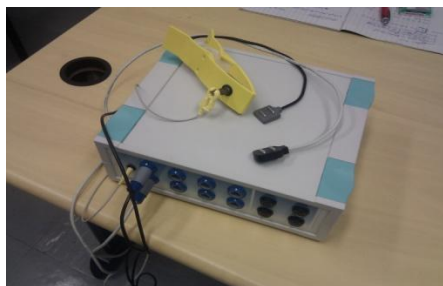


Figura 2: Eletromiógrafo MyosystemBr1.

Foi feita uma integração à DLL (*Dynamic Link Library*) comercial do aparelho, possibilitando uma comunicação entre o aplicativo e o microcontrolador do equipamento. Utilizando as funções existentes na mesma é possível ajustar configurações de *hardware* e coletar o sinal EMG. O *software* é dedicado à aquisição e processamento de dois canais, com filtro passa baixa sintonizado em 500 Hz e taxa de amostragem de 2kHz, cumprindo assim o Teorema de Nyquist. Ambos os canais foram processados em tempo real, calculando-se a sua envoltória com janelamento de 125ms. Ele também realiza a plotagem do sinal EMG bruto e da envoltória de cada canal simultaneamente e envia comandos para o acionamento da cadeira de rodas.

### 2) Aquisição do sinal EMG

Foi utilizada a programação concorrente para a coleta em tempo real do sinal EMG pelo MyosystemBr1. Uma função é responsável por receber e armazenar as amostras coletadas via comunicação USB dentro de um *buffer* circular. Este processo é

executado dentro de uma *Thread* dedicada a aquisição de dados. O *Mutex* é responsável por gerenciar o acesso ao *buffer*. A Figura 3 ilustra o mecanismo de funcionamento da aquisição e plotagem do sinal EMG.

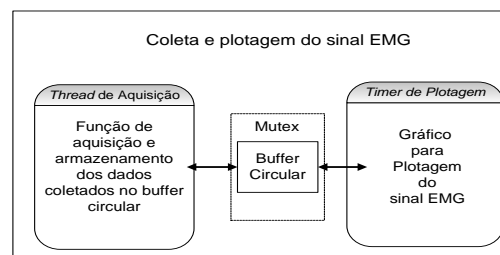


Figura 3: Funcionamento da aquisição e plotagem.

### 3) Processamento do sinal EMG

Para utilizar o sinal EMG como mecanismo de controle da cadeira de rodas virtual, é necessário extrair informações do mesmo, já que devida à sua natureza estocástica, o sinal EMG não é um sinal bem definido, o que dificulta sua caracterização. Para este projeto foi escolhido o cálculo da envoltória, um tipo de média móvel [7]. Os cálculos são executados em um *Timer*, juntamente com a plotagem dos sinais.

### 4) Plotagem

A plotagem é feita por um *Timer* que se encarrega de exibir na ferramenta gráfica *Zedgraph* as amostras armazenadas no *buffer* e também por exibir o resultado do processamento, isto é, a envoltória do sinal.

### 5) Sistema de comunicação e controle

O sistema de comunicação visa integrar dois sistemas computacionais diferentes através da comunicação via *sockets*. As interfaces funcionam como clientes e enviam informações até um servidor *broadcast* que transmite os dados aos módulos de destino.

### 6) Simulador virtual de cadeira de rodas

A modelagem do ambiente virtual e da cadeira de rodas foi desenvolvido no *Virtools*. A dinâmica da movimentação e seu controle é feita na linguagem C++. A Figura 4 apresenta o sistema em funcionamento.



Figura 4: Simulador virtual da cadeira de rodas motorizada.

O ambiente virtual conta com obstáculos e trânsito de pessoas, que auxiliam cadeirantes a treinarem o controle sobre uma cadeira de rodas motorizada. O aplicativo ainda conta com registro de trajeto, armazenando a trajetória percorrida e o tempo de gasto para completá-la.

Foi acrescentada uma *Thread* responsável por ler os dados recebidos via *socket*, interpretá-los e movimentar a cadeira de rodas conforme o comando recebido.

Para o controle da cadeira de rodas virtual optou-se por utilizar dois músculos diferentes, localizados na região facial. Foram escolhidos o músculo masseter e occipitofrontal. Sendo o primeiro responsável por determinar a direção do movimento (esquerda ou direita) e o último para iniciar ou parar a movimentação da cadeira de rodas virtual. O posicionamento dos eletrodos pode ser visualizado na Figura 5.



Figura 5: Posicionamento dos eletrodos.

O formato de onda da envoltória do sinal EMG possibilita estabelecer um limiar de ativação e assim determinar os comandos a serem enviados para a cadeira de rodas virtual. O controle é baseado na detecção de picos de atividade muscular. A Figura 6 apresenta o sinal EMG bruto em azul e sua envoltória em vermelho. Percebe-se que a envoltória possui um formato bem definido, facilitando a análise do sinal coletado e o estudo do nível de atividade muscular.

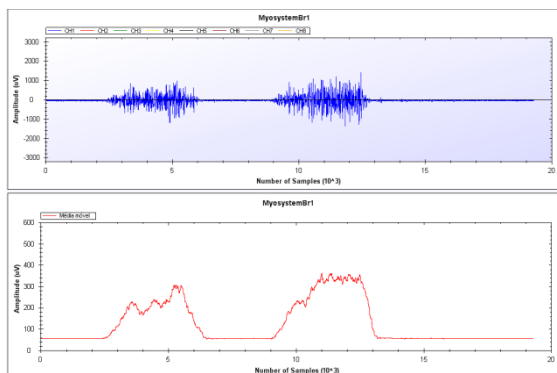


Figura 7: Sinal EMG bruto e sua envoltória.

## Resultados

O *software* de aquisição do sinal EMG é apresentado na Figura 6. O programa conta com a opção de

configurar automaticamente os parâmetros de *hardware* do eletromiógrafo, segundo uma configuração padrão. Foi possível fazer a coleta e o processamento em tempo real dos dois canais utilizados. É possível a conexão com o servidor *broadcast* para o envio dos comandos de controle até o simulador. Os limiares de ativação de ambos os canais são programáveis e podem ser ajustados em tempo de execução, facilitando a sua adaptação a diferentes usuários.

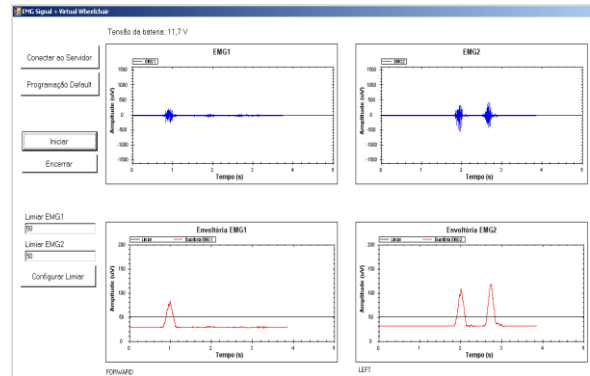


Figura 7: *Software* de coleta do sinal EMG.

As Figuras 8 e 9 mostram o sistema completo em funcionamento, com o simulador sendo controlado por sinais EMG coletados de um voluntário.



Figura 8: Teste do projeto por um voluntário.

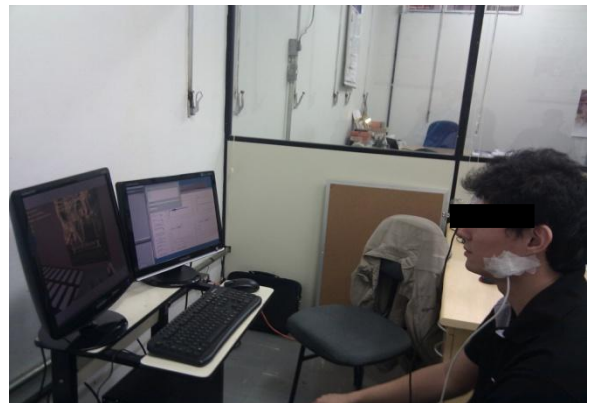


Figura 9: Teste do projeto por um voluntário.

---

## Discussão

O projeto apresentado obteve bons resultados. Foi possível coletar e processar o sinal EMG dos dois canais utilizados em tempo real, demonstrando uma integração entre o *software* e o eletromiógrafo MyosystemBr1.

A partir da envoltória foi desenvolvido um mecanismo de controle da cadeira de rodas virtual considerando a ativação muscular do voluntário, determinando o movimento que ela deve fazer. Estes comandos foram enviados ao servidor *broadcast* que os repassou até o simulador.

O canal de comunicação apresentou o resultado esperado, possibilitando uma troca de informações entre o sistema de eletromiografia e o simulador virtual de cadeira de rodas motorizada. Deve-se ressaltar a velocidade do protocolo de comunicação via *socket*, que permitiu uma resposta rápida do simulador.

O simulador foi capaz de receber e interpretar os comandos recebidos. O voluntário, após certo tempo de treinamento, foi capaz de controlar satisfatoriamente a movimentação do veículo.

Para se evitar a fadiga muscular, os testes realizados foram conduzidos em intervalos de tempo reduzidos. Outra estratégia utilizada foi de usar o valor de limiar mais baixo possível para que o voluntário pudesse controlar o veículo com o mínimo de esforço muscular.

A arquitetura deste projeto demonstrou que é válido optar por um sistema de comunicação entre interfaces ao invés de construir um único aplicativo que contemple todas as funcionalidades, já que o desenvolvimento independente das partes pode ser mais rápido e menos trabalhoso.

## Conclusão

O desenvolvimento de tecnologias assistivas é muito importante pelo seu contexto social, pois visa garantir acessibilidade àquelas pessoas que não podem caminhar ou falar, permitindo a elas terem uma vida mais próxima de uma pessoa saudável.

Os resultados apresentados são promissores, tendo em vista que foi possível controlar o simulador virtual através de sinais eletromiográficos. Essa possibilidade permite o início de novas pesquisas nesta área e a utilização de um ambiente virtual garante segurança para testes relacionados ao controle dos movimentos de uma cadeira de rodas motorizada.

A utilização de sinais EMG localizados na face pode permitir que até mesmo pessoas que sofreram perda generalizada de movimentos, possam utilizar um veículo para se locomover.

Deve-se aproveitar o simulador virtual e considerar a possibilidade de utilizar a imersão com capacetes ou óculos para aproximá-lo ainda mais de um modelo real. Também pode ser considerada a inclusão de *feedbacks* do simulador que podem ser traduzidos em estímulos que aproximem ainda mais o usuário da realidade.

O algoritmo de controle ainda pode ser alterado, tendo em vista que contrações musculares seguidas,

mesmo que de pouca intensidade, podem induzir à fadiga. É preciso procurar diferentes formas de utilizar o sinal EMG para manipular a movimentação da cadeira de rodas virtual, considerando um uso futuro em modelos reais.

## Referências

- [1] Wendt O., Quist, R.W., Lloyd, L.L. (2011), *Assistive Technology: Principles and applications for communication disorders and special education*, Emerald Group.
- [2] Albrecht, B.L. (2010), *Controle de uma cadeira de rodas motorizada através de eletromiografia em uma plataforma embarcada*, Trabalho de conclusão de curso, Instituto de Informática, DELET/UFRGS. Porto Alegre, 137 p.
- [3] Gutiérrez, M.A., Vexo, F., Thalmann, D. (2008), *Stepping into virtual reality*, Springer Science.
- [4] De Santis, A., Di Gironimo G., Marzano, A., Siciliano, B., Tarallo, A. (2008), "A virtual-reality-based evaluation environment for wheelchair-mounted manipulators". In: Eurographics Italian Conference, p., 1-8. Disponível em: [http://www.phriends.eu/Eurographics\\_08.pdf](http://www.phriends.eu/Eurographics_08.pdf). Acesso em 29 ago. 2012.
- [5] Moon, I., Lee, M., Chu, J., Mun, M. (2005), "Wearable EMG-based HCI for electric-powered wheelchair users with motor disabilities". In: International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Abril 2005.
- [6] MyosystemBr1, disponível em: <http://www.datahominis.com.br>. Acesso em 28 ago. 2012.
- [7] Marchetti, P.H., Duarte, M. (2006), *Instrumentação em eletromiografia*, Universidade de São Paulo, Laboratório de Biofísica.