

ANEXO I



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA



PEDIDO DE HOMOLOGAÇÃO DE COORIENTAÇÃO PROJETO DE PESQUISA

Submetido para apreciação do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Design of an Augmented Reality-based Telerehabilitation Architecture for
Supporting the Training of Powered Wheelchair Users

Discente: _ Daniel Stefany Duarte Caetano _____

Orientador: _ Edgard Afonso Lamounier Júnior _____

Coorientador: _ Eduardo Lázaro M. Naves _____

Data da Solicitação de Coorientação: __09__/_10__/_2018__

Data da Apresentação do Projeto de Pesquisa: __04__/_12__/_2020__

Uberlândia, 03 de Julho de 2020.

1. Título

Sistema Multimodal para Treinamento a Distância em ambiente Virtual ou de Realidade Aumentada destinado aos usuários de Cadeiras de Rodas Motorizadas

2. Objetivos

Com base nas experiências das equipes parceiras o projeto tem dois objetivos complementares:

- 1) A concepção de uma nova interface homem-máquina multimodal para comando de uma cadeira de rodas motorizada baseada em sinais biomédicos (Eletromiográfico-EMG, Eletroencefalográfico-EEG, Eletrooculográfico-EOG, entre outros);
- 2) A concepção de um simulador de condução em Realidade Aumentada/Virtual permitindo a operação remota de uma cadeira de rodas instalada em algum dos laboratórios das universidades parceiras.

3. Resumo do Projeto

Importantes progressos foram feitos em relação ao comando de cadeiras de rodas motorizadas por pessoas com deficiências motoras. Entretanto, algumas das pessoas acometidas por deficiências motoras severas ainda não podem usufruir de mobilidade de maneira autônoma. A utilização de sinais biológicos emerge então como uma solução natural.

Neste cenário, a condução de uma cadeira de rodas motorizada aparece como um sério problema de segurança, o que pode ser resolvido pelo uso de um simulador de condução virtual. Por outro lado, ao utilizar esses sinais como comandos (p.ex.: interface cérebro-computador) não é possível assegurar um controle contínuo e confiável devido estado da arte desta tecnologia, sendo necessário associá-lo a funcionalidades semiautomáticas como detecção ou contorno de obstáculos. Estas funcionalidades resumem a disponibilidade de uma cadeira de rodas especialmente equipada com sensores de distância. Tal dispositivo é difícil e oneroso de se reproduzir.

Desta forma, é interessante aos usuários a possibilidade de utilização de um simulador que permita conduzir a distância um protótipo de cadeira de rodas inteligente, sendo esta a proposta das equipes para o projeto em questão.

Desta forma, este projeto reúne esforços de pesquisadores numa parceria constituída por três instituições: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM), contando ainda com a colaboração de pesquisadores da Universidade de Lorraine (França).

O objetivo central da presente proposta é o fortalecimento da cooperação nacional e internacional entre instituições brasileiras e francesa com a participação de pesquisadores-docentes e estudantes de pós-graduação de ambas as instituições.

Esta parceria será realizada na área de Tecnologia Assistiva, sendo esta uma área de interesse comum aos participantes. Mais especificamente, conhecimentos de Engenharia de Reabilitação serão integrados ao de Processamento de Sinais Biológicos, Tecnologias de Realidade Virtual e Aumentada e Telecomunicações para o desenvolvimento de um sistema de treinamento da condução de cadeiras de rodas motorizadas a ser utilizado por pessoas com disfunções motoras.

4. Relevância Científica e Resultados Esperados

De modo a satisfazer aos altos níveis de exigência e de avaliação estabelecidos pelos órgãos de fomento, os Programas de Pós-graduação têm passado por um processo de aprimoramento nos últimos anos. Dentre as principais mudanças ressalta-se:

- incentivo ao estabelecimento de cooperações nacionais e internacionais;
- A exigência de regularidade em publicações em revistas de qualidade (conforme definido pela CAPES). Todos envolvidos no Programa (corpo discente e docente) devem atender a este item.

Este projeto de pesquisa vem atender aos anseios dos Programas de Pós-Graduação participantes e também da CAPES, observando-se que esta estimula e considera como fator positivo na avaliação dos mesmos a existência de projetos envolvendo pós-graduandos e docentes da pós-graduação. Assim, a realização dessa colaboração formal com os grupos de pesquisa citados contribuirá significativamente para o

crescimento tanto dos pós-graduandos como dos docentes envolvidos. É esperado que o resultado desse projeto contribua decisivamente para o aperfeiçoamento tecnológico-científico de todos envolvidos em sua execução, e o mais importante, seja propulsor de outras parcerias duradouras nacionais e internacionais. No contexto atual, somente este tipo de colaboração poderá garantir a excelência e diversidade das pesquisas desenvolvidas no país, e especificamente nas instituições envolvidas. Pois, além de uma formação técnica mais completa e diversa, os envolvidos na pesquisa obteriam também a experiência multicêntrica, que é extremamente relevante no mundo globalizado, e em específico, na atividade acadêmico-científica. Estas observações vão ao encontro dos objetivos propostos nas diretrizes do Programa CAPES-SDH/PR-MCTI.

É esperado que os resultados desse sistema forneçam uma solução alternativa e eficiente, quando comparado a sistemas tradicionais, no que diz respeito ao aumento da facilidade e naturalidade da interação homem-máquina.

Espera-se ainda, com a realização das atividades previstas, obter substancial melhoria na capacitação técnico científica dos pesquisadores envolvidos e uma efetiva contribuição para o desenvolvimento do tema estudado.

Atendendo assim as expectativas do programa. Estes resultados gerais são especificados abaixo:

- Troca de experiência e conhecimento entre os pesquisadores e estudantes envolvidos no projeto;
- Fornecimento de contribuições relevantes na área do projeto, além da disseminação dessas informações por meio da publicação das mesmas em revistas e conferências de alto impacto internacional;
- Promoção da formação ampla dos doutorandos, das instituições envolvidas, por meio da oportunidade de se obter experiência multicêntrica e da supervisão conjunta;
- Fortalecimento das relações entre os pesquisadores envolvidos;
- Complemento e aumento do conhecimento científico das equipes de trabalho.

4.1 Impactos

Com base no exposto, espera-se os seguintes impactos relacionados a valorização e transferência de tecnologia como:

- Difusão do simulador em centros de reabilitação;
- Geração de know-how (software e hardware) e tecnologia nacional para o desenvolvimento de novos equipamentos com maior acessibilidade aos profissionais do meio clínico e científico nacional;
- Possibilidade de utilização do equipamento por pesquisadores de outras instituições, bem como de profissionais que necessitem de tal recurso. Este tipo de instrumentação é inexistente em nosso país, dados 37/41 os custos proibitivos e desafios tecnológicos associados;
- Formação de pesquisadores nas áreas de Tecnologias Assistivas, Instrumentação Biomédica, Engenharia de Reabilitação, Tele reabilitação, Processamento de Sinais Biomédicos e Realidade Virtual e Aumentada.

A capacitação de profissionais nestas áreas é de grande importância, dada sua carência no cenário nacional.

4.2 Indicadores de Progresso

| Período (meses) | Relatório | Artigos Periódicos | Artigos Anais Eventos | Livros | Congresso | Protótipos Patentes |
|-----------------|-----------|--------------------|-----------------------|--------|-----------|---------------------|
| 12 | 2016 | 6 | 2 | 0 | 6 | 1 |
| 12 | 2017 | 9 | 7 | 2 | 6 | 0 |
| 12 | 2018 | 0 | 3 | 1 | 3 | 0 |
| 12 | 2019 | 2 | 4 | 0 | 4 | 2 |
| 12 | 2020 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

4.3 Indicadores de Resultados

| | | |
|--|--|------------------------|
| 1. Publicações | 1. Capítulo de Livros 2. Artigos em Revistas / Periódicos Internacionais 3. Artigos em Revistas / Periódicos Nacionais | 01 05 05 |
| 2. Participações em Eventos Científicos | 1. Artigos publicados em Anais de eventos científicos internacionais 2. Artigos publicados em Anais de eventos científicos Nacionais 3. Painéis em Eventos Científicos Internacionais ou Nacionais | 10 15 20 |
| 3. Organização de Seminários e Conferências | 1. Eventos Internacionais 2. Eventos Nacionais 3. Eventos Regionais 4. Eventos Locais | 2 3 15 10 |
| 4. Formação avançada (Considerar tanto bolsas solicitadas neste projeto quanto aqueles pesquisadores que poderão participar da equipe e que não terão bolsa atribuída por este Edital/Projeto) | 1. Projetos de Pós-Doutorado 2. Tese de Doutorado 3. Dissertação de Mestrado 4. Projetos de Iniciação Científica 5. Pesquisador/Professor Visitante | 2 4 5 25 3 |
| 5. Modelos /Protótipos / Software | 1. Modelos 2. Protótipo | 6 6 |
| 6. Patentes | 1. Patentes | 1 |
| 7. Outros | 1. Outros | |

5. Fundamentação Teórica

A cadeira de rodas motorizada (CRM) é um dispositivo de tecnologia assistiva indispensável no auxílio a mobilidade de pessoas com deficiências motoras graves oriundas de diferentes patologias (paralisia cerebral, esclerose múltipla, miopatia, esclerose lateral amiotrófica, etc.). Tais dispositivos podem se revelar perigosos ao usuário ou a outras pessoas quando controlados de forma errada. Assim, para sua utilização de maneira segura torna-se necessário avaliar as capacidades de pilotagem da pessoa, por exemplo, logo após a prescrição médica da CRM, ou ainda para crianças, depois da fase de aprendizagem da condução. Supõe-se também uma personalização da CRM, como a escolha do sensor para a interface homem-máquina e especialmente a regulagem dos parâmetros de condução.

Além disso, um grande número de potenciais usuários de CRMs experimentam dificuldades ou são incapazes de conduzi-las [Fehr2000], [Simpson2008]. A adaptação das cadeiras de rodas atuais e a avaliação do sistema homem-máquina resultante é então o maior problema na área.

Qualquer que seja a aplicação desejada (aprendizagem de condução, prescrição, personalização ou adaptação), testes de condução com os usuários são necessários. Considerando que estes últimos possuem deficiências motoras severas, os testes com cadeiras de rodas reais podem envolver riscos à segurança. Por outro lado, é tecnicamente difícil a obtenção de parâmetros quantitativos não triviais como a distância em relação a uma trajetória considerada ideal.

Por razões como esta, a partir do começo dos anos 90, alguns estudos se desenvolveram abordando a concepção de simuladores de condução de CRMs, permitindo a realização de experimentos e a avaliação em diversas situações da condução de CRMs de forma totalmente segura [Erren2007], [Pithon2009]. Neste cenário, os colaboradores franceses desenvolveram seu próprio simulador (ViEW: Virtual Electrical Wheelchair, Figura 1, já testado em situação real por crianças com paralisia cerebral [Morere2012] e por pessoas acometidas de esclerose múltipla [Morere2014].



Figura 1: Simulador ViEW desenvolvido no LCOMS da Université de Lorraine – França
<http://www.lasc.univ-metz.fr/spip.php?article41>

6. Metodologia

Os primeiros simuladores de condução de cadeiras de rodas motorizadas foram desenvolvidos nos anos 90 [Lefkowicz1992], [Swan1994], [Inman1994]. Originalmente em representação 2D, agora eles são em sua maioria desenvolvidos em 3D, devido à evolução da tecnologia de concepção 3D viabilizada pelo aumento do poder de processamento dos computadores. Entre os simuladores mais bem sucedidos pode-se citar o Wheelsim [Rnt2008, Lifetool2008] e o Accessim [Ceremh2011]. Outros projetos utilizam plataformas mecânicas para aumentar a sensação de imersão no ambiente virtual [Ito2009], [Gonçalves2012].

As aplicações dos simuladores de condução de cadeira de rodas são variadas, como por exemplo o aprendizado da condução [Adelola2009], [Hasdai1997], [Harrison2002], [Archambault2012] ou a ajuda no desenvolvimento de funcionalidades automáticas de locomoção [Braga2011]. Um dos principais interesses da simulação é a mensuração de índices de performance na condução: duração de realização de uma tarefa de mobilidade, número de movimentos sobre o joystick [Archambault2012], análise espectral dos movimentos [Niniss2006], velocidade média, distância média em relação à trajetória de referência [Spaeth2008], distância de um percurso, número de colisões [Webster2001].

O simulador 3D de condução de cadeira de rodas elétrica ViEW desenvolvido no laboratório francês LCOMS tem vários objetivos: aprendizado de condução segura, teste da capacidade de condução, auxílio na customização da cadeira de rodas, testes de novas funcionalidades [Morere2011], [Morere2013]. Para facilitar a difusão e os testes do simulador em diversos centros de reabilitação, uma solução puramente lógica foi escolhida pelas equipes. Ou seja, explorar a possibilidade da conexão de diferentes sistemas de medida e controle como: Sistema HMD (Head Mounted Display), head-tracker, joystick com realimentação de força, eye-tracker, dentre outros. Em [Silva2013], o ViEW foi controlado por meio de comandos musculares faciais. Para tal, ele foi acoplado a um sistema de aquisição de sinais EMG desenvolvido no laboratório Biolab pela equipe UFU.

Adotando-se a mesma metodologia utilizada pelas equipes em [Silva2013], primeiramente serão utilizados os sinais bioelétricos EMG (Eletromiográfico), EOG (Eletrooculográfico) e EEG (Eletroencefalográfico) para conduzir de maneira precisa o simulador ViEW. Posteriormente, o simulador será modificado/substituído por um sistema de Realidade Aumentada (RA) [Sziebig2009, Dunser2008, Krevelen2010]. Esta técnica permite combinar o mundo real e objetos virtuais gerados no computador, tornando possível criar ambientes contendo os dois tipos de informação. O objetivo é permitir ao usuário

conduzir a cadeira de rodas à distância (ou seja, de maneira segura) [Leishmann2010].

A utilização de RA permitirá definir facilmente diversos cenários dinâmicos de condução para a integração de componentes virtuais no cenário real visualizado pelo usuário. A parte de tele operação permite uma prática segura otimizando a imersão graças a RA.

Desta forma, futuramente, este sistema permitirá melhorar a imersão nos testes de condução em tele reabilitação, o que poderia ser considerado uma tele imersão aumentada [DeFanti2001].

7. Aspectos Financeiros - Orçamento

Gastos com Materiais de Consumo/Serviços Terceiros (Max. R\$ 66.660,00/ano)

| Descrição | Ano | | | |
|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Material de consumo | R\$ 7.500,00 | R\$ 7.500,00 | R\$ 7.500,00 | R\$ 7.500,00 |
| Serviços de terceiros | R\$ 12.000,00 | R\$ 12.000,00 | R\$ 12.000,00 | R\$ 12.000,00 |
| TOTAL | R\$ 19.500,00 | R\$ 19.500,00 | R\$ 19.500,00 | R\$ 19.500,00 |

Gastos com Materiais Permanentes (Max. R\$ 200.000,00/ano)

8. Cronograma de Execução

Título provisório da tese é: “**Simulador em realidade aumentada para o treinamento de usuários de cadeiras de rodas motorizadas**”

| Atividade | Primeiro período de 24 meses | | | | | | | | | | | | Segundo Período de 24 meses | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | Bimestre | | | | | | | | | | | | Bimestre | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Descrição das atividades:

1. **Revisão bibliográfica:** consiste na revisão de estratégias de uso e avaliação de técnicas recentes e tradicionais empregadas no desenvolvimento de sistemas de realidade aumentada.
2. **Desenvolvimento do simulador** em realidade aumentada: dentre as ferramentas estudadas na etapa anterior, será escolhida e utilizada aquela que melhor se adequar aos requisitos do simulador.
3. **Análise prática do sistema:** o simulador desenvolvido será avaliado na prática. Ensaios experimentais envolvendo a participação de pacientes portadores de disfunções motoras serão executados.

4. **Disseminação de resultados:** os resultados dessa pesquisa serão publicados em revistas científicas e conferências relevantes na área. Uma webpage com a descrição do projeto será disponibilizada a comunidade científica.

5. **Disciplinas:** durante o doutorado, o estudante deve cursar disciplinas oferecidas pelo Programa de Pós- Graduação.

6. **Reuniões de acompanhamento:** reuniões para o fortalecimento da relação entre o estudante, seu orientador e coorientador, além de proporcionar uma avaliação e direcionamento para a pesquisa.

7. **Exame de qualificação:** ao término do segundo ano, o doutorando realizará o seu exame de qualificação. Este exame objetiva avaliar e direcionar a pesquisa do candidato a doutorado. Para que o exame seja realizado o estudante deverá possuir pelo menos uma (1) publicação originada de sua pesquisa.

8. **Tese de doutorado:** espera-se que ao final de 48 meses o estudante finalize o seu trabalho de doutorado. Para que o mesmo seja concluído a pesquisa é avaliada em forma de tese, por uma banca examinadora. O candidato a doutorado deve possuir pelo menos 1 artigo submetido a uma revista científica para que sua tese possa ser considerada.

09. Equipe

Eduardo Lázaro Martins Naves - **Coordenador** / Alcimar Barbosa Soares - Integrante / Adriano Oliveira Andrade - Integrante / Adriano Alves Pereira - Integrante / Edgard Afonso Lamounier Jr - **Integrante** / Carlos Augusto Bissochi Jr - Integrante / Guy Bourhis - Integrante / Pierre Pino - Integrante / Yann Morere - Integrante / Teodiano Freire Bastos Filho - Integrante / Vicente Ferreira de Lucena Junior - Integrante / André Ferreira - Integrante / Eliete Maria de Oliveira Caldeira - Integrante / Waldir Sabino da Silva Junior - Integrante / Lucas Carvalho Cordeiro - Integrante / André Luiz Duarte Cavalcante - Integrante / Celso Barbosa Carvalho - Integrante / Ludymila Ribeiro Borges - Integrante / Felipe Roque Martins - Integrante / Rhaíra Helena Caetano e Souza - Integrante / Débora Pereira Salgado - Integrante / Ellen Pereira Zambalde - Integrante / Eder Manoel de Santana - Integrante / Caroline Valentini - Integrante / Camille Marques Alves - Integrante / Daniel Stefany Duarte Caetano - **Integrante** / Andressa Rastrelo Rezende - Integrante.

10. Referências Bibliográficas

[Adelola2009] I A. Adelola, S. L Cox, and A. Rahman, "Virtual environments for powered to wheelchair learner drivers: case studies", Technology and Disability, vol. 21, pp. 97-106, 2009.

[Archambault2012] P.S. Archambault et al, Driving performance in a power wheelchair simulator, Disability and Rehabilitation: Assistive technology, 7(3), 226-233, 2012.

[Braga2011] R. A. Marques Braga, M. Petry, L. P. Reis, A. P. Moreira, IntelliWheels: Modular development platform for intelligent wheelchairs, Journal of Rehabilitation Research & Development Volume 48, Number 9, 2011, 1061– 1076.

[Ceremh2011] Center of Resources and Innovation Mobility and Handicap (CEREMH), "The accessim project" <http://www.ceremh.org/accessibilite/recherche-and-innovation-47/accessim/>, 2008.

[DeFanti2001] T. DeFanti et al, "Frontiers of Human-Centered Computing, Online Communities and Virtual Environments" Technologies for Virtual Reality/Tele-Immersion Applications: Issues of Research in

Image Display and Global Networking, Springer London, ISBN 10.1007/978-1-4471-0259-5_10, p 137-159, 2001, http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-0259-5_10.

[Erren2007] Erren-Wolters et al, Virtual reality for mobility devices: training applications and clinical results: a review, *int journ of rehab res*, 2007, 30:91-96.

[Fehr2000] L. Fehr, W. Langbein, S. Skaar, Adequacy of power wheelchair control interface for persons with severe disabilities: a clinical survey, *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol.37, n°3, 2000.

[Galvao2011] C. Galvao, E. Naves, P. Pino, E. Losson, A. Andrade, G. Bourhis, "Alternative communication systems for people with severe motor disabilities: a survey", *Biomedical Engineering Online*, 2011, 10:31, doi: <http://dx.doi.org/10.1186/1475-925X-10-31>.

[Goncalves2012] F. Goncalves, A. Gacem, O. Rabreau, E. Monacelli, A. Schmid, B. Malafosse, AccesSim: outil d'évaluation d'accessibilité. Application pour le développement de FRE, (in French), *Handicap 2012 conference*, Paris, juin 2012.

[Harrison2002] A. Harrison, G Derwent, A. Enticknap, F D. Rose, and E A. Attree, "The role of virtual reality technology in the assessment and training of inexperienced powered to wheelchair users, " *Disability and Rehabilitation*, vol. 24, pp. 599-606, n°11-12.

[Hasdai1997] Hasdai, Jessel, Weiss, Use of computer simulator for training children with disabilities in the operation of powered wheelchair, *The american journal of occupational therapy*, 1997.

[Inman1994] Inman et al, Teaching orthopedically impaired children to drive motorized wheelchairs in virtual reality, *CSUN1994*.

[Ito2009] Ito, Shino, Takenobu Inoue and al, Development of a powered wheelchair driving simulator for research and development use, *Journal of mechanical systems for transportation and logistics*, vol 2, n°2, 2009.

[Lefkowicz1992] Lefkowicz et al, Validation of a PC-based perspective-view wheelchair simulator, *RESNA92*.

[Leishman2014] F. Leishman, V. Monfort, O. Horn, G. Bourhis, « Driving assistance by deictic control for a smart wheelchair : the assessment issue », *IEEE transactions on Human-Machine Systems*, vol.44, n°1, p.66-77, 2014.

[Lifertool2008] L Solutions, "Lifetool: Wheelsim". <http://www.lifetool-solutions.at/de/>, 2008.

[Morere2011] Y. Morère, Mr. A. Hadj Abdelkader, S. Mr. Meliani, and G Bourhis, Powered wheelchair driving analysis on a simulator, *AAATE2011*, August-September 2011, 679-685.

[Morere2012] Y. Morere, G. Bourhis, G. Guilmois, E. Taverne, L. Coulombel, « ViEW : a simulator for the training and the evaluation of the control of an electric wheelchair », *AMSE Journals, Series Modelling C*, vol. 73, issue 3, p.71-82, 2012.

[Morere2014] Y. Morère, C. Fritsch, S. Remy, B. Maertens de Noordhout, G. Bourhis. "Simulateur de conduite en fauteuil électrique : application à des personnes atteintes de sclérose en plaques", *Colloque Handicap 2014*, Paris, 11-13 juin 2014.

[Niniss2006] H. Niniss and T. Inoue, "assessment of driving skills using virtual reality : comparative survey on experts and unskilled users of electric wheelchairs", *Technology and Disability*, 18, 2006, 217-226.