

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**FLÁVIA GONÇALVES FERNANDES**

**UMA ESTRATÉGIA PARA SUPORTAR INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR DE  
CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA NOS MEMBROS SUPERIORES POR MEIO DE  
DISPOSITIVO VESTÍVEL**

**UBERLÂNDIA – MG  
2017**

**FLÁVIA GONÇALVES FERNANDES**

**UMA ESTRATÉGIA PARA SUPORTAR INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR DE  
CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA NOS MEMBROS SUPERIORES POR MEIO DE  
DISPOSITIVO VESTÍVEL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Engenharia Biomédica

Linha de Pesquisa: Sistemas Computacionais e Dispositivos Aplicados à Saúde

UBERLÂNDIA – MG  
2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.**

---

- F363e      Fernandes, Flávia Gonçalves, 1992  
2017      Uma estratégia para suportar interação humanocomputador de  
crianças com deficiência nos membros superiores por meio de  
dispositivo vestível / Flávia Gonçalves Fernandes. - 2017.  
              152 f. : il.
- Orientador: Alexandre Cardoso.  
Coorientador: Renato de Aquino Lopes.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.  
Inclui bibliografia.
1. Engenharia biomédica - Teses. 2. Deficiência física - Teses. 3.  
Membros superiores - Teses. 4. Jogos eletrônicos - Teses. I. Cardoso,  
Alexandre, 1964- II. Lopes, Renato de Aquino, 1975- III. Universidade  
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Biomédica. IV. Título.

---

CDU: 62:61

**FLÁVIA GONÇALVES FERNANDES**

**UMA ESTRATÉGIA PARA SUPORTAR INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR DE  
CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA NOS MEMBROS SUPERIORES POR MEIO DE  
DISPOSITIVO VESTÍVEL**

Dissertação de mestrado aprovada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Engenharia Biomédica

Linha de Pesquisa: Sistemas Computacionais e Dispositivos Aplicados à Saúde

Uberlândia, 10 de março de 2017.

---

Prof. Alexandre Cardoso, Dr.  
Orientador

---

Prof. Edgard Afonso Lamounier Júnior, PhD.  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação

**FLÁVIA GONÇALVES FERNANDES**

**UMA ESTRATÉGIA PARA SUPORTAR INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR DE  
CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA NOS MEMBROS SUPERIORES POR MEIO DE  
DISPOSITIVO VESTÍVEL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Engenharia Biomédica

Linha de Pesquisa: Sistemas Computacionais e Dispositivos Aplicados à Saúde

Banca Examinadora:

Prof. Alexandre Cardoso, Dr. – Orientador (UFU)

Prof. Renato de Aquino Lopes, Dr. – Coorientador (UFU)

Prof. Adriano Alves Pereira, Dr. – Banca Interna (UFU)

Prof. Ismar Frango Silveira, Dr. – Banca Externa (MACKENZIE)

UBERLÂNDIA – MG  
2017

Dedico este trabalho aos meus pais Jusceli e Maria Aparecida que, com muito amor, carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegassem até esta etapa de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus a oportunidade de estar concluindo o curso de mestrado em Engenharia Biomédica, por guiar meus passos e permitir sobreviver todos os meus dias, com saúde, dignidade e fé; também pelas bênçãos e graças recebidas ao longo de minha vida.

Aos meus pais Jusceli Fernandes de Pádua e Maria Aparecida Gonçalves Fernandes, pelo amor, carinho, educação, apoio, compreensão e paciência concedidos durante toda a minha vida e, principalmente, nessa jornada acadêmica.

À minha irmã Karen Gonçalves Fernandes, pelo companheirismo, amizade e incentivo.

Aos meus familiares, pelo apoio, incentivo e orações.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Cardoso e ao meu coorientador Prof. Dr. Renato de Aquino Lopes, pela disponibilidade e acompanhamento exercido durante a construção da minha dissertação e pelos esclarecimentos necessários para a obtenção de novos conhecimentos. Seus ensinamentos foram fundamentais para a realização desse trabalho.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB), Prof. PhD. Edgard Afonso Lamounier Júnior, e ao corpo docente, pelo conhecimento adquirido e orientações fornecidas, contribuindo para a minha formação profissional e pessoal. Também aos funcionários da Universidade Federal de Uberlândia, pelo atendimento imediato, serviço eficiente e respeito para com os estudantes.

A todos os meus amigos e colegas dos laboratórios de Engenharia Biomédica (BioLab) e de Computação Gráfica (Grupo de Realidade Virtual e Aumentada - GRVA) da Universidade Federal de Uberlândia, pela amizade, apoio, dedicação e companheirismo diante dos obstáculos e desafios enfrentados com muito otimismo e determinação durante o período de convivência.

À equipe do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia (CEP/UFU) pela receptividade e auxílio na solução de dúvidas durante o

período de tramitação do projeto até a obtenção do parecer aprovado para aplicação na Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD).

À coordenação e demais funcionários da AACD, pela bela receptividade do projeto e auxílio na etapa de aplicação do projeto. Também aos pais das crianças e adolescentes que participaram da pesquisa, pela disponibilidade em levar seus filhos e filhas à AACD para participar dos experimentos para aplicação do projeto de pesquisa.

À equipe que auxiliou no desenvolvimento e aplicação do projeto, contribuindo com ideias, sugestões, críticas construtivas, e também que colaborou na coleta de dados e realização dos testes para aplicação do projeto de pesquisa na AACD.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro que permitiu a realização deste trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização e conclusão deste trabalho.

*"Comece fazendo o que é necessário,  
depois o que é possível, e, de repente,  
você estará fazendo o impossível."*

*São Francisco de Assis*

## **RESUMO**

FERNANDES, Flávia Gonçalves. **Uma estratégia para suportar interação humano-computador de crianças com deficiência nos membros superiores por meio de dispositivo vestível.** 2017. 152 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2017.

As características de imersão, envolvimento e motivação têm feito dos jogos sérios uma importante ferramenta utilizada na área médica. Entretanto, existem pessoas que, por alguma deficiência física, não conseguem ou não querem jogar. Nessa perspectiva, este trabalho apresenta uma estratégia para suportar interação humano-computador de crianças com deficiência nos membros superiores por meio de dispositivo vestível, com o objetivo de ampliar o uso de jogos digitais para o público-alvo. Assim, a longo prazo, pode-se auxiliar na aceitação da limitação motora, motivar os pacientes a utilizar com maior frequência o membro com deficiência, desenvolver e criar habilidades, despertar potenciais, conhecer novas tecnologias, melhorar os aspectos cognitivos, emocionais e físicos, a socialização e o lazer. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas as funcionalidades do dispositivo vestível *Myo* para controlar um jogo de quebra-cabeça como meio de prover a interação entre o indivíduo e o jogo. Neste contexto, o jogo é controlado pelos movimentos do membro superior do usuário, que apresenta a deficiência, por meio do *Myo*. Para validação da pesquisa, foi disponibilizado o jogo desenvolvido a indivíduos com deficiência física nos membros superiores, na faixa etária entre oito e quinze anos, da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD). Logo, observou-se que os participantes da pesquisa conseguiram ampliar o acesso a jogos utilizando o dispositivo *Myo* e sentiram-se mais motivados a jogar. A longo prazo, espera-se contribuir na motivação dos pacientes, através das inovações tecnológicas, para que o processo de promoção da consciência corporal seja mais interativo, lúdico e atrativo.

**Palavras-chave:** Deficiência Física. Jogos Digitais. Membros Superiores.

## ABSTRACT

FERNANDES, Flávia Gonçalves. **A strategy to support the human-computer interaction of children with disabilities in the upper limbs by wearable device.** 2017. 152 p. Essay (Master) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2017.

*The features of immersion, involvement and motivation have turned serious games into an important tool in the medical field. However, there are people who, due to some physical disability, cannot or do not want to play. In this perspective, the study presents a strategy to support the human-computer interaction of children with disabilities in the upper limbs through a wearable device, which aims to expand the use of digital games by target audience. Thus, in the long term, it can help to accept the motor limitation, motivate patients to use the disabled limb more frequently, develop and create abilities, raise potential, learn new technologies, improve cognitive, emotional and physical aspects, socialization and leisure. Throughout the development of this study, all the functionalities of the wearable Myo device were used to control a puzzle, in order to promote interaction between the individual and the game. In this context, the game is controlled by the disabled limb through Myo. To validate the research, the developed game was made available to a group with physical disabilities in the upper limbs, aged between eight and fifteen years, of the Association for Assistance to the Disabled Child (AADC). It was observed that the participants of the research were able to expand the access to games using the Myo device and they felt more motivated to play with it. In the long term, it is expected to contribute to the motivation of patients, through technological innovations, so that the process of promoting body awareness might be more interactive, playful and attractive.*

**Keywords:** Physical Disabilities. Digital Games. Upper Limbs.

## PUBLICAÇÕES

### **Publicações Resultantes deste Trabalho em Anais de Congressos:**

1. FERNANDES, F. G.; CARDOSO, A.. Serious Game to Help in Rehabilitation of Children with Disabilities using Natural Interfaces. In: XII WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA - WRVA. ISSN: 1982-1657 - Qualis Capes B4, 2015, Presidente Prudente - SP. *Anais do XII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada. Presidente Prudente*: Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2015. v. 01. p. 24-29.
2. FERNANDES, F. G.; MORAES, I. A.; ALMEIDA, P. A. M. T.; OLIVEIRA, L. C. ; CARDOSO, A. ; LAMOUNIER JUNIOR, E. A. . Grab the Life: Serious Game para Apoio à Reabilitação Física utilizando Realidade Virtual e Wearable Myo. In: XVIII SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY - SVR. ISSN: 2177-6776 - Qualis Capes B5, 2016, Gramado-RS. *Anais do XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality*. Gramado: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2016. v. 01. p. 145-149.
3. FERNANDES, F. G.; MORAES, I. A.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A.. Adaptação de Jogos Sérios para Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Realidade Virtual e Wearable Myo. In: XVIII SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY - SVR. ISSN: 2177-6776 - Qualis Capes B5, 2016, Gramado-RS. *Anais do XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality*. Gramado: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2016. v. 01. p. 01-02.
4. FERNANDES, F. G.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A.. Adaptação de Jogos Sérios para Pessoas com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais. In: IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA - SEB. ISSN: 2358-3568, 2016, Uberlândia-MG. *Anais do IX Simpósio de Engenharia Biomédica*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2016. v. 01. p. 58-61.

5. FERNANDES, F. G.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A.. Feel you Arm: Serious Game para Apoio à Reabilitação utilizando Dispositivo vestível Myo. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL - SBGAMES (TRILHA DA COMPUTAÇÃO). ISSN: 2179-2259 - Qualis Capes B4, 2016, São Paulo-SP. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, 2016.
6. FERNANDES, F. G.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A.. Magic Prosthesis: Serious Game para Apoio à Reabilitação Física utilizando Interfaces Naturais. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA - CBEB. ISSN: 2179-3220, 2016, Foz do Iguaçu-PR. *Anais do XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*. Foz do Iguaçu: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2016. v. 01. p. 1378-1381.
7. FERNANDES, F. G.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A.. Aplicação de Jogos Sérios para Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física nos Membros Superiores. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA - CBEB. ISSN: 2179-3220, 2016, Foz do Iguaçu-PR. *Anais do XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*. Foz do Iguaçu: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2016. v. 01. p. 1494-1497.
8. FERNANDES, F. G.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A.. Uso de Realidade Virtual e do Dispositivo Vestível Myo para Adaptação de Jogos Sérios. In: XIV CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENGENHARIA ELÉTRICA - CEEL. ISSN: 2178-8308, 2016, Uberlândia-MG. *Anais da XIV Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2016.
9. FERNANDES, F. G.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A.. Arm Rehabilitation: Serious Game para Apoio à Reabilitação utilizando Interfaces Naturais. In: XIV CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENGENHARIA ELÉTRICA - CEEL. ISSN: 2178-8308, 2016, Uberlândia-MG. *Anais da XIV Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2016.

10. FERNANDES, F. G.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A.. Adaptação de Jogos Sérios para Crianças com Deficiência Física nos Membros Superiores. In: IV WORKSHOP DE AMBIENTES VIRTUAIS APLICADOS À EDUCAÇÃO - WAVE. ISSN: 2176-4301 - Qualis Capes B2, 2016, Uberlândia-MG. *Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação - CBIE*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2016. v. 01. p. 598-607.
11. FERNANDES, F. G.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A.. Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais. In: 3º SIMPÓS - SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO DO IFTM. ISSN: 2359-0130, 2016, Uberaba-MG. *Anais do 3º Simpósio da Pós-Graduação do IFTM*. Uberaba: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro - IFTM, 2016.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A relação entre jogos, serious games e serious gaming .....	33
Figura 2 – Teoria do flow.....	37
Figura 3 – Multidisciplinaridade na construção de jogos sérios.....	39
Figura 4 – Captura de tela de um jogo que utiliza NUI .....	41
Figura 5 – Evolução da Interface Humano-Computador .....	42
Figura 6 – Imagem dos controles de interação Nintendo Wii™.....	44
Figura 7 – Controles do Playstation Move™ .....	44
Figura 8 – Asus Xtion® .....	44
Figura 9 – Kinect™ para Windows® .....	45
Figura 10 – Componentes do Kinect™ .....	45
Figura 11 – Exemplos de dispositivos vestíveis .....	46
Figura 12 – Dispositivo vestível Myo no antebraço do usuário.....	47
Figura 13 – Games que são manipulados através do Myo .....	48
Figura 14 – Myo via manual de instruções .....	49
Figura 15 – Testes do protótipo MuMyo com usuários.....	49
Figura 16 – Cenário do jogo no Unity 3D .....	61
Figura 17 – Divisão do trabalho.....	63
Figura 18 – Protótipo do sistema.....	73
Figura 19 – Arquitetura da aplicação.....	74
Figura 20 – Requisitos funcionais da aplicação .....	76
Figura 21 – Requisitos não-funcionais da aplicação .....	77
Figura 22 – Diagrama de casos de uso.....	78
Figura 23 – Diagrama de classes.....	80
Figura 24 – Diagrama de atividades.....	81
Figura 25 – Gestos executados pelo usuário utilizando o Myo .....	83
Figura 26 – Menu inicial do jogo.....	85
Figura 27 – Tela inicial do Nível Iniciante .....	85
Figura 28 – Nível Iniciante do jogo em resolução.....	86
Figura 29 – Nível Iniciante concluído .....	86
Figura 30 – Nível do jogo concluído .....	87
Figura 31 – Tela inicial do Nível Intermediário .....	87

Figura 32 – Nível Intermediário do jogo em resolução .....	88
Figura 33 – Nível Intermediário concluído .....	88
Figura 34 – Tela inicial do Nível Avançado .....	89
Figura 35 – Nível Avançado do jogo em resolução .....	89
Figura 36 – Nível Avançado concluído .....	90
Figura 37 – Criança com hipoplasia total do dedo polegar direito.....	93
Figura 38 – Criança com hipoplasia parcial do dedo polegar direito .....	94
Figura 39 – Criança com agenesia de mão direita .....	94
Figura 40 – Criança com hipoplasia parcial de falanges .....	95
Figura 41 – Faixa etária dos participantes da pesquisa .....	96
Figura 42 – Gênero dos participantes da pesquisa .....	96
Figura 43 – Tipo de deficiência física dos participantes da pesquisa .....	97
Figura 44 – Grau de experiência com uso de tecnologia .....	98
Figura 45 – Grau de experiência com uso de jogos digitais .....	99
Figura 46 – Conhecimento sobre a existência do Myo.....	100
Figura 47 – Uso do Myo .....	100
Figura 48 – Facilidade de adaptação ao Myo.....	101
Figura 49 – Conforto ao jogar com o Myo .....	102
Figura 50 – Gostar de jogar com o Myo .....	102
Figura 51 – Expectativas com relação ao Myo.....	103
Figura 52 – Interesse em jogar com o Myo .....	103
Figura 53 – Atenção no jogo .....	104
Figura 54 – Facilidade de entendimento do jogo.....	105
Figura 55 – Facilidade em aprender os comandos do jogo.....	105
Figura 56 – Habilidade com o jogo.....	106
Figura 57 – Esforço durante o jogo .....	106
Figura 58 – Velocidade de execução do jogo.....	107
Figura 59 – Diversão durante o jogo .....	107
Figura 60 – Envolvimento com o jogo .....	108
Figura 61 – Ansiedade ou tédio durante o jogo .....	109
Figura 62 – Estímulo à aprendizagem com o jogo .....	109
Figura 63 – Conclusão do jogo.....	110
Figura 64 – Expectativas do jogo .....	110
Figura 65 – Satisfação com o jogo .....	111

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 – Tabela comparativa entre os trabalhos relacionados .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabela 2 – Músculos utilizados para cada movimento .....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- AACD – Associação de Assistência à Criança Deficiente  
AVC – Acidente Vascular Cerebral  
BDTD – Banco de Dados de Teses e Dissertações  
CAAE – Certificado de Apresentação para Apreciação Ética  
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior  
CEP – Comitê de Ética em Pesquisa  
CID – Classificação Internacional de Doenças  
CNS – Conselho Nacional de Saúde  
CONEP – Comissão Nacional de Ética em Pesquisa  
EMG – Eletromiografia  
GUI – Interface Gráfica do Usuário  
HTML – HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)  
IA – Inteligência Artificial  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística  
IHC – Interface Humano-Computador  
MEC – Ministério de Educação e Cultura  
NUI – Interface Natural do Usuário  
PNEE – Pessoa com Necessidades Educacionais Especiais  
RV – Realidade Virtual  
SDK – *Software Development Kit* (Kit de Desenvolvimento de Software)  
TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido  
UML – *Unified Modeling Language* (Linguagem de Modelagem Unificada)  
XML – eXtensible Markup Language (Linguagem de Marcação Extensível)

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	20
1.2 JUSTIFICATIVA .....	22
1.3 OBJETIVOS .....	24
<b>1.3.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>24</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>24</b>
1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	25
<b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>27</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	27
2.2 DEFICIÊNCIAS FÍSICAS NOS MEMBROS SUPERIORES .....	27
2.3 JOGOS.....	29
<b>2.3.1 Classificação de Jogos.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.2 Jogos sérios .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.3 Teoria do Flow .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.4 Jogos Aplicados à Área da Saúde.....</b>	<b>38</b>
2.4 INTERFACE NATURAL DO USUÁRIO (NUI) .....	40
<b>2.4.1 Dispositivos de Interface Natural do Usuário (NUI) .....</b>	<b>43</b>
2.5 DISPOSITIVOS VESTÍVEIS.....	46
<b>2.5.1 Dispositivo Vestível Myo .....</b>	<b>47</b>
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
<b>CAPÍTULO 3 – TRABALHOS RELACIONADOS.....</b>	<b>51</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	51
3.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS TRABALHOS .....	51
3.3 TRABALHOS AVALIADOS .....	52
<b>3.3.1 Trabalho T1 .....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.2 Trabalho T2 .....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.3 Trabalho T3 .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.4 Trabalho T4 .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.5 Trabalho T5 .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.6 Trabalho T6 .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3.7 Trabalho T7 .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3.8 Trabalho T8 .....</b>	<b>55</b>

<b>3.3.9 Trabalho T9 .....</b>	<b>55</b>
<b>3.3.10 Trabalho T10 .....</b>	<b>55</b>
3.4 RESUMO COMPARATIVO DOS TRABALHOS ANALISADOS .....	56
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	59
<b>CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>60</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	60
4.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	60
<b>4.2.1 Unity 3D .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.2 Linguagem de Programação C#.....</b>	<b>62</b>
4.3 MÉTODOS UTILIZADOS .....	62
<b>4.3.1 Fase de Concepção.....</b>	<b>64</b>
<b>4.3.2 Fase de Elaboração.....</b>	<b>67</b>
<b>4.3.3 Fase de Construção .....</b>	<b>67</b>
<b>4.3.4 Fase de Testes.....</b>	<b>68</b>
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	71
<b>CAPÍTULO 5 – ARQUITETURA E ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>72</b>
5.1 INTRODUÇÃO .....	72
5.2 TECNOLOGIAS DE APOIO .....	72
5.3 ARQUITETURA DO SISTEMA.....	73
<b>5.3.1 Diagramas UML .....</b>	<b>75</b>
<b>5.3.2 Análise de Requisitos da Aplicação .....</b>	<b>75</b>
<b>5.3.3 Diagrama de Casos de Uso .....</b>	<b>78</b>
<b>5.3.4 Diagrama de Classes .....</b>	<b>79</b>
<b>5.3.5 Diagrama de Atividades .....</b>	<b>80</b>
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	81
<b>CAPÍTULO 6 – DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO .....</b>	<b>82</b>
6.1 INTRODUÇÃO .....	82
6.2 CONFIGURAÇÕES DO MYO .....	83
6.3 DESENVOLVIMENTO DO JOGO .....	84
6.4 CONTROLE DO JOGO PELO MYO .....	84
6.5 INTERFACE GRÁFICA DO USUÁRIO (GUI) .....	85
6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	90
<b>CAPÍTULO 7 - RESULTADOS .....</b>	<b>91</b>
7.1 INTRODUÇÃO .....	91

7.2 APLICAÇÃO DO JOGO COM PACIENTES DA AACD .....	91
7.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	95
<b>7.3.1 Análise do Questionário de Perfil dos Indivíduos .....</b>	<b>95</b>
<b>7.3.2 Análise do Questionário de Aceitabilidade .....</b>	<b>99</b>
7.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	111
<b>CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>112</b>
8.1 INTRODUÇÃO .....	112
8.2 CONCLUSÕES .....	112
8.3 TRABALHOS FUTUROS .....	115
8.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	116
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO III.....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO IV .....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO V .....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO VI .....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO VII .....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXO VIII .....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO IX .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO X .....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXO XI .....</b>	<b>149</b>

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

De acordo com dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) de 2015, há 12,7 milhões de pessoas portadoras de algum tipo de deficiência no Brasil, o que corresponde a cerca de 6,2% da população. Grande parte dessas pessoas definem o tipo da deficiência como limitação física. Desse modo, é de grande relevância desenvolver melhorias para essa classe de pessoas, contribuindo, assim, para a inclusão social das mesmas (IBGE, 2015).

Muitas vezes, pessoas com deficiência física ou mental são vítimas de preconceito e discriminação. Costumam não receber o mesmo tipo de tratamento e ter a liberdade de ir e vir prejudicada pelas más condições de vias de acesso público e privado. Porém, a Declaração Universal dos Direitos Humanos deixa claro que todas as pessoas devem ser tratadas fraternalmente, independente de deficiências. No caso específico do Brasil, a Constituição Federal define como meta a busca do bem-estar de todos, sem quaisquer tipos de discriminação. Da mesma maneira, o Código Penal brasileiro determina como passível de punição os atos criminosos e de desrespeito causados por fatores discriminatórios (GUIA, 2016).

Além disso, verifica-se que, paralelamente à consolidação de uma concepção científica a respeito da deficiência, ainda hoje ocorrem atitudes sociais de marginalização das pessoas com deficiência, semelhantes àquelas vividas na Antiguidade Clássica (KOUROUPETROGLOU, 2013).

Na Idade Média, a visão cristã correlacionava a deficiência à culpa, ao pecado ou a qualquer transgressão moral e/ou social. A deficiência era a marca física, sensorial ou mental desse pecado, que impedia o contato com a divindade (MONTEIRO JUNIOR et al., 2011).

Os estudos de Monteiro Junior et al. (2011) apontam três atitudes sociais que marcaram o tratamento dado às pessoas com deficiência: marginalização, assistencialismo e educação/reabilitação.

A marginalização é caracterizada como uma atitude de descrença na possibilidade de mudança das pessoas com deficiência, o que leva a uma completa omissão da sociedade em relação à organização de serviços para essa população (MONTEIRO JUNIOR et al., 2011).

O assistencialismo é uma atitude marcada por um sentido filantrópico, paternalista e humanitário, porque permanece a descrença na capacidade de mudança do indivíduo, acompanhada pelo princípio cristão de solidariedade humana, que busca apenas dar proteção às pessoas com deficiência (MONTEIRO JUNIOR et al., 2011).

A educação/reabilitação apresenta-se como uma atitude de crença na possibilidade de mudança das pessoas com deficiência e as ações resultantes dessa atitude são voltadas para a organização de serviços educacionais (MONTEIRO JUNIOR et al., 2011).

Portanto, a inclusão social de pessoas com deficiência física contrapõe à homogeneização de pessoas, conforme critérios que não respeitam a diversidade humana. Cabe ressaltar que a deficiência é considerada como uma diferença que faz parte dessa diversidade e não pode ser negada, porque ela interfere na forma de ser, agir e sentir das pessoas (MEC, 2006).

Segundo a Declaração de Salamanca, as diferenças humanas são normais e a aprendizagem deve se adaptar às necessidades das crianças ao invés de se adaptar a criança a assunções preconcebidas a respeito do ritmo e da natureza do processo de aprendizagem (MEC, 2006).

Pode-se definir a deficiência física como diferentes condições motoras que acometem as pessoas comprometendo a mobilidade, a coordenação motora geral e da fala, em consequência de lesões neurológicas, neuromusculares, ortopédicas, ou malformações congênitas ou adquiridas (MEC, 2004).

A Tecnologia Assistiva no Brasil, de acordo com o Comitê de Ajudas Técnicas - Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República, diz respeito a produtos, recursos, metodologias, tecnologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2007).

Os recursos de Tecnologia Assistiva quando combinados aos recursos tecnológicos podem atender a uma grande diversidade de usuários com deficiências (SANTAROSA; CONFORTO; BASSO, 2012). Com o avanço tecnológico e com a proliferação de tecnologias de rede sem fio, os usuários estão, principalmente, interessados em serviços avançados, que tornam o ambiente altamente inteligente e facilitam significativamente suas atividades (TSETSOS et al., 2005).

Indivíduos com necessidades especiais geralmente demandam auxílio de terceiros para realizar as suas atividades cotidianas. Por exemplo, podem apresentar dificuldade para se locomover. Pessoas com esse perfil necessitam de dispositivos ou tecnologias que facilitem ou orientem suas atividades diárias (SANCHEZ; AGUAYO; HASSSLER, 2007).

Recentemente, observa-se que o desenvolvimento da tecnologia da informação vem auxiliando inúmeras práticas na área da saúde, em atividades como diagnóstico, terapia, gerenciamento e educação, o que exige a necessidade de mudanças e desenvolvimento de novas habilidades pelos profissionais das áreas envolvidas (MIRZA; TEHSEEN; KUMAR, 2012).

Além disso, os jogos digitais deixaram de ser vistos como uma forma de entretenimento prejudicial à saúde. Eles tornaram-se uma ferramenta importante para melhorar o tratamento dos pacientes, que vão desde aqueles que estão atravessando uma grave enfermidade, como o câncer, por exemplo, até os que demandam procedimentos mais leves, como a fisioterapia (TSETSOS et al., 2006).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Primeiramente, as pessoas com deficiência física nos membros superiores podem possuir limitações para realizar as atividades diárias (KOUROUPETROGLOU, 2013). Dessa forma, também podem ter dificuldades para utilizar dispositivos tecnológicos, como computadores, *tablets*, celulares em atividades que necessitam de duas mãos, como jogos digitais, por exemplo. A estratégia apresentada neste trabalho pode auxiliar no uso desses dispositivos, visto que o bracelete *Myo* efetua o controle dos comandos dos *softwares* por meio de gestos e movimentos do próprio usuário, mesmo que ele tenha alguma limitação física.

Em segundo lugar, o longo tempo necessário para a promoção da consciência corporal, aceitação da deficiência e a pouca motivação gerada pelos métodos tradicionais são apontados como motivo de abandono do tratamento, caracterizando-se como uma das principais causas de falha terapêutica (DIAS; SAMPAIO; TADDEO, 2009). Outra característica é a falta de recursos que possibilitem dar continuidade do tratamento domiciliar, com pouco ou nenhum monitoramento presencial de um terapeuta (BOTELLA et al., 2010).

Assim, a estratégia apresentada neste trabalho também pode ser utilizada para a promoção de consciência corporal, a fim de que pacientes com deficiência física nos membros superiores possam treinar os movimentos e utilizar o membro com mais frequência, criando novas habilidades e despertando novos potenciais físicos. Os movimentos realizados pelos usuários do jogo podem ajudar no fortalecimento da musculatura corporal e terminações nervosas. Isso é necessário visto que pessoas que nascem com malformação congênita, principalmente crianças e adolescentes, podem ter vergonha do membro com deficiência e evitam a sua utilização para não se exporem a outras pessoas, devido ao medo de preconceito e discriminação.

Em terceiro lugar, o uso da promoção da consciência corporal de forma virtual através de jogos visa simular situações reais; percebe-se que o uso dela melhora na funcionalidade dos membros acometidos e o leva a retomar as atividades nas áreas de desempenho ocupacional (GRANDE; GALVAO; GONDIM, 2011).

Geralmente, as pessoas que nascem com malformação congênita de algum membro do corpo humano, também possuem outros problemas de saúde, que podem ser físicos (em outros membros), mentais, cardiovasculares, respiratórios, entre outros. Nessa linha de raciocínio, a estratégia apresentada neste trabalho pode propiciar o acesso a novas tecnologias, lazer, entretenimento e imersão no mundo virtual às pessoas que possuem deficiência nos membros superiores. Com isso, pode-se auxiliar nos aspectos cognitivos e emocionais, além da socialização com outras pessoas.

Existem trabalhos, tais como *PhysioPlay* (SANTOS; CARVALHO; BRESSAN, 2012) e *MoVER – Movement in Virtual Environment for Rehabilitation* (SOUSA JUNIOR et al., 2013), que comprovam a eficiência do uso de jogos na motivação de pacientes em continuar o tratamento de fisioterapia dos membros superiores. Ambos são jogos sérios que simulam movimentos fisioterapêuticos por meio de desafios para

a realização de tarefas virtuais com o uso do corpo humano, demonstrando a possibilidade de tratamento remoto para a promoção da consciência corporal e o seu baixo custo.

Assim, jogos digitais podem tornar-se novas alternativas para proporcionar maior motivação nas brincadeiras por meio de desafios com técnicas virtuais, trabalhando conceitos que podem auxiliar na cognição, nos aspectos emocionais e físicos dos pacientes, no favorecimento dos movimentos do membro afetado, lazer, socialização e convivência com outras crianças.

A estratégia apresentada neste trabalho possibilita às crianças a vivência de brincar com jogos digitais, o que pode tornar-se uma nova ferramenta para a promoção da consciência corporal. Com isso, os pacientes podem ter maior enfoque em autoestima, desempenho funcional, tempo de resposta, ajudando na criação de habilidades, reconhecimento de suas capacidades e redução de sua limitação física.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho objetiva propor e desenvolver uma estratégia para suportar interação humano-computador de crianças com deficiência nos membros superiores, por meio de dispositivo vestível *Myo*, com a finalidade de auxiliar e ampliar o uso de jogos digitais ao público-alvo.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

Com o propósito de alcançar o objetivo principal desta dissertação, foram estipulados os objetivos específicos listados a seguir:

- Pesquisar aplicações de jogos na área da saúde e medicina;
- Investigar as tecnologias de interação natural por meio de dispositivos vestíveis aplicadas na área de saúde e medicina;

- Especificar as necessidades de um jogo utilizando dispositivos vestíveis para auxiliar na motivação de pessoas com deficiência física nos membros superiores;
- Aprender as técnicas de desenvolvimento para jogos e dispositivos vestíveis;
- Efetuar o controle de jogos utilizando o dispositivo vestível *Myo*;
- Elaborar documentação de especificação de requisitos da aplicação implementada;
- Validar o sistema com profissionais da área;
- Realizar testes da aplicação com usuários que possuem deficiência física nos membros superiores para detecção de erros e implantação de melhorias no sistema;
- Aplicar questionário de avaliação com estes usuários;
- Analisar e avaliar os resultados obtidos da utilização do jogo.

Enfim, espera-se que os resultados deste estudo também possam contribuir com as discussões atuais e futuras em torno da temática sobre o uso de jogos utilizando dispositivos vestíveis para auxiliar no processo de promoção de consciência corporal de pessoas com deficiência nos membros superiores.

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação encontra-se estruturada e organizada nos seguintes capítulos:

No Capítulo 1, foi apresentada uma introdução e contextualização geral do tema abordado, destacando sua realidade atual para acessibilidade a jogos e promoção da consciência corporal de pessoas com deficiência física.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica sobre o tema, a saber, conceitos importantes sobre o assunto e tecnologias para auxílio na promoção da consciência corporal de pessoas com deficiência por meio de jogos e dispositivo vestível *Myo*.

O Capítulo 3 apresenta um conjunto de trabalhos que foram escolhidos e avaliados a partir de uma metodologia, propiciando apresentar a relevância e a contribuição deste trabalho.

O Capítulo 4 apresenta uma abordagem geral sobre os métodos, ferramentas e tecnologias utilizadas no desenvolvimento do trabalho, destacando as principais características do dispositivo vestível *Myo* utilizado como instrumento de interação neste trabalho.

O Capítulo 5 apresenta a descrição do jogo utilizado neste trabalho, exibindo suas principais características e componentes, ou seja, expõe a visão geral do projeto, mostrando diagramas de casos de uso, de classes, de atividades, além dos requisitos funcionais e não-funcionais do sistema.

O Capítulo 6 apresenta detalhes da implementação da aplicação e uso do *Myo* como dispositivo de controle do jogo, e as demais configurações necessárias. Além disso, exibe o *layout* do jogo e apresenta os princípios básicos de funcionamento do sistema.

O Capítulo 7 apresenta os testes aplicados com o público-alvo da pesquisa: crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores. Também mostra uma avaliação da aplicação pelos pacientes e uma análise gráfica referente aos resultados obtidos.

O Capítulo 8 apresenta as considerações finais, concluindo a pesquisa sobre o uso de jogos digitais por pessoas com deficiência nos membros superiores utilizando o *Myo* como meio de interação. E ainda, as conclusões obtidas a partir dos testes aplicados nos pacientes utilizando jogos controlados pelo dispositivo vestível *Myo*, além de propostas de trabalhos futuros para melhor aplicação do tema.

## CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, são abordados tópicos que apresentam o referencial teórico para fundamentação conceitual do tema desta pesquisa: jogos para pessoas com deficiência física nos membros superiores utilizando interface natural do usuário e dispositivos vestíveis.

### 2.2 DEFICIÊNCIAS FÍSICAS NOS MEMBROS SUPERIORES

Existem várias síndromes e doenças com alterações na formação de membros, tanto superiores como inferiores, ou ambos, em que observa-se defeitos de redução terminal (JONES; IKEDA, 2007).

Essas deficiências de membros podem mostrar-se com cotos de formatos e tamanhos diversos e irregulares, ou membros com encurtamento e extremidades distais com grande variedade de expressão clínica e, às vezes, de aspecto bizarro (GREVE, 2007).

Métodos preditivos podem ser usados para mensuração da dismetria futura de membros que, associado aos achados clínicos e radiológicos, são úteis na programação do tratamento a ser proposto (JONES; IKEDA, 2007).

As causas são de origem desconhecida, especialmente se ocorrerem de forma isolada em um único membro. A clássica exceção se deve à ação conhecida da talidomida, que causa múltiplas deficiências dos membros superiores e inferiores combinadas. Algumas outras exceções, particularmente defeitos tibiais, são de herança hereditária, e outras raras síndromes que envolvem deficiência de membros e anomalias faciais também são reportadas como de origem genética, ou outros casos em que há associação com o diabetes materno (GREVE, 2007).

Apesar da maioria dos portadores de deficiência congênita de fêmur e hemimelia fibular não necessitar de uma avaliação genética prévia, recomenda-se o

aconselhamento nos casos de hemimelia radial e tibial, bem como naqueles que possuem deficiências múltiplas de membros. É oportuno lembrar que a classificação de deficiência de membros é confusa, devido à grande variedade de nomenclatura internacional (JONES; IKEDA, 2007).

Diante da complexidade do assunto, é apresentado a seguir as malformações de membros superiores que ocorrem com maior frequência em seres humanos e são mais conhecidas pela literatura médica (GREVE, 2007):

- **Sindactilia:** Falha na separação entre as falanges de mãos e/ou pés. É uma anormalidade embriológica que resulta na visível união entre dois ou mais dedos das mãos ou dos pés. A fusão ocorre tanto em partes moles, de fácil intervenção cirúrgica, como fusão óssea (sinostose). No primeiro caso, denominado sindactilia cutânea, não há degeneração da membrana existente entre os dedos, que normalmente ocorreria por apoptose. No segundo caso, a não separação dos ossos dos dedos (nesta etapa, chamados "raios digitais") acontece quando as depressões entre eles não se formam;
- **Polidactilia:** Presença de dedos extranumerários. É uma anomalia causada pela manifestação de um alelo autossômico variável, dominante com expressividade, consistindo na alteração quantitativa anormal dos dedos da mão (quirodáctilos) ou dos dedos do pé (pododáctilos). Há uma variação muito grande na expressão dessa característica, desde a presença de um dedo extra, completamente desenvolvido, até a de uma simples profusão carnosa;
- **Macrodaactilia:** Todo o membro ou parte dele é desproporcionalmente grande. É uma anomalia rara e de etiologia desconhecida, representando aproximadamente 1% de todas as anomalias congênitas. Seus sintomas incluem rigidez articular, ulceração das pontas dos dedos, gatilho, dor e parestesia. O crescimento dos dedos pode fazer parte da síndrome de *Klippel-Trenaunay-Weber-e-Proteus*. Essa afecção é bilateral em 6% dos casos. Essa anomalia é extremamente difícil de tratar. São descritas várias técnicas para reduzir o tamanho do dedo, como dermolipectomia, osteotomia reducional das falanges e epifisiodesse. Os resultados cirúrgicos são pouco satisfatórios e, muitas vezes, resultam na amputação digital ou de todo o raio da mão;

- **Hipoplasia de Falange:** Todo o membro ou parte dele apresenta tamanho desproporcional (menor). Representa um conjunto de alterações que variam desde um dedo discretamente menor até sua completa ausência. Pode ocorrer isoladamente ou em conjunto com deficiências longitudinais do rádio. Ocorre principalmente no dedo polegar;
- **Agenesia:** É uma malformação congênita que se caracteriza pela ausência completa ou parcial de um órgão ou membro e seu primórdio embriológico. Também é conhecida como amelia. Esse termo é aplicado desde a agenesia total do membro (total ausência) à sua perda parcial, encurtamento ou ao desenvolvimento incompleto. Acomete de uma a três crianças a cada mil nascimentos;
- **Hemimelia:** É uma anomalia congênita que impede a formação normal de braços e pernas. Caracteriza-se pela aproximação ou encurtamento dos membros do feto. Por vezes, os ossos longos estão ausentes. Além disso, mãos e pés rudimentares se prendem ao tronco por ossos pequenos e de forma irregular. Representa 0,8% dos defeitos congênitos do membro superior;
- **Focomelia:** presença de braços extremamente curtos com implantação de mãos nesta extremidade, parecendo um foca. É normalmente rara em humanos, sendo consequência natural de síndromes (síndrome de Holt-Oram, em que afeta um em cada cem mil nascidos) ou da administração de drogas teratogênicas durante a gravidez, como a talidomida, proscrita do meio médico em 1961.

## 2.3 JOGOS

Jogos são atividades que envolvem diversão e interação com objetivo e desafios motivadores. Sua principal característica é a existência de regras pré-estabelecidas. Estes elementos, característicos de qualquer jogo, propiciam a aprendizagem, criatividade e rapidez das respostas. Outro conceito importante em jogos eletrônicos é a jogabilidade, considera-se como sendo análogo da usabilidade, no contexto dos jogos. Assim, como a usabilidade é a capacidade de um sistema computacional de atender as metas dos seus usuários, jogabilidade é a capacidade

do jogo eletrônico de atender as metas (normalmente de entretenimento) dos seus jogadores (TORI et al., 2007).

Existem diversos gêneros para jogos eletrônicos, como os de ação, aventura, corrida, simulação, estratégia, treinamento, dentre outros. Existem ainda jogos que são concebidos e que podem ser classificados em mais de um dos referidos gêneros.

Em virtude dessa diversidade de jogos existentes, também há a variedade de aplicações em que esses jogos podem ser utilizados, não apenas para lazer e entretenimento, mas em muitos setores, como saúde e educação, por exemplo.

A aplicação de jogos na área da saúde, ou mesmo para o desenvolvimento humano, tem sido avaliada de forma intensiva nos últimos anos e merecido destaque, pois representa novos desafios e potencialidades, com a inserção de informações complementares e/ou relevantes ao cenário real (FREITAS et al., 2012).

A necessidade de novas abordagens para a promoção de consciência corporal e ensino de hábitos saudáveis tornam os jogos um importante aliado no ensino, treinamento e simulação para a saúde, beneficiando profissionais e pacientes (MACHADO; MORAES; NUNES, 2009). A fisioterapia tem experimentado novas formas para ensinar o usuário a maneira correta de realizar movimentos, bem como avaliar e auxiliar na melhoria dos aspectos cognitivos como a percepção visual, atenção e memória. Algumas características essenciais destes sistemas são o realismo visual e a interação intuitiva, que devem propiciar um bom grau de imersão ao usuário, permitindo-lhe concentrar-se na tarefa a ser desempenhada.

Novas estratégias vêm sendo exploradas por meio de simulações e jogos. Jogos para promoção da consciência corporal se encaixam na categoria de jogos temáticos também conhecidos como jogos sérios, classe de jogos que visa, principalmente, a simulação de situações práticas do dia a dia; são jogos com um propósito específico, ou seja, que extrapolam a ideia de entretenimento e oferecem outros tipos de experiência, como aquelas voltadas ao aprendizado e treinamento, jogos que simulam alguma atividade real e ao mesmo tempo ensinam movimentos corretos para o desenvolvimento de alguma habilidade (RIBEIRO; ZORZAL, 2011).

Um *exergame* é um estilo de jogo dentro da classe de jogos sérios que tem o objetivo de fazer com que o usuário se exercente. Normalmente, esse tipo de jogo é

utilizado para melhorar o desenvolvimento de habilidades do jogador (NUNES; MACHADO; COSTA, 2009).

Os jogos sérios se diferem dos jogos de entretenimento pelo seu propósito final. Dessa forma, eles não representam um gênero específico. Tais jogos podem assumir qualquer gênero da categoria de entretenimento. Contudo, os gêneros de jogos do tipo habilidade, estratégia, simulação, treinamento e educacionais têm sido considerados como os gêneros de jogos mais apropriados para incorporar elementos “sérios” (MACHADO; MORAES; NUNES, 2009).

Machado, Moraes e Nunes (2009) ainda afirmam que tais jogos utilizam as técnicas da indústria de jogos para tornar as experiências dos usuários, principalmente em relação ao aprendizado, mais atraentes, lúdicas e prazerosas. Qualquer jogo considerado sério tem um planejamento pedagógico que gera as diretrizes para o desenvolvimento, define abordagem técnica e o roteiro do jogo.

Um jogo eletrônico é composto por diversos componentes, tais como cenários, texturas, sons, inteligência artificial, controle da física, entrada de dados do usuário e modo de renderização de efeitos 3D. À medida que jogos eletrônicos ganharam mais complexidade em sua mecânica de jogos e uso de *hardware*, surgiu a necessidade de criação de uma ferramenta voltada para o desenvolvimento de jogos (BUXTON, 2014).

Os chamados motores de jogos (*game engines*), são componentes de *software* que disponibilizam funcionalidade focadas e específicas para o desenvolvimento de um jogo. Buxton (2014) afirma que um *game engine* (motor de jogo ou motor gráfico) é uma ferramenta de *software* voltada especificamente para o desenvolvimento de jogos. Cada uma se adequa a alguma necessidade do desenvolvedor, como requisitos do projeto ao qual o jogo se direciona, tecnologias gráficas empregadas, entre outras. Por isso não existe uma ferramenta específica que possa ser considerada ideal para qualquer projeto.

O avanço tecnológico experimentado nos últimos anos tem transformado e contribuído para a melhoria da prestação de serviço em diversas áreas. No contexto de saúde e medicina, novos sistemas e equipamentos têm sido utilizados com o objetivo de favorecer processos em ambientes realistas e interativos. Estes jogos com propósito e conteúdo específicos são conhecidos como jogos sérios e permitem

apresentar novas situações, discutir soluções, construir conhecimentos e treinar atividades particulares.

O mercado também tem apontado o forte crescimento da indústria de jogos eletrônicos, o que torna sua produção uma atividade promissora. Adicionalmente, a necessidade de conteúdo para a área da saúde e medicina para as novas mídias (computadores, *iPads*, celulares e TV digital) apresenta um extenso campo para pesquisa e desenvolvimento, demandando a união multidisciplinar de profissionais para a produção das aplicações.

### **2.3.1 Classificação de Jogos**

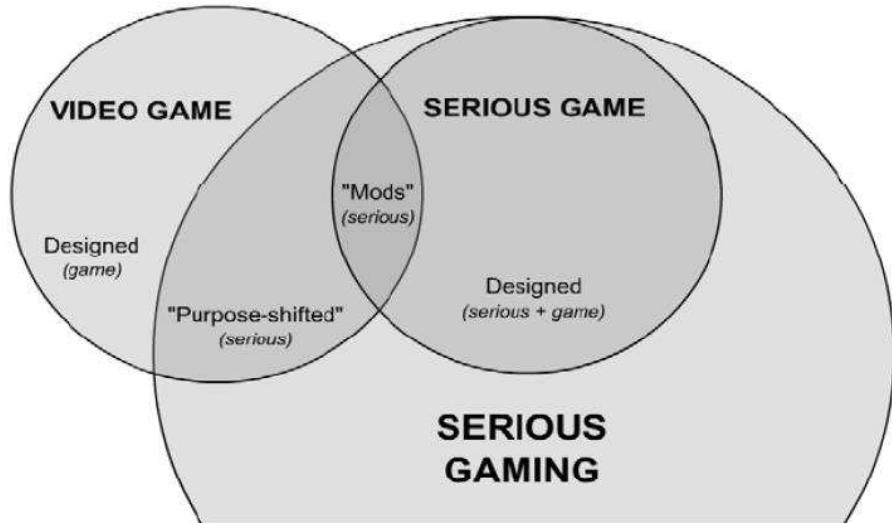
Djaouti, Alvarez e Jessel (2011) apresentam uma discussão sobre categorias de jogos. Eles definem os jogos sérios como qualquer parte do *software* que combina a estrutura de um *videogame* (jogo) com um propósito de não-diversão (sério).

Têm-se ainda os jogos de propósito alterados, que são jogos que foram desenvolvidos para apenas contemplar a dimensão *game* (diversão), mas são utilizados para servir a um propósito sério. Além disso, segundo (DJAOUTI; ALVAREZ; JESSEL, 2011) no meio do caminho entre os jogos de propósito alterado e os *serious games* estão os *softwares* modificados (chamados de *mods*).

Assim, a visão de jogos de propósito alterado descrita em (DJAOUTI; ALVAREZ; JESSEL, 2011), desperta uma perspectiva de aproveitamento dos jogos já existentes para o uso em um propósito sério. Esta perspectiva elimina o tempo de desenvolvimento de um jogo e aumenta consideravelmente o número de jogos que podem ser utilizados observando a dimensão séria. Os jogos de entretenimento utilizados para promoção da consciência corporal podem ser classificados como jogos de propósito alterado, caso não tenham sido desenvolvidos especificamente para este fim.

Considerando estas classificações, Djaouti, Alvarez e Jessel (2011) propõem uma nova categoria chama de *Serious Gaming*. Esta categoria refere-se a qualquer *videogame* usado para um propósito sério, se a dimensão séria foi ou não projetada dentro do *software*. A Figura 1 ilustra essa categoria.

**Figura 1 – A relação entre jogos, *serious games* e *serious gaming***



Fonte: Djaouti, Alvarez e Jessel (2011).

A ideia de jogos com propósito alterado está diretamente ligada a ideia de computação humana, que utiliza como motivação, para a realização da tarefa, a diversão do jogador. Portanto, tais jogos servem para resolver problemas na área da educação e da saúde, por exemplo, utilizando a capacidade de processamento humano (DJAOUTI; ALVAREZ; JESSEL, 2011).

Neste trabalho, foi utilizado um jogo quebra-cabeça com o objetivo, primeiramente, de auxiliar na acessibilidade a jogos para este público-alvo, e, secundariamente, a longo prazo, auxiliar na promoção da consciência corporal de pessoas com deficiência física nos membros superiores. Dessa maneira, pretende-se motivar o tratamento desses pacientes, visto que jogos são mais atrativos para este público do que as tradicionais sessões de fisioterapia.

### 2.3.2 Jogos sérios

O estímulo das funções cognitivas, a motivação e a possibilidade de construção de novos conhecimentos são elementos fundamentais em um jogo sério. Por se tratar de uma aplicação de propósito específico, seu planejamento demanda o envolvimento de profissionais da área com a qual o conteúdo se relaciona.

Assim, se um jogo é voltado para educação médica, é essencial a participação de profissionais de medicina na equipe de desenvolvimento. Estes irão auxiliar a delinear o escopo do jogo, bem como as maneiras mais adequadas de abordar os conteúdos (MACHADO et al., 2011).

Deste modo, estereoscopia, sensações tátteis, vibrações, elementos sobrepostos, monitoramento de movimentos e outras abordagens podem ser utilizados para garantir melhores resultados relacionados ao uso do jogo. Estes elementos também fornecem subsídios para a elaboração do roteiro, com foco no objetivo do jogo (MACHADO et al., 2011).

Para fins de treinamento, os jogos sérios são aplicados para simular situações críticas que envolvam algum tipo de risco, tomada de decisões ou, ainda, para desenvolver habilidades específicas. Para fins de ensino-aprendizagem, podem-se simular situações em que o uso de um conhecimento seja necessário para a evolução no jogo. Em alguns casos, ensino e treinamento podem ser combinados para simular situações em que se aprende algo para utilizar na própria simulação, instantes depois. Desta forma, pode-se dividir a finalidade destes jogos, quando voltados ao ensino-aprendizagem, em três categorias: conscientização, construção de conhecimentos e treinamento.

Os jogos sérios voltados para a conscientização têm o objetivo de destacar um novo problema, explorando suas características e apontando as consequências das ações executadas. Nestes jogos, o usuário deve utilizar o raciocínio para driblar as causas do problema ou buscar possibilidades de minimizá-lo, enquanto conhece suas particularidades.

A construção de conhecimentos nos jogos sérios demanda conhecimentos prévios, que são integrados para gerar novos cenários de solução do problema, considerando suas particularidades práticas e teóricas. Nesta categoria, o objetivo principal é verificar se o jogador conhece o assunto e sabe identificar ou propor novas soluções, realizando atividades dependentes do conhecimento abordado.

Os jogos sérios com a finalidade de treinamento também exigem estas habilidades, mas esta categoria de jogo provê meios de realizar tarefas repetidas vezes, verificando a acurácia e destreza do jogador. Por sua finalidade, os jogos

voltados ao treinamento tendem a apresentar maior realismo e empregar dispositivos especiais na interação com o jogador.

A Inteligência Artificial (IA) é certamente uma das áreas de destaque na criação de jogos sérios para fins educacionais. A Inteligência Artificial para jogos caracteriza-se por um conjunto de técnicas e métodos que permitem reconhecer os comportamentos do usuário, a fim de modificar os desafios apresentados de maneira dinâmica, identificando e classificando seu desempenho.

Assim, torna-se possível monitorar as ações do jogador e coletar informações sobre seus movimentos, atitudes e decisões. Tais dados permitem conhecer a qualificação do usuário no assunto, o que pode ser avaliado por um sistema baseado em IA. Esta funcionalidade é particularmente importante nos jogos voltados ao treinamento.

### **2.3.3 Teoria do Flow**

A teoria do *flow* é um estado mental atingido quando se está totalmente envolvido em uma atividade. *Flow*, que do inglês significa fluxo, é uma condição de foco absoluto que torna qualquer atividade espontânea e produtiva (LINS, 2016).

Segundo Lins (2016) “você fica em um estado de êxtase de tal modo que sente que nem existe mais.” O *flow* é uma sensação que dá a impressão de não estar na realidade e no tempo presente, é um processo que acontece naturalmente.

Desse modo, se o desafio está além das habilidades do jogador, a atividade torna-se intransponível, gerando ansiedade. Se o desafio falha em engajar o jogador, ele rapidamente perde o interesse e tende a deixar o jogo. O jogo deve ter o balanceamento correto entre desafio e habilidade (CHEN, 2007).

Nessa perspectiva, existem elementos comuns que indicam como atingir este estado de foco absoluto: envolvimento completo no que se faz, sentimento de êxtase, sensação de estar fora da realidade, clareza interna sobre o que e como fazer, sensação de serenidade e motivação. Não é preciso se esforçar, o trabalho simplesmente flui da melhor maneira possível (LINS, 2016).

Compreendido este ponto, pode-se entender do que se trata o *flow*. Em linhas rápidas, este conceito trata-se do sentimento de êxtase que provoca os seguintes estados (LINS, 2016):

- Estar completamente envolvido no que se está fazendo: focado, concentrado;
- Sensação de êxtase: de estar fora da realidade do dia a dia;
- Alta clareza interior: saber exatamente o que precisa ser feito, e quão bem está se saindo;
- Saber que a atividade é possível: que as habilidades são suficientes para a tarefa;
- Sensação de serenidade: sem preocupações consigo mesmo, e um sentimento de estar saindo além dos limites do ego;
- Atemporalidade: completamente focado no presente, horas passam em minutos;
- Motivação intrínseca: seja o que for que produza o *flow*, ela se torna a própria recompensa.

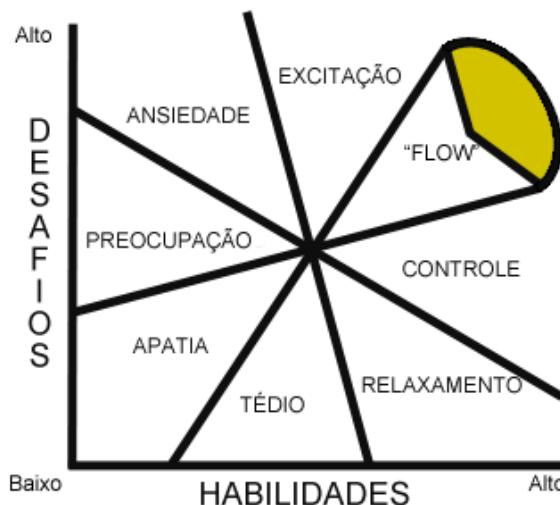
Resumidamente, o *flow* surge quando (MASSARELLA; WINTERSTEIN, 2009):

- A tarefa é desafiadora e exige habilidade;
- Existe concentração;
- Os objetivos são claros;
- O *feedback* é imediato;
- O envolvimento é intenso e natural;
- Existe um senso de controle.

Toda atividade realizada pode ser considerada uma atividade de alto *flow* ou baixo *flow*. Neste sentido, os prazeres fugazes são produtores de baixo *flow*, enquanto as gratificações ao realizar tarefas desafiadoras geram alto *flow* para o indivíduo (MASSARELLA; WINTERSTEIN, 2009).

Outra forma de entender o sentido de como pode-se experimentar o *flow* é por meio de um gráfico apresentado na Figura 2, que compara os níveis das habilidades de uma pessoa diante dos níveis de desafios existentes para uma determinada atividade ou tarefa.

**Figura 2 – Teoria do flow**



**Fonte:** Lins (2016).

A leitura do gráfico é simples, e pode ser feita primeiramente pelos seus extremos (LINS, 2016):

- **Apatia:** Atividade de baixo desafio e que exige pouca habilidade para ser executada;
- **Ansiedade:** Atividade de alto desafio e que exige pouca habilidade para ser executada;
- **Relaxamento:** Atividade de baixo desafio e que exige muita habilidade para ser executada;
- **Flow:** Balanceamento correto entre o desafio inerente à atividade e à habilidade do jogador em superá-lo.

E entre os extremos (LINS, 2016):

- **Preocupação:** Atividade de médio desafio e que exige pouca habilidade para ser executada;
- **Excitação:** Atividade de alto desafio e que exige média habilidade para ser executada;
- **Tédio:** Atividade de baixo desafio e que exige média habilidade para ser executada;

- **Controle:** Atividade de médio desafio e que exige muita habilidade para ser executada.

### 2.3.4 Jogos Aplicados à Área da Saúde

Um dos setores que tem se beneficiado dos jogos sérios é o da medicina. As dificuldades encontradas na obtenção de materiais de laboratório, validação de produtos e treinamento de pessoal tornam tais jogos um importante aliado do ensino na área médica, podendo beneficiar tanto alunos quanto profissionais (RIBEIRO; ZORZAL, 2011).

Para que um jogo sério seja adequado à educação médica, é importante que ele reproduza com realismo às situações vivenciadas no cotidiano, ou seja, no mundo real. Com a tecnologia da Realidade Virtual (RV), é possível simular computacionalmente ambientes reais, de modo a recriar cenários e situações vivenciadas no cotidiano da medicina (BUXTON, 2014).

A tecnologia tem papel fundamental para o aperfeiçoamento e diferenciação do tratamento fisioterapêutico de pacientes, pois permite análise posterior dos movimentos e exercícios realizados pelos pacientes, possibilitando um tratamento mais eficaz e personalizado (ADAMOVICH et al., 2009).

Os jogos sérios, em geral, são jogos com o foco no ganho de amplitude de movimentos, ganho de coordenação, força, resistência e precisão do movimento de modo a acelerar o processo de promoção da consciência corporal. A Realidade Virtual recria a sensação de realidade para um indivíduo, possibilitando, assim, um tratamento motivador e mais adaptado ao paciente (CARDOSO; SCHMIDT, 2012).

Torres et al. (2012) desenvolveram um jogo para auxiliar no treinamento de exame de biópsia mamária. O aprendiz manipula um instrumento médico usando um dispositivo com retorno háptico executando os procedimentos necessários para treinar o exame de biópsia.

O “estudo da viabilidade da utilização do *Kinect* como ferramenta no atendimento fisioterapêutico de pacientes neurológicos” é um trabalho que visou alicerçar e fornecer informações para a proposição e investigação segura da influência

do *Kinect* nas capacidades biomotoras (força, velocidade, resistência, coordenação, flexibilidade e equilíbrio) dos sujeitos em questão. Assim, foi realizado um estudo com revisão bibliográfica sobre os objetivos, necessidades, particularidades e aplicabilidade de técnicas de tratamento junto a pacientes neurológicos, com posterior estudo das possibilidades de ação, movimentação e interatividade do *Kinect* por seus usuários, para, por fim, realizar uma reflexão sistematizada e criteriosa das possibilidades de utilização do *Kinect* como ferramenta de trabalho para o profissional fisioterapeuta (ROCHA; DEFAVARI; BRANDÃO, 2012).

Também há uma ferramenta de auxílio a tratamentos fisioterapêuticos com *Kinect*, que permite ao fisioterapeuta criar exercícios utilizando peças posicionadas dinamicamente no espaço 3D, de acordo com o paciente e o tipo de tratamento a ser feito. A ferramenta ainda pode ser controlada por comandos digitados no campo apropriado ou por comando de voz, que foi incorporado com a finalidade de melhorar a interação do usuário com a ferramenta, permitindo seu controle à distância, sem o uso de teclado ou *mouse* (PILON, 2013).

Na Figura 3, está esquematizada a multidisciplinaridade na construção de jogos sérios baseados em RV para educação médica.

**Figura 3 – Multidisciplinaridade na construção de jogos sérios**



**Fonte:** Machado et al. (2011).

## 2.4 INTERFACE NATURAL DO USUÁRIO (NUI)

As interfaces gráficas tradicionais levantam barreiras aos seus usuários, suportando apenas a visão clássica da informação, além de se deterem aos dispositivos de entrada, como o *mouse* e o teclado (FEDELI; POLLONI; PERES, 2010). As Interfaces Naturais do Usuário (NUI), ao contrário, ao recorrerem de recursos, como a interação gestual, têm a possibilidade de criar verdadeiras experiências sociais e a capacidade de comportar múltiplos usuários (WIGDOR; WIXON, 2011). A interação com o computador é, de certo modo, invisível, exige apenas que o usuário seja capaz de interagir com o ambiente por meio de interações previamente já conhecidas, e não é exigido que o usuário conheça um novo tipo de dispositivo de entrada.

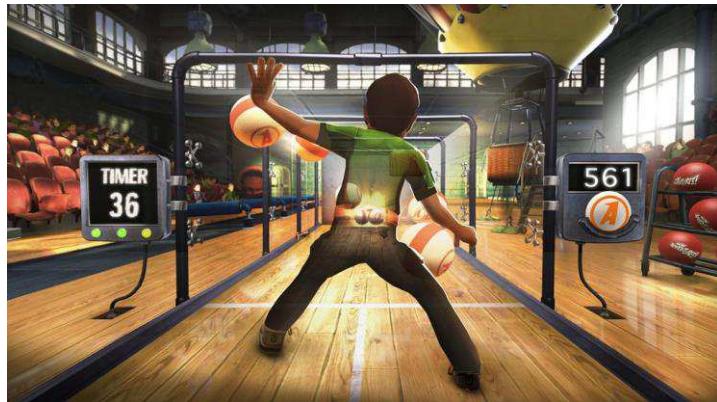
Outras definições para interação são: influência recíproca de dois ou mais elementos; fenômeno que permite a certo número de indivíduos constituírem-se em grupo, e que consiste no fato de que o comportamento de cada indivíduo se torna estímulo para outro; ação recíproca que ocorre entre duas partículas (FERREIRA, 2004). Juntando essas definições, pode-se considerar que interação é a relação de comunicação de dois ou mais elementos, em que eles podem oferecer e realizar serviços (LIU, 2010).

Entre os estilos de interações de interfaces, a NUI é uma das formas mais eficientes de interação com o usuário, já que permite ao usuário utilizar a linguagem natural do próprio corpo, como, por exemplo, gestos e falas em língua tradicional (CARDOSO, 2012).

Wigdor e Wixon (2011) definem NUI como interfaces que não apresentam, simplesmente, uma metáfora gráfica controlada mecanicamente, mas criam experiências nas quais o usuário tem a sensação de estar interligado com o sistema em questão, utilizando meios naturalmente humanos de comunicação, como gestos ou linguagem sonora. NUI não é um conceito novo, entretanto, com o lançamento de sistemas digitais capazes de reconhecer gestos e voz, há a possibilidade de abrir caminhos para interfaces digitais cada vez mais naturais.

Um exemplo de jogo que usa NUI pode ser visto na Figura 4.

**Figura 4 – Captura de tela de um jogo que utiliza NUI**



**Fonte:** Wigdor e Wixon (2011).

Atualmente, grande parte das ferramentas fornecem bom suporte para interação através de menus e caixas de diálogo com uso de teclado e *mouse*, mas a tendência percebida no mercado é que esses métodos percam espaço e sejam substituídos, pelo menos em parte, por técnicas como reconhecimento gestual, escrita manual e reconhecimento de fala. Os métodos de reconhecimento requerem softwares que identifiquem as ações de caráter mais natural do usuário e interpretem o seu significado como dispositivo de entrada (GARBIN, 2010).

Na área da computação, há um grande enfoque na interação entre usuário-computador e computador-usuário, a subárea responsável por este enfoque é a Interface Humano-Computador (IHC) (PRIMO, 2007).

O futuro da IHC está na utilização da interação do tipo NUI, pois atualmente a NUI já é realidade e está presente em diversos dispositivos eletrônicos, como celulares, caixas eletrônicos e porta-retratos (periféricos que usam a tecnologia *touchscreen*) e, em alguns dispositivos que suportam, a interação é baseada em reconhecimento de imagens, reconhecimento de fala e detecção de movimento, como o sensor *Microsoft Kinect*. Em pouco tempo, a NUI não será utilizada apenas em grandes laboratórios, mas fará parte da sociedade em geral (CATUHE, 2012).

Desde a sua aparição, as tecnologias relacionadas à IHC estão em constante evolução e têm como marco a invenção do *mouse* e o desenvolvimento de interfaces gráficas (DIX et al., 2005). Atualmente, pesquisas nas áreas de interface multitoque, reconhecimento de voz e visão computacional são desenvolvidas para melhorar e

facilitar o relacionamento do usuário com o computador (BUXTON, 2014). A Figura 5 simplifica a evolução das Interfaces Humano-Computador.

**Figura 5 – Evolução da Interface Humano-Computador**



Fonte: Matsumura e Sonnino (2011).

Os meios tradicionais de interação entre usuário e computador são equipamentos físicos ligados à máquina pelos quais o usuário recebe e envia dados. São classificados em três categorias: entrada, saída e entrada/saída. Os meios de interação possuem como objetivo realizar a interação entre usuário-computador, computador-usuário, computador-computador, ou seja, devem converter os dados de forma legível tanto para o usuário quanto para a máquina (TANENBAUM, 2010). Os dispositivos de entrada permitem a inserção de dados na máquina; são exemplos desta categoria: teclado, *mouse*, mesa digitalizadora, *scanner*, luva. Os dispositivos de saída devem repassar os dados armazenados na máquina ao meio externo (usuário ou outra máquina); são exemplos: impressora, *plotter*, monitor. Já os dispositivos de entrada/saída devem permitir tanto a entrada como saída de dados, como, por exemplo: *joystick* e tela sensível ao toque (MARÇULA; BENINI, 2008).

Os dispositivos citados anteriormente são utilizados para a interação convencional, porém, há diversos métodos de interação. Pode-se destacar a interação natural, que é um meio de interagir com dispositivos eletrônicos que possuem como forma de interação hábitos do cotidiano das pessoas como: gestos e voz, tornando o processo mais natural e evitando o uso de periféricos computacionais, ou seja, o aprendizado para a utilização do sistema é mínimo (VALLI, 2008). A NUI traz como principal motivação a aproximação do usuário ao ambiente computacional (MACHADO et al., 2011), e visam prover uma experiência com usuário em que a tecnologia é invisível.

As principais características da NUI (LIU, 2010):

- Concepção centrada no usuário, visando atender as necessidades de diferentes usuários;
- Faz uso de um ou múltiplos canais sensoriais e motores para capturar as características complementares da intenção do usuário, a fim de aumentar a naturalidade da interação humano-computador;
- Inexata, pois as ações e pensamentos humanos, muitas vezes, não são precisos; portanto, o computador deve ser capaz de compreender as solicitações humanas e procurar corrigir os seus enganos;
- Alta largura de banda para entrada de dados e rápida importação de grandes quantidades de informações, como a entrada e compreensão de voz e imagem;
- Interação baseada em voz, imagem e comportamento.

Nessa perspectiva, este trabalho utiliza a interface natural como meio de interação entre jogo e usuário, ou seja, a interface torna-se invisível com os sucessivos níveis de imersão, para o usuário, e é baseado nos elementos naturais humanos. Neste caso, a interface natural é baseada nos movimentos que o usuário faz com o seu braço utilizando o *Myo*, o qual reconhece os gestos através de impulsos eletromiográficos.

#### **2.4.1 Dispositivos de Interface Natural do Usuário (NUI)**

O *Nintendo Wii™* é um *videogame* da Nintendo®, que possui como característica principal que o usuário não necessite apertar botões durante os jogos (NINTENDO, 2016). Para que o usuário envie comandos aos jogos, ele deve mover um sensor. A imagem deste *console* pode ser vista na Figura 6.

**Figura 6 – Imagem dos controles de interação Nintendo Wii™**



**Fonte:** Nintendo (2016).

A Sony® possui um dispositivo para o *Playstation™ 3* semelhante ao sensor do *Nintendo Wii™*. Este dispositivo é chamado de *Playstation Move™* (PLAYSTATION, 2016), como ilustra a Figura 7.

**Figura 7 – Controles do Playstation Move™**



**Fonte:** Playstation (2016).

A Figura 8 mostra a imagem do *Asus Xtion®*, um sensor de movimentos para computadores, criado para concorrer com o sensor da *Microsoft® (Kinect™)*.

**Figura 8 – Asus Xtion®**



**Fonte:** Microsoft (2012).

O *Kinect™* é um dispositivo criado inicialmente para o *videogame Xbox 360™*, que mudou a forma como as pessoas jogam em *videogames* e a experiência com entretenimento, pois, utiliza mecanismos de interação natural para que o jogador interaja com o jogo. Com o sucesso do *Kinect™* para *Xbox 360™*, a Microsoft®, empresa que criou o *Kinect™*, decidiu criar uma versão do *Kinect™* para computador, denominada de *Kinect™ para Windows® (Kinect™ for Windows™)*. A Figura 9 mostra o *Kinect™ para Windows®* (MICROSOFT, 2012).

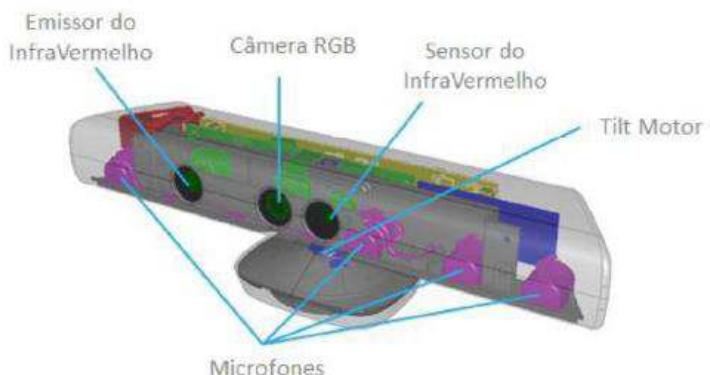
**Figura 9 – Kinect™ para Windows®**



**Fonte:** Microsoft (2012).

O *Kinect™* é composto por um emissor e um sensor de infravermelho, estes dois são chamados de câmera de profundidade, uma câmera no padrão *Red, Green, Blue (RGB)*, microfones e um motor para o movimento no sentido vertical do sensor, possibilitando assim que o *Kinect™* incline. Tais detalhes podem ser vistos na Figura 10 (MICROSOFT, 2012).

**Figura 10 – Componentes do Kinect™**



**Fonte:** Microsoft (2012).

## 2.5 DISPOSITIVOS VESTÍVEIS

Dispositivos portáteis ou vestíveis, também conhecidos como *wearables devices*, são pequenos dispositivos eletrônicos que podem ser facilmente acoplados ao corpo do usuário. Eles possibilitam a presença da Realidade Virtual em diversas aplicações, visto que é uma tecnologia de interface avançada entre um usuário e um sistema computacional (MANN, 2012).

O termo “computação vestível” ou “tecnologia vestível” se refere a uma nova abordagem de computação, redefinindo a interação humano-computador, onde os *gadgets* estão diretamente conectados com usuário. Os aparelhos vestíveis têm a intenção de tornar o usuário o mais “passivo” possível, focando no próprio ser humano e nas suas necessidades (MANN, 2012).

Comumente, neste tipo de tecnologia, existe uma constante interação entre o computador e o usuário, e alguns *gadgets* ligam e desligam automaticamente. Outra característica é a capacidade de multitarefa, pois não é necessário parar o que está fazendo para usar o dispositivo. Portanto, os dispositivos vestíveis podem ser uma extensão da mente e/ou do corpo do usuário (MANN, 2012).

Na Figura 11, são exibidos alguns exemplos de dispositivos vestíveis.

**Figura 11 – Exemplos de dispositivos vestíveis**



**Fonte:** Mann (2012).

Muitas questões são comuns aos dispositivos vestíveis, como computação móvel, inteligência artificial e computação ubíqua, incluindo também gerenciamento de energia, dissipação de calor, arquiteturas de *software* e redes (MICROSOFT, 2013).

### 2.5.1 Dispositivo Vestível Myo

*Myo* é um bracelete de reconhecimento de gestos, que permite o controle de aplicativos e dispositivos sem a necessidade de interagir com nenhum outro periférico. O *Myo* utiliza os mesmos parâmetros de sinais mioelétricos que são utilizadas em próteses de braços. O mesmo é compatível com os mais populares sistemas operacionais e se comunica por *Bluetooth*, o que torna tal tecnologia propensa a ser rapidamente aceita e usada mundialmente. Além disso, não exige câmeras para rastrear os movimentos da mão ou braço e possuem baixo custo, em comparação com outros dispositivos vestíveis existentes no mercado (MYO, 2016).

O *Myo* é utilizado no antebraço do usuário, conforme pode ser observado na Figura 12. É necessário realizar uma calibração da braçadeira para cada usuário específico, pois cada um possui atividades e contrações musculares específicas. Após efetuada a sua calibração, o dispositivo possibilita controlar *softwares* e outras aplicações por meio de gestos e movimentos. Seu propósito é controlar computadores, telefones e outros dispositivos, enviando os dados capturados por ele via *Bluetooth* (MYO, 2016).

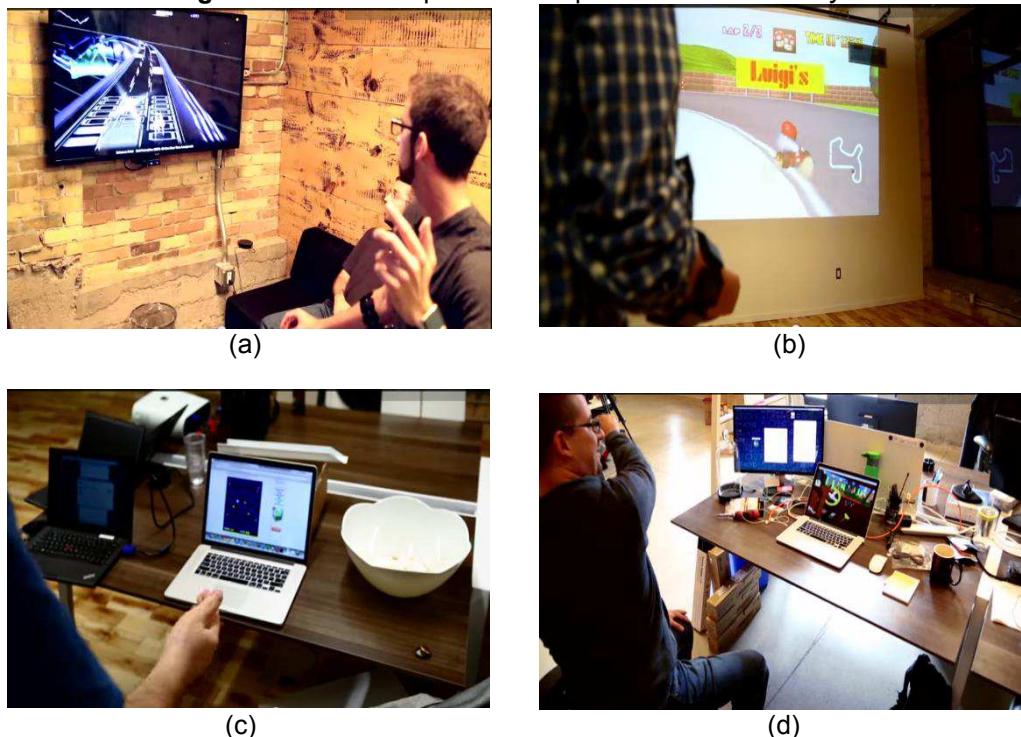
**Figura 12 – Dispositivo vestível Myo no antebraço do usuário**



**Fonte:** Myo (2016).

Na Figura 13, são apresentados protótipos de jogos que utilizam Realidade Virtual para sua construção e os movimentos são manipulados pelo dispositivo vestível *Thalmic Labs Myo Armband*, o qual é uma braçadeira que permite o uso da mão, braço e dedos do usuário para controlar o computador ou jogos de vídeo, ao sentir o movimento e atividade elétrica.

**Figura 13 – Games que são manipulados através do Myo**

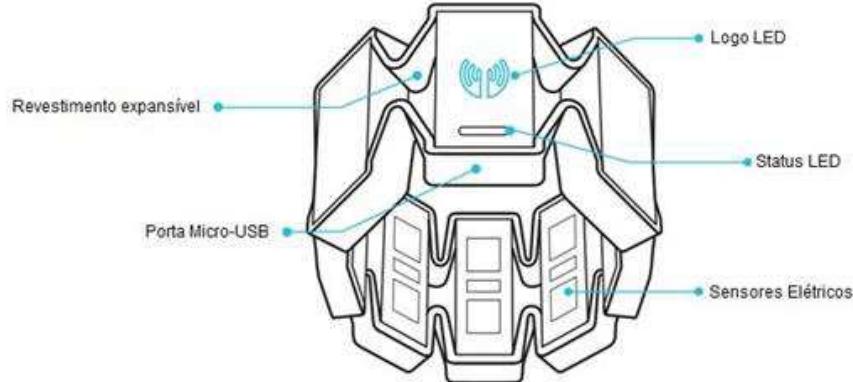


**Fonte:** Myo (2016)

Apesar de parecer um campo novo, o mercado de dispositivos vestíveis já existe há muitos anos na forma de aparelhos para medir batimentos cardíacos, monitorar corridas, entre outras funcionalidades, em sua maioria voltados para as áreas esportivas e de bem-estar. Com a evolução da tecnologia, a tendência é que esses dispositivos sejam introduzidos na medicina, ajudando, assim, a reduzir gastos e melhorar o tratamento de pacientes, possibilitando o monitoramento médico à distância.

A Figura 14 mostra o dispositivo vestível Myo, o qual é composto por sensores altamente sensíveis como giroscópio de três eixos, acelerômetro de três eixos, magnetômetro de três eixos e oito sensores de eletromiografia (MYO, 2016).

**Figura 14 – Myo via manual de instruções**



**Fonte:** Myo (2016).

O Myo é composto por um revestimento que, além de dar o formato de bracelete para o dispositivo, fornece característica de expansão, que permite expandir ou contrair em relação a cada usuário específico, fornecendo uma característica confortável para os usuários ajustando automaticamente para cada fisiologia (MYO, 2016).

O protótipo "*MuMyo - Evaluating and Exploring the Myo Armband for Musical Interaction*" avalia o potencial do Myo para o desenvolvimento de novas tecnologias para expressão musical para ser usado num contexto NIME (*New Interfaces for Musical Expression*) (NYMOEN; HAUGEN; JENSENIUS, 2015).

Na Figura 15, são exibidos testes do protótipo *MuMyo* com usuários.

**Figura 15 – Testes do protótipo *MuMyo* com usuários**



**Fonte:** Nymoen, Haugen e Jensenius (2015).

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi utilizado o dispositivo vestível *Myo* como forma de interação entre usuário e jogo. Ele é um dispositivo vestível com formato de bracelete, também chamado de braçadeira. Este dispositivo pode controlar aplicações por meio de gestos e interagir com computadores e outros meios digitais similares, reconhecendo impulsos elétricos nos músculos do usuário. O *Myo* foi escolhido devido à sua inovação tecnológica, praticidade, facilidade de uso e também pela vantagem custo-benefício.

Além disso, foi selecionado um jogo quebra-cabeça para ampliar o uso de jogos digitais por pessoas, principalmente crianças e adolescentes, com deficiência física nos membros superiores. Dessa maneira, pretende-se motivar o tratamento desses pacientes, visto que jogos são mais atrativos para este público do que as tradicionais sessões de fisioterapia. Foi escolhido um quebra-cabeça porque, além de trabalhar a promoção da consciência corporal com o uso do *Myo*, também auxilia na parte cognitiva, emocional e motivacional.

Com isso, os pacientes podem ter maior enfoque em consciência corporal, tempo de resposta, autoestima, desempenho funcional, ajudando criação de habilidades, reconhecimento de suas capacidades e redução de sua limitação física, socialização e favorecimento dos movimentos dos membros afetados.

Logo, este capítulo apresentou a fundamentação teórica acerca do tema deste trabalho, os principais conceitos necessários para entendimento do mesmo, a saber: principais tipos de deficiência física nos membros superiores, classificação de jogos, princípios da interface natural do usuário e dos dispositivos vestíveis.

## CAPÍTULO 3 – TRABALHOS RELACIONADOS

### 3.1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é apresentar pesquisas relacionadas a este tema. O foco principal desta busca foram trabalhos que apresentam jogos criados ou adaptados para crianças com deficiência física nos membros superiores.

### 3.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS TRABALHOS

Como metodologia para análise dos trabalhos foi realizado o seguinte procedimento: Foram utilizados os mecanismos de busca IEEEExplorer (IEEE), ACM, Google Acadêmico, CiteSeerX, Banco de Dados de Teses e Dissertações (BDTDs) de diversas universidades brasileiras, dentre elas: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade de Brasília (UnB), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade de São Paulo (USP), Universidade de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de Paraíba (UFPB). Foram pesquisados trabalhos com os seguintes termos: "jogos adaptados para deficientes físicos nos membros superiores" e "*games adapted for disabled in the upper limbs*". Foram feitas várias combinações envolvendo essas expressões com a finalidade de otimizar o processo, tais como: "jogos adaptados" AND "deficiência física" AND "membros superiores", "jogos adaptados" OR "deficiência física" OR "membros superiores", "games adapted" AND "disabled" AND "upper limbs", "games adaptive" OR "disabled" OR "upper limbs".

A partir dessa pesquisa, foram encontrados 23 trabalhos. Porém, foram selecionados apenas 10 como correlatos, visto que os outros apresentavam desenvolvimento de jogos para apoio a enfermidades bastante diferentes e uso

de métodos não-similares aos apresentados neste trabalho, o que dificultava a comparação entre os mesmos.

### 3.3 TRABALHOS AVALIADOS

Dentre os trabalhos disponíveis na literatura, alguns deles apresentam desenvolvimento, conceitos e referências teóricas relacionados ao tema em questão. Assim, dez trabalhos foram avaliados usando os critérios acima apresentados.

#### 3.3.1 Trabalho T1

O Trabalho T1, denominado “*Game Console Controller Interface for People with Disability*”, apresenta um dispositivo de interface que permite às pessoas com deficiência nos membros superiores brincarem com *videogames* de console. Este protótipo é um dispositivo completamente novo conectado entre o controlador original e o console. Permite a conexão da interface mais adequada para a deficiência específica. Graças a este dispositivo, a interface específica atua da mesma forma que os botões de pressão e/ou *joysticks* do controlador original. O mapeamento de funções de sensores externos para o controlador original é realizado por um procedimento simples e intuitivo (IACOPETTI et al., 2008).

#### 3.3.2 Trabalho T2

Bracciali, Manzini e Reganhan (2004) realizaram um estudo, que consiste em verificar a contribuição de um programa de jogos e brincadeiras adaptados para o desenvolvimento de alunos com deficiência física, realizado em uma escola estadual que possui salas especiais para deficientes físicos. Primeiramente, foi feita avaliação das habilidades e dificuldades dos alunos; a seguir foi elaborado e aplicado um programa de intervenção. O programa contou com dezessete atividades adaptadas que foram desenvolvidas em vinte e duas aulas, com duração de uma hora cada. A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que a proposta contribuiu de maneira

positiva para o desenvolvimento físico, acadêmico, emocional e social de alunos com deficiência física no ambiente escolar.

### **3.3.3 Trabalho T3**

O Trabalho T3 é intitulado “A reabilitação de pessoas com deficiência através do desporto adaptado”. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre a reabilitação de pessoas com deficiência através do desporto adaptado, baseada em referências nacionais e internacionais obtidas através da base de dados da CAPES, Pubmed, Scielo e na base de dados da biblioteca da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto – Portugal. Observou-se que os benefícios da prática desportiva são evidenciados por grande parte de estudiosos da área do desporto adaptado e contribuem para a qualidade de vida desta população (CARDOSO, 2011).

### **3.3.4 Trabalho T4**

O Trabalho T4 retrata a inclusão escolar do aluno com deficiência física: contribuições da terapia ocupacional. O objetivo deste estudo foi o de identificar as dificuldades de uma professora referentes ao processo de inclusão de um aluno com deficiência física, adaptar recursos pedagógicos, adequar mobiliário escolar e orientar a professora em situações específicas. A análise de dados evidenciaram que, com base na análise e na adequação da interação entre as demandas funcionais da pessoa, da tarefa e do ambiente, é possível o aluno responder satisfatoriamente aos desafios inerentes ao contexto educacional, e destacaram a importância da parceria entre o professor e o terapeuta ocupacional nesse processo (PAULA; BALEOTTI, 2011).

### **3.3.5 Trabalho T5**

O Trabalho T5, "*Virtual Reality as Adjunctive Therapy for Upper Limb Rehabilitation in Cerebral Palsy*", apresenta um jogo que utiliza Realidade Virtual como

terapia adjuvante para a reabilitação dos membros superiores de crianças vítimas de paralisia cerebral. Foi avaliado o nível de cooperação e satisfação das crianças ao praticar movimentos de braço e mão durante atividades lúdicas em um ambiente físico, em comparação com um ambiente virtual baseado em captura de vídeo usando cinco graus de liberdade. Embora a cooperação tenha sido semelhante em ambos os ambientes, as crianças expressaram maior satisfação com o ambiente físico do que com o ambiente virtual. As razões para isso podem incluir dificuldade ou frustração com as atividades virtuais e/ou adequação dos jogos de computador (GUBEREK et al., 2009).

### **3.3.6 Trabalho T6**

O Trabalho T6, "*Upper Extremity Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy using Accelerometer Feedback on a Multitouch Display*", apresenta um sistema para reabilitação para membros superiores de crianças com paralisia cerebral usando *feedback* de acelerômetro em um visor multitoque. O sistema permite que as crianças se envolvam em cenários de jogos interativos, enquanto realizam intensamente os exercícios desejados. Para incentivar a postura correta durante os exercícios terapêuticos, foi usado um sensor cinemático sem fio, usado no tronco do paciente, como um canal de feedback para os jogos. O sistema passou por várias fases de projeto, incorporando a entrada de observações de terapia e sessões clínicas, bem como feedback de profissionais médicos (DUNNE et al., 2010).

### **3.3.7 Trabalho T7**

O Trabalho T7 "*Development of an EMG-ACC-Based Upper Limb Rehabilitation Training System*" enfoca o desenvolvimento de um sistema de treinamento de reabilitação de membros superiores projetado para uso de crianças com paralisia cerebral. Tenta satisfazer os requisitos de treinamento em casa, aproveitando a combinação de sensores de acelerômetros portáteis e eletromiografia de superfície usados no membro superior para capturar movimentos funcionais. Os resultados de um treinamento de longo prazo realizado com três sujeitos de paralisia

cerebral demonstraram que eles poderiam melhorar o desempenho do jogo por meio de treinamento repetitivo, sendo necessário treinamento persistente para melhorar e melhorar o efeito de reabilitação (LIU et al., 2016).

### **3.3.8 Trabalho T8**

O Trabalho T8, "*Pediatric rehabilitation with the reachman's modular handle*", apresenta os resultados de um estudo preliminar com uma criança com paralisia cerebral utilizando o *ReHaptic Handle*, um novo dispositivo robótico para a reabilitação pediátrica da função do membro superior. Jogos de computador interativos foram implementados para aumentar a participação dos participantes e engajamento, promovendo, assim, a recuperação motora. O pinçamento, com o indicador e o polegar, a supinação/pronação do antebraço, bem como a flexão/extensão do punho, foram treinados duas ou três vezes por semana durante quinze minutos cada. Observou-se um aumento da precisão e lisura do movimento de supinação/pronação do antebraço com o indivíduo, bem como uma redução na duração do movimento (TONG et al., 2015).

### **3.3.9 Trabalho T9**

O Trabalho T9, "*Hand Therapist: a rehabilitation approach based on wearable technology and video gaming*", trata-se de um sistema de reabilitação da mão, principalmente para pacientes vítimas de Acidente Vascular Cerebral (AVC), composto por: braçadeira Myo, luva robótica e a game engine *Unity 3D*. Esta abordagem apresenta uma solução que combina desempenho, baixo custo e motivação para terapia da mão (LIPOVSKÝ; FERREIRA, 2015).

### **3.3.10 Trabalho T10**

O Trabalho T10, "*Hand Posture and Gesture Recognition using Myo Armband and Spectral Collaborative Representation based Classification*", propõe o uso da

representação colaborativa baseada em *Spectral Domain* para reconhecer as posturas e gestos das gravações eletromiografia (EMG) adquiridos por um sensor recentemente introduzido: braçadeira *Myo Thalmic Labs*. A precisão de reconhecimento obtida para um conjunto de seis gestos e posturas é promissor, com uma precisão superior a 97%, o que é um resultado eficiente na literatura relacionada. Os algoritmos são desenvolvidos para a criação de uma interface homem-máquina intuitiva para navegar em uma cadeira de rodas robótica (BOYALI; HASHIMOTO; MATSUMOTO, 2015).

### 3.4 RESUMO COMPARATIVO DOS TRABALHOS ANALISADOS

Os trabalhos citados confirmaram que a utilização dos jogos digitais ajuda a estimular os usuários a realizarem atividades do mundo real. Além disso, sabe-se que o uso de interfaces naturais é recente e estimulante, uma vez que são elementos naturais humanos, quase imperceptíveis quando o usuário está imerso na aplicação. Por isso, as Interfaces Naturais de Usuário (NUI) constituem o foco do presente trabalho, a saber: o dispositivo vestível *Myo*.

Adaptação é importante para ampliar as potencialidades cognitivas das Pessoas com Necessidades Educacionais Especiais (PNEEs), o que é um dos grandes desafios do trabalho de inclusão no contexto escolar e social. Mas, mesmo com poucos recursos, é possível oferecer boas alternativas para atender às peculiaridades das pessoas com deficiência física adaptando materiais e equipamentos do cotidiano. O uso deles permite que as pessoas com deficiência sejam capazes de se expressar, elaborar perguntas, resolver problemas e se tornar mais participativos, permitindo assim uma maior interação social com outras pessoas.

Apesar de apresentarem escopos diferentes, os trabalhos relacionados e apresentados nas seções anteriores contribuem para a ratificação da relevância do uso de sistemas de interação natural para promoção da consciência corporal dos membros superiores ou interações alternativas. A relevância é ressaltada em ambientes relacionados com a área médica que necessitam de um processo de reprodução ou repetição de ações e/ou movimentos que produzem um cenário motivacional maior do que a metodologia tradicional.

O trabalho T1, apresentado neste capítulo, apresenta um controlador adaptado para pessoas com deficiência física nos membros superiores, similar a este trabalho. Porém, o presente trabalho utiliza um dispositivo vestível para adaptação controlado por gestos do próprio usuário, o que é algo mais prático e fácil de usar, além de ser uma tecnologia inovadora e atrativa para as pessoas.

Controladores de console típicos são equipados com vários botões e *joysticks* muitas vezes para ser operado ao mesmo tempo, tornando-se uma barreira real. Algumas soluções *do-it-yourself* existem adaptando controladores comerciais para necessidades especiais. Mas, desta forma, o controle do *videogame* é totalmente deixado para os deficientes e muitas vezes ele ainda não é capaz de jogar o jogo com suas funcionalidades residuais. Além disso, tais soluções não são nem comercializáveis, sendo modificações não certificadas de um dispositivo comercial.

Os trabalhos T2, T3 e T4 mostram adaptações de jogos em atividades físicas escolares para pessoas com deficiência física, as quais são importantes para permitir a acessibilidade, a independência e a inclusão de crianças e adolescentes no contexto escolar, além de auxiliar na redução do preconceito e da discriminação que estas pessoas costumam sofrer nas escolas e na sociedade.

Nos trabalhos T5, T6, T7 e T8, podem ser vistas aplicações para crianças que tiveram paralisia cerebral, com a finalidade de auxiliá-las a retornar os movimentos de seus membros superiores normalmente. Estes protótipos são importantes, visto que a paralisia cerebral é uma doença neurológica não progressiva, causada por distúrbios do cérebro em desenvolvimento. A terapia física e ocupacional, se iniciada em tenra idade, pode ajudar a minimizar complicações, como contraturas conjuntas, e pode melhorar a amplitude de movimentos e a coordenação dos membros. Embora as formas atuais de terapia para crianças com paralisia cerebral sejam eficazes na minimização dos sintomas, muitas crianças acham que são chatas ou repetitivas.

Os trabalhos T9 e T10 apresentam pesquisas realizadas utilizando o dispositivo vestível *Myo*. Em T9, a aplicação é uma forma de terapia de mão voltada para pacientes vítimas de AVC, que não possuem deficiência física, mas dificuldade de manuseio de objetos. Nesse sistema, o usuário faz diversos exercícios repetitivos para recuperar os movimentos da mão e, além do *Myo*, utilizam uma luva com sensores. Em T10, o protótipo foi criado para pessoas que utilizam cadeira de rodas. Assim, o usuário movimenta a cadeira de rodas por meio de seus próprios gestos do

braço em que está colocado o *Myo*. Neste caso, a deficiência das pessoas dá-se nos membros inferiores. Nestes dois projetos, o meio de interação poderia ser trocado para *Kinect* e *joystick*, respectivamente, o que provavelmente atingiria o mesmo resultado. Porém, no presente trabalho, estas outras ferramentas tecnológicas não poderiam ser utilizadas, uma vez que as pessoas possuem deficiência física nos membros superiores e têm dificuldade em utilizar as ferramentas citadas.

Para demonstrar a contribuição desta pesquisa faz-se necessário, inicialmente, uma análise das principais características dos trabalhos avaliados correlatos a este. A Tabela 1 apresenta os tópicos abordados em cada trabalho, comparando-os entre si com o presente trabalho (T11), os trabalhos são especificados com siglas (T1 a T10), obedecendo a ordem de apresentação dos mesmos no texto.

**Tabela 1 - Tabela comparativa entre os trabalhos relacionados**

Categoria	Trabalhos	Membros Superiores	Membros Inferiores	Métodos Utilizados
Adaptação de jogos digitais	T1	Sim	Não	Joystick
Adaptação de jogos para inclusão escolar	T2	Sim	Sim	Brincadeiras
	T3	Sim	Sim	Desporto
	T4	Sim	Sim	Recursos pedagógicos
	T5	Sim	Não	Realidade Virtual
Jogo para reabilitação de paralisia cerebral	T6	Sim	Não	Plataforma Android
	T7	Sim	Não	Display multitoque
	T8	Sim	Não	Robótica
	T9	Sim	Não	<i>Myo</i>
Jogo para reabilitação de cadeirantes	T10	Não	Sim	<i>Myo</i>
<b>Ampliação do uso de jogos digitais</b>	<b>T11</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b><i>Myo</i></b>

As informações presentes na Tabela 1 propiciam concluir que, dentre os trabalhos relacionados, todos abordam adaptação de jogos para membros superiores. O material utilizado para adaptação usado para cada trabalho foi escolhido em razão da aderência ao problema a ser solucionado e do amparo informacional.

A área de aplicação da adaptação, na grande maioria dos trabalhos, está relacionada a área escolar, principalmente aprendizagem e inclusão social, demonstrando a importância do uso de procedimentos alternativos aos tradicionais para os mais variados tipos de tratamento. E os outros trabalhos

envolvem criação de jogos para reabilitação de pessoas com deficiência física ou limitação motora devido à paralisia cerebral ou AVC.

Outro aspecto presente no presente trabalho, que o diferencia dos correlatos é a característica motivacional, em que o jogo se beneficia dos recursos digitais para promover maior imersão e interatividade das pessoas e, consequentemente, maior motivação dos usuários para utilizar a aplicação, o que ocasiona resultados satisfatórios no processo.

Nessa linha de raciocínio, após a análise resultante e comparativa dos trabalhos apresentados, surge o presente trabalho: a adaptação de jogos digitais para crianças que possuem deficiência física nos membros superiores, seja por malformação congênita e/ou adquirida, com a finalidade de que seja possível a utilização dos jogos digitais por este público e também auxiliar na aceitação da deficiência. Esta adaptação é feita por meio da Interação Natural através do dispositivo vestível *Myo*, visto que é um bracelete que oferece facilidade e praticidade de uso. Assim, pretende-se oferecer a estas crianças uma ferramenta adicional (os jogos digitais) para o processo de promoção da consciência corporal e ampliar sua acessibilidade a jogos.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou um conjunto de quatro trabalhos e as respectivas características de cada um, permitindo a verificação da relevância do tema abordado e proposição da principal contribuição deste trabalho.

## CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 INTRODUÇÃO

O jogo foi desenvolvido para auxiliar e ampliar o uso de jogos digitais para crianças com deficiência física nos membros superiores, utilizando o dispositivo vestível *Myo*, com a finalidade de proporcionar maior acesso ao entretenimento digital para o público-alvo. A seguir, são apresentadas as ferramentas e tecnologias utilizadas, assim como detalhes de sua implementação.

### 4.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS

#### 4.2.1 Unity 3D

O *Unity 3D* se apresenta como um *Game Engine*, ou motor de jogo, mas, na realidade, é muito mais do que isso. A ferramenta possui um estilo de programação e organização dos projetos todo especial, além de muito simples. O grande diferencial da ferramenta é apostar no que já está pronto, criando muitas possibilidades aos desenvolvedores, que podem focar no que fazem de melhor, que é criar o comportamento dos personagens (MACHADO, 2016).

O *Unity* tem um foco muito claro de desenvolvimento, embora possa ser utilizado para outros tipos de projeto com alguma tranquilidade. Ele se propõe a ser um modelo para a criação de jogos de aventura. Tudo isso está permeado por uma capacidade gráfica muito grande (MACHADO, 2016).

Uma das grandes vantagens que o *Unity* traz é a possibilidade de utilizar elementos criados por outras pessoas para criação de *games*. Afinal, é muito raro encontrar um programador com aptidão para design gráfico. Assim, pode-se realizar o *download* de inúmeros elementos gráficos para desenvolvimento de jogos, a partir da loja oficial do *Unity 3D*. Essa loja possui vários elementos disponíveis, desde simples modelos até projetos completos, onde o desenvolvedor pode conhecer e aprender mais sobre os meios do *Unity*. Existem vários elementos gratuitos, que

podem ser utilizados em seus games. Porém, obviamente, o que há de melhor em termos gráficos são pagos (MACHADO, 2016).

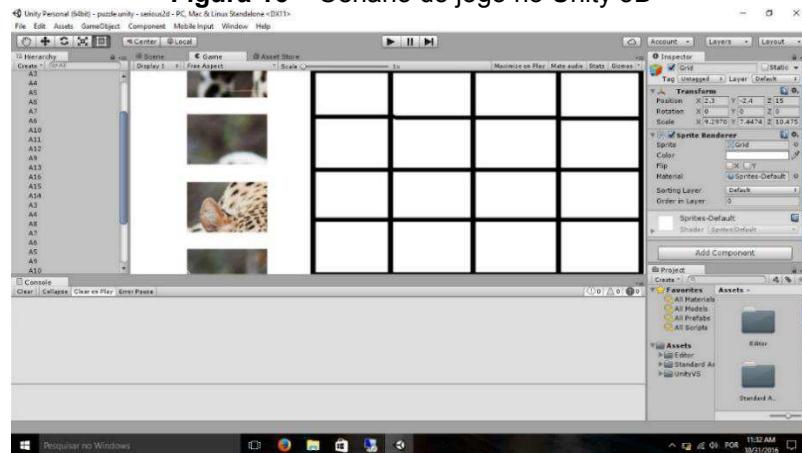
Outra grande vantagem do *Unity* é a disponibilização de ferramentas de aprendizado para o desenvolvedor. No site da ferramenta, estão disponíveis vários tutoriais, além de toda a documentação necessária para o desenvolvedor utilizar as classes do *Unity* em seus *scripts*. Existem tutoriais em diversos tópicos, como animação, áudio, navegação e *scripts*. Além disso, o *Unity* também fornece a oportunidade de treinamentos ao vivo, em algum tópico recente da ferramenta (MACHADO, 2016).

Outra grande vantagem que o *Unity* traz é na sua utilização. Para desenvolvedores solo, a grande sacada é a utilização da versão gratuita do *Unity*. Essa versão não contém os elementos avançados disponíveis na ferramenta, como filtros de áudio e informações de performance, mas é uma excelente opção para jogos mais simples (MACHADO, 2016).

O *Unity* permite o desenvolvimento de *games* para diversas plataformas, e essa é a principal vantagem da ferramenta. Com ele, é possível criar *games* para *iOS*, *Android*, *BlackBerry*, *Windows Phone* ou *Windows*. Não é necessária nenhuma programação extra, apenas a reconstrução do projeto com a plataforma-alvo selecionada (MACHADO, 2016).

Na Figura 16, encontra-se o cenário do jogo desenvolvido no *software Unity 3D*.

**Figura 16 – Cenário do jogo no Unity 3D**



Para auxiliar na implementação de efeitos no jogo, o *software Unity 3D* possibilita a criação de *scripts*, os quais são feitos utilizando a linguagem de programação C#.

#### 4.2.2 Linguagem de Programação C#

C# é uma linguagem elegante e de tipos protegidos orientada a objetos e que permite aos desenvolvedores construírem uma variedade de aplicações seguras e robustas, compatíveis com o *.NET Framework*. É possível usar C# para criar muitos aplicativos de cliente do *Windows*, serviços *Web XML* (*eXtensible Markup Language* ou Linguagem de Marcação Extensível) e *HTML* (*HyperText Markup Language* ou Linguagem de Marcação de Hipertexto), componentes distribuídos, aplicativos de cliente-servidor, aplicativos de banco de dados, e muito mais. O Visual C# fornece um editor de códigos avançado, designers de interface de usuário convenientes, depurador integrado, e muitas outras ferramentas para facilitar o desenvolvimento de aplicativos baseados na linguagem C# e no *.NET Framework* (MICROSOFT, 2016).

Programas escritos em C# são executados no *.NET Framework*, um componente do *Windows* que inclui um sistema de execução virtual e um conjunto unificado de bibliotecas de classes, um padrão internacional que é a base para a criação e execução de ambientes de desenvolvimento em que as linguagens e as bibliotecas trabalham juntos sem problemas (MICROSOFT, 2016).

O código-fonte escrito em C# é compilado em uma Linguagem Intermediária que possui diversos recursos, como *bitmaps* e *strings*, são armazenados no disco em um arquivo executável chamado de um *assembly*, normalmente com uma extensão .exe ou .dll. Um *assembly* contém um manifesto que fornece informações sobre os tipos do *assembly*, versão, cultura e requisitos de segurança (MICROSOFT, 2016).

### 4.3 MÉTODOS UTILIZADOS

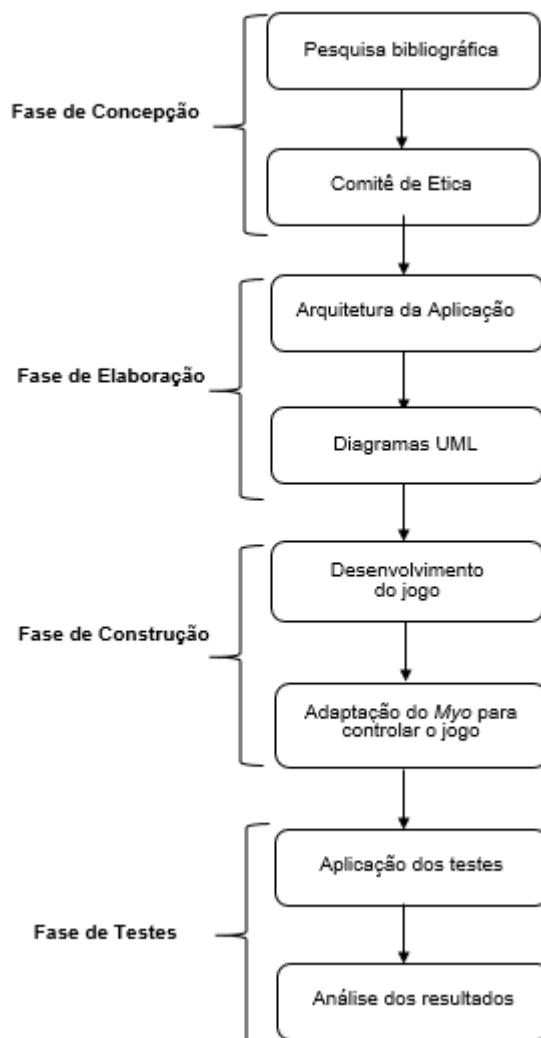
Neste trabalho, os métodos de pesquisa empregados foram, primeiramente, coletas e análise de informações. Posteriormente, foram realizados planejamentos

para execução dos experimentos. Desse modo, procurou-se manter rigorosa coerência e consistência com a busca de respostas às questões técnico-científicas formuladas e os processos para obtenção dos resultados.

O processo de desenvolvimento de sistemas contempla antecipadamente a modelagem para análise através de métodos formais e gráficos, que abrangem de forma integral a representação dos sistemas.

A Figura 17 apresenta a divisão do trabalho em forma de fluxograma.

**Figura 17 – Divisão do trabalho**



Dentro das práticas recomendadas pela programação orientada a objetos, este trabalho foi desenvolvido através de diversas fases, descritas a seguir (BOBBCH, 2005):

**1. Fase de Concepção:** pesquisa bibliográfica sobre o tema e submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia.

**2. Fase de Elaboração:** documentação técnica para a arquitetura do sistema, contendo os requisitos funcionais e não-funcionais, diagramas de modelagem de dados, casos de uso, de atividades e de classes.

**3. Fase de Construção:** desenvolvimento do jogo e adaptação do mesmo para controle utilizando o dispositivo *Myo*.

**4. Fase de Testes:** planejamento e realização de testes integrados na aplicação desenvolvida.

#### **4.3.1 Fase de Concepção**

Primeiramente, na fase de Concepção, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre jogos aplicados à área da saúde e em pessoas com deficiência, classificação de jogos e sua respectiva teoria do *flow*, tipos de deficiência física nos membros superiores, interfaces naturais, dispositivos vestíveis, dentre outros conceitos importantes para solucionar o seguinte problema: a dificuldade que pessoas com deficiência física nos membros superiores, principalmente crianças e adolescentes, tem ao utilizar dispositivos tecnológicos tradicionais, necessitando, muitas vezes, da ajuda de terceiros. Essa pesquisa bibliográfica foi apresentada resumidamente nos Capítulos 2 e 3, na forma de fundamentação teórica e trabalhos relacionados.

Após o levantamento bibliográfico e a seleção dos trabalhos relacionados a este, entrou-se em contato com a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) / Unidade Uberlândia, para entender melhor o domínio do problema e, juntamente com a equipe da instituição – formada pela coordenadora, médicos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais –, foi escrito e submetido o projeto para avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Uberlândia por meio do sistema *online* chamado Plataforma Brasil.

O CEP é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir no

desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

O projeto foi submetido na Plataforma Brasil com título “Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais” e CAAE: 55704316.3.0000.5152. O Anexo I apresenta informações básicas sobre o projeto, documento extraído da Plataforma Brasil.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia (CEP/UFU), com número do parecer: 1.733.487, conforme Anexo II.

Posteriormente, o projeto de pesquisa foi aprovado pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), com número do parecer: 1.790.475, de acordo com o Anexo III.

O projeto foi aprovado por estar de acordo com os padrões éticos exigidos pela Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa com seres humanos. O processo de submissão do Projeto de Pesquisa na Plataforma Brasil até a aprovação final pela CONEP teve duração de sete meses.

A AACD foi escolhida como instituição coparticipante da pesquisa, visto que ela é a unidade mais próxima da Universidade Federal de Uberlândia, onde foi desenvolvida a pesquisa, que viabiliza o tratamento de promoção da consciência corporal do público-alvo dessa pesquisa: crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores. Além disso, ela é a organização mais abrangente criada para receber o público-alvo desta pesquisa, atendendo pacientes de diversas cidades da região. A finalidade da AACD é proporcionar a melhoria da qualidade de vida e aquisição de maior autonomia e independência às pessoas com deficiência.

Toda a documentação necessária exigida nesta etapa foi providenciada e elaborada em parceria com a AACD, incluindo solicitação de autorização de coleta de dados e declaração da instituição coparticipante, Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLEs) específicos para cada faixa etária, questionários de perfil do indivíduo e de avaliação do protótipo, observados os termos da Resolução CNS 466/12, Norma Operacional MS/CNS N°001/2013, Regimentos e demais Legislações correlatas da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa/Conselho Nacional de Saúde.

Para atender as exigências e as normas dos regulamentos do CEP/UFU e da CONEP, foi necessária a elaboração de três Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLEs), segundo as normas do CEP/UFU e da CONEP: o primeiro solicitando a autorização dos pais a participação de seus filhos na realização dos testes (Anexo IV), o segundo é o assentimento para o menor com faixa etária entre doze e dezoito anos (Anexo V), e o último é o assentimento para o menor com faixa etária menor de doze anos (Anexo VI).

O questionário de perfil do indivíduo aborda questões sócio-demográficas, e foi elaborado a partir de um questionário de uso interno da AACD, sendo adaptado para uma linguagem mais simples, clara e objetiva, e alterado de acordo com a necessidade, com a inclusão de novas perguntas para mensuração dos resultados, procurando atender todas as normas estabelecidas pelos regimentos da Plataforma Brasil e da instituição coparticipante. Este questionário encontra-se no Anexo VII.

O questionário para avaliação da utilização de jogos mediada pelo dispositivo *Myo* foi elaborado a partir de um questionário para avaliação de jogos educacionais, proposto por Savi et al (2010), conforme pode ser visto no Anexo VIII. Ele foi escolhido porque aborda diversas características importantes sobre a jogabilidade com crianças, entre elas: motivação, atenção, relevância, confiança, satisfação, experiência do usuário, imersão, desafio, habilidade, competência, conforto, interesse, divertimento, aprendizado e conhecimento. Dessa forma, o questionário foi adaptado, reduzindo-o para 20 perguntas. Além das questões já existentes no questionário de Savi et al (2010), foram incluídas outras perguntas sobre o *Myo*, com a finalidade de abordá-lo melhor nos testes e investigar quais são os seus impactos na pesquisa. Além disso, este questionário foi feito utilizando a linguagem em primeira pessoa adequada para a faixa etária e também expressões faciais para facilitar o entendimento das crianças quando forem responder o mesmo. Este questionário encontra-se no Anexo IX.

Para a construção dos questionários, foi utilizada a escala de *Likert* com cinco variáveis de resposta, por ser um dos itens populares mais usados nas pesquisas, principalmente na área da engenharia. Ao contrário das perguntas sim/não, a escala de *Likert* permite medir as atitudes e conhecer o grau de conformidade do entrevistado com qualquer afirmação proposta. É totalmente útil para situações onde é necessário que o entrevistado expresse com detalhes a sua opinião. Neste sentido, as categorias

de resposta servem para capturar a intensidade dos sentimentos dos respondentes (LAURADÓ, 2015).

Enquanto aguardou-se o demorado processo de aprovação do projeto pelo Comitê de Ética, foram desenvolvidos o jogo e a sua interação com o usuário por meio do dispositivo vestível *Myo* através do controle de gestos.

#### **4.3.2 Fase de Elaboração**

Na fase de Elaboração, utilizou-se o *software Enterprise Architect* para modelagem da arquitetura do sistema e a construção de diagramas UML (Línguagem Unificada de Modelagem), de casos de uso, de classes, de atividades, análise de requisitos funcionais e não-funcionais da aplicação, os quais são apresentados no Capítulo 5.

*Enterprise Architect* é uma ferramenta de modelagem e design visual baseada em UML. A plataforma suporta a concepção e construção de sistemas de *software*, modelagem de processos de negócio e modelagem de domínios baseados na indústria. Ele é usado por empresas e organizações para modelar a arquitetura de seus sistemas e para processar a implementação desses modelos em todo o ciclo de desenvolvimento do aplicativo (SPARX, 2016).

#### **4.3.3 Fase de Construção**

Na fase de Construção, foram utilizados o *software Unity 3D* e a linguagem de programação C# para desenvolvimento do jogo de quebra-cabeça com três níveis de dificuldade. Posteriormente, alterou-se o *Software Development Kit* (SDK ou *Kit de Desenvolvimento de Software*) do dispositivo vestível *Myo*, implementando-o no jogo. As ferramentas utilizadas já foram detalhadas no início deste capítulo. E os detalhes de implementação do protótipo estão apresentados no Capítulo 6.

Para o controle dos jogos, foi utilizado o dispositivo *Myo*, um bracelete capaz de controlar aplicações por meio de gestos e interagir com computadores e outros meios digitais similares, reconhecendo impulsos elétricos nos músculos do usuário. É

um modelo comercializado livremente não só para pesquisadores, mas também para consumidores comuns que desejam utilizá-lo em jogos de computador ou para controle de outras aplicações.

Por ser um método não-invasivo de eletromiografia, o dispositivo *Myo* não provoca efeitos colaterais ao participante da pesquisa, visto que é um acessório similar a um relógio ou pulseira, o qual não causa alergia, dor, irritação na pele, calosidades, nem qualquer outro dano ou prejuízo físico. Ele capta os gestos do participante e, em seguida, transmite para o computador, o qual reconhece os movimentos e executa as atividades durante a execução dos jogos.

A construção do jogo e a escolha do gênero utilizado para esta pesquisa foram acompanhadas pela equipe da AACD, a qual tem maior experiência com os pacientes, público-alvo do trabalho.

#### **4.3.4 Fase de Testes**

Na fase de Testes, a equipe da AACD fez um levantamento de crianças e adolescentes com faixa etária de oito a quinze anos que possuem deficiência nos membros superiores e frequentam a instituição, as quais apresentam os seguintes CIDs (Classificação Internacional de Doenças):

- CID 10 - Q71 - Defeitos, por redução, do membro superior;
- CID 10 - Q71.2 - Ausência congênita do antebraço e da mão;
- CID 10 - Q71.3 - Ausência congênita da mão e de dedo(s);
- CID 10 - Q71.4 - Defeito de redução longitudinal do rádio;
- CID 10 - Q71.5 - Defeito de redução longitudinal do cúbito (ulna);
- CID 10 - Q71.6 - Mão em garra de lagosta;
- CID 10 - Q71.8 - Outros defeitos de redução do membro superior;
- CID 10 - Q71.9 - Defeito por redução do membro superior, não especificado.

O “CID 10 - Q71.0 – Ausência congênita completa do(s) membro(s) superior(es)” e o “CID 10 - Q71.1 - Ausência congênita do braço e do antebraço, com

mão presente" não foram abordados nesta pesquisa, visto que as pessoas que se enquadram neles não possuem os braços, ou seja, não tem como utilizarem o Myo. Os pacientes que possuem apenas uma pequena parte do membro superior podem ter muita dificuldade em utilizar o dispositivo, pois pode ocorrer falha no reconhecimento dos músculos ou conflito de movimentos, ocasionando erros na leitura e resposta pelo Myo.

Em seguida, a equipe da AACD entrou em contato com as famílias desses pacientes através de ligações telefônicas, convidando-os a participar da pesquisa. Foi escolhida essa faixa etária, pois crianças menores de oito anos possuem a espessura do braço muito fina, de modo que o Myo poder sair do braço dos pacientes, impossibilitando a utilização do dispositivo nos testes.

O Myo possui 7 cm de diâmetro, em seu tamanho normal. É possível colocar alguns conectores a fim de diminuir seu diâmetro para 6 cm. Esse procedimento foi adotado para realizar os testes com as crianças da AACD, para que o bracelete ficasse mais firme no antebraço dos participantes. Logo, antebraços com diâmetro menor que 6 cm podem apresentar dificuldades de leitura e reconhecimento dos gestos do dispositivo vestível.

Além disso, limitou-se a idade até quinze anos, visto que o grau de dificuldade do jogo é indicado para crianças. Para pessoas adultas, o jogo talvez não seria tão atrativo, ou seja, teria que ser algo mais complexo e voltado para a sua idade.

Assim, foram incluídas na pesquisa crianças e adolescentes que apresentam o perfil procurado para a pesquisa e autorizem a sua participação, bem como os responsáveis por estas crianças que desejam participar da pesquisa. Só foram excluídas da pesquisa as pessoas que não desejaram participar.

Nessa perspectiva, o caminho percorrido para a investigação e realização dos testes na AACD foi constituído de:

- a) Apresentação da proposta de pesquisa, esclarecimentos quanto a sua importância, e o convite para os indivíduos e responsáveis para que as pessoas sejam colaboradores, no primeiro momento;
- b) Leitura e explicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, juntamente com o recolhimento de assinaturas dos responsáveis e dos indivíduos;

- c) Aplicação de um questionário (Anexo VII) com o objetivo de conhecer o perfil dos indivíduos que apresentam deficiência física e coletar informações relevantes para melhorias da aplicação;
- d) Utilização do jogo por meio de testes experimentais com os pacientes na AACD de Uberlândia;
- e) Aplicação do questionário (Anexo IX) após a utilização do jogo;
- f) Análise da avaliação dos resultados obtidos.

Dessa maneira, os testes foram realizados na AACD com dez pacientes, após a aprovação do projeto pelo CEP/UFU e pela CONEP, ocorreram durante o período de dois meses. Os testes foram realizados de modo individual, isto é, cada criança acompanhada de seu pai, mãe ou responsável encontrava-se na sala de testes para realizar todos os procedimentos.

Cada experimento teve duração de uma hora, aproximadamente, onde foram explicados mais detalhes sobre a importância da pesquisa, funcionamento do jogo e realização de demais procedimentos através de apresentação em slides e vídeo demonstrativo do jogo, leitura e assinatura dos TCLEs pelos pais e pacientes, resposta de um questionário sobre o perfil da criança, dedicação do participante ao jogo de quebra-cabeça, durante algum tempo, utilizando o dispositivo *Myo* para controle em frente a um *notebook* e, ao fim das atividades, resposta ao questionário de avaliação da utilização de jogos mediados pelo dispositivo *Myo*.

Os participantes e seus familiares receberam garantia de sigilo sobre as informações fornecidas. O Capítulo 7 apresenta a análise de resultados por meio de gráficos gerados a partir das informações coletadas nos questionários.

Nesta linha de raciocínio, as etapas de desenvolvimento do sistema, de levantamento bibliográfico e escrita da dissertação foram realizadas na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) nos laboratórios de Engenharia Biomédica (BioLab) e de Computação Gráfica do Grupo de Realidade Virtual e Aumentada (GRVA) da Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT). Na AACD, foram realizadas reuniões com a equipe da instituição com a finalidade de planejar e executar os testes com o público-alvo deste trabalho.

O bracelete *Myo* foi escolhido como o dispositivo a ser utilizado nesta pesquisa por apresentar diversas vantagens em relação a outros equipamentos, devido à sua leveza, praticidade, facilidade de uso e também por ser uma inovação tecnológica que não causa efeitos colaterais aos participantes.

Este trabalho permite que pessoas com deficiência física nos membros superiores possam interagir com jogos digitais, sem a utilização de dispositivos tradicionais, como teclado e *mouse*, o que pode trazer benefícios para facilitar a acessibilidade de crianças com deficiência física através da tecnologia assistiva. Consequentemente, pode contribuir para o aumento do nível de aceitação da deficiência pelos participantes e incentivar a criação de novos equipamentos para este público. Também possibilita melhorias no monitoramento e acompanhamento do tratamento dos pacientes por oferecer maior segurança aos participantes.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Logo, este capítulo apresentou a estrutura lógica e algorítmica dos módulos necessários ao funcionamento do sistema, incluindo a apresentação de algumas ferramentas auxiliares para o desenvolvimento do jogo.

## CAPÍTULO 5 – ARQUITETURA E ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA

### 5.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a arquitetura e especificações do sistema, de acordo com as normas comuns de engenharia de *software*.

Neste trabalho, foi utilizada a Linguagem Unificada de Modelagem ou *Unified Modeling Language* (UML), uma vez que esta é a técnica de engenharia de *software* mais conhecida e usual para modelagem de diagramas, visando a descrição, especificação, visualização, construção e documentação de sistemas.

Nessa perspectiva, são apresentados os requisitos funcionais e não-funcionais do sistema, seus casos de uso detalhados, diagramas de classes e de atividades, com os principais itens envolvidos no processo.

### 5.2 TECNOLOGIAS DE APOIO

Neste trabalho, foi utilizado um jogo quebra-cabeça para auxiliar na utilização de jogos digitais por crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores. Esta escolha foi feita baseada no fato de que este tipo de jogo pode auxiliar tanto na promoção da consciência corporal dos pacientes quanto nos aspectos cognitivos, uma vez que exercita o raciocínio lógico dos usuários.

Nessa perspectiva, utiliza-se a interface natural como meio de interação entre jogo e usuário. Ela é baseada nos movimentos que o usuário faz com o seu braço utilizando o *Myo*, o qual reconhece os gestos através da intenção de movimento dos impulsos musculares do corpo humano. O dispositivo vestível *Myo* foi escolhido como forma de interação entre usuário e jogo. Esta escolha se deu devido à sua inovação tecnológica, praticidade, facilidade de uso e também pela vantagem custo-benefício.

Além disso, optou-se por utilizar um jogo desenvolvido no Laboratório de Computação Gráfica da Universidade Federal de Uberlândia ao invés de adaptar algum jogo já existente, visto que para adaptar os comandos de entrada de jogos já

existentes, é necessário que o código-fonte seja aberto e seja implementado em *Unity 3D*, uma vez que o dispositivo *Myo* possui *plugin* para controle de manipulação de gestos e movimentos apenas com este motor de jogo. Em virtude disso, foi utilizado um quebra-cabeça implementado na game engine *Unity 3D*.

### 5.3 ARQUITETURA DO SISTEMA

Para efeitos desta pesquisa, o sistema desenvolvido foi intitulado “**Quebra-cabeça com Myo**”. A Figura 18 apresenta o protótipo do sistema, em que o usuário coloca o dispositivo vestível *Myo* em seu braço com deficiência para realizar os movimentos necessários durante a execução do jogo e se posiciona em frente a um computador.

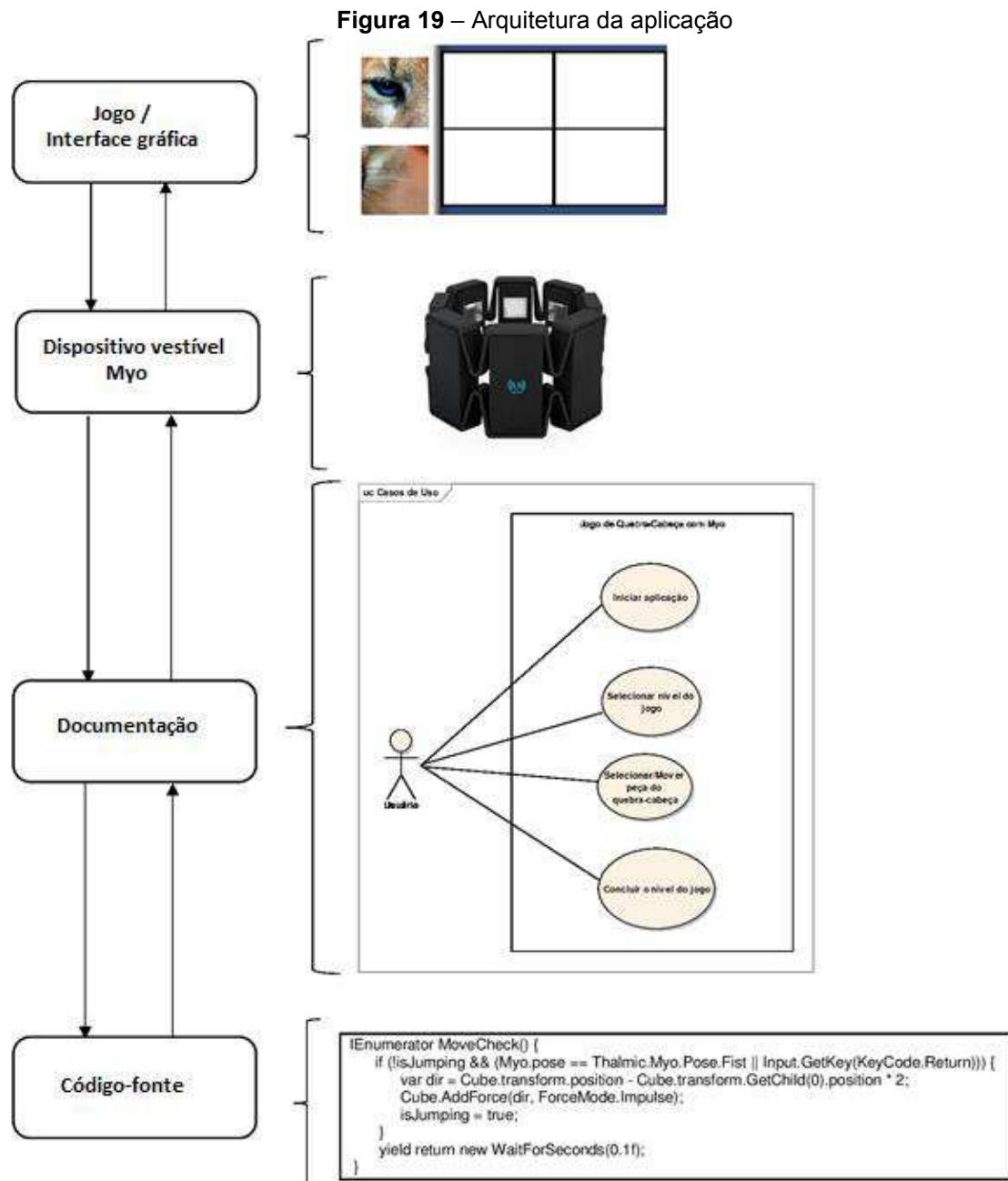
**Figura 18 – Protótipo do sistema**



A arquitetura do sistema é dividida em módulos interligados entre si, com a finalidade de separar os processos de desenvolvimento, documentação, controle e interface gráfica. A arquitetura possui quatro módulos, conforme ilustrado na Figura 19:

- **Jogo/Interface Gráfica:** responsável por criar eventos específicos por cada usuário para manipulação do jogo, ou seja, é a interface do jogo apresentada ao usuário;
- **Dispositivo vestível Myo:** responsável por aceitar ou rejeitar os eventos que chegam do módulo de interface com o usuário, isto é, é o módulo de controle do jogo, o qual reconhece os gestos realizados pelo usuário no módulo de interface;

- **Documentação:** módulo que contém componentes de negócio, ou seja, apresenta as análises de requisitos, diagramas da aplicação e regras de implementação;
- **Código-fonte:** módulo responsável pela comunicação via dispositivo vestível Myo e comunicação com o jogo.



O jogo de quebra-cabeça foi utilizado para um estudo de caso utilizando a arquitetura apresentada na figura anterior para pacientes com deficiência física nos membros superiores. Consiste em um jogo para apoio na motivação de crianças e adolescentes que possuem essa deficiência e ajudar no processo de aceitação da mesma, além de auxiliar na utilização de dispositivos tecnológicos por meio do dispositivo vestível *Myo*, o qual promove maior facilidade de uso em relação aos métodos tradicionais.

### **5.3.1 Diagramas UML**

A UML (*Unified Modeling Language* ou Linguagem Unificada de Modelagem) é uma linguagem de modelagem de diagramas que se destina a descrever, especificar, visualizar, construir e documentar um sistema. Ela possui vários tipos de diagramas que modelam e documentam diversos aspectos do sistema (PRESSMAN, 2016).

Nesta seção será apresentada a análise de requisitos do sistema e o diagrama de casos de uso que mostra o relacionamento entre o usuário e o sistema. E também é apresentado o diagrama de classes que mostra as classes utilizadas na implementação do sistema e o relacionamento entre elas.

### **5.3.2 Análise de Requisitos da Aplicação**

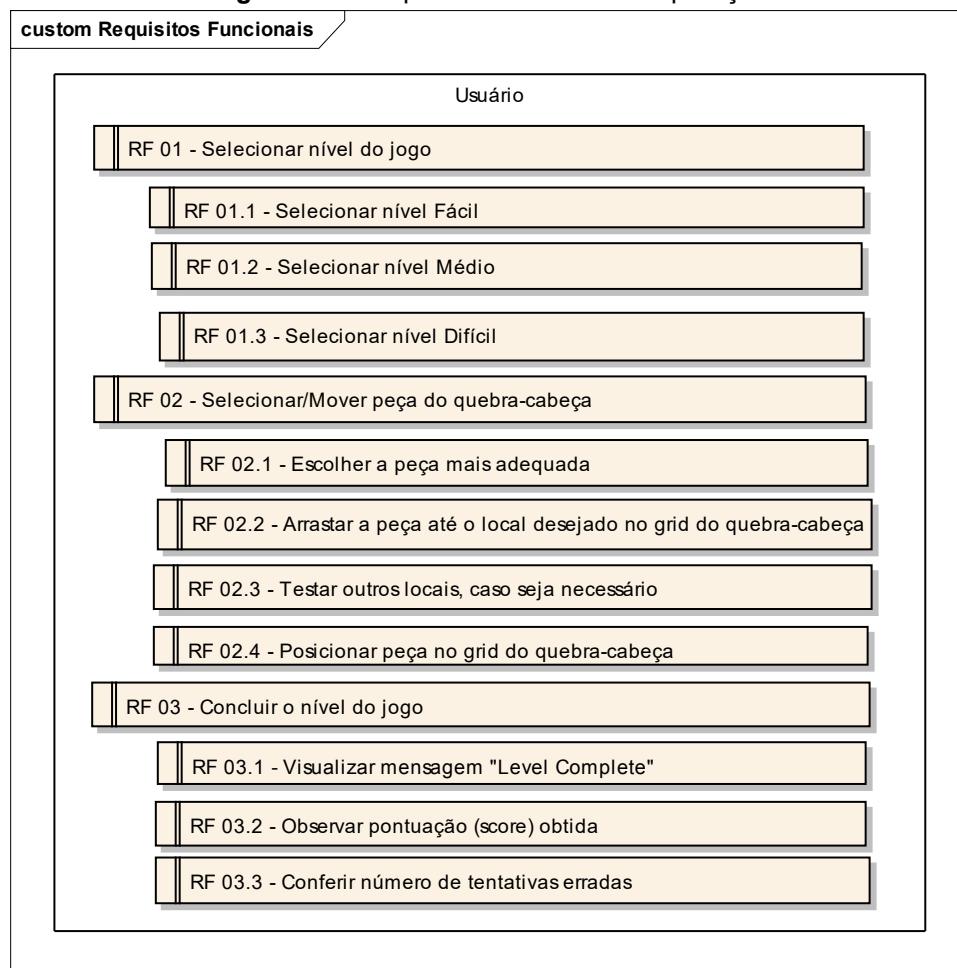
Primeiramente, foi feita a análise de requisitos da aplicação, que é o processo de fazer um levantamento de informações do sistema, ou seja, é a responsável por coletar dados indispensáveis, necessários, exigências de que o usuário necessite para solucionar um problema e alcançar seus objetivos, assim como determinar as expectativas de um usuário para determinado produto (SOMMERVILLE, 2011).

Esta fase tem como objetivo fazer uma análise sobre a funcionalidade básica que o sistema deve possuir, a fim de obter compreensão e uma visão geral do sistema como um todo.

Os requisitos funcionais descrevem explicitamente as funcionalidades e serviços do sistema. Documentam como o sistema deve reagir a entradas específicas, como devem se comportar em determinadas situações e o que o sistema não deve fazer. Também deve buscar completude e consistência em seus atributos (PRESSMAN, 2016).

Na Figura 20, pode ser visualizada os requisitos funcionais, que contém informações sobre a interação entre o usuário e o jogo. Foi escolhido um jogo de quebra-cabeça porque este tipo de jogo pode auxiliar tanto na promoção da consciência corporal dos pacientes quanto nos aspectos cognitivos, uma vez que exerce o raciocínio lógico dos usuários, segundo informações obtidas com os profissionais da AACD.

**Figura 20 – Requisitos funcionais da aplicação**



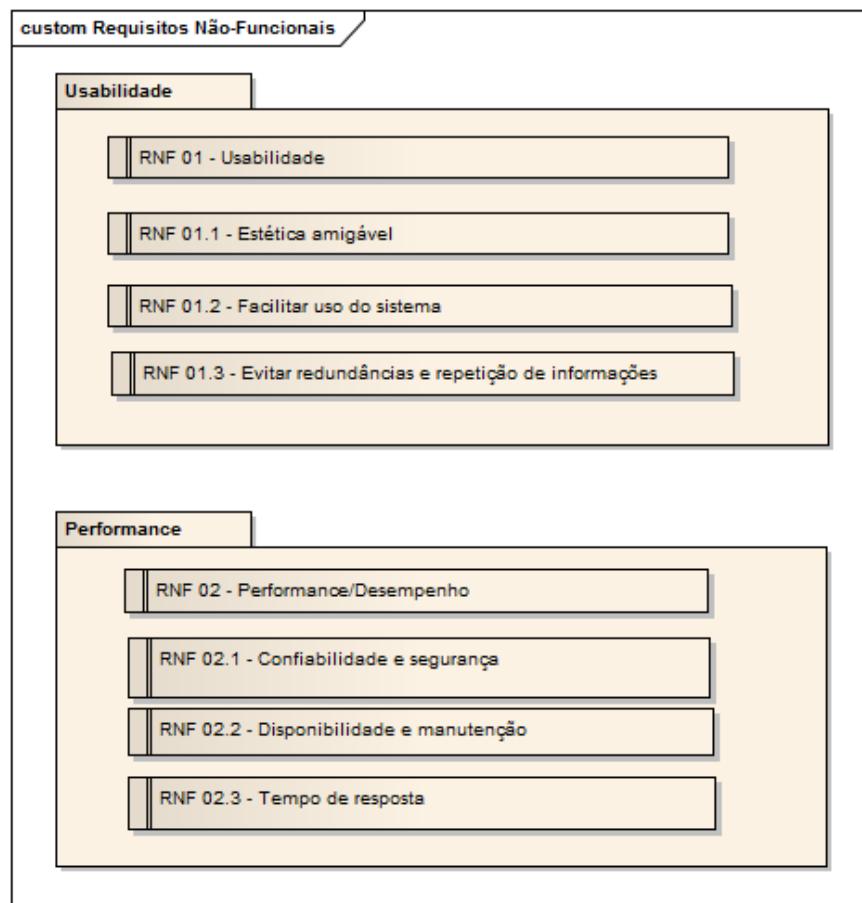
Os requisitos não-funcionais definem propriedades e restrições do sistema. Exemplos: segurança, desempenho, espaço em disco. Eles podem ser do sistema

todo ou de partes do sistema. Eles podem ser classificados em requisitos do produto (eficiência, confiabilidade, portabilidade, facilidade de uso, desempenho, espaço), organizacionais (entrega, implementação, padrões) e externos (reguladores, éticos, legais, privacidade e segurança) (PRESSMAN, 2016).

Geralmente, os requisitos não-funcionais podem ser mais críticos que os requisitos funcionais, pois são de difícil verificação. Idealmente, os requisitos não-funcionais devem ser mensuráveis. Após a implementação, estes podem ser testados objetivamente (PRESSMAN, 2016).

A Figura 21 apresenta os requisitos não-funcionais, ou seja, contém informações sobre as características de qualidade que o sistema deve possuir e que estão relacionadas às suas funcionalidades. Buscou-se um jogo de gênero mais conhecido para facilitar o aprendizado dos comandos pelos usuários, além de procurar otimizar a usabilidade e a performance do sistema, uma vez que o *Myo* permite o cadastro limitado de gestos diferentes em uma mesma aplicação.

**Figura 21 – Requisitos não-funcionais da aplicação**

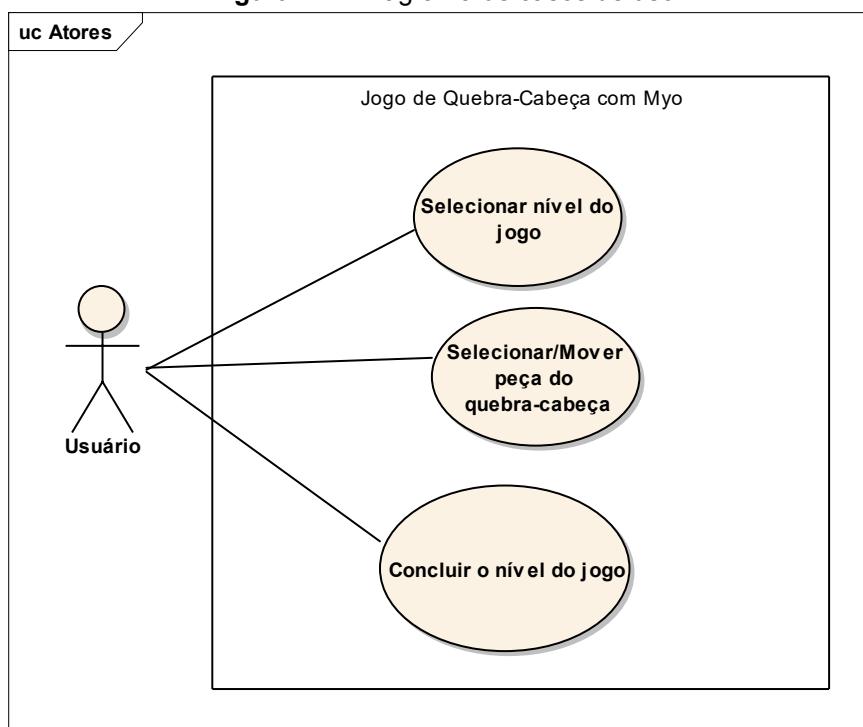


### 5.3.3 Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso é um diagrama que descreve do ponto de vista do usuário do sistema, as principais funcionalidades do sistema. Ele é representado por atores e casos de uso, onde o ator é o usuário do sistema ou um outro sistema computacional e um caso de uso define uma grande função do sistema computacional (PRESSMAN, 2016).

A Figura 22 mostra o diagrama de casos de uso do sistema desenvolvido, onde ilustra o usuário sendo o ator principal do sistema. O usuário pode selecionar o nível do jogo, mover as peças do quebra-cabeça até o grid até concluir o nível do jogo, e o seu controle ocorre por meio do dispositivo vestível Myo.

**Figura 22 – Diagrama de casos de uso**



Descrição dos Casos de Uso:

UC 01	Selecionar nível do jogo
<b>Objetivo:</b>	Selecionar qual o nível do quebra-cabeça o usuário irá jogar
<b>Cenário Principal:</b>	1 - Selecionar nível Iniciante – 2 x2; 2 - Selecionar nível Intermediário – 3 x 3; 3 - Selecionar nível Avançado – 4 x 4.

<b>UC 02</b>	<b>Selecionar/Mover peça do quebra-cabeça</b>
<b>Objetivo:</b>	Escolher peça do quebra-cabeça para encaixe no <i>grid</i> do jogo
<b>Cenário Principal:</b>	1 - Escolher a peça mais adequada dentre as disponíveis; 2 - Arrastar a peça até o local desejado no <i>grid</i> do jogo; 3 - Testar outros locais, caso seja necessário; 4 - Posicionar peça no <i>grid</i> do quebra-cabeça.

<b>UC 03</b>	<b>Concluir o nível do jogo</b>
<b>Objetivo:</b>	Terminar o nível do quebra-cabeça e exibir os resultados
<b>Cenário Principal:</b>	1 - Visualizar mensagem "Nível Completo"; 2 - Observar pontuação obtida; 3 - Conferir número de tentativas erradas.

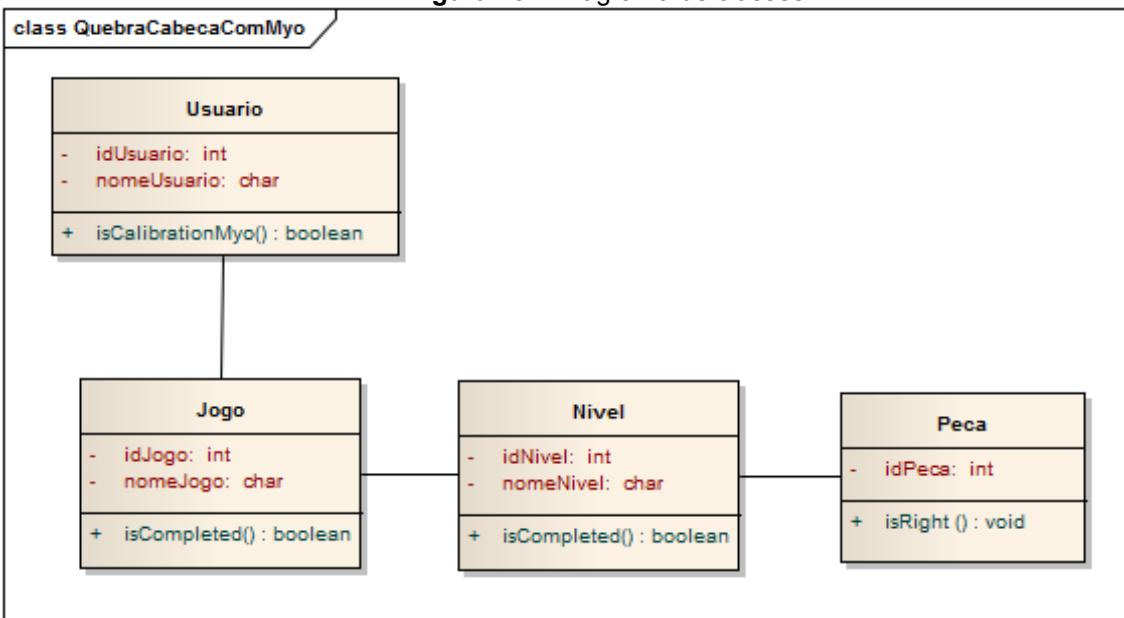
### 5.3.4 Diagrama de Classes

O diagrama de classes apresenta as diferentes classes que fazem um sistema e como elas interagem entre si e qual a responsabilidade de cada classe na realização das operações solicitadas. Uma classe define os atributos e os métodos de um conjunto de objetos. Todos os objetos desta classe compartilham o mesmo comportamento, e possuem o mesmo conjunto de atributos (PRESSMAN, 2016).

O diagrama de classes da aplicação é ilustrado na Figura 23, onde mostra o relacionamento entre objetos e classes do sistema desenvolvido.

A classe "Usuario" possui como atributos o "idUsuario" e o "nomeUsuario", além do método que verifica se o *Myo* está calibrado no Usuário. Por sua vez, a classe "Usuario" interage com a classe "Jogo", a qual possui os atributos "idJogo" e "nomeJogo", além do método que verifica se o jogo foi concluído pelo Usuário. Visto que o jogo contém níveis, a classe "Jogo" possui a classe "Nivel", a qual possui os atributos "idNivel" e "nomeNivel", além do método que verifica se o nível foi concluído pelo Usuário. Por fim, uma vez que cada nível do jogo possui um determinado de peças, a classe "Nivel" possui a classe "Peca", a qual possui o atributo "idPeca" e o método que verifica se a peça está inserida no local correto do quebra-cabeça.

**Figura 23 – Diagrama de classes**



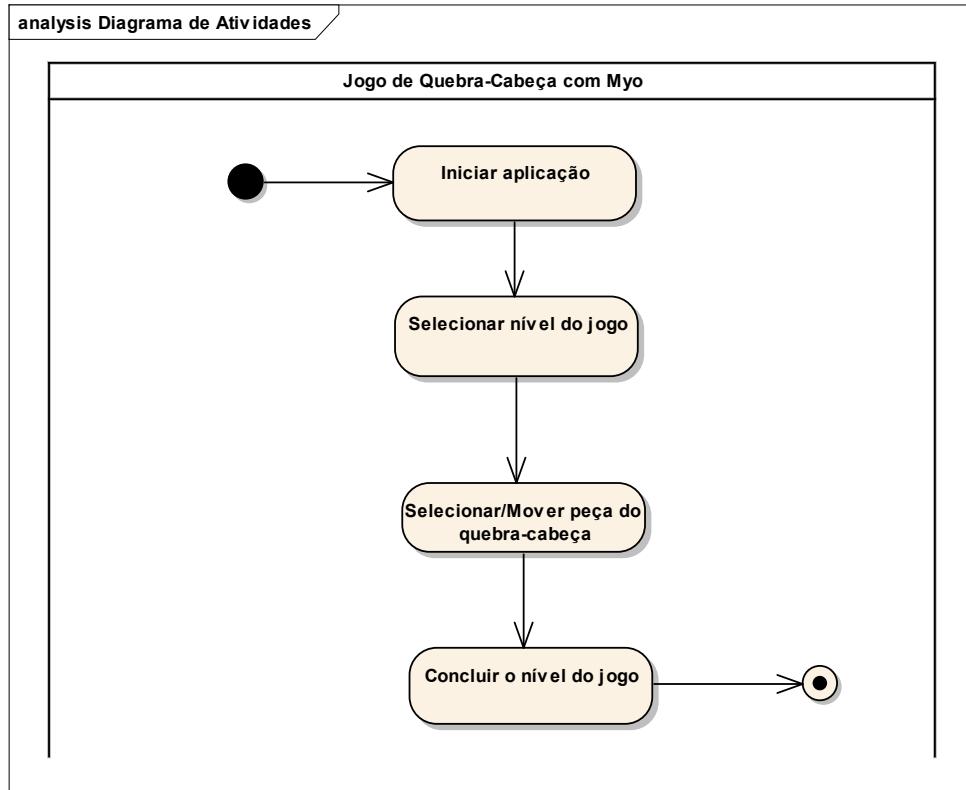
### 5.3.5 Diagrama de Atividades

Um diagrama de atividades mostra um processo de negócios ou um *software* como um fluxo de trabalho por meio de uma série de ações. Computadores, componentes de *software* ou as pessoas podem executar essas ações (PRESSMAN, 2016).

Pode-se usar um diagrama de atividades para descrever processos de diversos tipos, como: um processo de negócios ou um fluxo de trabalho entre usuários e seu sistema; as etapas executadas em um caso de uso; um protocolo de *software*, ou seja, as sequências permitidas de interações entre os componentes; um algoritmo de *software* (PRESSMAN, 2016).

A Figura 24 apresenta o diagrama de atividades do sistema desenvolvido. Este diagrama apresenta o fluxo de atividades do Jogo de Quebra-Cabeça com Myo, onde, primeiramente, a aplicação é iniciada. Em seguida, o usuário seleciona o nível do jogo. Posteriormente, seleciona cada peça do quebra-cabeça e move a peça escolhida para o local em que considera correto no *grid* do jogo, até conseguir acertar tudo e, por fim, concluir cada nível do jogo e, consequentemente, o jogo completo.

**Figura 24 – Diagrama de atividades**



#### 5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou os principais diagramas comumente usados em engenharia de *software*, a saber: casos de uso, de classes e de atividades requisitos funcionais e não-funcionais de *software* e uma breve especificação do sistema desenvolvido, que será detalhado em alguns aspectos no próximo capítulo. Além disso, foi detalhado o funcionamento e arquitetura do jogo implementado neste trabalho.

## CAPÍTULO 6 – DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO

### 6.1 INTRODUÇÃO

A aplicação apresentada neste trabalho, na forma de um jogo voltado de crianças e adolescentes com deficiência física, com idade entre oito e quinze anos, do sexo masculino ou feminino, com deficiência física nos membros superiores. A finalidade deste sistema é promover a ampliação do acesso ao entretenimento digital, motivar a promoção da consciência corporal e o tratamento dos pacientes de maneira lúdica, melhorar as habilidades cognitivas e de socialização.

Com relação aos aspectos metodológicos e tecnológicos, para a implementação do jogo, optou-se pelo uso do *game engine Unity 3D* e linguagem de programação C#, pois ambos são ferramentas gratuitas e muito populares para o desenvolvimento de jogos.

O público-alvo desta pesquisa não possui as mãos ou as possui com malformação congênita, o que limita o seu uso de dispositivos, como *mouse* e teclado, por exemplo. Para solucionar este problema, optou-se em utilizar o dispositivo vestível *Myo* que, ao ser colocado no braço da criança, possui a finalidade de reconhecer as contrações musculares do usuário e transformá-los em comandos para a navegação do jogo.

Nessa linha de raciocínio, a criança coloca o dispositivo *Myo* em seu braço para realizar os movimentos necessários durante a execução do jogo e se posiciona em frente a um computador.

O *Myo*, ao invés de reproduzir diretamente os movimentos, como o *Kinect*, tem formato de braçadeira e fica posicionado no braço do usuário; através do contato com a pele, percebe a atividade elétrica dos músculos do braço, traduzindo os mínimos movimentos para um computador com a capacidade de controlar uma variedade de aparelhos.

O *Myo* possui a habilidade de controlar equipamentos tecnológicos, reagindo a partir de movimentos sutis. A variedade de aparelhos que podem ser controlados é muito grande, sendo possível jogar *games*, controlar vídeos, passar *slides* e manipular aeromodelos apenas com os movimentos do braço e da mão.

## 6.2 CONFIGURAÇÕES DO MYO

Primeiramente, foi realizado um estudo sobre o dispositivo vestível *Myo* com a finalidade de aprender sobre os seus comandos de execução, suas características, seus princípios de funcionamento.

Os símbolos apresentados na Figura 25 são os principais gestos realizados pelo usuário durante a execução de aplicações controladas pelo *Myo*, conforme padrão do dispositivo vestível.

**Figura 25** – Gestos executados pelo usuário utilizando o *Myo*



**Fonte:** Myo (2016).

Nessa perspectiva, foram realizados vários testes para entender o funcionamento do bracelete e dos *plugins* disponibilizados para *download*, com a finalidade de conhecer as várias possibilidades do que se pode fazer com o *Myo*.

Na Tabela 2, segue a descrição dos músculos utilizados para cada movimento que o usuário executa ao utilizar o *Myo*.

**Tabela 2** – Músculos utilizados para cada movimento

Movimento	Músculos
<i>Wave In</i>	Flexor radial do carpo, palmar longo e flexor ulnar do carpo
<i>Wave Out</i>	Extensor radial do carpo, extensor radial curto do carpo e extensor ulnar curto do carpo
<i>Fist</i>	Pronador teres, flexor ulnar do carpo, palmar longo, flexor superficial dos dedos
<i>Fingers Spread</i>	Extensor dos dedos, extensor do indicador e extensor do dedo mínimo
<i>Double Tap</i>	Extensor dos dedos, flexor dos dedos, extensor do dedo indicador, extensor longo do dedo polegar

**Fonte:** Santos (2016).

No jogo de quebra-cabeça apresentado, o gesto "*Double Tap*" é utilizado para iniciar o jogo. Os gestos "*Wave Left*" e "*Wave Right*" são utilizados para selecionar as peças do quebra-cabeça para a esquerda e para a direita, respectivamente. Para mover as peças até o *grid*, utiliza-se o gesto "*Fist*", e para encaixar as peças do quebra-cabeça no *grid*, utiliza-se o gesto "*Fingers Spread*".

A partir das informações sobre quais músculos são utilizados em cada movimento, foi possível analisar os perfis dos CIDs que podem participar da pesquisa. Isso é fundamental, visto que nas pessoas que não possuem a parte do membro superior onde se localizam os músculos que executam os movimentos realizados pelo *Myo*, provavelmente pode ocorrer falha no reconhecimento dos músculos, impossibilitando os testes com estes pacientes.

### 6.3 DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Para o desenvolvimento do jogo, foi utilizada a *game engine Unity 3D*, por oferecer diversos recursos de computação gráfica necessários para implementação do projeto, além de possuir *plugin* de compatibilidade com o dispositivo vestível *Myo*.

Também foi utilizada a linguagem de programação C#, por ser de fácil compatibilidade com o *software Unity 3D*.

Ambas as tecnologias foram explicadas detalhadamente no Capítulo 4.

O código-fonte do jogo é apresentado no Anexo X.

### 6.4 CONTROLE DO JOGO PELO MYO

Após esses procedimentos, pode-se desbloquear o *software*, colocar o *Myo* no braço do usuário, efetuar a calibração do dispositivo e usar os movimentos do braço da pessoa ao invés de *mouse* e teclado.

Dessa forma, foram substituídos os comandos que utilizam o *mouse* e teclado no jogo por gestos do usuário, para que o sistema seja usado com o dispositivo vestível *Myo*.

O código-fonte implementado no *Unity 3D* para utilização do *Myo* como forma de entrada do jogo é apresentado no Anexo XI.

## 6.5 INTERFACE GRÁFICA DO USUÁRIO (GUI)

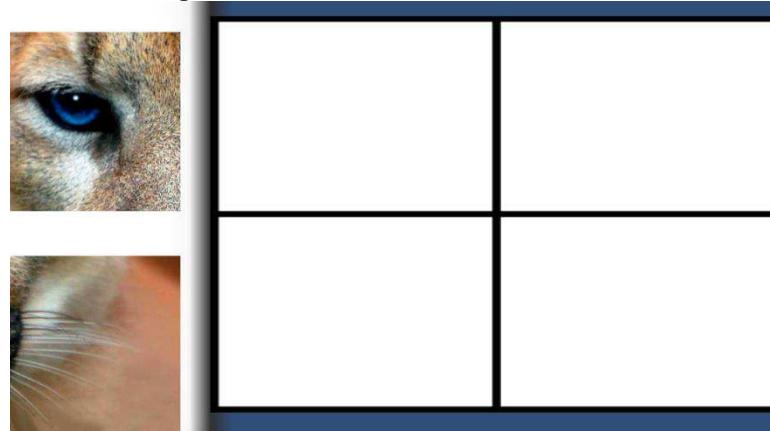
A Figura 26 apresenta a Interface Gráfica do Usuário (GUI) principal do “**Quebra-cabeça com Myo**”. No menu inicial, há três opções de níveis do jogo: Iniciante, Intermediário e Avançado.

**Figura 26** – Menu inicial do jogo



Ao selecionar o nível “Iniciante”, é exibido o jogo de quebra-cabeça 2 x 2, ou seja, com quatro peças, conforme pode ser visto na Figura 27.

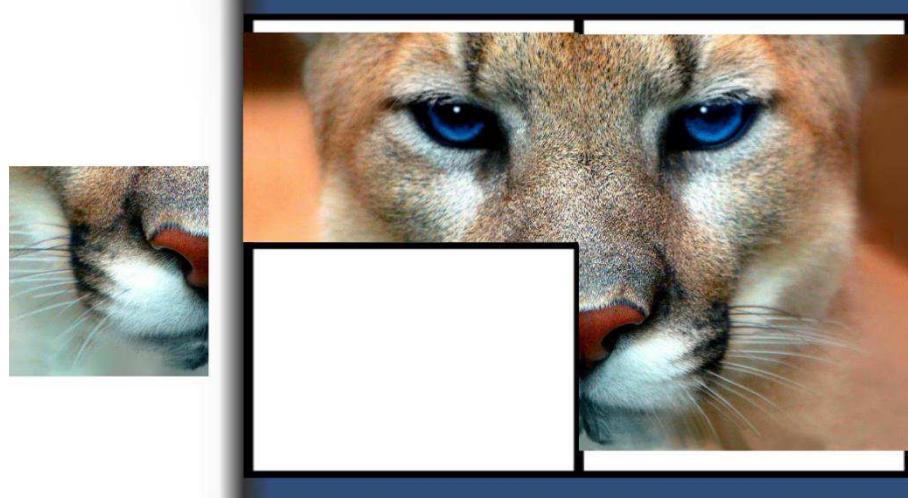
**Figura 27** – Tela inicial do Nível Iniciante



As peças do jogo ficam do lado esquerdo da tela. Para arrastar as peças para o *grid* do quebra-cabeça, é preciso fazer gestos com o braço que está utilizando o dispositivo vestível Myo até concluir o nível atual do jogo.

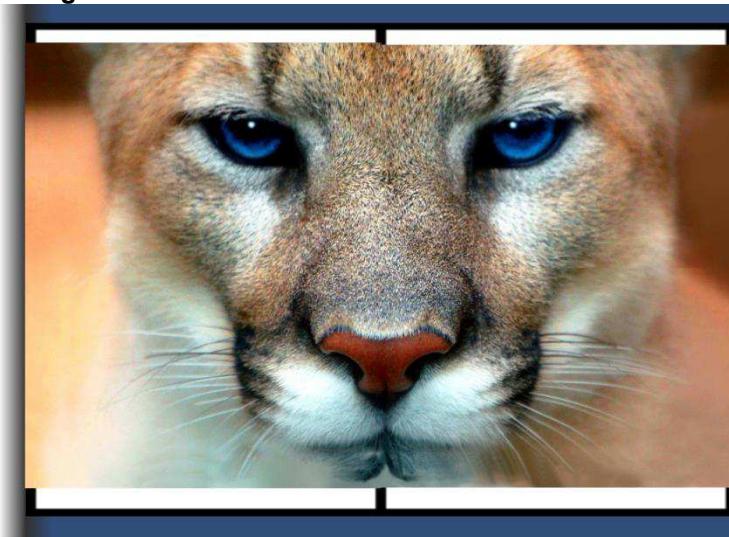
A Figura 28 apresenta o nível “Iniciante” do jogo em resolução, em que algumas peças já foram inseridas no *grid* do jogo.

**Figura 28** – Nível Iniciante do jogo em resolução



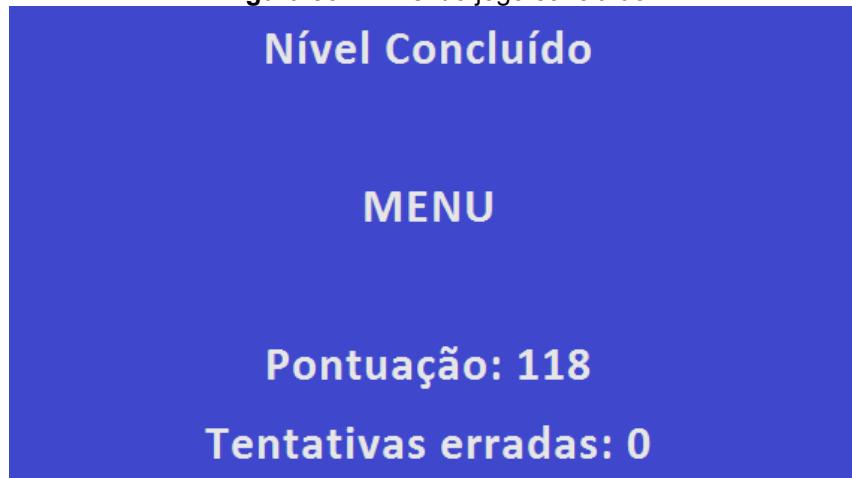
A Figura 29 apresenta o nível “Iniciante” concluído do jogo.

**Figura 29** – Nível Iniciante concluído



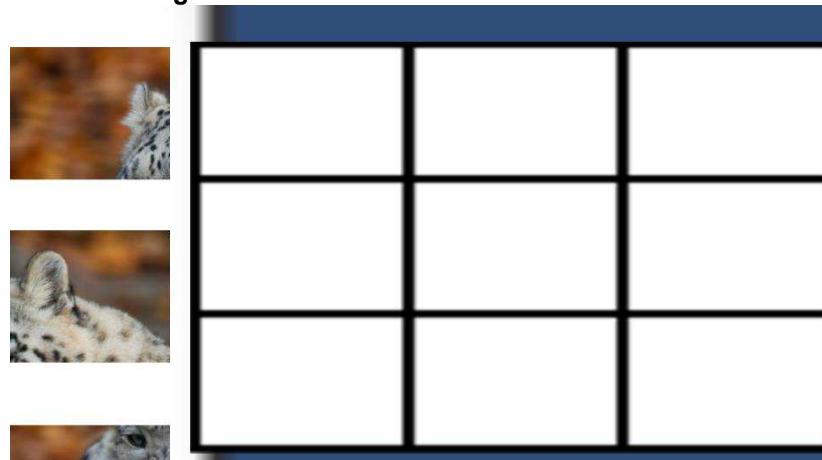
Após a conclusão do nível do quebra-cabeça, é exibida a mensagem “Nível Concluído” juntamente com a pontuação e o número de tentativas erradas do usuário durante o jogo, conforme pode ser observado na Figura 30. Há também a opção de retornar ao menu inicial para selecionar outro nível do jogo.

**Figura 30 – Nível do jogo concluído**



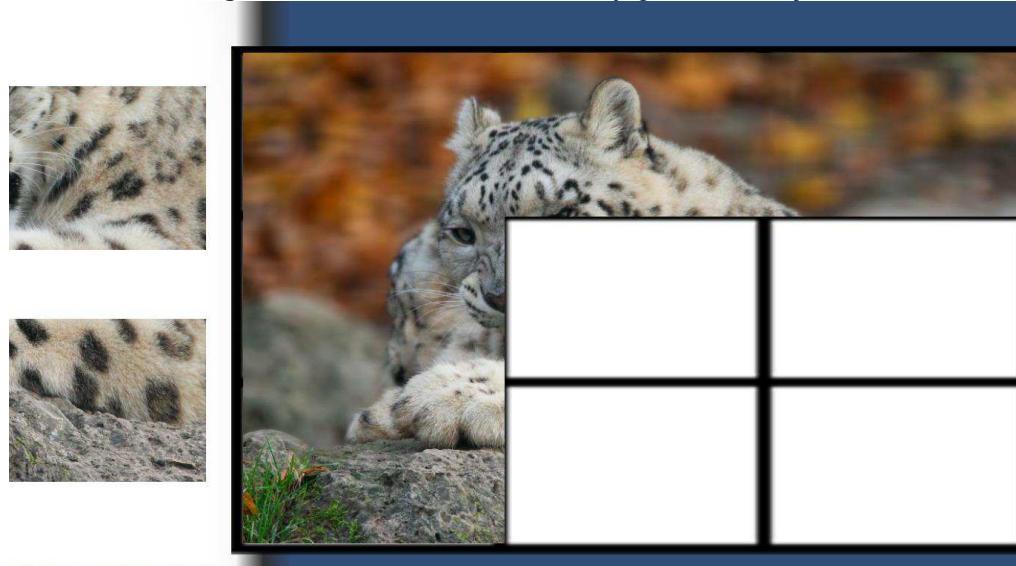
Ao escolher o nível “Intermediário”, é apresentado o jogo de quebra-cabeça 3 x 3, isto é, com nove peças, de acordo com a Figura 31.

**Figura 31 – Tela inicial do Nível Intermediário**



A Figura 32 apresenta o nível “Intermediário” do jogo em resolução, em que algumas peças já foram inseridas no *grid* do jogo.

**Figura 32 – Nível Intermediário do jogo em resolução**



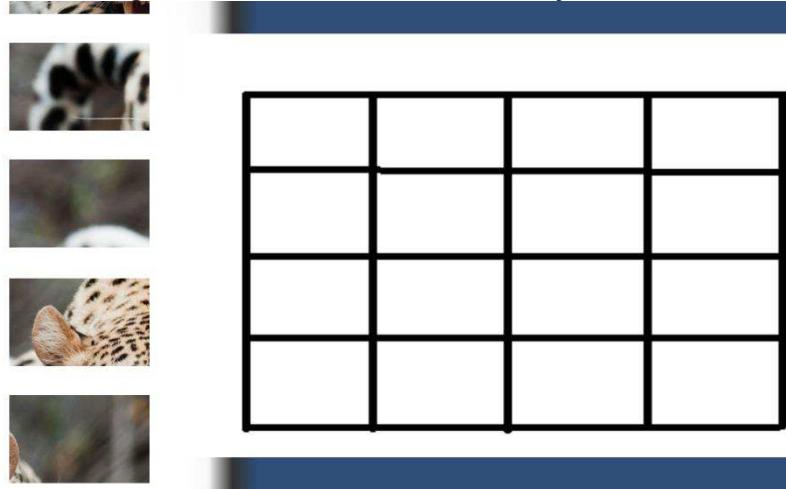
A Figura 33 apresenta o nível “Intermediário” do jogo concluído.

**Figura 33 – Nível Intermediário concluído**



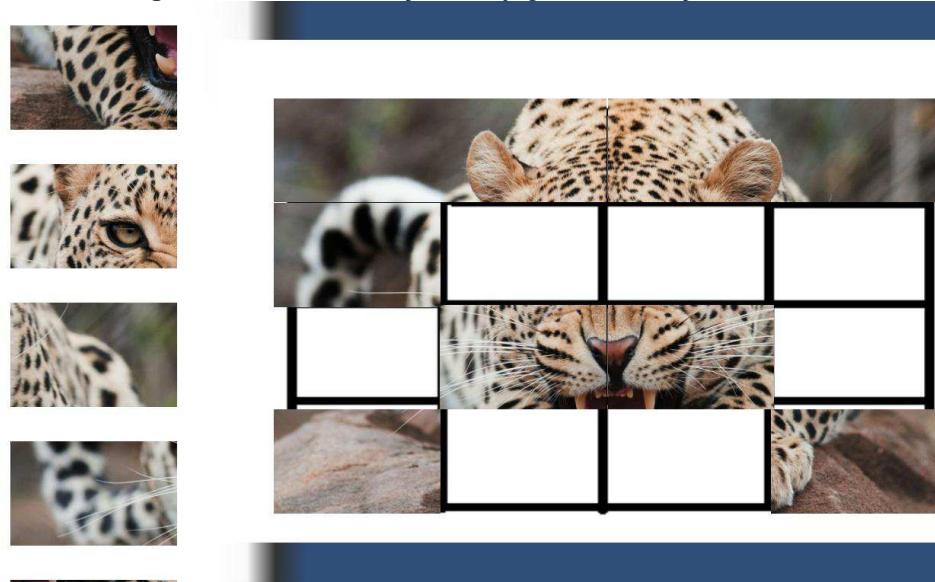
Por fim, o nível “Avançado” mostra o jogo de quebra-cabeça 4 x 4, ou seja, com dezesseis peças, segundo Figura 34.

**Figura 34 – Tela inicial do Nível Avançado**



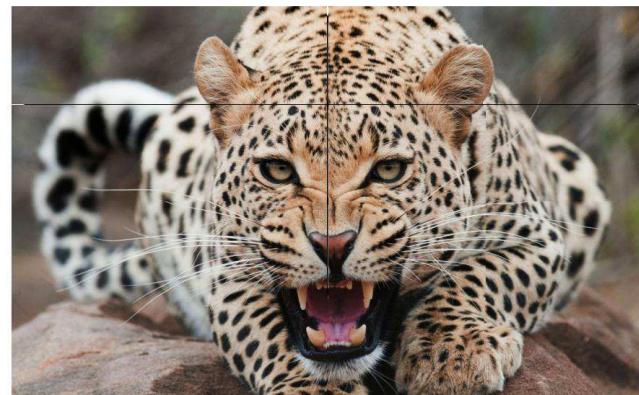
A Figura 35 apresenta o nível “Avançado” do jogo em resolução, em que algumas peças já foram inseridas no *grid* do jogo.

**Figura 35 – Nível Avançado do jogo em resolução**



A Figura 36 apresenta o nível “Avançado” do jogo concluído.

**Figura 36** – Nível Avançado concluído



## 6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, este capítulo apresentou os detalhes sobre a implementação do jogo e a sua respectiva função de transferência, ou seja, adaptação do jogo construído na ferramenta *Unity* utilizando o dispositivo vestível *Myo* para controle dos comandos através de gestos e movimentos do braço do usuário.

## CAPÍTULO 7 – RESULTADOS

### 7.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos na avaliação do jogo de quebra-cabeça para crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores. Os procedimentos mais detalhados sobre a metodologia abordada para a realização dos testes foram explicados no Capítulo 4.

### 7.2 APLICAÇÃO DO JOGO COM PACIENTES DA AACD

Primeiramente, a AACD fez um levantamento do público-alvo para a pesquisa: crianças e adolescentes com faixa etária entre oito e quinze anos que possuem deficiência física nos membros superiores, as quais apresentam os seguintes CIDs:

- CID 10 - Q71 - Defeitos, por redução, do membro superior;
- CID 10 - Q71.2 - Ausência congênita do antebraço e da mão;
- CID 10 - Q71.3 - Ausência congênita da mão e de dedo(s);
- CID 10 - Q71.4 - Defeito de redução longitudinal do rádio;
- CID 10 - Q71.5 - Defeito de redução longitudinal do cúbito (ulna);
- CID 10 - Q71.6 - Mão em garra de lagosta;
- CID 10 - Q71.8 - Outros defeitos de redução do membro superior;
- CID 10 - Q71.9 - Defeito por redução do membro superior, não especificado.

Neste levantamento, foram encontradas 44 pacientes que já frequentaram a instituição com este tipo de deficiência. Em seguida, foram feitas ligações telefônicas para entrar em contato com as famílias desses pacientes e explicar sobre a pesquisa. Dos 44 pacientes, 24 manifestaram interesse em participar da pesquisa. Os outros 20 pacientes não participaram pelos seguintes motivos: alguns não foram encontrados, pois o telefone cadastrado no sistema da instituição não existe mais; outros mudaram

de cidade e/ou estado; outros moram em cidades vizinhas, mas acham difícil a locomoção até a cidade de Uberlândia para participação da pesquisa; outros alegaram que seus filhos já ganharam alta da AACD, que convivem bem com a deficiência física no cotidiano e não tem interesse em participar da pesquisa; outros ainda disseram que os filhos não queriam participar da pesquisa.

Desse modo, foi preparada uma sala da AACD para recepcionar os pacientes e suas famílias para a realização dos testes com o jogo controlado pelo dispositivo vestível *Myo*.

Nas datas e horários marcados, apareceram dez participantes da pesquisa, onde foi apresentado o projeto em forma de slides para explicar melhor a sua finalidade, e vídeo demonstrativo de funcionamento do jogo. Posteriormente, foram entregues o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos pais e o Termo de Assentimento para as crianças e adolescentes, e foram solucionadas dúvidas sobre o projeto de pesquisa. Após a leitura dos TCLEs, os mesmos foram assinados.

Em seguida, foi preenchido o questionário sobre avaliação do perfil do indivíduo com os dados pessoais do participante da pesquisa (criança ou adolescente). Então, foi colocado o bracelete *Myo* no braço do participante da pesquisa para que os comandos do jogo sejam controlados pelos gestos e movimentos da criança ou adolescente.

Após a execução do jogo, foi aplicado ao participante da pesquisa um questionário sobre a avaliação da utilização do jogo mediada pelo dispositivo vestível *Myo*. O atendimento a cada participante da pesquisa foi realizado de maneira individual. Todos os procedimentos foram acompanhados pelos pais e por uma Terapeuta Ocupacional que trabalha na AACD.

Os participantes da pesquisa possuem deficiência física congênita no membro superior direito. Logo, utilizam mais o membro superior esquerdo para as atividades diárias, inclusive escrever. Além disso, alguns participantes ainda têm vergonha e querem esconder o membro que possui a deficiência e não queriam jogar com ele, apenas com o outro braço. Para isso, inicialmente, cada criança jogou com o braço esquerdo (sem deficiência) e, depois, com o braço direito (com deficiência). Com isso, percebeu-se que as crianças sentiram-se mais motivadas a utilizar o braço com deficiência.

Algumas crianças tiveram o comportamento igual ao jogar com ambos os braços. Porém, outras apresentaram maior dificuldade de controlar o jogo com o braço que possui a deficiência. Isso pode ocorrer devido a vários fatores, dentre eles: pouco uso do membro com deficiência e anomalias musculares próprias da deficiência.

Os pais das crianças, que presenciaram a realização dos testes, gostaram da utilização de jogos mediados pelo dispositivo *Myo*, pois acreditam que esta prática pode auxiliar na melhoria da funcionalidade do membro com deficiência e da aceitação da mesma. Eles alegaram que, apesar do tratamento já realizado pela AACD, acompanhamento com psicólogos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, ainda é muito difícil para as crianças lidar com a deficiência, principalmente na fase da adolescência, pois possuem muita vergonha, sentem-se diferentes das demais pessoas ou incapazes de realizar determinadas atividades, mesmo que a deficiência seja mínima, como de um dedo, por exemplo.

A Figura 37 mostra uma paciente de 13 anos que possui hipoplasia total do dedo polegar direito, ou seja, ausência do dedo polegar direito. Porém, todos os seus dedos da mão direita são menores e mais enrijecidos do que os dedos da mão esquerda, impossibilitando que ela utilize a mão direita normalmente.

**Figura 37 – Criança com hipoplasia total do dedo polegar direito**



A Figura 38 apresenta uma paciente de 9 anos que possui hipoplasia parcial de polegar direito, isto é, ela possui uma parte bem pequena (mínima) do dedo polegar direito. Porém, todos os seus dedos da mão direita são mais enrijecidos do que os dedos da mão esquerda, impossibilitando que ela utilize a mão direita normalmente.

**Figura 38 – Criança com hipoplasia parcial do dedo polegar direito**



A Figura 39 exibe uma paciente de 12 anos que possui agenesia de mão direita, ou seja, ausência da mão direita.

**Figura 39 – Criança com agenesia de mão direita**



Na Figura 40, pode ser visto uma paciente de 8 anos que possui hipoplasia parcial de falanges direito, isto é, ela possui uma parte bem pequena (mínima) dos dedos anelar e mínimo da mão direita, além de assimetria de membros, ou seja, ela possui os membros superiores com tamanhos diferentes. Porém, todos os seus dedos da mão direita são menores e mais enrijecidos do que os dedos da mão esquerda, impossibilitando que ela utilize a mão direita normalmente.

**Figura 40** – Criança com hipoplasia parcial de falanges



Na AACD – Unidade Uberlândia, está em construção uma sala de Reabilitação Virtual. A instituição já fez solicitação de compra de vários equipamentos e dispositivos tecnológicos, inclusive do *Myo*, para auxiliar no processo de promoção da consciência corporal de pacientes que frequentam o local. Ou seja, a instituição quer dar continuidade no projeto e aplicar o jogo no tratamento de pacientes com esse tipo de deficiência física. A coordenação da instituição convidou a equipe de pesquisa da UFU para auxiliar no processo de montagem da sala com a finalidade de explicar o funcionamento dos equipamentos e dispositivos tecnológicos para os funcionários da AACD, além da disponibilização de jogos para reabilitação e promoção da consciência corporal de modo virtual, inclusive do jogo apresentado neste trabalho.

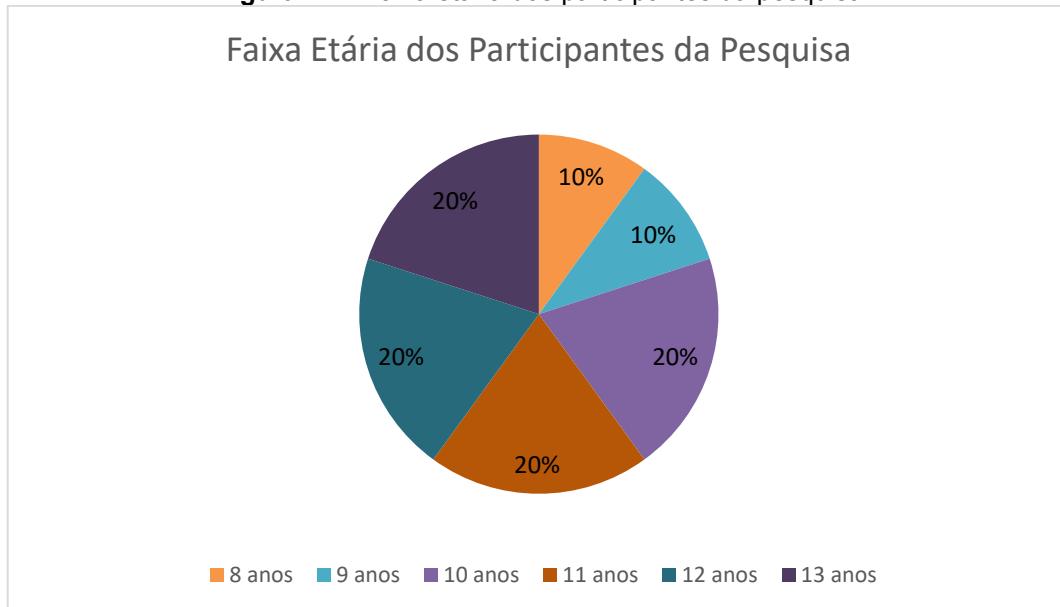
### 7.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 7.3.1 Análise do Questionário de Perfil dos Indivíduos

A partir dos testes realizados com os pacientes da AACD, foram analisados os dados obtidos com a aplicação do questionário para avaliação do perfil do indivíduo aos 10 indivíduos que participaram da pesquisa, de acordo com o questionário que consta no Anexo VII.

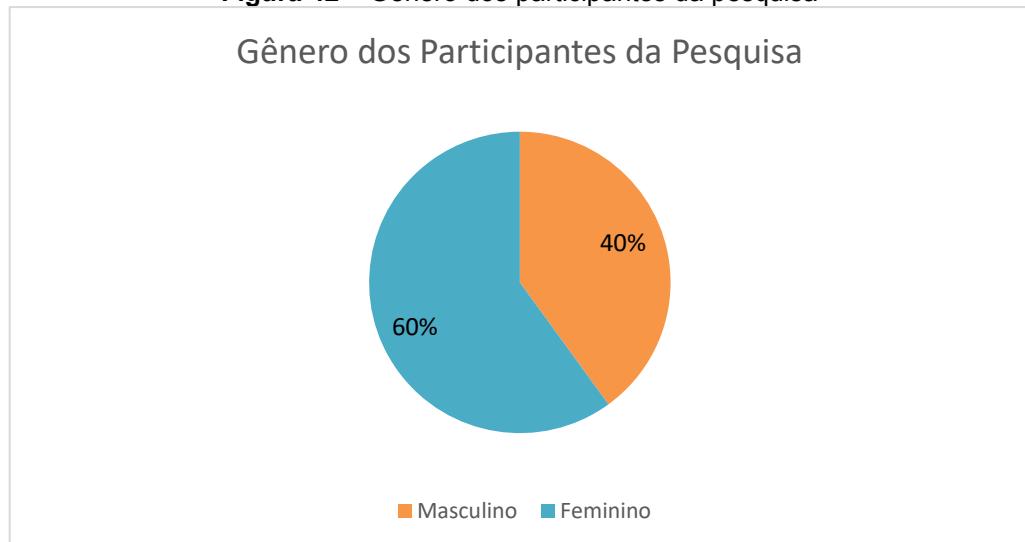
Primeiramente, verificou-se a faixa etária dos participantes da pesquisa, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 41. Nele, observa-se que os testes foram realizados com: uma criança de 8 anos, uma criança de 9 anos, duas crianças de 10 anos, duas crianças de 11 anos, duas crianças de 12 anos e duas crianças de 13 anos.

**Figura 41 – Faixa etária dos participantes da pesquisa**



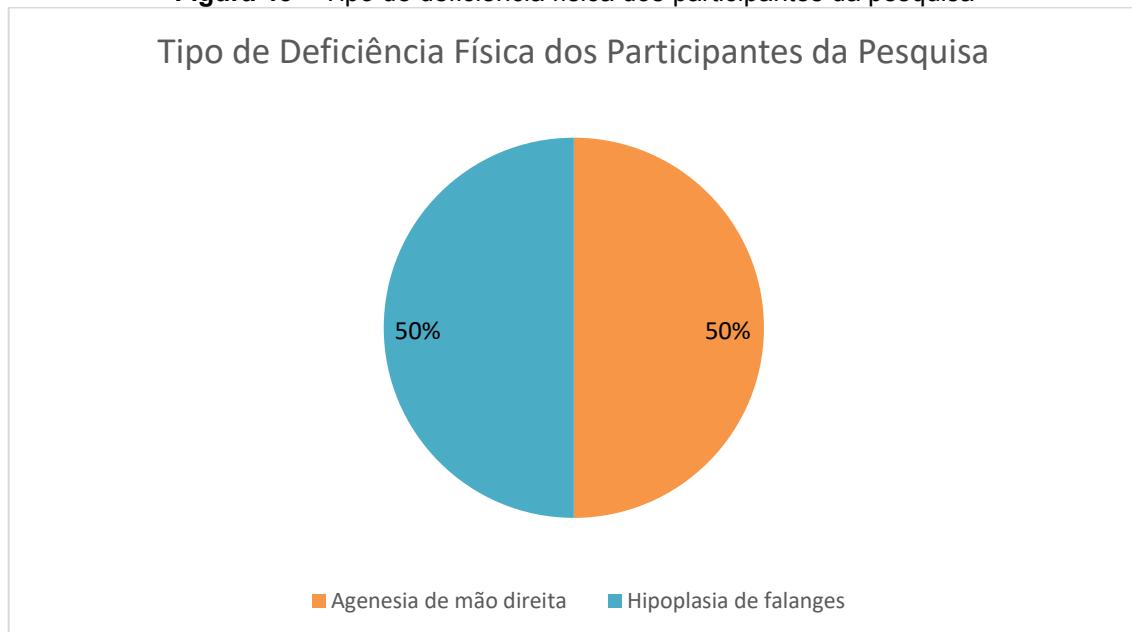
Em seguida, verificou-se o gênero dos participantes da pesquisa, segundo é mostrado no gráfico da Figura 42. Assim, percebe-se que 6 indivíduos eram do sexo feminino e 4 eram do sexo masculino.

**Figura 42 – Gênero dos participantes da pesquisa**



As 10 crianças que participaram da pesquisa possuem deficiência física congênita (desde o nascimento), ocasionada por malformação durante a gestação: 5 crianças possuíam agenesia de mão direita (CID Q71.3 - Ausência congênita de mão e de dedos) e outras 5 possuíam hipoplasia de falanges (CID Q71.8 - Outros defeitos de redução do membro superior), de acordo com o gráfico da Figura 43. As crianças possuem outras deficiências também, podendo ser físicas (nos membros inferiores), mentais ou cardiovasculares.

**Figura 43 – Tipo de deficiência física dos participantes da pesquisa**



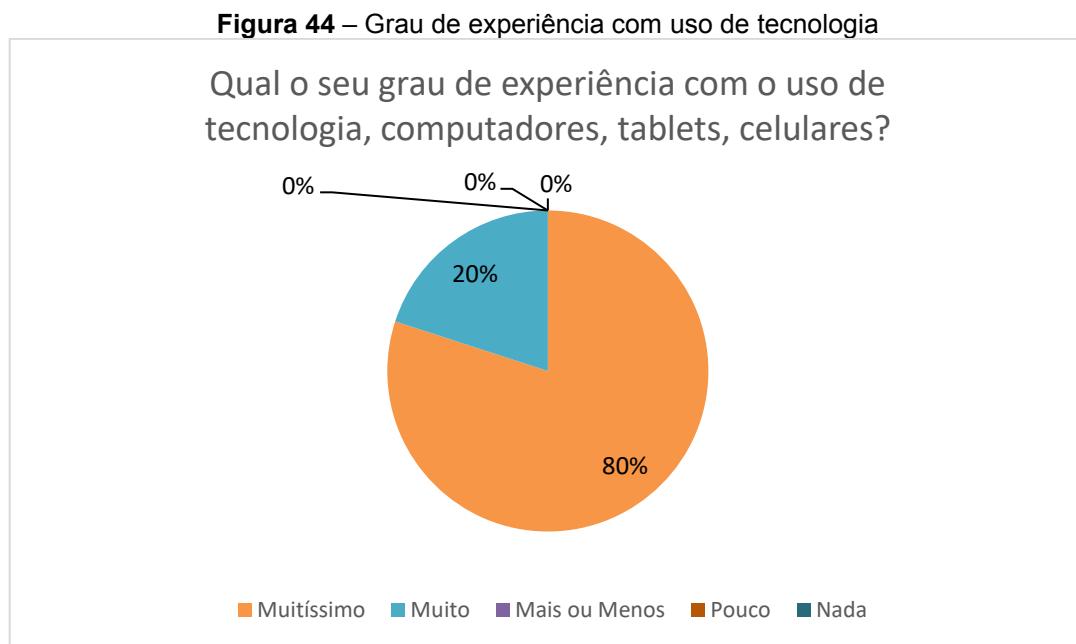
As outras perguntas do questionário de avaliação do perfil dos indivíduos participantes da pesquisa permitiram identificar que os gêneros de jogos preferidos das crianças são: jogos de aventura, raciocínio e criatividade.

Além disso, verificou-se que as crianças estão no ensino fundamental, a maioria está no ano escolar adequado para sua idade. Porém, algumas já tiveram reprovações e estão um pouco atrasadas, pois possuem problemas de déficit de atenção, hiperatividade e dificuldade de aprendizagem.

As crianças também possuem limitações para a realização das atividades cotidianas que necessitam de ambas as mãos, visto que as 10 crianças que participaram da pesquisa possuem deficiência no membro superior direito. Dessa

forma, elas são canhotas e procuram fazer a maioria das atividades com a mão esquerda.

A Figura 44 apresenta um gráfico referente às respostas sobre o grau de experiência das crianças com tecnologia, computadores, *tablets* e celulares. Dessa maneira, percebe-se que os participantes da pesquisa usam dispositivos tecnológicos de modo intensivo, apesar de possuírem deficiência no membro superior. Porém, os pais disseram que seus filhos gostam de utilizar esses aparelhos apenas em casa, com a família. Em ambientes externos, elas têm vergonha de mostrar a sua limitação motora no membro superior para pessoas desconhecidas, devido ao receio de preconceito e rejeição.



A Figura 45 mostra um gráfico referente ao grau de experiência das crianças com jogos digitais e *vídeo game*. Nele, observa-se que há um uso moderado de jogos. Segundo os pais, as crianças não conseguem jogar a maioria dos jogos digitais sozinhas devido à deficiência no membro superior direito, e ficam frustradas por não terem autonomia ao realizar esta prática. Então, os pais alegaram que não autorizam seus filhos a jogar muito para evitar esse tipo de situação, o que pode acarretar comportamento de baixa autoestima das crianças e redução do convívio social.

**Figura 45 – Grau de experiência com uso de jogos digitais**

Portanto, apesar dos participantes da pesquisa usarem aparelhos tecnológicos com muita frequência, eles não costumam jogar. Logo, este trabalho é importante para incentivar o público-alvo a ampliar o seu acesso ao entretenimento digital, uma vez que jogos digitais podem ser importantes para o processo de promoção da consciência corporal das crianças e adolescentes com deficiência nos membros superiores. Também podem trazer outros benefícios, como auxiliar na aceitação da limitação motora, motivar os pacientes a utilizar com maior frequência o membro com deficiência, desenvolver e criar habilidades, despertar potenciais, conhecer novas tecnologias, melhorar a cognição, os aspectos emocionais e físicos, a socialização e o lazer.

### **7.3.2 Análise do Questionário de Aceitabilidade**

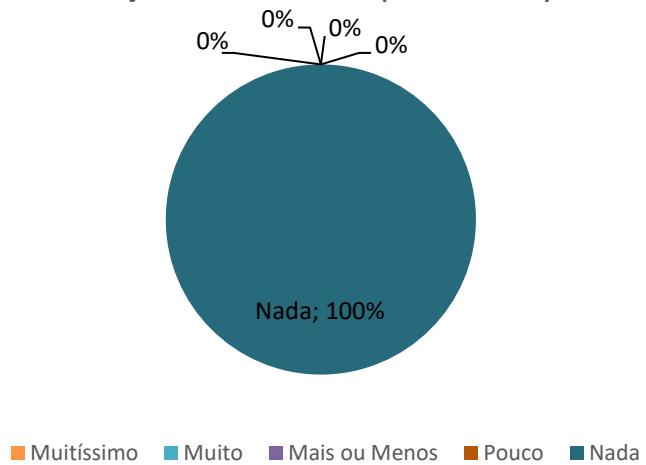
O questionário aplicado aos participantes da pesquisa após a utilização do jogo mediado pelo dispositivo *Myo* consta no Anexo IX. São vinte perguntas que abordam diversas características sobre os testes envolvendo jogos controlados pelo *Myo*.

A Figura 46 exibe o resultado referente às respostas para a 1<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu já conhecia o dispositivo *Myo*?”. Assim, pode-se observar que

nenhum dos participantes da pesquisa conhecia o *Myo*, ou seja, o bracelete foi uma novidade para as crianças envolvidas nos testes e para os seus respectivos pais.

**Figura 46 – Conhecimento sobre a existência do *Myo***

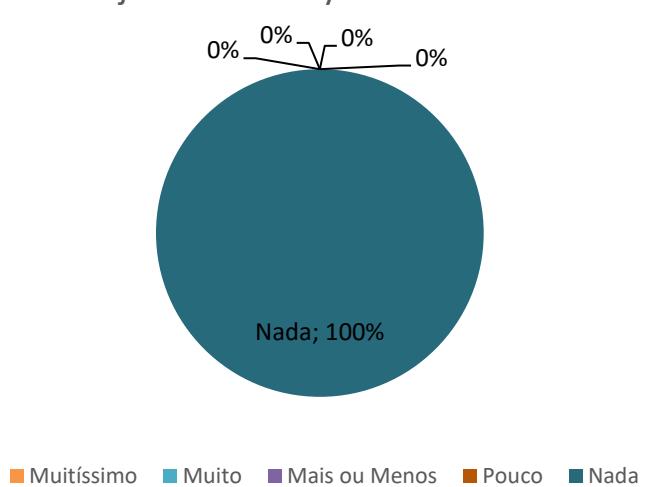
1. Eu já conhecia o dispositivo *Myo*?



A Figura 47 apresenta o gráfico referente às respostas para a 2<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu já utilizei o *Myo* anteriormente?”. Dessa forma, verifica-se que nenhum dos participantes da pesquisa já utilizou o dispositivo vestível, isto é, esse foi o primeiro contato dos usuários com o *Myo*.

**Figura 47 – Uso do *Myo***

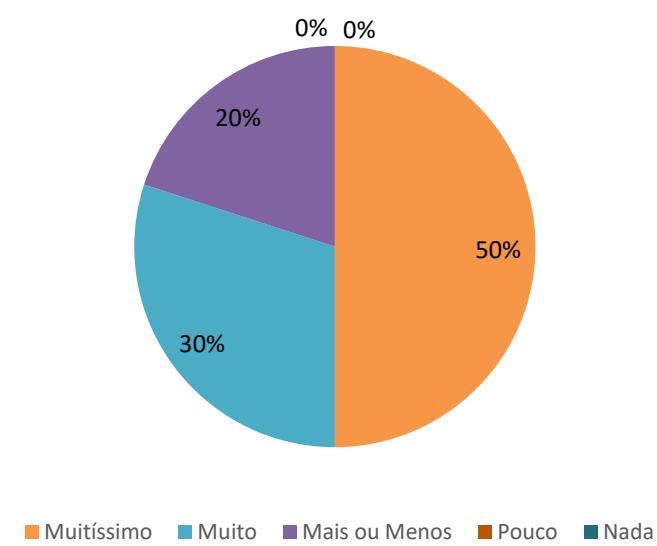
2. Eu já utilizei o *Myo* anteriormente?



Na Figura 48, é mostrado o resultado referente às respostas para a 3<sup>a</sup> pergunta do questionário “Foi fácil aprender a utilizar o Myo para jogar?”. Então, observa-se que a aprendizagem para utilização do Myo foi moderada, visto que as respostas apresentadas foram variadas. Isso ocorreu porque algumas crianças têm déficit de atenção e dificuldade de aprendizagem, correlacionadas à deficiência física no membro superior, o que, consequentemente, também pode prejudicar a adaptação ao novo método de jogar.

**Figura 48 – Facilidade de adaptação ao Myo**

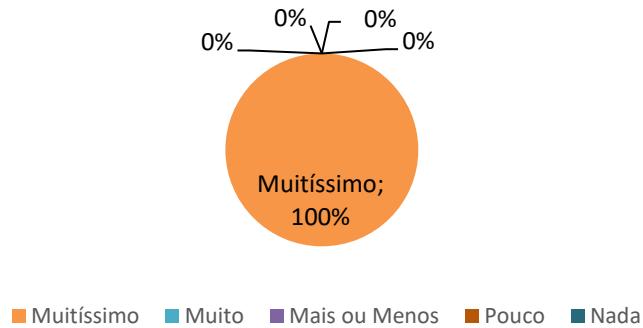
3. Foi fácil aprender a utilizar o Myo para jogar?



A Figura 49 exibe o gráfico referente às respostas para a 4<sup>a</sup> pergunta do questionário “Foi confortável utilizar o Myo para jogar?”. Dessa forma, pode-se observar que todos os participantes da pesquisa apreciaram o conforto do dispositivo vestível, uma vez que ele não machuca nem provoca alergias, é similar a um bracelete ou pulseira.

**Figura 49 – Conforto ao jogar com o Myo**

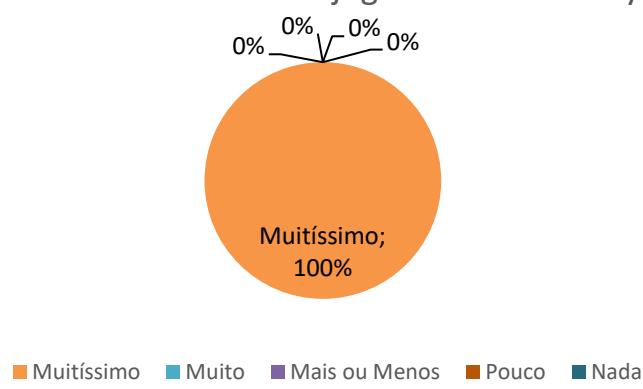
4. Foi confortável utilizar o Myo para jogar?



Na Figura 50, pode ser visto o resultado referente às respostas para a 5<sup>a</sup> pergunta do questionário “Gostei de controlar o jogo utilizando o Myo?”. Assim, verifica-se que todos os participantes da pesquisa gostaram de controlar o jogo utilizando o Myo, pois a possibilidade de usá-lo para controlar os comandos do jogo foi uma grande novidade para as crianças.

**Figura 50 – Gostar de jogar com o Myo**

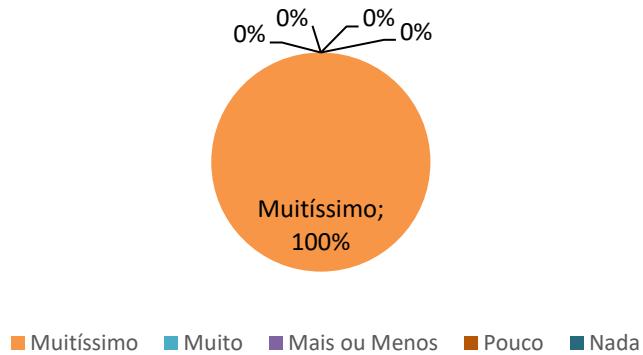
5. Gostei de controlar o jogo utilizando o Myo?



A Figura 51 mostra o gráfico referente às respostas para a 6<sup>a</sup> pergunta do questionário “O Myo atendeu às minhas expectativas?”. Desse modo, percebe-se que o dispositivo atendeu às expectativas de todas as crianças que participaram da pesquisa. Elas ficaram muito empolgadas quando o projeto foi apresentado a elas em forma de slides e vídeo demonstrativo. Elas também ficaram muito felizes e surpresas ao aprender a jogar e ao conseguir controlar o jogo com seus próprios gestos.

**Figura 51 – Expectativas com relação ao Myo**

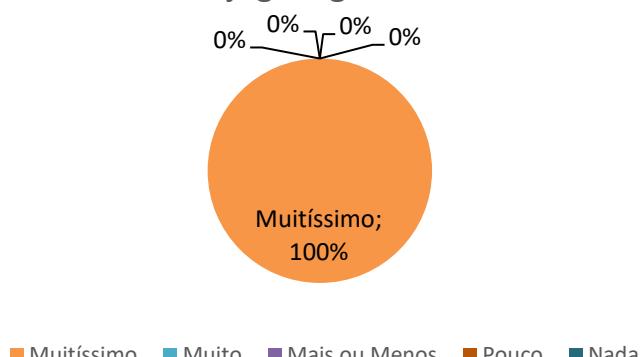
6. O Myo atendeu às minhas expectativas?



Na Figura 52, é exibido o resultado referente às respostas para a 7<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu achei o jogo legal e interessante?”. Assim, observa-se que todos os participantes acharam o jogo legal e interessante, e sentiram-se motivadas a executar os comandos do jogo utilizando seus próprios gestos, a acertar as peças de encaixe no quebra-cabeça e concluir o jogo.

**Figura 52 – Interesse em jogar com o Myo**

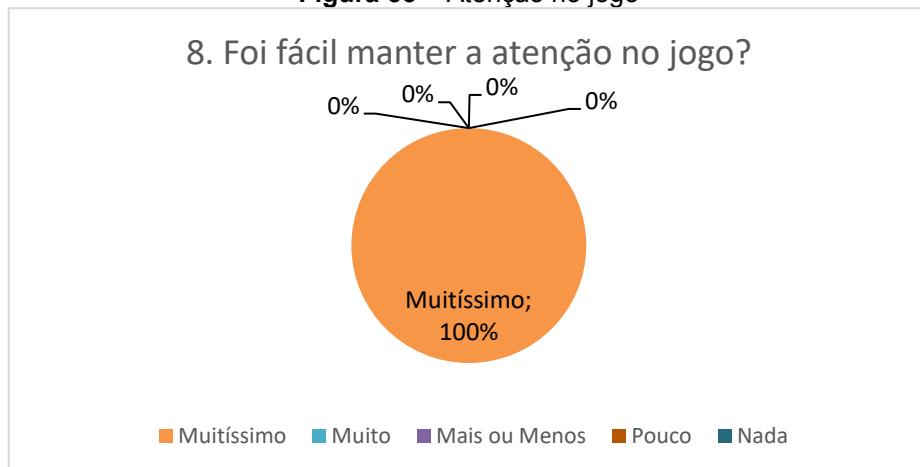
7. Eu achei o jogo legal e interessante?



A Figura 53 apresenta o gráfico referente às respostas para a 8<sup>a</sup> pergunta do questionário “Foi fácil manter a atenção no jogo?”. Dessa maneira, verifica-se que todos os participantes da pesquisa consideraram fácil manter a atenção no jogo. Primeiramente, porque as crianças estavam interessadas em realizar os movimentos corretos com o membro superior para concluir o jogo e atingir maior pontuação. Além disso, o quebra-cabeça é um jogo que exige raciocínio e atenção para ser jogado.

Outro aspecto importante observado foi que, apesar do uso do novo dispositivo para as crianças, já que elas não conheciam o Myo, e da sua utilização pelo membro com deficiência, elas mantiveram a atenção no jogo, o interesse em jogar e concluir os níveis do quebra-cabeça, ou seja, é uma indicação de que elas estiveram em *flow*, estado mental de operação em que a pessoa está totalmente imersa no que está fazendo, caracterizado por um sentimento de total envolvimento e sucesso no processo da atividade.

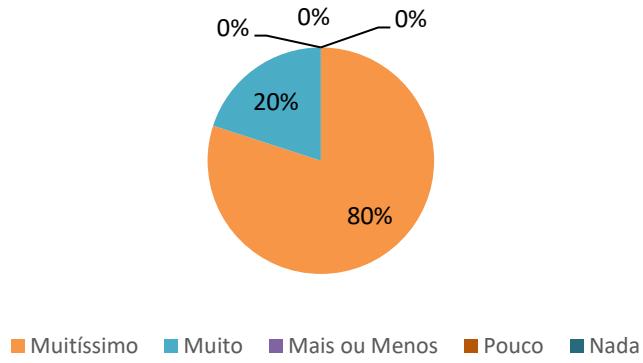
**Figura 53 – Atenção no jogo**



Na Figura 54, é mostrado o resultado referente às respostas para a 9<sup>a</sup> pergunta do questionário “As atividades do jogo foram fáceis de entender?”. Assim, percebe-se que os participantes da pesquisa consideraram as atividades do jogo de fácil entendimento, visto que o quebra-cabeça é um tipo de jogo conhecido por eles, e as imagens a serem montadas são de animais, algo de conhecimento deles também.

**Figura 54 – Facilidade de entendimento do jogo**

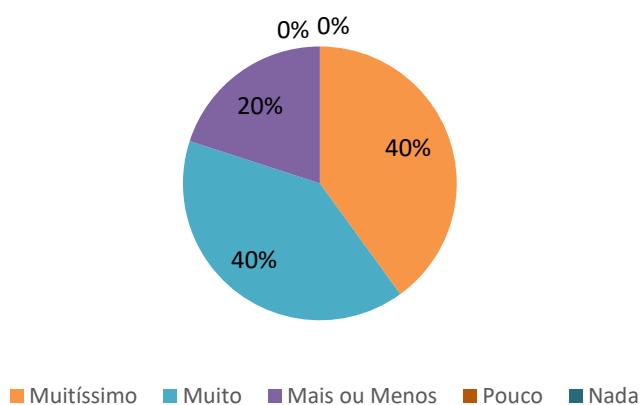
9. As atividades do jogo foram fáceis de entender?



A Figura 55 apresenta o gráfico referente às respostas para a 10<sup>a</sup> pergunta do questionário “Foi fácil aprender os comandos para execução do jogo?”. Dessa forma, observa-se que aprender os comandos para execução do jogo foi algo considerado moderado, uma vez que as crianças não conheciam o dispositivo *Myo* nem outras tecnologias que controlam jogos por meio de gestos. Além disso, as crianças possuem vergonha, limitação motora e pouca frequência de uso do membro superior utilizado para jogar.

**Figura 55 – Facilidade em aprender os comandos do jogo**

10. Foi fácil aprender os comandos para execução do jogo?

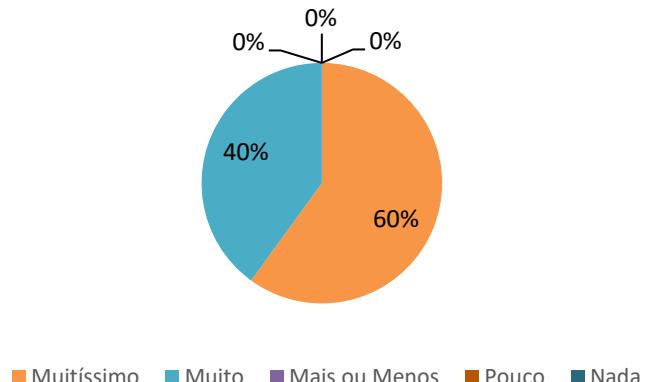


Na Figura 56, é exibido o resultado referente às respostas para a 11<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu consegui executar todos os comandos do jogo?”. Então, percebe-

se que todos os participantes do jogo conseguiram executar todos os comandos do jogo, apesar da novidade e de, inicialmente, não quererem utilizar o membro com deficiência para jogar. Porém, depois demonstraram habilidade e satisfação ao jogar o quebra-cabeça com o *Myo*.

**Figura 56 – Habilidade com o jogo**

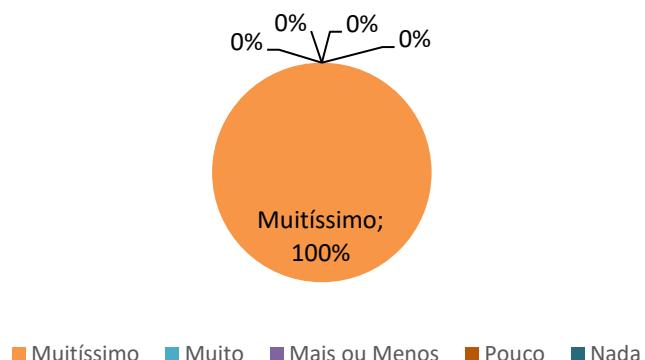
11. Eu consegui executar todos os comandos do jogo?



A Figura 57 apresenta o gráfico referente às respostas para a 12<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu me esforcei para ter bons resultados no jogo?”. Desse modo, pode-se observar que os participantes da pesquisa se esforçaram para ter bons resultados no jogo, pois estavam interessados e motivados a jogar e concluir o jogo com maior pontuação.

**Figura 57 – Esforço durante o jogo**

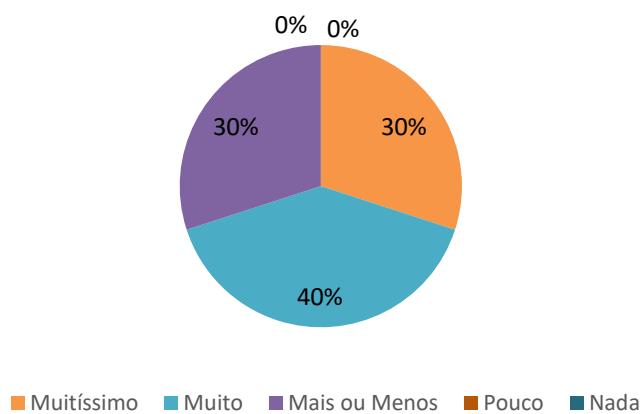
12. Eu me esforcei para ter bons resultados no jogo?



Na Figura 58, mostra-se o resultado referente às respostas para a 13<sup>a</sup> pergunta do questionário “A velocidade de execução do jogo foi rápida?”. Assim, verifica-se que a velocidade de execução do jogo foi mediana, uma vez que algumas crianças demoraram um pouco para aprender os comandos do jogo por meio de gestos. Elas também estavam com dificuldades devido ao pouco uso do membro com deficiência e à limitação motora do mesmo.

**Figura 58 – Velocidade de execução do jogo**

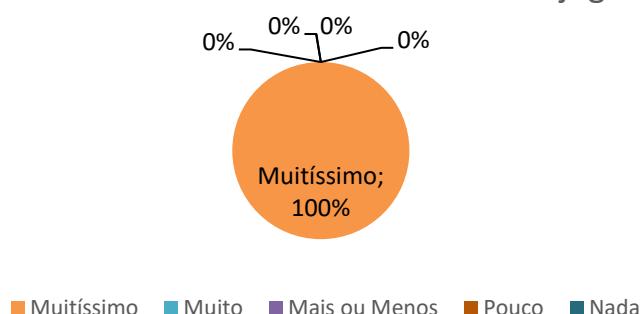
13. A velocidade de execução do jogo foi rápida?



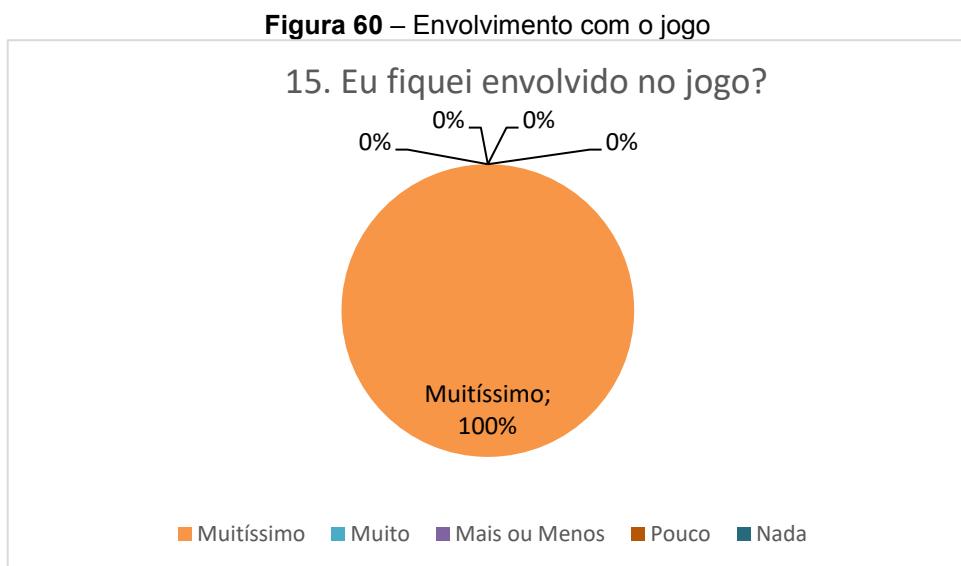
A Figura 59 apresenta o gráfico referente às respostas para a 14<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu me diverti durante o jogo?”. Dessa forma, percebe-se que todos os participantes se divertiram durante o jogo. Era nítida a felicidade deles por conseguir controlar o jogo com seu próprio membro com limitação, emitiam uma sensação de surpresa e sentiam-se úteis, o que pode ampliar a sua autonomia e a aceitação da deficiência.

**Figura 59 – Diversão durante o jogo**

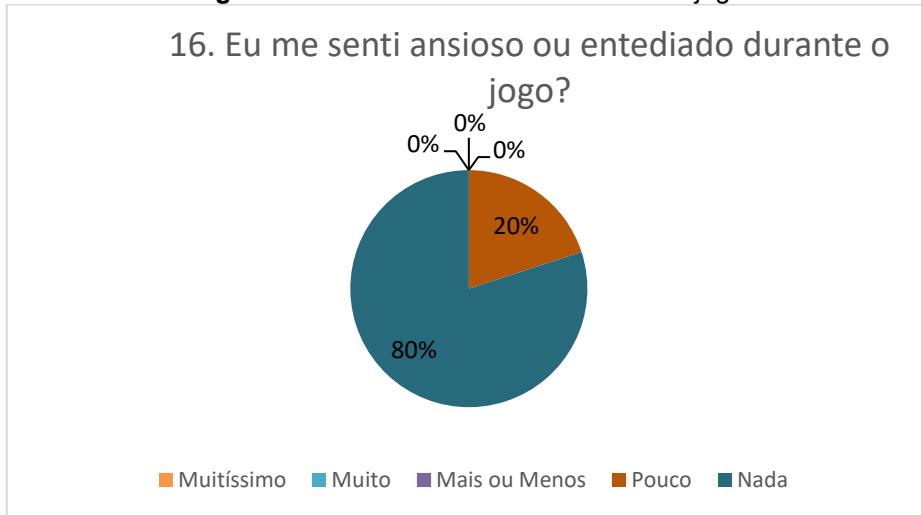
14. Eu me diverti durante o jogo?



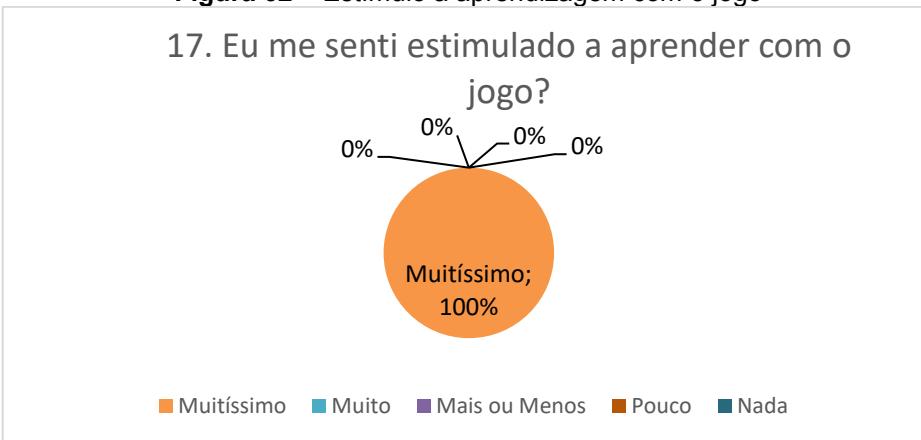
Na Figura 60, exibe-se o resultado referente às respostas para a 15<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu fiquei envolvido no jogo?”. Então, observa-se que os participantes da pesquisa ficaram envolvidos com o jogo, sentiram-se imersos no jogo de quebra-cabeça, em *flow*, isto é, o balanceamento correto entre o desafio inerente à atividade e à habilidade do jogador em superá-lo. Esses fatos ocorreram devido à familiaridade com as imagens do jogo e também à praticidade do dispositivo Myo.



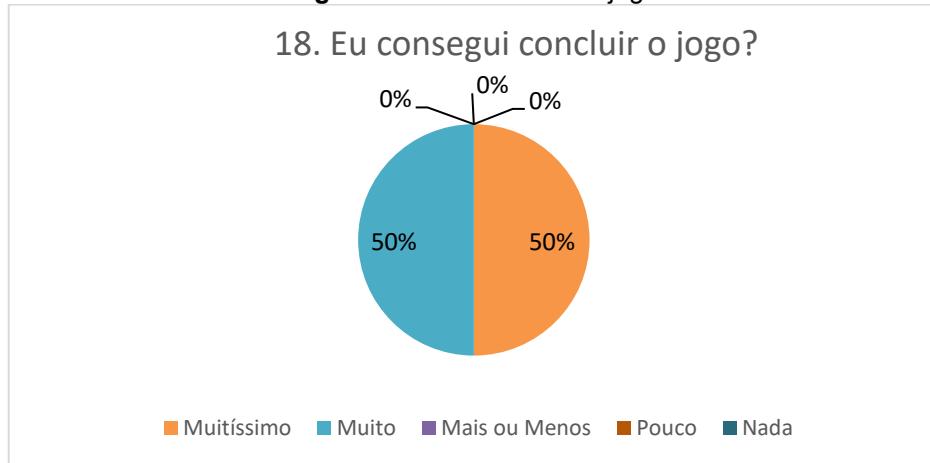
A Figura 61 apresenta o gráfico referente às respostas para a 16<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu me senti ansioso ou entediado durante o jogo?”. Dessa forma, visualiza-se que a maioria dos participantes não se sentiram ansiosos ou entediados durante o jogo, visto que o dispositivo Myo e a possibilidade do controle do jogo por meio dele foram novidades atrativas e interessantes para os participantes da pesquisa.

**Figura 61 – Ansiedade ou tédio durante o jogo**

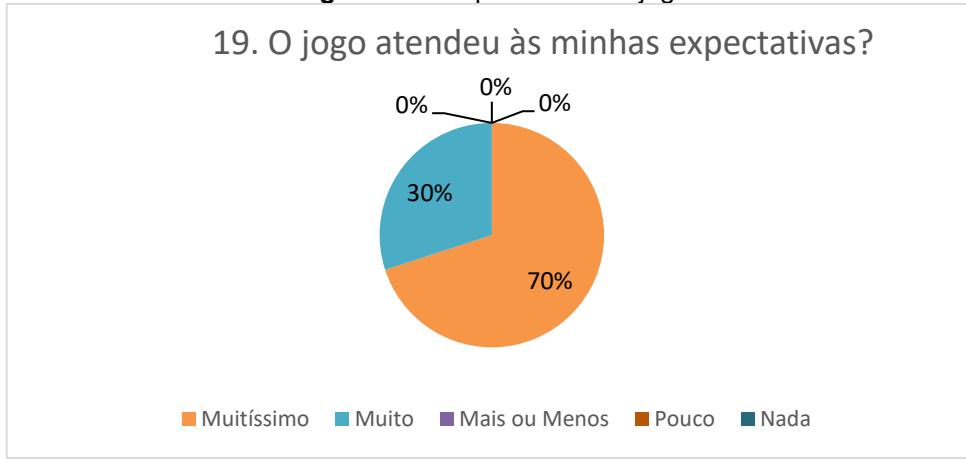
Na Figura 62, apresenta-se o resultado referente às respostas para a 17<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu me senti estimulado a aprender com o jogo?”. Assim, verifica-se que todos os participantes da pesquisa sentiram-se estimulados a aprender com o jogo, treinaram suas habilidades e competências, superaram os desafios e medos, com a finalidade de concluir o jogo.

**Figura 62 – Estímulo à aprendizagem com o jogo**

A Figura 63 mostra o gráfico referente às respostas para a 18<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu consegui concluir o jogo?”. Dessa forma, percebe-se os participantes da pesquisa conseguiram concluir o jogo. As crianças que selecionaram a opção “Muito” nesta questão apresentaram dificuldades para conseguir concluir o nível “Difícil” do jogo, necessitando de ajuda dos pesquisadores para dar dicas, devido ao seu déficit de atenção e dificuldade de concentração e aprendizagem.

**Figura 63 – Conclusão do jogo**

Na Figura 64, exibe-se o resultado referente às respostas para a 19<sup>a</sup> pergunta do questionário “O jogo atendeu às minhas expectativas?”. Assim, observa-se que o jogo atendeu às expectativas dos participantes da pesquisa. Eles jogaram com muito esforço e dedicação para aprender os comandos utilizando o *Myo* e concluir o quebra-cabeça.

**Figura 64 – Expectativas do jogo**

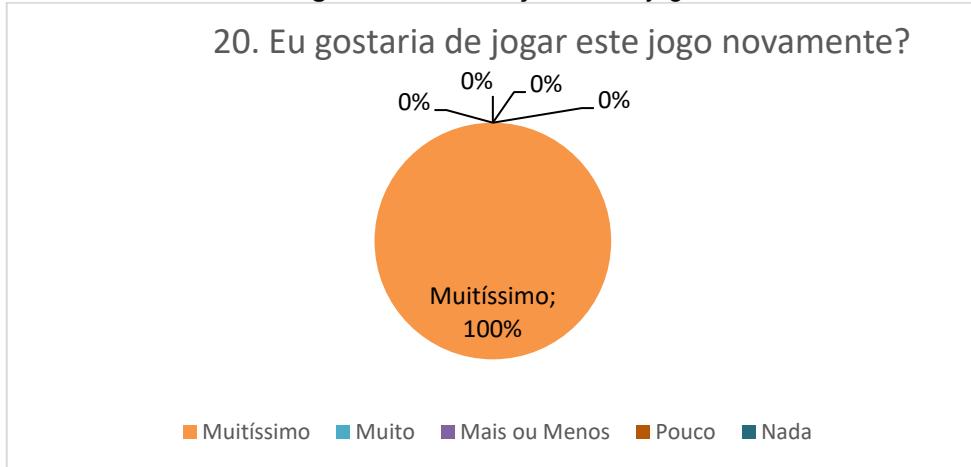
A Figura 65 apresenta o gráfico referente às respostas para a 20<sup>a</sup> pergunta do questionário “Eu gostaria de jogar este jogo novamente?”. Dessa forma, vê-se que todos os participantes da pesquisa ficaram satisfeitos e gostariam de jogar o quebra-cabeça utilizando o *Myo* novamente. As crianças gostaram tanto de jogar com o *Myo* que não queriam ir embora, inclusive, algumas pediram aos pais a compra do *Myo* para brincarem com jogos digitais em casa. Elas encontraram uma nova possibilidade para jogar com autonomia, utilizando seu membro com deficiência, e sem a

necessidade de depender de outras pessoas para ajudarem-nas a jogar. Logo, demonstra a importância e a relevância da pesquisa na vida dos participantes.

Além disso, as mães disseram que os jogos controlados pelo Myo podem estimular seus filhos a utilizar com maior frequência o membro com deficiência, já que atualmente elas não usam por vergonha. Também gostaram do quebra-cabeça porque auxilia no desempenho cognitivo, além do físico-motor, promovido pela utilização do Myo.

A longo prazo, a utilização do Myo como meio para permitir que pessoas com deficiência possam utilizar jogos digitais, pode proporcionar diversos benefícios a este público, a saber: auxiliar na aceitação da limitação motora, motivar os pacientes a utilizar com maior frequência o membro com deficiência, desenvolver e criar habilidades, despertar potenciais, conhecer novas tecnologias, melhorar a cognição, o processo de promoção da consciência corporal, os aspectos emocionais e físicos, a socialização e o lazer.

**Figura 65 – Satisfação com o jogo**



#### 7.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, este capítulo apresentou os resultados obtidos a partir dos testes realizados na AACD com pacientes que possuíam deficiência física nos membros superiores na faixa etária de 8 a 15 anos. Verificou-se que as crianças responderam bem aos testes, gostaram de jogar utilizando o Myo para controle do jogo, simbolizando que os resultados foram satisfatórios para a pesquisa.

## CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

### 8.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, destacam-se os aspectos da pesquisa e conclusões do trabalho apresentado nesta dissertação. Além disso, são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros e a contribuição científica do presente trabalho.

### 8.2 CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados encontrados durante os testes com os pacientes da AACD, realizada por meio de gráficos dos dados dos questionários, depoimento das crianças e dos pais, e também da observação da reação dos participantes da pesquisa, concluiu-se que:

- Nenhuma das crianças que participou da pesquisa conhecia o dispositivo vestível *Myo* nem o utilizou anteriormente;
- Apesar das crianças não terem a mão direita ou parte dos dedos, o *Myo* funcionou normalmente com elas, visto que ele reconhece as intenções de movimento devido aos seus sensores eletromiográficos;
- De modo geral, as crianças consideraram o nível mediano para aprender os comandos para execução do jogo e a utilizar o *Myo* para jogar. Elas também acharam a velocidade de execução do jogo média;
- Todas acharam o *Myo* muito confortável, gostaram de utilizá-lo, acharam o jogo de quebra-cabeça legal e interessante, conseguiram manter a atenção no jogo, consideraram as atividades do jogo fáceis de entender, se esforçaram para ter bons resultados no jogo, se divertiram e ficaram envolvidas durante o jogo, e também gostariam de jogar o quebra-cabeça com o *Myo* novamente, ou seja, mantiveram-se focadas durante o jogo, em estado de *flow*;
- As crianças também disseram que tanto o *Myo* quanto o jogo atenderam as expectativas delas, visto que elas conseguiram concluir o jogo e realizar todos os comandos, o que não seria possível sem o *Myo*, devido à sua deficiência física no membro superior direito;

- Apesar das crianças utilizarem aparelhos tecnológicos com frequência, seu uso não é voltado prioritariamente para jogos. Elas gostam muito de jogar, porém, não o fazem porque têm vergonha do membro com deficiência e ficam frustradas quando não conseguem executar atividades do jogo com autonomia e independência. A experiência de conhecer novas tecnologias, como o *Myo*, foi muito gratificante e surpreendente para as crianças;
- As crianças não se incomodaram em usar *Myo* com o membro com deficiência. Dessa forma, verifica-se que o *Myo* pode ser utilizado como um dispositivo para facilitar o interesse e aumentar a frequência dessas pessoas utilizarem jogos digitais;
- Visto que as crianças conseguiram concluir o jogo com o membro com deficiência e se sentiram confortáveis em utilizar o *Myo*, pode-se utilizar esta estratégia para trabalhar a aceitação do membro com limitação física;
- Já que as crianças gostam de jogar, e querem controlar jogos através do *Myo*, percebe-se que elas vão utilizar com maior frequência o membro com deficiência física. E, ao realizar estes procedimentos, pode-se desenvolver novas habilidades motoras e despertar novos potenciais físicos;
- O jogo de quebra-cabeça promove o raciocínio lógico das crianças, o que pode melhorar os aspectos cognitivos, facilitando o processo de ensino-aprendizagem;
- As crianças participantes da pesquisa assumiram que, em seu cotidiano, têm vergonha de jogar por receio de não conseguir executar todas as atividades solicitadas nos jogos digitais, pois, muitas vezes, é necessário o uso das duas mãos. Elas também evitam brincar e jogar com outras crianças para omitir o fato da sua deficiência física, e evitar atos de preconceito e discriminação. No entanto, com o uso do *Myo* para controle de jogos, as crianças podem sentir-se mais tranquilas para jogar tanto sozinhas quanto com outras crianças, aceitando melhor a sua própria realidade e socializando-se com outras pessoas;
- Se as crianças consideram agradável jogar com o *Myo* e sentem-se à vontade em utilizá-lo, este dispositivo pode auxiliar no desenvolvimento dos aspectos emocionais, como a aceitação da sua limitação física, busca pela execução das suas atividades diárias normalmente, satisfação por conseguir jogar com o membro que

possui limitação física, sensação de autonomia, obtenção de lazer e entretenimento digital;

- Se a utilização de jogos digitais mediados pelo dispositivo vestível Myo pode proporcionar diversos benefícios cognitivos, emocionais e físicos, consequentemente, poderá auxiliar e melhorar o processo de promoção da consciência corporal de pacientes que se enquadram nesta categoria, sejam pessoas com deficiência física nos membros superiores ocasionados por malformação congênita ou por amputação.

Em virtude do que foi mencionado, os resultados provenientes do desenvolvimento desta pesquisa são relevantes para crianças e adolescentes com deficiência nos membros superiores, proporcionando maior acesso ao entretenimento digital, além de maior desenvolvimento e utilização do membro, podendo também auxiliar no processo de promoção da consciência corporal.

As principais dificuldades encontradas na realização deste trabalho foram a demora para aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa (cerca de sete meses) e o reconhecimento dos movimentos pelo dispositivo vestível *Myo*, devido à sua complexidade e à diversidade de variáveis envolvidas neste processo.

Portanto, verifica-se que o objetivo proposto no início deste trabalho foi alcançado, uma vez que a utilização de jogos mediados pelo dispositivo vestível *Myo* auxilia e amplia o uso de jogos digitais para pessoas com deficiência física nos membros superiores, proporcionando maior autonomia e acessibilidade ao entretenimento digital.

Assim, a longo prazo, a estratégia apresentada pode auxiliar na aceitação da limitação motora, motivar os pacientes a utilizar com maior frequência o membro com deficiência, desenvolver e criar habilidades, despertar potenciais, conhecer novas tecnologias, melhorar o processo de consciência corporal, os aspectos emocionais, físicos e cognitivos, a socialização e o lazer.

Logo, diante dos resultados referentes aos testes efetuados com pacientes e os questionários respondidos por eles, pode-se afirmar que é uma modalidade terapêutica inovadora para a promoção da consciência corporal, e também pode incentivar na criação de novos objetos de estudo e sistemas na área médica.

### 8.3 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, pretende-se prosseguir com a seleção, desenvolvimento e adaptação de mais jogos com a finalidade de melhorar o incentivo ao entretenimento digital para crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores. Também acompanhar os impactos que a utilização do jogo a longo prazo pode acarretar para a promoção da consciência corporal dos indivíduos, do ponto de vista físico-motor e cognitivo.

Além disso, espera-se testar o jogo de quebra-cabeça para uso com o Myo com mais pacientes com deficiência física nos membros superiores, ampliar a faixa etária de aplicação do protótipo, e auxiliar a AACD na inauguração e manutenção da sala de Reabilitação Virtual na instituição em Uberlândia.

Também almeja-se realizar testes com pacientes que possuam deficiência física nos dois membros superiores para avaliar os resultados. E, posteriormente, nestes casos, verificar a possibilidade de utilizar dois dispositivos vestíveis (um para cada membro), podendo ampliar a pesquisa para uma estratégia de análise multimodal.

Ainda, deseja-se pesquisar dispositivos vestíveis para adaptar mais jogos para outros membros do corpo humano. Se possível, encontrar estratégias genéricas para utilização de jogos para todos os tipos de deficiência com a finalidade de promover a consciência corporal dos pacientes que se encontram nesta categoria. E também realizar o desenvolvimento de um módulo de supervisão da aplicação, no qual o profissional habilitado poderia visualizar gráficos para acompanhar a evolução de determinando paciente, e também comparar os resultados obtidos por diferentes pacientes na execução do jogo.

Por fim, aspira-se por estudar sobre design instrucional e universal de jogos para facilitar o desenvolvimento de jogos para promoção da consciência corporal de crianças com deficiência física nos membros superiores, além de pesquisar se há alguma estratégia para dispositivos móveis para quebra-cabeça em que a manipulação das peças ocorra de maneira mais fácil aos jogadores.

## 8.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho proporcionou a ampliação do acesso ao entretenimento digital a crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores através do uso de jogos digitais controlados pelo dispositivo vestível *Myo*, o que, a longo prazo, pode acarretar diversos benefícios na promoção da consciência corporal do público-alvo, como auxiliar na utilização e no desenvolvimento do membro para melhorar a aceitação da deficiência pelo público-alvo da pesquisa.

Além disso, o protótipo desenvolvido foi testado e pode-se observar sua relevância na área e alguns itens a serem otimizados em trabalhos futuros para expansão de sua aplicação.

Do ponto de vista científico, as principais contribuições deste trabalho são:

- Auxílio e ampliação do acesso ao entretenimento digital para crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores, possibilitando maior autonomia dessas atividades;
- Promoção da utilização dos membros superiores com deficiência, com a finalidade de desenvolver seus potenciais físicos através dos movimentos executados durante o jogo;
- Possibilidade de nova forma de promoção da consciência corporal de forma virtual para crianças e adolescentes com deficiência física nos membros superiores.

## REFERÊNCIAS

- ADAMOVICH, S. V. et al. Sensorimotor training in Virtual Reality: a review. **Neurorehabilitation**, v.25, n.1, p.29-44, 2009.
- BOBBCH, G. et al.. **UML**: Guia do Usuário. Campus, 2005.
- BOTELLA, C. et al. Treating cockroach phobia with augmented reality. **Behavior Therapy**, v.41. n. 3, p. 401-413, 2010.
- BOYALI, A.; HASHIMOTO, N.; MATSUMOTO, O.. Hand Posture and Gesture Recognition using Myo Armband and Spectral Collaborative Representation based Classification. In: **IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics - GCCE**, 2015.
- BRACCIALLI, L. M. P.; MANZINI, E. J.; REGANHAN, W. G.. Contribuição de um programa de jogos e brincadeiras adaptados para a estimulação de habilidades motoras em alunos com deficiência física. In: **REUNIÃO ANUAL DA ANPED**, 27., 2004. Anais... 2004.
- BRASIL. **Subsecretaria Nacional de Promoção dos direitos da pessoa com deficiência - CORDE**. 2007. Disponível em: <<http://portal.mj.gov.br/corde>>. Acesso em: 10 mar. 2016.
- BUXTON, B.. 2014. **Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved**. Disponível em: <<http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>>. Acesso em: 14 set. 2016.
- CARDOSO, G. S.. **Biblioteca de Funções para Utilização do Kinect em Aplicações NUI e Jogos Eletrônicos**. 2012. 103 f. Monografia (Graduação) – Curso de Ciências da Computação, Itajaí- SC, 2012.
- CARDOSO, G. S.; SCHMIDT, A. E. F.. 2012. Biblioteca de funções para utilização do Kinect em jogos eletrônicos e aplicações NUI. In: **XI Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames)**, Brasília, 2012.
- CARDOSO, V. D.. A reabilitação de pessoas com deficiência através do desporto adaptado. **Revista Brasileira de Ciências no Esporte**, Florianópolis, v. 33, n. 2, p. 529-539, abr./jun. 2011.
- CATUHE, D.. **Proingramming with the Kinect for Windows Software Development kit**. United States of America: Ed. Microsoft Press, 226 p. 2012.
- CHEN, J.. 2007. **Flow in games (and everything else)**. Commun. ACM, p. 31-34. 2007.
- DIAS, R.S.; SAMPAIO, I.L.A.; TADDEO, L.S. Fisioterapia: A Introdução do Lúdico no processo de reabilitação de pacientes em tratamento fisioterapêutico. In: **VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment**. 4. Rio de Janeiro-RJ, 2009.

- DIX, A. et al. **Human-Computer Interaction**. 3 ed. s.l.: Prentice Hall. 2005.
- DJAOUTI, D.; ALVAREZ, J.; JESSEL, J.. Classifying serious games: The G/P/S model. In: **Handbook of Research on Improving Learning and Motivation Through Educational Games**: Multidisciplinary Approaches. IGI global, Hershey, 2011.
- DUNNE, A. et al. Upper Extremity Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy using Accelerometer Feedback on a Multitouch Display. **32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS**, Buenos Aires-Argentina, 2010.
- FEDELI, R. D.; POLLONI, E. G.; PERES, F. E.. **Introdução à ciência da computação**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo(SP): Cengage learning. 2010.
- FERREIRA, A. B.. **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 4<sup>a</sup> ed. Curitiba: Positivo, 2004.
- FREITAS, M. S.. NeanderSIM: Ambiente Virtual Educacional para Ensino de Arquitetura de Computadores. In: **Workshop de Realidade Virtual e Aumentada – WRVA 2012**, Paranavaí. 2012.
- GARBIN, S. M.. **Estudo da Evolução das Interfaces Homem-Computador**. 2010. 90f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, São Carlos- SP.
- GRANDE, A. A. B.; GALVÃO, F. R. O.; GONDIM, L. C. A.. Reabilitação virtual através do videogame: relato de caso no tratamento de um paciente com lesão alta dos nervos mediano e ulnar. **Revista Acta Fisiátrica**, Rio Grande do Norte, v. 18, n. 3, p. 157-162, 2011.
- GREVE, J. M. D.. Reabilitação: conceito terapêutico. **Tratado de Medicina de reabilitação**. São Paulo: Manole, p 8-9, 2007.
- GUBEREK, R. et al. Virtual Reality as Adjunctive Therapy for Upper Limb Rehabilitation in Cerebral Palsy. **Virtual Rehabilitation International Conference**. 2009.
- GUIA de direitos. **Discriminação com Deficientes**. 2016. Disponível em: <[http://www.guiadedireitos.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1040&Itemid=264](http://www.guiadedireitos.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1040&Itemid=264)>. Acesso em: 20 ago. 2016.
- IACOPETTI, F. et al. Game Console Controller Interface for People with Disability. In: **Computer Society IEEE**, p. 757-762, 2008.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/>>. Acesso em: 15 ago. 2016.
- JONES, K. L.; IKEDA, M.. **Padrões reconhecíveis de malformações congênitas**. 5 ed. São Paulo: Manole, 2007, 952 p.

KOUROUPETROGLOU, G.. Disability Informatics and Web Accessibility for Motor Limitations. **IGI Global**, 2013.

LAURADÓ, O.. **Escala de Likert**: o que é e como utilizá-la. 2015. Disponível em: <<https://www.netquest.com/blog/br/blog/br/escala-likert>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

LINS, F.. **Psicologia e Jogos**: o estado de flow nos videogames. 2016. Disponível em: <<http://megapotion.com.br/potions/read-stop/o-estado-de-flow-nos-videogames/>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

LIPOVSKÝ, R.; FERREIRA H. A.. Hand Therapist: a rehabilitation approach based on wearable technology and video gaming. **Portuguese BioEngineering Meeting**. 4. Porto: Portugal, 2015.

LIU, L. et al. Development of an EMG-ACC-Based Upper Limb Rehabilitation Training System. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, 2016.

LIU, W.. Natural user interface- next mainstream product user interface. **IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design (CAIDCD)**, 17-19 Novembro, Volume 1, pp. 203-205, 2010.

MACHADO, H.. **Unity 3D**: Introdução ao desenvolvimento de games. 2016. Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/unity-3d-introducao-ao-desenvolvimento-de-games/30653>>. Acesso em: 17 mar. 2016.

MACHADO, L. S. et al. Realidade virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**. v. 27, n. 4, p. 243-258, 2011.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.; NUNES, F. L. S.. **Serious games para saúde e treinamento imersivo**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, v. 1, p. 31-60, 2009.

MANN, S.. Computação Wearable. In: **Encyclopedia of Intereração Humano-Computador**. Aarhus, Dinamarca: A Fundação Interaction-Design.org, 2012.

MARÇULA, M.; BENINI, F. P.. **Informática**: Conceitos e Aplicações. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Érica, 2008.

MASSARELLA, F. L.; WINTERSTEIN, P. J.. A motivação intrínseca e o estado mental flow em corredores de rua. **Revista Movimento**, Porto Alegre, v. 15, n. 02, p. 45-68, 2009.

MATSUMURA, K. K.; SONNINO, R., 2011. **Fusion 4D**: Interface Natural e Imersiva para manipulação de objetos 3D. São Paulo, 2011.

MEC – Ministério da Educação e Cultura. 2006. **A inclusão escolar de alunos com necessidades educacionais especiais**: deficiência física. Brasília: MEC. Disponível

em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/deffisica.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

MEC – Ministério da Educação e Cultura. **Saberes e práticas da inclusão: dificuldades de comunicação e sinalização:** deficiência física. Brasília: MEC, 2004.

MICROSOFT. **Introdução à linguagem C# e .NET Framework.** 2016. Disponível em: <[www.microsoft.com/pt-br/library/vstudio/z1zx9t92.aspx](http://www.microsoft.com/pt-br/library/vstudio/z1zx9t92.aspx)>. Acesso em: 15 mar. 2016.

MICROSOFT. **Kinect:** desenvolvimento de aplicativos do Windows. 2012. Disponível em: <<https://developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect>>. Acesso em: 23 set. 2016.

MICROSOFT. **Vestir-se para o Futuro:** Microsoft Duo rompe com Wearable Conceito da tecnologia, Microsoft News Center, 2013.

MIRZA, R.; TEHSEEN, A.; KUMAR, A. V. J.. An indoor navigation approach to aid the physically disabled people. **Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET)**, 21-22 March 2012. p.979-983. 2012.

MONTEIRO JUNIOR, R. S. et al. Efeito da reabilitação virtual em diferentes tipos de tratamento. **Revista Brasileira de Ciência da Saúde**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 56-63, 2011.

MYO. **Thalmic Labs:** Myo Gesture Control Armband. 2016. Disponível em: <<https://www.thalmic.com/myo/>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

NINTENDO. **Wii U.** 2016. Disponível em: <<http://www.nintendo.com/wiiu>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

NUNES, F. L. S.; MACHADO, L. S.; COSTA, R. M. E. M.. RV e RA Aplicadas à Saúde In: Pré-Simpósio, **XI Symposium on Virtual and Augmented Reality**, 25, 2009, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: PUCRS, p. 69-89, 2009.

NYMOEN, K.; HAUGEN, M. R.; JENSENIUS, A. R.. MuMyo Evaluating and Exploring the Myo Armband for Musical Interaction. In: **Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression**. Los Angeles: EUA, 2015.

PAULA, A. F. M.; BALEOTTI, L. R.. Inclusão escolar do aluno com deficiência física: contribuições da terapia ocupacional. 2011. **Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar**, São Carlos, v. 19, n.1, p. 53-69, 2011.

PILON, F.. **Ferramenta de Auxílio a tratamentos fisioterapêuticos com o Kinect.** 2013. 72 p. Monografia (Graduação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau- SC. 2013.

PLAYSTATION. **Jogos Sony.** 2016. Disponível em: <<https://www.playstation.com/pt-br/>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

PRESSMAN, R. S.. **Engenharia de software**. 8 ed. Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2016.

PRIMO, A.. **Interação mediada por computador**: comunicação, cibercultura, cognição. Porto Alegre: Sulina, 2007.

RIBEIRO, M.; ZORZAL, E.. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. 2011. In: **Pré-Simpósio XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality**. 23. Uberlândia-MG: Sociedade Brasileira de Computação – SBC, 2011.

ROCHA, P. R.; DEFAVARI, A. H.; BRANDÃO, P. S.. 2012. Estudo da viabilidade da utilização do Kinect como ferramenta no atendimento fisioterapêutico de pacientes neurológicos. In: **XI Simpósio Brasileiro de jogos e Entretenimento Digital**, Brasília, 2012.

SANCHEZ, J. H.; AGUAYO, F. A.; HASSSLER, T. M. Independent Outdoor Mobility for the Blind. **Virtual Rehabilitation**. p.114-120, 2007.

SANTAROSA, L. M. C.; CONFORTO, D.; BASSO, L. D. O. Eduquito: ferramentas de autoria e de colaboração acessíveis na perspectiva da web 2.0. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 18, n. 3, 2012.

SANTOS, J. V. S.; CARVALHO, L. C.; BRESSAN, P. A.. Physioplay: um exergame para reabilitação física aplicando a interatividade do Kinect como biofeedback visual. In: **IX Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA)**, Paranavaí, 2012.

SANTOS, S. G.. **Estudo sobre o Myo**: Determinação de uma função de transferência. 2016. 96 p. Monografia (Graduação) - Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

SAVI, R. et al. Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 8, n. 3, dezembro, 2010.

SOMMERVILLE, I.. **Engenharia de software**. 9 ed. São Paulo: Pearson Education, 2011.

SOUSA JUNIOR, V. D. et al. MoVER: Serious Game aplicado à reabilitação motora usando sensor de movimento Kinect. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC)**, Maceió, 2013.

SPARX Systems. **Enterprise Architect**. 2016. Disponível em: <<http://www.sparxsystems.com/products/ea/>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

TANENBAUM, A. S.. **Sistemas Operacionais Modernos**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

TORI, R. et al. Jogos e Entretenimento com Realidade Virtual e Aumentada. In: RIBEIRO, M. ZORZAL, E.; Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. **Pre-Simposio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality**. 28. Petropolis-RJ: Universidade de São Paulo – USP, 2007.

TORRES, R. S. et al.. ViMeTGame: A serious game for virtual medical training of breast biopsy. **SBC Journal on 3D Interactive Systems**: 3, p. 12-19. 2012.

TSETSOS, V. et al. **A human-centered semantic navigation system for indoor environments**. Pervasive Services, 2005. ICPS '05. Proceedings. International Conference on In Pervasive Services: 146-155 p. 2005.

TSETSOS, V. et al. Semantically enriched navigation for indoor environments. **International Journal of Web and Grid Services (IJWGS)**, v. 2, n. 4, p. 453-478, 2006.

VALLI, A.. **The Design of Natural Interaction**. vol. 38, no. 3. Hingham, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, pp. 295–305, 2008.

WIGDOR, D.; WIXON, D.. **Brave NUI world: designing natural user interfaces for touch and gesture**. Morgan Kaufmann, 2011.

## ANEXOS

### ANEXO I



MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de  
Ética em Pesquisa – CONEP

### **PROJETO DE PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS**

Projeto de Pesquisa:	Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais
----------------------	---

### **Informações Preliminares**

#### Responsável Principal

CPF/Documento: 652.058.636-68	Nome: ALEXANDRE CARDOSO
Telefone: (34) 3214-1249	E-mail: alexandre@ufu.br

#### Instituição Proponente

CNPJ:	Nome da Instituição: Faculdade de Engenharia Elétrica
-------	---

É um estudo internacional? Não

#### ■ Assistentes

CPF/Documento	Nome
072.501.536-50	Flávia Gonçalves Fernandes

#### ■ Equipe de Pesquisa

CPF/Documento	Nome
263.122.041-20	Alcimar Barbosa Soares
072.834.056-90	Caroline Araújo Marquez Valentini
481.818.036-04	Edgard Afonso Lamounier Júnior
072.501.536-50	Flávia Gonçalves Fernandes
646.495.206-49	Gerson Flavio Mendes de Lima
124.847.236-52	Pedro Arantes Mendonça Toledo Almeida
033.722.671-76	Reidner Santos Cavalcante
644.143.611-68	Renato de Aquino Lopes
FE125802	Sebastiaan Willem Albert Scholten

#### Área de Estudo

##### Área Temática Especial

Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

##### Grandes Áreas do Conhecimento (CNPq)

- Grande Área 3. Engenharias

**Título Público da Pesquisa:** Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais

CPF/Documento	Nome	Telefone	E-mail
652.058.636-68	ALEXANDRE CARDOSO	(34) 3214-1249	alexandre@ufu.br

## Desenho de Estudo / Apoio Financeiro

### Desenho:

Para a realização da pesquisa, será necessário utilizar o espaço físico interno da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) de Uberlândia-MG. Os indivíduos da pesquisa serão crianças do sexo masculino e feminino que apresentam deficiência nos membros superiores, mais especificamente pacientes com ausência congênita e/ou adquirida de antebraco que frequentam a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) de Uberlândia. A autorização para participação dos voluntários será feita por meio dos responsáveis pelos mesmos. No primeiro momento, será realizado um encontro com os indivíduos e seus responsáveis em que será feito o convite de participação da pesquisa. Neste encontro, será apresentada a importância da mesma, e, num segundo encontro, será feita uma leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, explicando sobre os critérios de inclusão e exclusão da pesquisa e, em seguida, serão recolhidas as assinaturas dos que se prontificarem a colaborar. De acordo com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, as pessoas ficarão livres para desistir de participar a qualquer momento sem nenhum prejuízo. Serão incluídas na pesquisa crianças que apresentam deficiência física que fazem parte da instituição, e tenham participação autorizada.

### Apoio Financeiro

CNPJ	Nome	E-mail	Telefone	Tipo
				Financiamento Próprio

### Palavra Chave

Palavra-chave
Interfaces Naturais
Reabilitação humana
Próteses mecânicas
Jogos sérios
Realidade Virtual
Deficiência Física

### Detalhamento do Estudo

#### Resumo:

A reabilitação é um procedimento que exige o conhecimento sobre a enfermidade a ser tratada e as deficiências causadas no movimento. A cada dia torna-se mais evidente a necessidade de embasamento científico sobre o corpo humano e suas respostas fisiológicas para uma consistente tomada de decisão, visando a recuperação das funções motoras, prevenir e reduzir os riscos de novas lesões. A intensidade e o volume de tratamento e treinamento são fundamentais para a obtenção de resultados positivos. A quantidade de sessões semanais, duração das sessões e duração total do tratamento são fundamentais para a otimização das respostas. O longo tempo necessário para o tratamento e a pouca motivação gerada pelos métodos tradicionais são apontados como motivo de abandono do tratamento fisioterápico, caracterizando-se como uma das principais causas de falha terapêutica. A reabilitação convencional é, por natureza, repetitiva e muitas vezes dolorosa. Outra característica é a falta de recursos que possibilitem dar continuidade do tratamento domiciliar, com pouco ou nenhum monitoramento presencial de um terapeuta. O uso da reabilitação virtual através de jogos visa simular situações reais; percebe-se que o uso desta, afasta o paciente do foco da dor ou do incômodo; melhora na funcionalidade dos membros acometidos e o leva a retomar as atividades nas áreas de desempenho ocupacional. Assim, jogos de reabilitação abrem um leque de novas possibilidades onde exercícios físicos de reabilitação podem ser realizados em casa pelo paciente, com ou sem a presença do fisioterapeuta. A ideia da reabilitação virtual é que o paciente siga as instruções de exercícios do jogo corretamente, realizando os exercícios em casa e retorno ao centro de reabilitação uma ou duas vezes por semana para monitorar a evolução do tratamento e receber novas orientações sobre exercícios, quando necessário. Portanto, os sistemas de realidade virtual têm se mostrado bastante eficientes no campo da medicina, pois além de tornar o tratamento mais divertido e motivador, torna a execução dos exercícios feitos em domicílio mais segura, pois terá maior precisão de movimentos com ou sem a supervisão de um terapeuta. A forma e velocidade correta com que devem ser executados os exercícios, são orientados durante as sessões de fisioterapia, onde o fisioterapeuta pode avaliar se o paciente está apto para utilizar um tratamento de reabilitação virtual em domicílio, para proporcionar mais tranquilidade ao terapeuta e comodidade ao paciente, pois torna os resultados mais eficazes e precisos.

#### Introdução:

A Tecnologia Assistiva no Brasil, de acordo com o Comitê de Ajudas Técnicas - Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República, diz respeito a produtos, recursos, metodologias, tecnologias, estratégias,

práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social. Os recursos de Tecnologia Assistiva quando combinados aos recursos tecnológicos podem atender a uma grande diversidade de usuários com deficiências. Com o avanço tecnológico e com a proliferação de tecnologias de rede sem fio, os usuários estão, principalmente, interessados em serviços avançados que tornam o ambiente altamente inteligente e facilitam significativamente suas atividades. A deficiência física se torna um grande obstáculo na vida das pessoas com necessidades especiais que são privadas de realizar até mesmo suas atividades do dia-a-dia sem a necessidade de ajuda de outras pessoas. As pessoas que possuem deficiência possuem necessidades especiais, sendo que usuários com deficiências físicas apresentam problemas de mobilidade, tais como dificuldades de acesso ao seu destino final. Essas pessoas com deficiências e as pessoas idosas possuem a necessidade de encontrar o “melhor” caminho de navegação em ambientes externos (outdoor) e em grandes ambientes internos (indoor), tais como hospitais e shoppings centers. Recentemente, observa-se que o desenvolvimento da tecnologia da informação vem auxiliando inúmeras práticas na área da saúde, em atividades como diagnóstico, terapia, gerenciamento e educação, o que exige a necessidade de mudanças e desenvolvimento de novas habilidades pelos profissionais das áreas envolvidas. Neste campo, a Realidade Virtual (RV), definida como a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, vem trazendo novas possibilidades para criação, modelagem, visualização, interação e simulação tridimensional de imagens, proporcionando interfaces avançadas capazes de gerar a imersão do usuário em ambientes com os quais pode interagir e explorar. A RV é uma área tipicamente multidisciplinar que envolve conceitos provenientes de diversos segmentos, com aplicação em várias áreas ou campos específicos da vida econômica, social e cultural. Por permitir uma interação humano-computador mais natural em ambiente tridimensional (3D) e possibilitar a reprodução de situações reais, torna-se um recurso de amplo potencial. Desse modo, a aplicação da RV na área da saúde, ou mesmo para o desenvolvimento humano, tem sido avaliada de forma intensiva nos últimos anos e merecido destaque, pois representa novos desafios e potencialidades, com a inserção de informações complementares e/ou relevantes ao cenário real. Além disso, os jogos digitais deixaram de ser vistos como uma forma de entretenimento prejudicial à saúde. Games tornam-se uma ferramenta importante para melhorar o tratamento dos pacientes que vão desde aqueles que estão atravessando uma grave enfermidade, como o câncer, por exemplo, até os que demandam procedimentos mais leves, como a fisioterapia.

### **Hipótese:**

Este projeto permite a utilização de jogos na avaliação de pacientes, notadamente, com uso de Realidade Virtual visando o tratamento dos mesmos. O perfil dos pacientes é correlato a indivíduos com deficiência física. Serão utilizados dispositivos vestíveis (wearables), laser scanner. Logo, este trabalho pretende motivar os pacientes a realizar o tratamento de maneira interativa e lúdica, tornando o tratamento mais atrativo e dinâmico, com a finalidade de auxiliar no uso da prótese pelos usuários em seu cotidiano. Ao mesmo tempo, serão adquiridas informações anatômicas dos pacientes, por meio de scanner, de tal forma que será possível a elaboração de próteses passivas, impressas com impressoras 3D, de tal forma a prover condições de testes e treinamentos das mesmas, nos ambientes de jogos, previamente utilizados.

### **Objetivo Primário:**

Este trabalho tem por objetivo adaptar serious games, que utilizam Realidade Virtual, e wearables para auxiliar na motivação de crianças e adolescentes com faixa etária de 6 a 15 anos com ausência congênita e/ou adquirida de antebraço, a fim de que eles tenham maior interesse em utilizar a prótese no membro superior e melhorar o processo de reabilitação desses pacientes, além da adaptação à utilização das mesmas. Para validação da pesquisa, serão utilizadas próteses nos pacientes para realização de testes e comparação dos resultados.

### **Objetivo Secundário:**

Com o propósito de alcançar o objetivo principal desta tese, foram estipulados os objetivos específicos listados a seguir:• especificar as necessidades de um serious game utilizando Realidade Virtual e wearables para auxiliar na motivação de crianças e adolescentes com ausência do antebraço;• adaptar o serious game definido para realização de análises baseado em RV e wearables; • imprimir próteses por meio de scanner 3D; • validar o sistema com profissionais da área;• realizar testes do sistema com usuários que possuem deficiência física;• utilizar prótese nos pacientes para validar a pesquisa;• aplicar um questionário de avaliação com estes usuários;• analisar e avaliar os resultados obtidos da utilização do sistema. Enfim, espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir, de alguma forma, com as discussões atuais e futuras em torno da temática sobre o uso de serious games utilizando Realidade Virtual e dispositivos vestíveis (wearables) para auxiliar no processo de reabilitação de pessoas com deficiência física.

### **Metodologia Proposta:**

Neste trabalho, será investigado se a tecnologia de Realidade Virtual juntamente com dispositivos vestíveis (wearables), aplicados ao contexto de serious games para pessoas com deficiência física, teria potencial para auxiliá-las na reabilitação e avaliar o comportamento das pessoas ao utilizarem o sistema. O universo da pesquisa se constitui em uma associação criada para receber crianças com deficiência física, a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD). A escolha desta instituição deu-se ao fato de que a sua finalidade é proporcionar a sua habilitação e reabilitação para a melhoria da qualidade de vida e aquisição de maior autonomia e independência, promovendo a inclusão social. O

caminho proposto para a investigação será constituído de: a) Apresentação da proposta de pesquisa, esclarecimentos quanto a sua importância, e o convite para os indivíduos e responsáveis para que as pessoas sejam colaboradores, no primeiro momento; b) Leitura e explicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, juntamente com o recolhimento de assinaturas dos responsáveis e dos indivíduos, no segundo encontro; c) Aplicação de um questionário (Anexo I) com o objetivo de conhecer o perfil dos indivíduos que apresentam deficiência física e coletar informações relevantes para o desenvolvimento do sistema; d) Utilização do sistema na associação da AACD de Uberlândia; e) Aplicação do questionário (Anexo II) após a utilização do sistema; f) Análise a avaliação dos resultados obtidos. É importante salientar que o indivíduo ou responsável por ele poderá detectar possíveis erros ou necessidades de melhoria da ferramenta o que irá realimentar o processo de análise e desenvolvimento da mesma.

#### **Critério de Inclusão:**

Serão incluídas na pesquisa pessoas que apresentam deficiência física que fazem parte da instituição, e autorizem a sua participação, bem como os responsáveis por estas pessoas que desejam participar da pesquisa.

#### **Critério de Exclusão:**

Serão excluídas da pesquisa as pessoas que não desejam participar.

#### **Riscos:**

O risco que a pesquisa oferece ao indivíduo de pesquisa é de ter a sua identidade revelada, sem a sua autorização. Contudo, de acordo com o proposto no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em nenhum momento os colaboradores da pesquisa serão identificados. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Além disso, não terão nenhum gasto ou ganho financeiro por participar da pesquisa.

#### **Benefícios:**

Esta pesquisa trará benefícios para facilitar a reabilitação e acessibilidade de crianças com deficiência física através da tecnologia assistiva. Além disso, pode melhorar a aceitação da deficiência pelos pacientes e incentivar a criação de novos equipamentos para este público.

#### **Metodologia de Análise de Dados:**

As fontes de material a serem utilizadas na pesquisa serão os questionários aplicados e outras informações fornecidas pelos responsáveis ou pelos indivíduos participantes da pesquisa que podem fazer observações quanto ao uso do sistema (erros, necessidades de melhorias, facilidade de uso, entre outros).

#### **Desfecho Primário:**

Portanto, estima-se que o serious game adaptado e apresentado neste projeto irá auxiliar na motivação de crianças e adolescentes com ausência de antebraco para que utilizem prótese no seu cotidiano.

#### **Desfecho Secundário:**

Caso não haja anuência por parte dos indivíduos ou responsáveis por eles, o que inviabilizaria a constituição de uma amostra, será possível rediscutir o delineamento do projeto, suspendê-lo ou mesmo encerrá-lo. A pesquisa também poderá ser suspensa quando atingir os resultados suficientes para conclui-la.

#### **Tamanho da Amostra no Brasil:** 20

<b>Países de Recrutamento</b>		
País de Origem do Estudo	País	Nº de participantes da pesquisa
Sim	BRASIL	20

#### **Outras Informações**

Haverá uso de fontes secundárias de dados (prontuários, dados demográficos, etc)?  
Não

### Centros Coparticipantes

CNPJ	Nome da Instituição Co-participante	Nome do Responsável	Nome do Comitê de Ética	Instituição Selecionada Via Plataforma Brasil
60979457000626	Associação de Assistência à Criança Deficiente - AACD	Neuza Maria Duarte Castro		Não

### Propõe dispensa do TCLE?

Não

### Haverá retenção de amostras para armazenamento em banco?

Não

## Cronograma de Execução

Identificação da Etapa	Ínicio (DD/MM/AAAA)	Término (DD/MM/AAAA)
Submissão do Projeto ao CEP	02/04/2016	01/06/2016
Desenvolvimento do Sistema	01/04/2016	01/08/2016
Apresentação da Proposta de Pesquisa e convite as pessoas	01/08/2016	01/09/2016
Instruções e assinaturas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	01/08/2016	01/09/2016
Aplicação do questionário inicial	01/08/2016	01/09/2016
Utilização do sistema	01/09/2016	30/09/2016
Aplicação do questionário de Avaliação	01/09/2016	30/09/2016
Atualização e manutenção do sistema	01/10/2016	30/11/2016
Escrita da dissertação	02/04/2016	31/12/2016

### Orçamento Financeiro

Identificação de Orçamento	Tipo	Valor em Reais (R\$)
Wearables	Outros	R\$ 700,00
Pacote de Folha Sulfite	Custeio	R\$ 30,00
Caneta esferográfica azul	Custeio	R\$ 2,50
Transporte (Ida à Instituição)	Custeio	R\$ 100,00
Bolsa Aluna Mestrado	Bolsas	R\$ 1.500,00
Total em R\$		R\$ 2.332,50

### Outras informações, justificativas ou considerações a critério do pesquisador:

As etapas de desenvolvimento do sistema, de levantamento bibliográfico, de atualização do sistema e escrita da dissertação serão realizadas na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) nos laboratórios de Engenharia Biomédica (BioLab) e de Computação Gráfica e Realidade Virtual e Aumentada da Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT). As demais etapas do projeto serão realizadas na Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD). Na instituição onde serão realizados os experimentos existem um total de duas mil pessoas que possuem deficiência motora. Para que a pesquisa seja realizada é necessário que pelo menos 16 crianças que possuem deficiência do tipo ausência do antebraço, masculino e feminino, considerando 50% de cada tipo, juntamente com os seus responsáveis participem da pesquisa, através de entrevista, avaliação do sistema e resposta aos questionários.

### Bibliografia:

ALM, N. et al. Virtual reality for putting people with disabilities in control. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 1998, San Diego, CA. p.1174 - 1179. ALVES. E. Principais tipos de tratamentos de fisioterapia. Disponível em: <http://www.atletx.com.br/saude/fisioterapia/principais-tipos-de-tratamentos-de-fisioterapia>. Acesso em: 03 fev. 2014. ARAUJO, R. B.; KIRNER, C. Especificação e Análise de um Sistema Distribuído de Realidade Virtual", XIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. São Carlos –SP, 1996.

ARRAIS, M.; MARTINS, A.; GROSSI, M. Interface Natural do Usuário: Aplicações para inovação do ensino a distância com o uso do Microsoft Kinect. Belo Horizonte - MG, 2012, 10p. AZUMA, R. T.; BAIOLLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; Macintyre, B. Recent advances in augmented reality. In: IEEE Computer Graphics and Applications, p. 34-47, 2001. BATTISTA D. G., Eades, R., R. Tamassia, I. G. Tollis. Graph Drawing. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999. BAUMANN, K. G.; ARKIE, A. Hérnia de disco lombar: saiba mais, para evitar ou tratar. Revista Contra Relógio, São Paulo-SP. Edição 162. Mar. 2007. Disponível em: [/revistacontrarelogio.com.br/materia/hernia-de-disco-lombar-saiba-mais-para-evitar-ou-tratar/](http://revistacontrarelogio.com.br/materia/hernia-de-disco-lombar-saiba-mais-para-evitar-ou-tratar/). Acesso em: 23 abr. 2014. BILLINGHURST, M., Kato, H. (1999) Collaborative Mixed Reality, Proc. of the International Symposium on Mixed Reality, ISMR'99, Springer -Verlag, p. 261-284. BIRCK, F. Guia Prático para Iniciantes – Microsoft® XNA. Curitiba: Universidade UFPR, 2007. 24. BOTELLA, C. et al. TREATING cockroach phobia with augmented reality. Behavior Therapy, v.41. n. 3, p. 401-413, 2010. BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos direitos da pessoa com deficiência - CORDE. 2007. Disponível em: [/portal.mj.gov.br/corde/](http://portal.mj.gov.br/corde/). Acesso em: 21/11/2013. BRAZIL, A. L.; BARUQUE, L. B. Desenvolvendo Jogos 2D com C# e Microsoft XNA. Rio de Janeiro - RJ: Volume Único. Fundação CECIERJ, 2010. 196p. CARDOSO, G. S. Microsoft Kinect: Criando Aplicações Interativas com o Microsoft Kinect. Vila Mariana - SP: Ed. Casa do Código, 2013. 167p. CARDOSO, G. S. Biblioteca de Funções para Utilização do Kinect em Aplicações NUI e Jogos Eletrônicos. 2012. 103f. Monografia (Graduação) – Curso de Ciências da Computação, Itajaí- SC. CATUHE, D. Programming with the Kinect for Windows Software Development Kit. United States of America: Ed. Microsoft Press, 2012. 226p. CHAKRABORTY, B.; HASHIMOTO, T. A framework for user aware route selection in pedestrian navigation system. Aware Computing (ISAC), 2010 2nd International Symposium on, 2010, 1-4 Nov. 2010. p.150-153. CHIARA, D. D. et al. Augmented Map navigation through Customizable Mobile Interfaces. Proceedings of the 16th International Conference on Distributed Multimedia Systems, 2010, Hyatt Lodge at McDonald's Campus, Oak Brook, Illinois, USA. Knowledge Systems Institute. p.265-270. COFFITO - Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Definição de Fisioterapia. Brasília – DF. Disponível em: [http://www.coffito.org.br/conteudo/con\\_view.asp?secao=27](http://www.coffito.org.br/conteudo/con_view.asp?secao=27) Acesso em: 21 jan. 2014. (maiores informações, vide Projeto de Pesquisa original anexo).

## Upload de Documentos Arquivo Anexos:

Tipo	Arquivo
Folha de Rosto	FolhaDeRostoAssinada.pdf
Outros	DeclaracaoDaInstituicaoCoParticipante.pdf
Outros	SolicitacaoDeAutorizacaoDeColetaDeDados.pdf
Outros	Questionario_para_coleta_de_dados.pdf
Outros	Questionario_para_avaliacao_de_dados.pdf
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_para_o_responsavel_legal_pelo_menor_de_12_anos_sujeito_de_pesquisa.pdf
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_Assentimento_para_Menor_entre_12_e_18_anos.pdf
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.pdf
Outros	Curriculo_lattes.pdf
Outros	TermoDeCompromissoDaEquipeExecutora.pdf

**Finalizar**

Manter sigilo da integra do projeto de pesquisa: Sim

Prazo: Até a publicação dos resultados.

## ANEXO II



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
UBERLÂNDIA/MG



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais

**Pesquisador:** ALEXANDRE CARDOSO

**Área Temática:** Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

**Versão:** 3

**CAAE:** 55704316.3.0000.5152

**Instituição Proponente:** Faculdade de Engenharia Elétrica

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.733.487

#### Apresentação do Projeto:

Conforme apresenta o protocolo: "A reabilitação é um procedimento que exige o conhecimento sobre a enfermidade a ser tratada e as deficiências causadas no movimento. A cada dia torna-se mais evidente a necessidade de embasamento científico sobre o corpo humano e suas respostas fisiológicas para uma consistente tomada de decisão, visando a recuperação das funções motoras, prevenir e reduzir os riscos de novas lesões. A intensidade e o volume de tratamento e treinamento são fundamentais para a obtenção de resultados positivos. A quantidade de sessões semanais, duração das sessões e duração total do tratamento são fundamentais para a otimização das respostas. O longo tempo necessário para o tratamento e a pouca motivação gerada pelos métodos tradicionais são apontados como motivo de abandono do tratamento fisioterápico, caracterizando-se como uma das principais causas de falha terapêutica. A reabilitação convencional é, por natureza, repetitiva e muitas vezes dolorosa. Outra característica é a falta de recursos que possibilitem dar continuidade do tratamento domiciliar, com pouco ou nenhum monitoramento presencial de um terapeuta. O uso da reabilitação virtual através de jogos visa simular situações reais; percebe-se que o uso desta, afasta o paciente do foco da dor ou do incômodo; melhora na funcionalidade dos membros acometidos e o leva a retomar as atividades nas áreas de desempenho ocupacional. Assim, jogos de reabilitação abrem um leque de novas possibilidades onde exercícios físicos de reabilitação podem ser realizados em casa pelo paciente, com ou sem a presença do fisioterapeuta. A ideia da reabilitação virtual é que o paciente siga as instruções de exercícios do jogo corretamente, realizando os exercícios em casa e retorne ao centro de reabilitação uma ou duas vezes por semana para monitorar a evolução do tratamento e receber novas orientações sobre exercícios, quando necessário. Portanto, os sistemas de realidade virtual têm se mostrado bastante eficientes no campo da medicina, pois além de tornar o tratamento mais divertido e motivador, torna a execução dos exercícios feitos em domicílio mais segura, pois terá maior precisão de movimentos com ou sem a supervisão de um terapeuta. A forma e velocidade correta com que devem ser executados os exercícios, são orientados durante as sessões de fisioterapia, onde o fisioterapeuta pode avaliar se o paciente está apto para utilizar

um tratamento de reabilitação virtual em domicílio, para proporcionar mais tranquilidade ao terapeuta e comodidade ao paciente, pois torna os resultados mais eficazes e precisos".

### **Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário: Este trabalho tem por objetivo adaptar serious games, que utilizam Realidade Virtual, e wearables para auxiliar na motivação de crianças e adolescentes com faixa etária de 6 a 15 anos com ausência congênita e/ou adquirida de antebraço, a fim de que eles tenham maior interesse em utilizar a prótese no membro superior e melhorar o processo de reabilitação desses pacientes, além da adaptação à utilização das mesmas. Para validação da pesquisa, serão utilizadas próteses nos pacientes para realização de testes e comparação dos resultados.

Objetivo Secundário: Com o propósito de alcançar o objetivo principal desta tese, foram estipulados os objetivos específicos listados a seguir:

- especificar as necessidades de um serious game utilizando Realidade Virtual e wearables para auxiliar na motivação de crianças e adolescentes com ausência do antebraço;
- adaptar o serious game definido para realização de análises baseado em RV e wearables; • imprimir próteses por meio de scanner 3D;
- validar o sistema com profissionais da área;
- realizar testes do sistema com usuários que possuem deficiência física;• utilizar prótese nos pacientes para validar a pesquisa;
- aplicar um questionário de avaliação com estes usuários;
- analisar e avaliar os resultados obtidos da utilização do sistema.

Enfim, espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir, de alguma forma, com as discussões atuais e futuras em torno da temática sobre o uso de serious games utilizando Realidade Virtual e dispositivos vestíveis (wearables) para auxiliar no processo de reabilitação de pessoas com deficiência física.

### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Conforme carta-reposta:

"RISCOS: O risco que a pesquisa oferece ao indivíduo que participar da mesma é de ter a sua identidade revelada, sem a sua autorização. Contudo, de acordo com o proposto no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em nenhum momento os participantes da pesquisa serão identificados. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Além disso, não terão nenhum gasto ou ganho financeiro por participar da pesquisa. Assim, os participantes da pesquisa brincarão com jogos sérios virtuais no computador e responderão um questionário para avaliar a eficácia dos jogos, fornecendo a sua opinião sobre os mesmos e se, após a utilização dos jogos sérios, eles se sentem mais motivados a utilizar a prótese em seu dia-a-dia. Para o controle dos jogos sérios, serão utilizados acessórios anexos ao corpo do paciente, também conhecidos como dispositivos vestíveis. O dispositivo vestível que será utilizado na pesquisa é chamado Myo, um bracelete capaz de controlar aplicações por meio de gestos e interagir com computadores e outros meios digitais similares, reconhecendo impulsos elétricos nos músculos do usuário. É um modelo comercializado livremente não só para pesquisadores, mas também para consumidores comuns que desejam utilizá-lo em jogos de computador ou para controle de outras aplicações. Por ser um método não-invasivo de eletromiografia, o dispositivo Myo não provoca efeitos colaterais ao participante da pesquisa, visto que é um acessório similar a um relógio ou pulseira, o qual não causa alergia, dor, irritação na pele, calosidades, nem qualquer outro dano ou prejuízo físico. Ele capta os gestos do participante e, em seguida, transmite para o computador, o qual reconhecerá os movimentos e executará as atividades durante a execução dos jogos sérios. Logo, há apenas a necessidade do participante dedicar algum tempo aos jogos sérios e, ao fim das atividades, responder ao questionário de avaliação.

**BENEFÍCIOS:** Esta pesquisa trará benefícios para facilitar a reabilitação e acessibilidade de crianças com deficiência física através da tecnologia assistiva. Também permite que pessoas com deficiência física nos membros superiores possam interagir com jogos sérios adaptados, sem a utilização de dispositivos tradicionais, como teclado e mouse.

Consequentemente, pode contribuir para o aumento do nível de aceitação da deficiência pelos participantes e incentivar a criação de novos equipamentos para este público. Também possibilita melhorias no monitoramento e acompanhamento do tratamento dos pacientes por oferecer maior segurança aos participantes. Além disso, os jogos sérios desta pesquisa possuem a finalidade de motivar os participantes a utilizar próteses em seu cotidiano. O bracelete Myo foi escolhido como o dispositivo a ser utilizado nesta pesquisa por apresentar diversas vantagens em relação a outros equipamentos, devido à sua leveza, praticidade, facilidade de uso e também por ser uma inovação tecnológica que não causa efeitos colaterais aos participantes".

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Conforme o protocolo: "Neste trabalho, será investigado se a tecnologia de Realidade Virtual juntamente com dispositivos vestíveis (wearables), aplicados ao contexto de serious games para pessoas com deficiência física, teria potencial para auxiliá-las na reabilitação e avaliar o comportamento das pessoas ao utilizarem o sistema. O universo da pesquisa se constitui em uma associação criada para receber crianças com deficiência física, a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD). A escolha desta instituição deu-se ao fato de que a sua finalidade é proporcionar a sua habilitação e reabilitação para a melhoria da qualidade de vida e aquisição de maior autonomia e independência, promovendo a inclusão social. O caminho proposto para a investigação será constituído de: a) Apresentação da proposta de pesquisa, esclarecimentos quanto a sua importância, e o convite para os indivíduos e responsáveis para que as pessoas sejam colaboradores, no primeiro momento; b) Leitura e explicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, juntamente com o recolhimento de assinaturas dos responsáveis e dos indivíduos, no segundo encontro; c) Aplicação de um questionário (Anexo I) com o objetivo de conhecer o perfil dos indivíduos que apresentam deficiência física e coletar informações relevantes para o desenvolvimento do sistema; d) Utilização do sistema na associação da AACD de Uberlândia; e) Aplicação do questionário (Anexo II) após a utilização do sistema; f) Análise a avaliação dos resultados obtidos. É importante salientar que o indivíduo ou responsável por ele poderá detectar possíveis erros ou necessidades de melhoria da ferramenta o que irá realimentar o processo de análise e desenvolvimento da mesma".

De acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12, o CEP manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa proposto.

O protocolo não apresenta problemas de ética nas condutas de pesquisa com seres humanos, nos limites da redação e da metodologia apresentadas.

#### **Considerações Finais a critério do CEP: Data para entrega de Relatório Final ao CEP/UFU: Janeiro de 2017.**

**OBS.: O CEP/UFU LEMBRA QUE QUALQUER MUDANÇA NO PROTOCOLO DEVE SER INFORMADA IMEDIATAMENTE AO CEP PARA FINS DE ANÁLISE E APROVAÇÃO DA MESMA.**

O CEP/UFU lembra que:

- a- segundo a Resolução 466/12, o pesquisador deverá arquivar por 5 anos o relatório da pesquisa e os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, assinados pelo sujeito de pesquisa.
- b- poderá, por escolha aleatória, visitar o pesquisador para conferência do relatório e documentação pertinente ao projeto.
- c- a aprovação do protocolo de pesquisa pelo CEP/UFU dá-se em decorrência do atendimento a Resolução CNS 466/12, não implicando na qualidade científica do mesmo.

**Orientações ao pesquisador :**

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 466/12 ) e deve receber uma via original do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado.
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS 466/12), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS 466/12). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res.251/97, item III.2.e).

**O presente projeto, seguiu nesta data para análise da CONEP e só tem o seu início autorizado após a aprovação pela mesma.**

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Sim

UBERLANDIA, 12 de Setembro de 2016

**Assinado por:**

**Sandra Terezinha de Farias Furtado  
(Coordenador)**

**Endereço:** Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica

**Bairro:** Santa Mônica

**CEP:** 38.408-144

**UF: MG**

**Município:** UBERLANDIA

**Telefone:** (34)3239-4131

**Fax:** (34)3239-4335

**E-mail:** cep@propp.ufu.br

## ANEXO III

COMISSÃO NACIONAL DE  
ÉTICA EM PESQUISA



### PARECER CONSUBSTANCIADO DA CONEP

#### **DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais

**Pesquisador:** ALEXANDRE CARDOSO

**Área Temática:** Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

**Versão:** 4

**CAAE:** 55704316.3.0000.5152

**Instituição Proponente:** Faculdade de Engenharia Elétrica

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### **DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.790.475

#### **Apresentação do Projeto:**

##### **INTRODUÇÃO**

A Tecnologia Assistiva no Brasil, de acordo com o Comitê de Ajudas Técnicas - Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República, diz respeito a produtos, recursos, metodologias, tecnologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social. Os recursos de Tecnologia Assistiva quando combinados aos recursos tecnológicos podem atender a uma grande diversidade de usuários com deficiências. Com o avanço tecnológico e com a proliferação de tecnologias de rede sem fio, os usuários estão, principalmente, interessados em serviços avançados que tornam o ambiente altamente inteligente e facilitam significativamente suas atividades. A deficiência física se torna um grande obstáculo na vida das pessoas com necessidades especiais que são privadas de realizar até mesmo suas atividades do dia-a-dia sem a necessidade de ajuda de outras pessoas. As pessoas que possuem deficiência possuem necessidades especiais, sendo que usuários com deficiências físicas apresentam problemas de mobilidade, tais como dificuldades de acesso ao seu destino final. Essas pessoas com deficiências e as pessoas idosas possuem a necessidade de encontrar o “melhor” caminho de navegação em ambientes externos (outdoor) e em grandes ambientes internos (indoor), tais como hospitais e shoppings centers. Recentemente, observa-se que o desenvolvimento da tecnologia da informação vem auxiliando inúmeras práticas na área da saúde, em atividades como diagnóstico, terapia, gerenciamento e educação, o que exige a necessidade de mudanças e desenvolvimento de novas habilidades pelos profissionais das áreas envolvidas. Neste campo, a Realidade Virtual (RV), definida como a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, vem trazendo novas possibilidades para criação, modelagem, visualização, interação e simulação tridimensional de imagens, proporcionando interfaces avançadas capazes de gerar a imersão do usuário em ambientes com os quais pode interagir e explorar. A RV é uma área tipicamente multidisciplinar que envolve conceitos provenientes de diversos segmentos, com aplicação em várias áreas ou campos específicos da vida

econômica, social e cultural. Por permitir uma interação humano computador mais natural em ambiente tridimensional (3D) e possibilitar a reprodução de situações reais, torna-se um recurso de amplo potencial. Desse modo, a aplicação da RV na área da saúde, ou mesmo para o desenvolvimento humano, tem sido avaliada de forma intensiva nos últimos anos e merecido destaque, pois representa novos desafios e potencialidades, com a inserção de informações complementares e/ou relevantes ao cenário real. Além disso, os jogos digitais deixaram de ser vistos como uma forma de entretenimento prejudicial à saúde. Games tornam-se uma ferramenta importante para melhorar o tratamento dos pacientes que vão desde aqueles que estão atravessando uma grave enfermidade, como o câncer, por exemplo, até os que demandam procedimentos mais leves, como a fisioterapia.

## METODOLOGIA

Neste trabalho, será investigado se a tecnologia de Realidade Virtual juntamente com dispositivos vestíveis (wearables), aplicados ao contexto de serious games para pessoas com deficiência física, teria potencial para auxiliá-las na reabilitação e avaliar o comportamento das pessoas ao utilizarem o sistema. O universo da pesquisa se constitui em uma associação criada para receber crianças com deficiência física, a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD). A escolha desta instituição deu-se ao fato de que a sua finalidade é proporcionar a sua habilitação e reabilitação para a melhoria da qualidade de vida e aquisição de maior autonomia e independência, promovendo a inclusão social. O caminho proposto para a investigação será constituído de:

- a) Apresentação da proposta de pesquisa, esclarecimentos quanto a sua importância, e o convite para os indivíduos e responsáveis para que as pessoas sejam colaboradores, no primeiro momento;
- b) Leitura e explicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, juntamente com o recolhimento de assinaturas dos responsáveis e dos indivíduos, no segundo encontro;
- c) Aplicação de um questionário (Anexo I) com o objetivo de conhecer o perfil dos indivíduos que apresentam deficiência física e coletar informações relevantes para o desenvolvimento do sistema;
- d) Utilização do sistema na associação da AACD de Uberlândia;
- e) Aplicação do questionário (Anexo II) após a utilização do sistema;
- f) Análise a avaliação dos resultados obtidos.

É importante salientar que o indivíduo ou responsável por ele poderá detectar possíveis erros ou necessidades de melhoria da ferramenta o que irá realimentar o processo de análise e desenvolvimento da mesma.

## CRITÉRIO DE INCLUSÃO

Serão incluídas na pesquisa pessoas que apresentam deficiência física que fazem parte da instituição, e autorizem a sua participação, bem como os responsáveis por estas pessoas que desejam participar da pesquisa.

## CRITÉRIO DE EXCLUSÃO

Serão excluídas da pesquisa as pessoas que não desejam participar.

### **Objetivo da Pesquisa:**

#### **OBJETIVO DA PESQUISA**

Este trabalho tem por objetivo adaptar serious games, que utilizam Realidade Virtual, e wearables para auxiliar na motivação de crianças e adolescentes com faixa etária de 6 a 15 anos com ausência congênita e/ou adquirida de antebraço, a fim de que eles tenham maior interesse em utilizar a prótese no membro superior e melhorar o processo de reabilitação desses pacientes, além da adaptação à utilização das mesmas. Para validação da pesquisa, serão utilizadas próteses nos pacientes para realização de testes e comparação dos resultados.

#### **OBJETIVOS SECUNDÁRIOS**

Com o propósito de alcançar o objetivo principal desta tese, foram estipulados os objetivos específicos listados a seguir:

- especificar as necessidades de um serious game utilizando Realidade Virtual e wearables para auxiliar na motivação de crianças e adolescentes com ausência do antebraço;
- adaptar o serious game definido para realização de análises baseado em RV e wearables;
- imprimir próteses por meio de scanner 3D;
- validar o sistema com profissionais da área;
- realizar testes do sistema com usuários que possuem deficiência física;
- utilizar prótese nos pacientes para validar a pesquisa;
- aplicar um questionário de avaliação com estes usuários;
- analisar e avaliar os resultados obtidos da utilização do sistema.

Enfim, espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir, de alguma forma, com as discussões atuais e futuras em torno da temática sobre o uso de serious games utilizando Realidade Virtual e dispositivos vestíveis (wearables) para auxiliar no processo de reabilitação de pessoas com deficiência física.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

##### **RISCOS**

O risco que a pesquisa oferece ao indivíduo de pesquisa é de ter a sua identidade revelada, sem a sua autorização. Contudo, de acordo com o proposto no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em nenhum momento os colaboradores da pesquisa serão identificados. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Além disso, não terão nenhum gasto ou ganho financeiro por participar da pesquisa.

##### **BENEFÍCIOS**

Esta pesquisa trará benefícios para facilitar a reabilitação e acessibilidade de crianças com deficiência física através da tecnologia assistiva. Além disso, pode melhorar a aceitação da deficiência pelos pacientes e incentivar a criação de novos equipamentos para este público.

#### **Considerações Finais a critério da CONEP:**

Diante do exposto, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - Conep, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

Situação: Protocolo aprovado.

#### **Situação do Parecer:**

Aprovado

BRASILIA, 25 de Outubro de 2016



**Assinado por:**

**Jorge Alves de Almeida Venancio  
(Coordenador)**

<b>Endereço:</b>	SEPN 510 NORTE, BLOCO A 3º ANDAR, Edifício Ex-INAN - Unidade II - Ministério da Saúde
<b>Bairro:</b>	Asa Norte
<b>UF: DF</b>	<b>Município:</b> BRASILIA
<b>Telefone:</b>	(61)3315-5878
<b>CEP:</b>	70.750-521
<b>E-mail:</b>	conept@saude.gov.br

## ANEXO IV

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) senhor(a), o(a) menor, pelo qual o(a) senhor(a) é responsável, está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada “Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais”, sob a responsabilidade dos pesquisadores Alexandre Cardoso, Alcimar Barbosa Soares, Caroline Araújo Marquez Valentini, Edgard Afonso Lamounier Júnior, Flávia Gonçalves Fernandes, Gerson Flávio Mendes de Lima, Pedro Arantes Mendonça Toledo Almeida, Reidner Santos Cavalcante, Renato de Aquino Lopes e Sebastiaan Willem Albert Scholten.

Nesta pesquisa, nós estamos buscando motivar crianças e adolescentes com ausência congênita e/ou adquirida de antebraço que frequentam a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD), a fim de que eles tenham maior interesse em utilizar a prótese no membro superior e melhorar o processo de reabilitação, além de promover a inclusão delas no meio de entretenimento digital.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pelas pesquisadoras Caroline Araújo Marquez Valentini e Flávia Gonçalves Fernandes na Unidade da AACD.

Na participação do(a) menor, ele(a) irá brincar com jogos virtuais no computador e responderá um questionário online para avaliar a eficácia do jogo, dizendo o que achou do jogo e se agora se sente mais motivado(a) a utilizar a prótese na vida real no dia-a-dia.

Para o controle dos jogos, será utilizado um dispositivo chamado Myo, um bracelete capaz de controlar aplicações por meio de gestos e interagir com computadores e outros meios digitais similares, reconhecendo impulsos elétricos nos músculos do usuário. É um modelo comercializado livremente não só para pesquisadores, mas também para consumidores comuns que desejam utilizá-lo em jogos de computador ou para controle de outras aplicações.

Por ser um método não-invasivo de eletromiografia, o dispositivo Myo não provoca efeitos colaterais ao participante da pesquisa, visto que é um acessório similar a um relógio ou pulseira, o qual não causa alergia, dor, irritação na pele, calosidades, nem qualquer outro dano ou prejuízo físico. Ele capta os gestos do participante e, em seguida, transmite para o computador, o qual reconhecerá os movimentos e executará as atividades durante a execução dos jogos.

Em nenhum momento o(a) menor será identificado(a). Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada.

Os riscos, da participação do(a) menor na pesquisa, consistem na revelação da identidade do indivíduo, sem a sua autorização. Contudo, de acordo com o proposto no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em nenhum momento os participantes da pesquisa serão identificados. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Além disso, não terão nenhum gasto ou ganho financeiro por participar da pesquisa. Logo, há apenas a necessidade do participante dedicar algum tempo aos jogos durante 45 minutos, aproximadamente, e, ao fim das atividades, responder ao questionário de avaliação online por cerca de 15 minutos. Esta pesquisa trará benefícios para facilitar a reabilitação e acessibilidade de crianças com deficiência física através da tecnologia assistiva. Também permite que pessoas com deficiência física nos membros superiores possam interagir com jogos adaptados, sem a utilização de dispositivos tradicionais, como teclado e mouse. Consequentemente, pode contribuir para o aumento do nível de aceitação da deficiência pelos participantes e incentivar a criação de novos equipamentos para este público. Também possibilita melhorias no monitoramento e acompanhamento do tratamento dos pacientes por oferecer maior segurança aos participantes. Além disso, os jogos desta pesquisa possuem a finalidade de motivar os participantes a utilizar próteses em seu cotidiano.

O bracelete Myo foi escolhido como o dispositivo a ser utilizado nesta pesquisa por apresentar diversas vantagens em relação a outros equipamentos, devido à sua leveza, praticidade, facilidade de uso e também por ser uma inovação tecnológica que não causa efeitos colaterais aos participantes.

---



---

Assinatura dos pesquisadores

---



---

Responsável pelo(a) menor participante da pesquisa

O participante tem o tempo adequado para que possa refletir sobre sua participação na pesquisa, consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-lo na tomada de decisão livre e esclarecida. O(A) menor é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação. O participante tem direito a assistência integral gratuita para os itens que estamos desenvolvendo nesta pesquisa, caso aconteça danos diretos/indiretos e imediatos/tardios pelo tempo que for necessário, garantido pelo pesquisador responsável.

Caso seja necessário, o pesquisador responsável oferecerá ressarcimento de gastos referentes às despesas para participação da pesquisa do participante e seus acompanhantes.

O participante da pesquisa tem o direito de buscar indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido está sendo apresentado em duas vias, sendo uma retida com o pesquisador responsável e outra com o(a) senhor(a), responsável legal pelo(a) menor.

Todas as páginas deverão ser rubricadas por todos os pesquisadores responsáveis pela pesquisa e pelo responsável legal da criança participante.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, o(a) senhor(a), responsável legal pelo(a) menor, poderá entrar em contato com os pesquisadores: Alexandre Cardoso, Alcimar Barbosa Soares, Caroline Araújo Marquez Valentini, Edgard Afonso Lamounier Júnior, Flávia Gonçalves Fernandes, Gerson Flávio Mendes de Lima, Pedro Arantes Mendonça Toledo Almeida, Reidner Santos Cavalcante, Renato de Aquino Lopes e Sebastiaan Willem Albert Scholten, de segunda-feira à sexta-feira, em horário comercial, no seguinte endereço:

Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB) - Laboratório de Computação Gráfica e Realidade Virtual

Campus Santa Mônica – Bloco 1N – Sala 02

Av. João Naves de Ávila, 2121

Uberlândia- Min

CEP: 38400-902  
T-1, 3 - (34) 2222-4785 FAU - (34) 2222-4784

Telefone: (34) 3239-4707; FAX: (34) 3239-4704  
Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres-Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG, CEP: 38408-100; fone: 34-32394131, Horário de funcionamento: das 14:30 às 17:30, de segunda-feira à sexta-feira

O CEP é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Überländia ..... de ..... de 20.....

### Assinatura dos pesquisadores

Eu, responsável legal pelo(a) menor \_\_\_\_\_, consinto na sua participação no projeto citado acima, caso ele(a) deseje, após ter sido devidamente esclarecido.

Responsável pelo(a) menor participante da pesquisa

## ANEXO V

### TERMO DE ASSENTIMENTO PARA O MENOR

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada “Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais”, sob a responsabilidade dos pesquisadores Alexandre Cardoso, Alcimar Barbosa Soares, Caroline Araújo Marquez Valentini, Edgard Afonso Lamounier Júnior, Flávia Gonçalves Fernandes, Gerson Flávio Mendes de Lima, Pedro Arantes Mendonça Toledo Almeida, Reidner Santos Cavalcante, Renato de Aquino Lopes e Sebastiaan Willem Albert Scholten.

Nesta pesquisa, nós estamos buscando motivar crianças e adolescentes com ausência congênita e/ou adquirida de antebraço que frequentam a Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD), a fim de que eles tenham maior interesse em utilizar a prótese no membro superior e melhorar o processo de reabilitação, além de promover a inclusão delas no meio de entretenimento digital.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pelas pesquisadoras Caroline Araújo Marquez Valentini e Flávia Gonçalves Fernandes na Unidade da AACD.

Na sua participação, você irá brincar com jogos virtuais no computador e responderá um questionário online para avaliar a eficácia do jogo, dizendo o que achou do jogo e se agora se sente mais motivado(a) a utilizar a prótese na vida real no dia-a-dia.

Para o controle dos jogos, será utilizado um dispositivo chamado Myo, um bracelete capaz de controlar aplicações por meio de gestos e interagir com computadores e outros meios digitais similares, reconhecendo impulsos elétricos nos músculos do usuário. É um modelo comercializado livremente não só para pesquisadores, mas também para consumidores comuns que desejam utilizá-lo em jogos de computador ou para controle de outras aplicações.

Por ser um método não-invasivo de eletromiografia, o dispositivo Myo não provoca efeitos colaterais ao participante da pesquisa, visto que é um acessório similar a um relógio ou pulseira, o qual não causa alergia, dor, irritação na pele, calosidades, nem qualquer outro dano ou prejuízo físico. Ele capta os gestos do participante e, em seguida, transmite para o computador, o qual reconhecerá os movimentos e executará as atividades durante a execução dos jogos.

Os riscos consistem na revelação da identidade do indivíduo, sem a sua autorização. Contudo, de acordo com o proposto no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em nenhum momento os colaboradores da pesquisa serão identificados. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Além disso, não terão nenhum gasto ou ganho financeiro por participar da pesquisa.

Logo, há apenas a necessidade de você dedicar algum tempo aos jogos durante 45 minutos, aproximadamente, e, ao fim das atividades, responder ao questionário de avaliação online por cerca de 15 minutos.

Esta pesquisa trará benefícios para facilitar a reabilitação e acessibilidade de crianças com deficiência física através da tecnologia assistiva. Também permite que pessoas com deficiência física nos membros superiores possam interagir com jogos adaptados, sem a utilização de dispositivos tradicionais, como teclado e mouse. Consequentemente, pode contribuir para o aumento do nível de aceitação da deficiência pelos participantes e incentivar a criação de novos equipamentos para este público. Também possibilita melhorias no monitoramento e acompanhamento do tratamento dos pacientes por oferecer maior segurança aos participantes. Além disso, os jogos desta pesquisa possuem a finalidade de motivar os participantes a utilizar próteses em seu cotidiano. O bracelete Myo foi escolhido como o dispositivo a ser utilizado nesta pesquisa por apresentar diversas vantagens em relação a outros equipamentos, devido à sua leveza, praticidade, facilidade de uso e também por ser uma inovação tecnológica que não causa efeitos colaterais aos participantes.

---

Assinatura dos pesquisadores

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

---

Participante da pesquisa

Você terá o tempo adequado para que possa refletir sobre sua participação na pesquisa, consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-lo na tomada de decisão livre e esclarecida.

Mesmo seu responsável legal tendo consentido na sua participação na pesquisa, você não é obrigado a participar da mesma se não desejar. Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação.

Você tem direito a assistência integral gratuita para os itens que estamos desenvolvendo nesta pesquisa, caso aconteça danos diretos/indiretos e imediatos/tardios pelo tempo que for necessário, garantido pelo pesquisador responsável.

Caso seja necessário, o pesquisador responsável oferecerá ressarcimento de gastos referentes às despesas para participação da pesquisa do participante e seus acompanhantes.

Você tem o direito de buscar indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido está sendo apresentado em duas vias, sendo uma retida com o pesquisador responsável e outra com você.

Todas as páginas deverão ser rubricadas por todos os pesquisadores responsáveis pela pesquisa e por você, participante da pesquisa.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores: Alexandre Cardoso, Alcimar Barbosa Soares, Caroline Araújo Marquez Valentini, Edgard Afonso Lamounier Júnior, Flávia Gonçalves Fernandes, Gerson Flávio Mendes de Lima, Pedro Arantes Mendonça Toledo Almeida, Reidner Santos Cavalcante, Renato de Aquino Lopes e Sebastiaan Willem Albert Scholten, de segunda-feira à sexta-feira, em horário comercial, no seguinte endereço:

Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB) - Laboratório de Computação Gráfica e Realidade Virtual

Campus Santa Mônica – Bloco 1N – Sala 02

Av. João Naves de Ávila, 2121

## Uberlândia- Minas Gerais – Brasil

CEP: 38400-902

Telefone: (34) 3239-4707; FAX: (34) 3239-4704

Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres-Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG, CEP: 38408-100; fone: 34-32394131, Horário de funcionamento: das 14:30 às 18:30, de segunda-feira à sexta-feira.

O CEP é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Uberlândia, ..... de .....de 20.....

---

## Assinatura dos pesquisadores

---

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

## Participante da pesquisa

## ANEXO VI

### TERMO DE ASSENTIMENTO PARA O MENOR

Olá! Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa chamada “Jogos Sérios para Apoio à Reabilitação de Pacientes com Deficiência Física utilizando Interfaces Naturais”. Vários pesquisadores estão fazendo parte desta pesquisa, Alexandre Cardoso, Alcimar Barbosa Soares, Caroline Araújo Marquez Valentini, Edgard Afonso Lamounier Júnior, Flávia Gonçalves Fernandes, Gerson Flávio Mendes de Lima, Pedro Arantes Mendonça Toledo Almeida, Reidner Santos Cavalcante, Renato de Aquino Lopes e Sebastiaan Willem Albert Scholten.

Nesta pesquisa, nós estamos buscando motivar crianças e adolescentes com ausência congênita e/ou adquirida de antebraço que frequentam a AACD, a fim de que eles tenham maior interesse em utilizar a prótese no membro superior e melhorar o processo de reabilitação, além de promover a inclusão delas no meio de entretenimento digital.

Na sua participação, você irá brincar com jogos virtuais no computador e responderá um questionário para avaliar a eficácia do jogo, dizendo o que achou do jogo e se agora se sente mais motivado(a) a utilizar a prótese na vida real no dia-a-dia.




---



---



---



---

Assinatura dos pesquisadores

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

---



---



---

Participante da pesquisa



Para o controle dos jogos, será utilizado um bracelete no seu braço. Você irá controlar o jogo de acordo com os movimentos do seu braço.



Os riscos consistem na revelação da identidade do indivíduo, sem a sua autorização. Contudo, de acordo com o proposto no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em nenhum momento você será identificado(a). Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Além disso, nem você nem seus responsáveis não terão nenhum gasto ou ganho financeiro por participar da pesquisa.

Logo, há apenas a necessidade de você dedicar algum tempo aos jogos, durante 45 minutos, aproximadamente, e, ao fim das atividades, responder ao questionário de avaliação online por cerca de 15 minutos. Nós vamos esclarecer as dúvidas de como será feito isso.

Esta pesquisa trará benefícios para facilitar a reabilitação e acessibilidade de crianças com deficiência física através da tecnologia assistiva. Também permite que pessoas com deficiência física nos membros superiores possam interagir com jogos adaptados, sem a utilização de dispositivos tradicionais, como teclado e mouse. Consequentemente, pode contribuir para o aumento do nível de aceitação da deficiência pelos participantes e incentivar a criação de novos equipamentos para este público. Também possibilita melhorias no monitoramento e acompanhamento do tratamento dos pacientes por oferecer maior segurança aos participantes. Além disso, os jogos desta pesquisa possuem a finalidade de motivar os participantes a utilizar próteses em seu cotidiano. O bracelete Myo foi escolhido como o dispositivo a ser utilizado nesta pesquisa por apresentar diversas vantagens em relação a outros equipamentos, devido à sua leveza, praticidade, facilidade de uso e também por ser uma inovação tecnológica que não causa efeitos colaterais aos participantes.

---



---



---



---



---



---



---

Assinatura dos pesquisadores

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

---



---



---



---



---



---

Participante da pesquisa

Depois que te explicarmos tudo que você queira saber, daremos um tempo para você e seu responsável pensarem e decidirem se querem participar desta pesquisa. Se precisar, podem consultar seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-lo na tomada de decisão livre e esclarecida.

Mesmo seu responsável legal tendo consentido na sua participação na pesquisa, você não é obrigado a participar da mesma se não desejar. Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, e nada vai acontecer com você.

Você tem direito a assistência integral gratuita para os itens que estamos desenvolvendo nesta pesquisa, caso aconteça danos diretos/indiretos e imediatos/tardios pelo tempo que for necessário, garantido pelo pesquisador responsável.

Caso seja necessário, o pesquisador responsável oferecerá resarcimento para qualquer gasto que você ou seu responsável tiver para participarem desta pesquisa.

Você ou seu responsável tem o direito de buscar indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido está sendo apresentado em duas vias, uma via vai ficar com o pesquisador responsável e outra com você.

Todas as páginas deverão ser rubricadas por todos os pesquisadores responsáveis pela pesquisa e pelo participante/responsável legal.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, o(a) senhor(a), responsável legal pelo(a) menor, poderá entrar em contato com os pesquisadores: Alexandre Cardoso, Alcimar Barbosa Soares, Caroline Araújo Marquez Valentini, Edgard Afonso Lamounier Júnior, Flávia Gonçalves Fernandes, Gerson Flávio Mendes de Lima, Pedro Arantes Mendonça Toledo Almeida, Reidner Santos Cavalcante, Renato de Aquino Lopes e Sebastiaan Willem Albert Scholten, em horário comercial, no seguinte endereço:

Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE) e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB) - Laboratório de Computação Gráfica e Realidade Virtual  
Campus Santa Mônica – Bloco 1N – Sala 02, Av. João Naves de Ávila, 2121

Uberlândia- Minas Gerais – Brasil, CEP: 38400-902

Telefone: (34) 3239-4707; FAX: (34) 3239-4704

Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres-Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG, CEP: 38408-100; fone: 34-32394131, Horário de funcionamento: das 14:30 às 17:30, de segunda-feira à sexta-feira.

O CEP é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Uberlândia, ..... de ..... de 20.....

---

Assinatura dos pesquisadores

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

---

Participante da pesquisa

## ANEXO VII

### Questionário para Avaliação do Perfil do Indivíduo

#### **1 – Dados do Indivíduo:**

1.1. Sexo: ( ) masculino ( ) feminino

1.2. Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_ - Idade: \_\_\_\_\_

1.3. Tipo de deficiência:

( ) Amelia \_\_\_\_\_ ( ) Hemimelia \_\_\_\_\_

( ) Agenesia \_\_\_\_\_ ( ) Hipoplasia \_\_\_\_\_

( ) Focomelia \_\_\_\_\_ ( ) Outra: \_\_\_\_\_

1.4. Deficiência:

( ) congênita (desde o nascimento);

( ) adquirida (após o nascimento).

1.5. O que ocasionou a deficiência?

---

1.6. Há quanto tempo possui a deficiência: \_\_\_\_\_

#### **2. Perfil do Indivíduo:**

2.1. Qual o seu grau de experiência com o uso de tecnologia, computadores, *tablets*, celulares?

Muitíssimo  Muito  Mais ou menos  Pouco  Nada

Caso NÃO tenha utilizado aparelhos tecnológicos, justifique o motivo.

Falta de interesse  Falta de oportunidade  Outro: \_\_\_\_\_

2.2. Qual o seu grau de experiência com uso de jogos digitais ou video games?

Muitíssimo  Muito  Mais ou menos  Pouco  Nada

Caso NÃO tenha utilizado jogos ou vídeo games, justifique o motivo.

Falta de interesse  Falta de oportunidade  Outro: \_\_\_\_\_

2.3. Qual o seu gênero de jogos preferido?

---

2.4. Você está em qual ano escolar? \_\_\_\_\_

2.5. Possui alguma limitação de deslocamento, função ou desempenho para realização de atividades cotidianas?

---



---

## ANEXO VIII

**Quadro 1 - Questionário para avaliação de jogos educacionais**

<b>MOTIVAÇÃO</b> <p><b>Atenção</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção.</li> <li>- O design da interface do jogo é atraente.</li> </ul> <p><b>Relevância</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ficou claro para mim como o conteúdo do jogo está relacionado com coisas que eu já sabia.</li> <li>- Eu gostei tanto do jogo que gostaria de aprender mais sobre o assunto abordado por ele.</li> <li>- O conteúdo do jogo é relevante para meus interesses.</li> <li>- Eu poderia relacionar o conteúdo do jogo com coisas que já vi, fiz ou pensei.</li> <li>- O conteúdo do jogo será útil para mim.</li> </ul> <p><b>Confiança</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O jogo foi mais difícil de entender do que eu gostaria.</li> <li>- O jogo tinha tanta informação que foi difícil identificar e lembrar dos pontos importantes</li> <li>- O conteúdo do jogo é tão abstrato que foi difícil manter a atenção nele.</li> <li>- As atividades do jogo foram muito difíceis.</li> <li>- Eu não consegui entender uma boa parcela do material do jogo.</li> </ul> <p><b>Satisfação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Completar os exercícios do jogo me deu um sentimento de realização.</li> <li>- Eu aprendi algumas coisas com o jogo que foram surpreendentes ou inesperadas.</li> <li>- Os textos de feedback depois dos exercícios, ou outros comentário do jogo, me ajudaram a sentir recompensado pelo meu esforço.</li> <li>- Eu me senti bem ao completar o jogo.</li> </ul>	<p><b>Desafio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real.</li> <li>- Me esforcei para ter bons resultados no jogo.</li> <li>- Houve momentos em que eu queria desistir do jogo.</li> <li>- Me senti estimulado a aprender com o jogo.</li> </ul> <p><b>Habilidade / Competência</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Me senti bem sucedido.</li> <li>- Eu alcancei rapidamente os objetivos do jogo.</li> <li>- Me senti competente.</li> <li>- Senti que estava tendo progresso durante o desenrolar do jogo.</li> </ul> <p><b>Interação Social</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Senti que estava colaborando com outros colegas.</li> <li>- A colaboração no jogo ajuda a aprendizagem.</li> <li>- O jogo suporta a interação social entre os jogadores.</li> </ul> <p><b>Divertimento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eu gosto de utilizar este jogo por bastante tempo.</li> <li>- Quando interrompido, fiquei desapontado que o jogo tinha acabado.</li> <li>- Eu jogaria este jogo novamente.</li> <li>- Algumas coisas do jogo me irritaram.</li> <li>- Fiquei torcendo para o jogo acabar logo.</li> <li>- Achei o jogo meio parado.</li> </ul> <p><b>CONHECIMENTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Depois do jogo consigo lembrar de mais informações relacionadas ao tema apresentado no jogo.</li> <li>- Depois do jogo consigo compreender melhor os temas apresentados no jogo.</li> <li>- Depois do jogo sinto que consigo aplicar melhor os temas relacionados com o jogo.</li> </ul>
<p><b>EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO</b></p> <p><b>Imersão</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava.</li> <li>- Eu perdi a consciência do que estava ao meu redor enquanto jogava.</li> </ul>	

## ANEXO IX

### Questionário para Avaliação da Utilização de Jogos Mediada pelo Dispositivo Myo

	Muitíssimo	Muito	Mais ou menos	Pouco	Nada
1. Eu já conhecia o dispositivo Myo?					
2. Eu já utilizei o Myo anteriormente?					
3. Foi fácil aprender a utilizar o Myo para jogar?					
4. Foi confortável utilizar o Myo para jogar?					
5. Gostei de controlar o jogo utilizando o Myo?					
6. O Myo atendeu às minhas expectativas?					
7. Eu achei o jogo legal e interessante?					
8. Foi fácil manter a atenção no jogo?					
9. As atividades do jogo foram fáceis de entender?					
10. Foi fácil aprender os comandos para execução do jogo?					
11. Eu consegui executar todos os comandos do jogo?					
12. Eu me esforcei para ter bons resultados no jogo?					
13. A velocidade de execução do jogo foi rápida?					
14. Eu me diverti durante o jogo?					
15. Eu fiquei envolvido no jogo?					
16. Eu me senti ansioso ou entediado durante o jogo?					
17. Eu me senti estimulado a aprender com o jogo?					
18. Eu consegui concluir o jogo?					
19. O jogo atendeu às minhas expectativas?					
20. Eu gostaria de jogar este jogo novamente?					

## ANEXO X

```
// Script de gerenciamento do jogo
using UnityEngine;
using System.Collections;
public class GameManager : MonoBehaviour {
    public string pieceStatus = "Idle";
    public KeyCode placePiece;
    public string checkPlacement = "";
    public static int score;
    public static int penalidade;
    public static int remainingPieces;
    public static float timeBonus;
    public AudioSource sound;
    // Inicialização
    void Start () {
        sound = GetComponent<AudioSource>();
        score = 0;
    }
    // O método Update é chamado uma vez por frame
    void Update () {
        if (pieceStatus == "PickedUp"){
            Vector2 mousePosition = new Vector2(Input.mousePosition.x, Input.mousePosition.y);
            Vector2 objPosition = Camera.main.ScreenToWorldPoint(mousePosition);
            transform.position = objPosition;
        }
        if (Input.GetKeyDown(placePiece) && pieceStatus == "PickedUp")
        {
            checkPlacement = "y";
        }
    }
    void OnTriggerStay2D(Collider2D other)
    {
        if (other.gameObject.name == gameObject.name && checkPlacement == "y")
        {
            other.GetComponent<BoxCollider2D>().enabled = false;
            GetComponent<BoxCollider2D>().enabled = false;
            score += 10;
            transform.position = other.gameObject.transform.position;
            pieceStatus = "Locked";
            checkPlacement = "n";
            GetComponent<SpriteRenderer>().color = new Color(1, 1, 1, 1);
            GetComponent<Renderer>().sortingOrder = 0;
            remainingPieces -= 1;
            sound.Play();
        }
        if (other.gameObject.name != gameObject.name && checkPlacement == "y")
        {
            score -= 2;
            GetComponent<SpriteRenderer>().color = new Color(1, 1, 1, 0.3f);
            checkPlacement = "n";
        }
        if (!other)
        {
            pieceStatus = "Idle";
        }
    }
    void OnMouseDown()
```

```

    {
        pieceStatus = "PickedUp";
        checkPlacement = "n";
        GetComponent<Renderer>().sortingOrder = 10;
    }
}

// Script Principal do jogo
using UnityEngine;
using System.Collections;
using UnityEditor.SceneManagement;

public class GameMaster : MonoBehaviour {
    public static Vector3 cameraPosition;

    // Use this for initialization
    void Start () {
        this.transform.position = cameraPosition;
    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {
        if (GameManager.remainingPieces == 0)
        {
            ScoreControl.scoreFinal = GameManager.score + GameManager.timeBonus;
            EditorSceneManager.LoadScene("LevelComplete");
        }
    }
}

// Script para seleção de nível do jogo
using UnityEngine;
using System.Collections;
using UnityEditor.SceneManagement;
public class LevelSelect : MonoBehaviour {
    // Use this for initialization
    void Start () {
    }
    // Update is called once per frame
    void Update () {
    }
    void OnMouseDown()
    {
        if(gameObject.name == "Nivel1")
        {
            GameMaster.cameraPosition = new Vector3(1.55f, 0.43f, -10);
            GameManager.remainingPieces = 4;
            EditorSceneManager.LoadScene("PuzzleScene");
        }
        if(gameObject.name == "Nivel2")
        {
            GameMaster.cameraPosition = new Vector3 (61.55f, 0.43f, -10);
            GameManager.remainingPieces = 9;
            EditorSceneManager.LoadScene("PuzzleScene");
        }
        if(gameObject.name == "Nivel3")
        {
            GameMaster.cameraPosition = new Vector3(121.55f, 0.43f, -10);
            GameManager.remainingPieces = 16;
            EditorSceneManager.LoadScene("PuzzleScene");
        }
    }
}

```

```

        if (gameObject.name == "Voltar")
    {
        EditorSceneManager.LoadScene("LevelSelect");
    }
}

// Script para contagem da pontuação do jogo
using UnityEngine;
using System.Collections;
public class ScoreControl : MonoBehaviour {
    public static float scoreFinal;
    // Use this for initialization
    void Start () {
        GetComponent<Renderer>().sortingOrder = 15;
        GameManager.timeBonus = 120;
    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {
        // Cálculo da pontuação do jogo
        if (this.name != "ScoreFinal")
        {
            GameManager.timeBonus -= Time.deltaTime;
            if (GameManager.timeBonus < 0)
            {
                GameManager.timeBonus = 0;
            }
            GetComponent<TextMesh>().text = "Pontuação: " + Mathf.RoundToInt(GameManager.score +
GameManager.timeBonus).ToString();
        }
        if(this.name == "ScoreFinal")
        {
            GetComponent<TextMesh>().text = "Pontuação: " + Mathf.RoundToInt(scoreFinal).ToString();
        }
    }
}
// Script para configuração do tamanho da câmera
using UnityEngine;
using System.Collections;
public class CameraSize : MonoBehaviour {
    // Use this for initialization
    void Start ()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {

    }
}

```

## ANEXO XI

```

using System.Collections;
using UnityEngine;
// Atividades executadas no jogo ao realizar o movimento "fist" com o Myo
public class Jump : MonoBehaviour {
    // Objetos públicos podem ser definidos a partir do Unity 3D
    public Rigidbody Cube;
    public ThalmicMyo Myo;
    // Keep track of our jumping state
    public bool isJumping = false;
    // Executes on first launch
    void Start() {
        StartCoroutine(MoveCheck());
    }
    // Funciona a cada 1/10 de segundo para ver se precisamos aplicar força
    IEnumerator MoveCheck() {
        while (Application.isPlaying) {
            // Adiciona força quando o usuário realiza o gesto "Fist"
            if (!isJumping && (Myo.pose == Thalmic.Myo.Pose.Fist || Input.GetKey(KeyCode.Return))){
                var dir = Cube.transform.position - Cube.transform.GetChild(0).position * 2;
                Cube.AddForce(dir, ForceMode.Impulse);
                isJumping = true;
            }
            else if (isJumping && (Myo.pose != Thalmic.Myo.Pose.Fist && !Input.GetKey(KeyCode.Return)))
            {
                isJumping = false;
            }
            yield return new WaitForSeconds(0.1f);
        }
    }
}
// Este script mostra como usar dados EMG
#include <array>
#include <iostream>
#include <sstream>
#include <stdexcept>
#include <string>
#include <myo/myo.hpp>
class DataCollector : public myo::DeviceListener {
public:
    DataCollector()
    : emgSamples()
    {}
    // onUnpair() é chamado sempre que o Myo é desconectado do Myo Connect pelo usuário
    void onUnpair(myo::Myo* myo, uint64_t timestamp) {
        emgSamples.fill(0);
    }
    // OnEmgData () é chamado sempre que o Myo emparelhado tem fornecido novos dados EMG e //EMG streaming está habilitado.
    void onEmgData(myo::Myo* myo, uint64_t timestamp, const int8_t* emg) {
        for (int i = 0; i < 8; i++) {
            emgSamples[i] = emg[i];
        }
    }
    // Definimos esta função para imprimir os valores atuais que foram atualizados pelas funções acima
    void print() {
        // Limpar a linha atual
        std::cout << '\r';
        // Imprime os dados EMG
    }
}

```

```

for (size_t i = 0; i < emgSamples.size(); i++) {
    std::ostringstream oss;
    oss << static_cast<int>(emgSamples[i]);
    std::string emgString = oss.str();
    std::cout << '[' << emgString << std::string(4 - emgString.size(), ' ') << ']';
}
std::cout << std::flush;
}
// Os valores dessa matriz são definidos por onEmgData () acima
std::array<int8_t, 8> emgSamples;
};

int main(int argc, char** argv) {
    // Exceções
    try {
        // Primeiro, cria-se um Hub com o identificador de aplicação
        myo::Hub hub("com.example.emg-data-sample");
        std::cout << "Attempting to find a Myo..." << std::endl;
        // Em seguida, tenta-se encontrar um Myo para usar. Se o Myo já estiver emparelhado no Myo Connect,
        // isso retornará a função de execução do Myo imediatamente.
        // waitForMyo () leva um valor de tempo limite em milissegundos. Neste caso, vamos tentar encontrar
        // um Myo por 10 segundos, e, se isso falhar, a função retornará um ponteiro nulo.
        myo::Myo* myo = hub.waitForMyo(10000);
        // If waitForMyo() returned a null pointer, we failed to find a Myo, so exit with an error message.
        if (!myo) {
            throw std::runtime_error("Unable to find a Myo!");
        }
        // Myo foi encontrado
        std::cout << "Connected to a Myo armband!" << std::endl << std::endl;
        // Next we enable EMG streaming on the found Myo.
        myo->setStreamEmg(myo::Myo::streamEmgEnabled);
        // Em seguida, construiu-se uma instância do DeviceListener, para registrar com o Hub.
        DataCollector collector;
        // Hub :: addListener () pega o endereço de qualquer objeto cuja classe herda de DeviceListener
        // Hub :: run () envia eventos para o dispositivo registrado
        hub.addListener(&collector);
        // Loop principal
        while (1) {
            // Em cada iteração do loop principal, executa-se o loop de eventos do Myo para um número definido
            // de milissegundos. Neste caso, nós deseja-se atualizar o monitor 50 vezes em um segundo, assim,
            // o Myo funciona para 1000/20 milissegundos.
            hub.run(1000/20);
            // Depois de processar eventos, chamamos a função print () para imprimir os valores obtidos de
            // quaisquer eventos que tenham ocorrido.
            collector.print();
        }
        // Se ocorrer uma exceção padrão, imprime a mensagem e sai do loop
    } catch (const std::exception& e) {
        std::cerr << "Error: " << e.what() << std::endl;
        std::cerr << "Press enter to continue.";
        std::cin.ignore();
        return 1;
    }
}
// Script de inicialização do Myo
#define _USE_MATH_DEFINES
#include <cmath>
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <stdexcept>
#include <string>

```

```

#include <algorithm>
#include <myo/myo.hpp>
class DataCollector : public myo::DeviceListener {
public:
    DataCollector()
    : onArm(false), isUnlocked(false), roll_w(0), pitch_w(0), yaw_w(0), currentPose() { }
    void onUnpair(myo::Myo* myo, uint64_t timestamp) {
        // We've lost a Myo.
        // Let's clean up some leftover state.
        roll_w = 0;
        pitch_w = 0;
        yaw_w = 0;
        onArm = false;
        isUnlocked = false;
    }
    void onOrientationData(myo::Myo* myo, uint64_t timestamp, const myo::Quaternion<float>& quat) {
        using std::atan2;
        using std::asin;
        using std::sqrt;
        using std::max;
        using std::min;
        float roll = atan2(2.0f * (quat.w() * quat.x() + quat.y() * quat.z()),
                           1.0f - 2.0f * (quat.x() * quat.x() + quat.y() * quat.y()));
        float pitch = asin(max(-1.0f, min(1.0f, 2.0f * (quat.w() * quat.y() - quat.z() * quat.x()))));
        float yaw = atan2(2.0f * (quat.w() * quat.z() + quat.x() * quat.y()),
                           1.0f - 2.0f * (quat.y() * quat.y() + quat.z() * quat.z()));
        // Converte os ângulos de ponto flutuante em radianos para uma escala de 0 a 18.
        roll_w = static_cast<int>((roll + (float)M_PI)/(M_PI * 2.0f) * 18);
        pitch_w = static_cast<int>((pitch + (float)M_PI/2.0f)/M_PI * 18);
        yaw_w = static_cast<int>((yaw + (float)M_PI)/(M_PI * 2.0f) * 18);
    }
    void onPose(myo::Myo* myo, uint64_t timestamp, myo::Pose pose) {
        currentPose = pose;
        if (pose != myo::Pose::unknown && pose != myo::Pose::rest) {
            myo->unlock(myo::Myo::unlockHold);
        }
        // Notifica ao Myo que a pose resultou em uma ação, neste caso mudando o texto na tela.
        // O Myo vibrará.
        myo->notifyUserAction();
    }
    void onArmSync(myo::Myo* myo, uint64_t timestamp, myo::Arm arm, myo::XDirection xDirection,
                  float rotation, myo::WarmupState warmupState) {
        onArm = true;
        whichArm = arm;
    }
    void onArmUnsync(myo::Myo* myo, uint64_t timestamp) {
        onArm = false;
    }
    void onUnlock(myo::Myo* myo, uint64_t timestamp) {
        isUnlocked = true;
    }
}

```

```

// onLock () é chamado quando o Myo é bloqueado. Nenhum evento de pose será enviado até que o
// Myo seja desbloqueado novamente.
void onLock(myo::Myo* myo, uint64_t timestamp) {
    isUnlocked = false;
}.
void print() {
    std::cout << '\r';
    std::cout << '[' << std::string(roll_w, '*') << std::string(18 - roll_w, ' ') << ']'
        << '[' << std::string(pitch_w, '*') << std::string(18 - pitch_w, ' ') << ']'
        << '[' << std::string(yaw_w, '*') << std::string(18 - yaw_w, ' ') << ']';
    if (onArm) {
        // Imprime o estado de bloqueio, a pose reconhecida atualmente e o braço Myo que está sendo usado.
        // Pose :: toString () fornece o nome legível por humanos de uma pose.
        std::string poseString = currentPose.toString();
        std::cout << '[' << (isUnlocked ? "unlocked" : "locked") << ']'
            << '[' << (whichArm == myo::armLeft ? "L" : "R") << ']'
            << '[' << poseString << std::string(14 - poseString.size(), ' ') << ']';
    } else {
        // Imprime um marcador de posição para o braço, após a conexão com o Myo
        std::cout << '[' << std::string(8, ' ') << ']' << "["?]" << '[' << std::string(14, ' ') << ']';
    }
    std::cout << std::flush;
}
bool onArm;
myo::Arm whichArm;
bool isUnlocked;
int roll_w, pitch_w, yaw_w;
myo::Pose currentPose;
};

int main(int argc, char** argv) {
    try {
        myo::Hub hub("com.example.hello-myo");
        std::cout << "Attempting to find a Myo..." << std::endl;
        myo::Myo* myo = hub.waitForMyo(10000);
        if (!myo) {
            throw std::runtime_error("Unable to find a Myo!");
        }
        std::cout << "Connected to a Myo armband!" << std::endl << std::endl;
        DataCollector collector;
        hub.addListener(&collector);
        while (1) {
            hub.run(1000/20);
            collector.print();
        }
    } catch (const std::exception& e) {
        std::cerr << "Error: " << e.what() << std::endl;
        std::cerr << "Press enter to continue.";
        std::cin.ignore();
        return 1;
    }
}

```