

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC**

**CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**FELIPE GARCIA DE SOUZA**

**APLICAÇÃO DE SERIOUS GAMES NO APOIO A EXERCÍCIO  
FISIOTERAPÊUTICO POR MEIO DO USO DO SENSOR DE MOVIMENTO LEAP  
MOTION NO TRATAMENTO DA SÍNDROME DO TÚNEL DO CARPO**

**CRICIÚMA**

**2017**

**FELIPE GARCIA DE SOUZA**

**APLICAÇÃO DE SERIOUS GAMES NO APOIO A EXERCÍCIO  
FISIOTERAPÊUTICO POR MEIO DO USO DO SENSOR DE MOVIMENTO LEAP  
MOTION NO TRATAMENTO DA SÍNDROME DO TÚNEL DO CARPO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Paulo João Martins

Coorientador: Prof. Esp. Sandro Ressler

**CRICIÚMA**

**2017**

Felipe Garcia de Souza

**APLICAÇÃO DE SERIOUS GAMES NO APOIO A EXERCÍCIO  
FISIOTERAPÊUTICO POR MEIO DO USO DO SENSOR DE MOVIMENTO LEAP  
MOTION NO TRATAMENTO DA SÍNDROME DO TÚNEL DO CARPO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em informática na saúde e jogos digitais.

Criciúma, 23 de Junho de 2017.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. MSc. Paulo João Martins – Orientador (UNESC)



Prof. Esp. Sandro Ressler – Coorientador – (Curso de Fisioterapia – UNESC)



Prof. MSc. Fabiano Napolini de Oliveira – (Curso de Jogos Digitais – UNESC)



Prof. MSc. Luciano Antunes – (UNESC)

**“Dedico este trabalho a todos que me apoiaram nessa caminhada, em especial aos meus pais, a meu namorado e meus colegas”.**

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer, em primeiro lugar, a meus pais que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Também agradeço a meu namorado Jonata, por estar sempre ao meu lado, compartilhando amor, carinho, paciência e compreensão em toda essa etapa da minha vida.

Agradeço a meus colegas Eduardo, Emanuel, Jessé e Jonas, companheiros de estudo e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

Ao meu orientador, Paulo Martins, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho e ao meu Coorientador Sandro Ressler, pelo suporte com os assuntos relacionados a área de Fisioterapia.

**“Jogos são uma forma universal e extraordinária de aliviar todos os tipos de sofrimento - incluindo tédio, ansiedade, depressão, solidão, desespero e até mesmo dor física-. Por esta razão, Eu acredito que muitos desenvolvedores de jogos estão em uma missão humanitária (Quer eles saibam disso ou não) ”.**

**Jane McGonigal**

## RESUMO

A aplicação de jogos eletrônicos como forma de auxiliar nas sessões de reabilitação motora passou a ser disseminado na transição do século XX para o século XXI. Pacientes diagnosticados com Síndrome do Túnel do Carpo apresentam um grande número de sintomas, resultantes da compressão do nervo mediano ao passar por meio do túnel do carpo, que incluem dor, diminuição da sensibilidade e formigamento nas áreas da mão afetadas. O tratamento pode ocorrer por meio da cirurgia ou da fisioterapia, sendo que em ambos os casos, sessões de reabilitação devem ser realizadas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um *serious game* para o apoio ao exercício fisioterapêutico da reabilitação desta síndrome. Para este propósito, foi desenvolvido um *serious game*, sem fins lucrativos, no ambiente da Unity 3D chamado "Carpal Rehab". Aplicou-se conceitos de *serious games* em conjunto a técnicas do framework MDA com objetivo de criar um cenário com exercícios específicos, definidos pelo fisioterapeuta, para a reabilitação. Foi integrado o sensor de movimento Leap Motion, a fim de servir como principal controlador do jogo e mapear os movimentos dos dedos com precisão inferior a 1mm. A coleta e análise dos dados qualitativos considerou aspectos positivos e negativos com relação as reações dos usuários por meio da técnica de observação. Para as qualidades percebidas utilizou-se o questionário com framework SAM. A partir da análise dos dados, foi possível perceber a necessidade de se projetar um suporte de apoio ao braço para o jogador e um fator de motivação para realizar os movimentos selecionados.

**Palavras-chave:** Serious Games, Leap Motion, Unity 3D, Reabilitação, Síndrome do Túnel do Carpo.

## ABSTRACT

The application of electronic games as a way to assist in motor rehabilitation sessions began to be disseminated in the transition from the XX to the XXI century. Patients diagnosed with Carpal Tunnel Syndrome have a large number of symptoms resulting from the compression of the median nerve when passing through the carpal tunnel, which include pain, decreased sensitivity and tingling in the affected areas of the hand. The treatment can occur through surgery or physiotherapy, and in both cases, rehabilitation sessions should be performed. This work presents the development of a serious game to support the physiotherapeutic exercise of the rehabilitation of this syndrome. For this purpose, a non-profit serious game was developed in the Unity 3D, called "Carpal Rehab". Concepts of serious games were applied together with techniques of the MDA framework with the objective of creating a scenario with specific exercises, defined by the physiotherapist, for rehabilitation. The Leap Motion sensor was integrated to serve as the main controller of the game and to map the movements of the fingers with precision of less than 1mm. The collection and analysis of the qualitative data considered positive and negative aspects regarding the reactions of the users through the technique of observation. For the perceived qualities, the questionnaire with SAM framework was used. From the analysis of the data, it was possible to perceive the need to design an arm support for the player and a factor as motivation to perform the selected movements.

**Keywords:** Serious Games, Leap Motion, Unity 3D, Rehab, Carpal Tunnel Syndrome.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Movimentos do polegar .....	22
Figura 2 – Delimitação do local da incisão .....	23
Figura 3 – Alcance do Kinect.....	26
Figura 4 – Projeção de mão capturada no <i>Leap Motion</i> .....	27
Figura 5 – Representação dos eixos x, y e z no <i>Leap Motion</i> .....	28
Figura 6 – Interface da Unity 3D.....	30
Figura 7– Um simples <i>GameObject</i> com diferentes componentes.....	32
Figura 8 – Página de download dos <i>assets</i> <i>Leap Motion</i> .....	34
Figura 9 – Composição dos jogadores.....	37
Figura 10 – Diferença entre um jogo comum e um <i>serious game</i> .....	38
Figura 11 – Classificações de um <i>serious game</i> na área da saúde .....	41
Figura 12 – Associação entre conceitos feita pelo MDA .....	43
Figura 13 – Perspectiva do designer e jogador .....	44
Figura 14 – Tela para calibração do movimento na Unity3D.....	54
Figura 15 – Fluxograma com etapas da tela de calibração. ....	54
Figura 16 – Representação dos dedos e ossos reconhecidos pelo sensor .....	55
Figura 17 – Implementação para seleção dos dedos utilizados no gesto .....	56
Figura 18 – Cálculo do ângulo entre dois dedos e conversão para graus.....	56
Figura 19 – Identificação dos gestos utilizando <i>CompareTo</i> .....	57
Figura 20 – Fluxograma com funcionamento do jogo .....	62
Figura 21 – Visão geral da tela principal do jogo (Gameplay) .....	62
Figura 22 – Fluxograma com fluxos dos menus.....	63
Figura 23 – Nave aliada .....	64
Figura 24 – Nave inimiga .....	64
Figura 25 – Lucy.....	65
Figura 26 – Disparo.....	65
Figura 27 – Barras de porcentagem.....	65
Figura 28 – <i>Sprites</i> da animação de explosão da nave inimiga .....	66
Figura 29 – Barra de porcentagem sendo preenchida .....	66
Figura 30 – Backgrounds utilizados no <i>serious game</i> .....	66
Figura 31 – Posicionamento inicial da nave inimiga .....	68
Figura 32 – Função para movimento da nave inimiga.....	69

Figura 33 – Função executada quando nave é atingida.....	70
Figura 34 – Código para reconhecimento do Gesto feito pelo jogador .....	71
Figura 35 – Função de disparo da nave aliada .....	71
Figura 36 – Projeto inicial do suporte para apoio do braço .....	74
Figura 37– Primeiro e segundo <i>mockup</i> do suporte de apoio ao braço .....	74
Figura 38 – Modelo final do suporte de apoio ao braço .....	75
Figura 39 – Tela inicial do <i>serious game</i> .....	77
Figura 40 – Tela de opções do <i>serious game</i> .....	78
Figura 41 – Tela de introdução do <i>serious game</i> .....	78
Figura 42 – Tela de calibração do <i>serious game</i> .....	79
Figura 43 – Tela de tutorial do <i>serious game</i> .....	79
Figura 44 – Tela de gameplay do <i>serious game</i> .....	80
Figura 45 – Tela de resultados do <i>serious game</i> .....	81
Figura 46 – Gráfico sobre atratividade do <i>serious game</i> .....	83
Figura 47 – Gráfico sobre sensações do <i>serious game</i> .....	83
Figura 48 – Gráfico sobre eficiência do tutorial do <i>serious game</i> .....	84
Figura 49 – Gráfico sobre agradabilidade dos gráficos do <i>serious game</i> .....	85
Figura 50 – Gráfico sobre precisão dos movimentos no <i>serious game</i> .....	85
Figura 51 – Gráfico sobre motivação gerada pelo <i>serious game</i> .....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil dos Voluntários da pesquisa .....	82
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
API	Interface de Programação de Aplicativos
AVC	Acidente Vascular Cerebral
GDD	Game Design Document
MFR	Medicina Física e de Reabilitação
NPC	Personagem não Jogável
RF	Retináculo dos Flexores
STC	Síndrome do Túnel do Carpo
UNESC	Universidade do Extremo Sul Catarinense

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 Objetivo Geral .....	17
1.2 Objetivos Específicos .....	17
1.3 Justificativa .....	17
1.4 Estrutura do Trabalho .....	18
<b>2 Fisioterapia</b> .....	<b>20</b>
2.1 Reabilitação Fisioterapêutica .....	20
<b>2.2.1 Funcionalidade</b> .....	<b>20</b>
2.2 Síndrome do Túnel do Carpo .....	21
<b>2.2.1 Movimentos do Polegar</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.2 Tratamento Cirúrgico</b> .....	<b>22</b>
<b>3 Sensores de Captura e Análise de Movimento</b> .....	<b>25</b>
3.1 Nintendo Wii Remote .....	25
3.2 Microsoft Kinect .....	26
3.3 <i>Leap Motion</i> .....	27
<b>4 UNITY 3D</b> .....	<b>29</b>
4.1 Unity 3D .....	29
<b>4.1.1 Interface</b> .....	<b>29</b>
4.1.1.1 <i>Project View</i> .....	30
4.1.1.2 <i>Scene View</i> .....	30
4.1.1.3 <i>Hierarchy View</i> .....	31
4.1.1.4 <i>Inspector View</i> .....	31
4.1.1.5 <i>Game View</i> .....	31
4.1.1.6 <i>Toolbar</i> .....	31
<b>4.1.2 GameObject</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.3 Componentes</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.4 Prefabs</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1.5 Linguagens de desenvolvimento</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1.6 Asset Store</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1.7 Integração com Leap Motion</b> .....	<b>34</b>
<b>5 Jogos Digitais</b> .....	<b>35</b>
5.1 Classificação dos Jogos Digitais .....	35

<b>5.1.1 Gênero</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1.2 Visão do Jogador</b> .....	<b>36</b>
<b>5.1.3 Composição dos Jogadores</b> .....	<b>36</b>
<b>5.1.4 Objetivo do Jogo</b> .....	<b>37</b>
5.2 <i>Serious Games</i> .....	37
<b>5.2.1 Desenvolvendo um <i>serious game</i></b> .....	<b>39</b>
<b>5.2.2 Aplicações de <i>Serious Games</i> na área da saúde</b> .....	<b>40</b>
<b>5.2.3 O lúdico nos <i>Serious Games</i></b> .....	<b>42</b>
<b>6 MDA</b> .....	<b>43</b>
6.1 Estética.....	44
6.2 Dinâmica .....	45
6.3 Mecânica .....	45
<b>7 Trabalhos correlatos</b> .....	<b>46</b>
7.1 Aplicação de <i>Serious Games</i> na área da saúde .....	46
7.2 Reconhecimento de Gestos .....	47
7.3 Desenvolvimento de Jogos com Leap Motion .....	48
7.4 Aplicação de MDA no processo de desenvolvimento de jogos .....	49
7.5 <i>Serious Games</i> e Leap Motion aplicados na fisioterapia.....	50
<b>8 APLICAÇÃO DE SERIOUS GAMES NO APOIO A EXERCÍCIO FISIOTERAPÊUTICO POR MEIO DO USO DO SENSOR DE MOVIMENTO LEAP MOTION NO TRATAMENTO DA SÍNDROME DO TÚNEL DO CARPO</b> .....	<b>52</b>
8.1 Metodologia.....	52
8.2 Mapeamento do Gesto de adução do polegar pelo leap motion .....	53
8.3 GDD .....	57
<b>8.3.1 Conceitos do Jogo</b> .....	<b>57</b>
8.3.1.1 Conceito .....	58
8.3.1.2 Gênero .....	58
8.3.1.3 Público Alvo.....	58
8.3.1.4 Objetivo Geral do Jogo.....	58
8.3.1.5 Objetivos Específicos do Jogo .....	58
8.3.1.6 Pontos Principais.....	59
8.3.1.7 Requisitos Mínimos .....	59
<b>8.3.2 Regras do Jogo</b> .....	<b>59</b>
8.3.2.1 Configurações .....	59

8.3.2.2	Calibração dos Movimentos e Tutorial .....	60
8.3.2.3	Início do Jogo .....	60
8.3.2.4	Durante o Jogo .....	61
8.3.2.5	Resolução do Jogo.....	61
8.3.2.6	Fluxo do Jogo .....	61
8.3.2.7	Visão Geral do Gameplay .....	62
8.3.2.8	Comandos e Interação .....	63
8.3.2.9	Fluxos do Menu .....	63
<b>8.3.3</b>	<b>Elementos do Jogo .....</b>	<b>63</b>
8.3.3.1	Personagens .....	64
8.3.3.2	Objetos .....	65
8.3.3.2	Animações.....	66
8.3.3.3	<i>Backgrounds</i> .....	66
8.4	Aplicação do Framework MDA .....	67
8.5	Implementação do jogo CARPAL REHAB na Unity 3D .....	67
<b>8.5.1</b>	<b>Tela de Gameplay .....</b>	<b>68</b>
8.5.1.1	Programação da nave Inimiga.....	68
8.5.1.2	Programação da nave aliada.....	70
<b>8.5.2</b>	<b>Tela de Calibração e Tutorial.....</b>	<b>72</b>
<b>8.5.3</b>	<b>Tela de Resultados.....</b>	<b>73</b>
8.6	Suporte para Apoio ao Braço .....	73
8.7	Resultados Obtidos .....	75
<b>8.7.1</b>	<b>Jogo “Carpal Rehab” .....</b>	<b>76</b>
<b>8.7.2</b>	<b>Aspectos Éticos da Pesquisa.....</b>	<b>81</b>
<b>8.7.3</b>	<b>Avaliação da Opinião dos Voluntários .....</b>	<b>81</b>
<b>9</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>88</b>
9.1	Trabalhos Futuros .....	89
<b>REFERÊNCIAS.....</b>		<b>91</b>
<b>APÊNDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO .....</b>		<b>105</b>
<b>ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP .....</b>		<b>116</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por técnicas capazes de obter resultados significativos no processo de reabilitação motora tem despertado um grande interesse na comunidade científica, sendo que a aplicação de sistemas de realidade virtual, principalmente derivados de jogos eletrônicos, para auxílio nas sessões de reabilitação motora passa a ser disseminado na transição do século XX para o século XXI (MONTEIRO JUNIOR et al, 2011).

Estes jogos com o intuito de aprimoramento físico, chamados *Serious Games* (Jogos Sérios), aumentam o poder dos jogos de computador para cativar e envolver os usuários finais com o objetivo de desenvolver novos conhecimentos. Estes jogos permitem que os seus jogadores realizem tarefas e experimentem situações que seriam impossíveis por razões de custo, tempo ou segurança. (SUSI; JOHANNESSON; BACKLUND, 2007, tradução nossa).

Segundo Tori, Kirner e Siscoutto (2006), a forma como ocorre a interação do usuário, capacidade de o computador detectar ações do usuário, e reagir da forma mais rápida possível é um dos aspectos mais importantes a se considerar na interface, de forma a melhorar a experiência nesses ambientes virtuais.

Isto pode ser obtido ao utilizar uma *Natural User Interface* (Interface Natural de Usuário), que consiste de um sistema pelo qual o usuário interage com o computador através de dispositivos diferentes dos tradicionais, como teclados e mouses, dando ao usuário a sensação de uma interação mais fácil e intuitiva (REGO; MOREIRA; REIS, 2011, tradução nossa).

Nos últimos anos, diferentes sensores ópticos que permitem a aquisição de objetos em 3 dimensões (3D) vem sendo desenvolvidos (WEICHERT et al, 2013, tradução nossa).

Um destes sensores ópticos, responsável por mapear o movimento de um usuário, é o *Leap Motion*, que, apesar de mapear apenas os movimentos da mão, pode distinguir os dedos e articulações da mão do usuário (MOHANDÉS; OLADIMEJI; DERICHE, 2014, tradução nossa).

O software utilizado em conjunto com o *Leap Motion* tem a capacidade de reconhecer certos padrões específicos de movimento, como o circular, onde um

único dedo faz um círculo no ar, o *swipe*, que ocorre ao realizar um movimento linear com o dedo, o toque, que pode ser o de tecla, ao simular o toque em uma tecla do teclado, ou de tela, simulando o toque para a frente, como em telas *touch-screen* (LEAP MOTION, 2016).

Como pesquisado por Marin, Dominio e Zanuttigh (2014, tradução nossa), é possível extrair dados adquiridos pelo *Leap Motion* como posição dos dedos, centro da palma e orientação da mão e utilizar estes para o reconhecimento de novos gestos.

A forma lúdica que um jogo apresenta, permite que ele seja usado como instrumento de aprendizado e treinamento, permitindo que o paciente se dedique mais do que nos exercícios tradicionais (MONTEIRO, 2011).

Utilizando um *framework* como o *Mechanics, Dynamics and Aesthetics* (MDA), em português, Mecânica, Dinâmica e Estética, é possível aprimorar o processo de desenvolvimento de um jogo, trabalhando a estética para garantir a diversão no jogo, trazendo gráficos, músicas e outros elementos que deem uma sensação de imersão ao jogador, utilizando a dinâmica para um maior desafio ao jogador, com obstáculos de acordo com o objetivo que se deseja alcançar e a mecânica para uma melhor interação do jogador (AFANDI; HINDERSAH; WURYANDARI, 2014, tradução nossa).

Com base nos dados adquiridos durante o último censo do IBGE (2012), em 2010, 7% da população do Brasil sofre de alguma deficiência motora, sendo que a chance de uma pessoa desenvolver alguma dessas deficiências tende a aumentar conforme o avanço de sua idade.

Sessões de reabilitação motora devem incluir treinamentos significativamente repetitivos, intensos e com movimentos específicos para determinada área, buscando promover a recuperação motora (TAKEUCHI; IZUMI, 2013, tradução nossa). Movimentos esses que com o tempo podem se tornar cansativos para o paciente, desmotivando-o durante as sessões.

Neste trabalho, será desenvolvido um jogo, por meio de *Serious Games*, que em conjunto com o sensor de movimento *Leap Motion* irá utilizar o movimento de adução do polegar (Adutor do polegar, auxiliado pelo 1º interósseo palmar). Este movimento será avaliado na fase de execução do mesmo a fim de informar a sua execução através de ações no jogo.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver *um Serious Game*, utilizando o sensor de movimentos Leap Motion e o motor de jogos Unity 3D, para auxiliar na reabilitação fisioterapêutica de pessoas com Síndrome do Túnel do Carpo.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desta pesquisa consistem em:

- a) descrever os tratamentos de reabilitação fisioterapêutica;
- b) aplicar técnicas do *framework* MDA no jogo desenvolvido;
- c) projetar um jogo para apoio na reabilitação motora da Síndrome do Túnel do Carpo, por meio de um *Serious Game*;
- d) mapear com o *Leap Motion* movimentos utilizados no exercício de reabilitação;
- e) estudar e aplicar os conceitos sobre a interação do Leap Motion com Unity 3D;
- f) desenvolver um jogo que possua ações controladas por movimentos mapeados pelo *Leap Motion*;
- g) realizar testes com usuários.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A capacidade de mover a mão é necessária para um melhor desempenho em atividades básicas do dia a dia. A incapacidade de efetuar estes movimentos ou sentir um objeto enquanto o segura ou toca, pode reduzir drasticamente a qualidade de vida de uma pessoa (PATAR et al, 2014, tradução nossa).

Devido à necessidade de um grande número de séries com movimentos repetitivos para tratar este tipo de problema, diferentes pesquisas surgem na área com dispositivos que auxiliem na recuperação motora. O foco da maioria dessas pesquisas vem sendo nos membros superiores, e em como aprimorar a função destes ao utilizar dispositivos que incorporam um treinamento intensivo e repetitivo nestes membros (FISCHER et al, 2007, tradução nossa).

A interação humano-computador é um campo que adquiriu uma maior atenção após o surgimento de dispositivos de interação como o *Wii Remote* e o *Microsoft Kinect*, ambos desenvolvidos pela indústria de jogos (Silva et al, 2013, tradução nossa).

Tendo início com o console Nintendo Wii, o uso de jogos para fins fisioterápicos com o objetivo de motivar as pessoas no processo de reabilitação tem recebido uma atenção especial de pesquisadores nos últimos anos (ARNAB, 2012, tradução nossa)

Sistemas como *Virtual Reality Treatment (ViRT)*, que trabalha com tecnologia de *chroma-key* em conjunto com tecnologia de controles de gestos, permitem ao paciente uma grande imersão no jogo virtual, garantido que ele se divirta enquanto pratica exercícios (VIRTUAL MEDICAL WORLDS MAGAZINE, 2016, tradução nossa).

O sensor selecionado, *Leap Motion*, é uma interface natural compacta de alta resolução, cuja resposta rápida do mapeamento de mãos e dedos e baixo custo (KHATTAK et al, 2014, tradução nossa) auxiliaram para a escolha do mesmo no desenvolvimento deste trabalho.

Projetos como o desenvolvido por Zhu et al (2015, tradução nossa), surgem para apresentar como a união de um *serious game* com sensores de movimento como o *Leap Motion* podem ser eficazes para tratamentos fisioterapêuticos, melhorando a precisão dos movimentos de pacientes após adquirirem uma rotina com partidas regulares no jogo desenvolvido.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A seguinte pesquisa é composta por dez capítulos, sendo que o primeiro retrata a introdução do trabalho, ou seja, onde é feito superficialmente a apresentação dos objetivos gerais e específicos, em conjunto com a justificativa que levou ao desenvolvimento.

O capítulo número dois trata sobre a Fisioterapia, incluindo seu histórico e a forma como são realizados os tratamentos através da reabilitação fisioterapêutica. Em seus subcapítulos apresenta-se a lesão com a qual se trabalhou, a Síndrome do Túnel do Carpo, descrevendo seus sintomas e formas de tratamento.

O terceiro capítulo apresenta sensores de captura e análise de movimentos que são constantemente utilizados em projetos acadêmicos, descrevendo a forma com que estes funcionam.

O capítulo de número quatro fala sobre motores de jogos, e descreve o funcionamento do motor utilizado neste projeto, a Unity 3D, relatando sobre sua interface e principais componentes.

No capítulo cinco, o desenvolvimento de jogos é abordado, retratando o histórico dos jogos digitais, além de apresentar as classificações importantes para o desenvolvimento de um jogo. Em seus subcapítulos, encontra-se também a descrição de *serious games* e como se pode desenvolver um jogo utilizando estes conceitos na área da saúde.

O *framework* MDA tem sua aplicação descrita no capítulo seis, onde cada um dos três elementos é abordado em seus subcapítulos.

Trabalhos correlatos ao deste projeto podem ser vistos no capítulo sete, com os trabalhos correlatos.

A aplicação dos métodos estudados pode ser vista no capítulo oito, onde o desenvolvimento de fato acontece. Este capítulo trata sobre a forma como se mapearam os gestos com o *Leap Motion* utilizando a Unity 3D, a escrita do GDD, desenvolvimento do jogo utilizando o motor gráfico, planejamento e montagem de um suporte para apoio ao braço, além de trazer também os resultados obtidos com a realização do trabalho.

Por fim, no capítulo nove, tem-se a conclusão do projeto desenvolvido. A conclusão contempla a opinião do autor sobre toda a experiência com o projeto, abrange também os trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos com a ideia deste projeto.

## **2 FISIOTERAPIA**

Segundo o Conselho Federal de Fisioterapia (COFFITO, 2016), a Fisioterapia é uma ciência da saúde que possui como objeto de estudo os movimentos cinéticos do corpo humano, sendo responsável pelo diagnóstico, prevenção e recuperação de pacientes com distúrbios nestes movimentos, originados por diferentes motivos.

A Fisioterapia é uma ciência que evolui desde os primórdios em conjunto com o homem, tem início com tentativas de amenizar dores ao esfregar o local dolorido, e até os dias de hoje evolui suas técnicas, se adequando com conhecimentos obtidos e novas tecnologias disponíveis (CREFITO-3, 2016).

Este capítulo irá apresentar informações referentes a fisioterapia e síndrome do túnel do carpo, com a qual se trabalhou nesta pesquisa.

### **2.1 REABILITAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA**

Reconhecida como uma especialidade médica há pouco mais de 60 anos, a Medicina Física e de Reabilitação (MFR), teve uma grande visibilidade durante o período pós II Guerra Mundial, devido ao grande número de combatentes com membros amputados necessitando de cuidados (AMORIM, 2010).

A Reabilitação Fisioterapêutica almeja aperfeiçoar as funções motoras e bem-estar do paciente, auxiliando este a, mesmo com limitações motoras, realizar suas atividades diárias, como trabalhos e hobbies, ao reduzir sua incapacidade e restrições encontradas devido a algum distúrbio cinético (CHARTERED SOCIETY OF PHYSIOTHERAPY, 2016).

#### **2.2.1 Funcionalidade**

De acordo com a análise do fisioterapeuta ao problema apresentado pelo paciente, normalmente são recomendados movimentos e exercícios para aprimorar a mobilidade e função (NHS CHOICES, 2016).

Como mostrado por Amaral et al (2005), a sessão de reabilitação consiste em séries de exercícios e alongamentos, que, acompanhados por um fisioterapeuta, são adaptados ao problema do paciente, visando os melhores resultados possíveis.

## 2.2 SÍNDROME DO TÚNEL DO CARPO

Segundo Kouyoumdjian (1999), a Síndrome do Túnel do Carpo (STC) é considerada um dos distúrbios neurológicos de compressão que apresenta um maior número de casos, o que resulta em uma quantidade superior de estudos e melhor definição do mesmo. A STC ocorre quando o nervo mediano é comprimido ao passar pelo túnel do carpo, podendo ser resultado de uma proliferação tenossinovial, anormalidades na articulação do punho, tumor ou anomalias musculares. Ocorre normalmente com pessoas cuja rotina de trabalho envolve uma série de movimentos repetitivos das mãos, como digitação, operação de máquinas e linha de montagem (OLIVEIRA; DAVID; OLIVEIRA, 2009).

Os sintomas da STC consistem principalmente de dores noturnas com queimação, parestesia – sensação anormal e desagradável sobre a pele, podendo assumir formas como frio, calor, formigamento, pressão, entre outros – e atrofia tenar – perda do tecido muscular na região tenar, porção logo abaixo do dedo polegar - (KAROLCZAK et al, 2005).

A perda progressiva da força da mão é vista como uma queixa comum pelos pacientes diagnosticados com STC (ALVES; ARAÚJO, 2011).

Em casos onde a doença possui uma evolução mais longa, a atrofia tenar costuma estar relacionada a atrofia do músculo abductor curto do polegar (MARTINS, 2016).

### 2.2.1 Movimentos do Polegar

Segundo Martins (2016), um dos ramos distais em que o nervo mediano se divide na região palmar é o ramo motor encarregado dos músculos tênares, responsáveis pelos movimentos do polegar, realizados pelos músculos oponente, abductor e flexor curto do mesmo.

Cinesiologicamente, os seguintes movimentos, que podem ser visualizados na figura 1, são realizados pelo polegar (MAXIMIANO, 2015):

- a) abdução: efetuado pelos músculos abductor longo e curto do polegar;
- b) adução: realizado pelo músculo adutor do polegar e 1º interósseo dorsal;
- c) extensão: realizado pelos músculos extensor longo e curto e abductor longo do polegar;
- d) flexão: executado pelos músculos flexores longo e curto do polegar;
- e) oposição efetuado pelo músculo oponente do polegar;
- f) reposição: executado pelo músculo oponente do polegar.

Figura 1 – Movimentos do polegar



Fonte: Maximiano (2015).

### 2.2.2 Tratamento Cirúrgico

De acordo com Xavier e Santos (2001), atualmente é de consenso que a maioria dos casos de STC podem ser tratados através da liberação do ligamento transversal do carpo, tornando desnecessária a realização de uma microneurólise.

A cirurgia, porém, é recomendada apenas quando o paciente já tenha passado por tratamentos prévios, com exercícios fisioterapêuticos, uso de medicações e injeções de esteroides intratúnel, sem que estes apresentem resultados (KAROLKZAC et al, 2005).

Karolkzac et al (2005) estabelece alguns critérios para que o paciente possa fazer a cirurgia, dentre eles: parestesia duradoura ou intermitente através do curso do nervo mediano, teste de Phalen – exame realizado por ortopedistas para o

diagnóstico da STC - positivo, alterações sensoriais e condução nervosa anormal no trajeto de inervação do nervo mediano. A existência de uma cirurgia prévia, fratura prévia ou lesões duplas são fatores que podem impedir o paciente de realizar o procedimento.

Chammas et al (2014) afirma que o tratamento da STC tem como objetivo principal a redução da pressão intratúnel através da ampliação do volume do túnel do carpo, devido a secção do retináculo dos flexores (RF). Com diferentes técnicas que podem ser aplicadas, a técnica aberta é uma das mais antigas.

Para a realização da cirurgia através da técnica aberta, realiza-se uma incisão longitudinal de 1,5 a 2,0cm no eixo da borda radial do 4º metacarpo, com início a aproximadamente 1,0cm do sulco palmar médio em direção proximal, passando pela pele e tecido celular subcutâneo, como pode ser visto na figura 2 (FERNANDES et al, 1999).

Figura 2 – Delimitação do local da incisão



Fonte: Fernandes et al (1999).

Realiza-se então uma incisão na aponeurose palmar média, de forma radial, permitindo que, com a utilização de afastadores, o RF seja exposto e incisado em sua parte média no lado ulnar do eixo no quarto dedo, permitindo uma margem ulnar para limitar a subluxação dos flexores (CHAMMAS et al, 2014).

O RF é separado profundamente da sinóvia dos flexores com o uso de tesouras de dissecação, permitindo que seja verificado todo o conteúdo do túnel do carpo, sendo que ao levantar meticulosamente a borda radial do RF com um

afastador, é possível identificar o nervo mediano, o elemento mais superficial e radial. Após isso a incisão é fechada (CHAMMAS et al, 2014).

Concluído, esse tratamento cirúrgico pode ser responsável por algumas complicações, como a formação de uma cicatriz hipertrófica e dolorosa, a aderência do nervo mediano ao retináculo flexor e limitações funcionais. Indica-se que o paciente inicie com um tratamento baseado na cinesioterapia, tratamento por meio de movimentos ou exercícios, logo após a cirurgia para que não ocorra limitação nos movimentos, o que irá também acelerar a recuperação dos mesmos (DAVID; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2009 apud KISNER; COLBY, 1997).

### 3 SENSORES DE CAPTURA E ANÁLISE DE MOVIMENTO

Os sistemas de captura e análise de movimento possuem como objetivo recriar virtualmente um movimento registrado por este. Contando com diferentes tecnologias, como câmeras digitais, sensores eletromagnéticos, sensores inerciais, dispositivos eletromecânicos e sistemas acústicos, esses sensores vêm sendo aproveitados em diferentes áreas (SISTO; CABRAL, 2011).

Neste capítulo são abordados três sensores de captura e análise de movimento que surgiram nos últimos anos e constantemente são utilizados em projetos, *Wii Remote*, da Nintendo, Kinect, da Microsoft e o *Leap Motion*, da *Leap Motion*.

#### 3.1 NINTENDO WII REMOTE

Apresentado pela Nintendo em 2006, o Nintendo Wii Remote é o controle que acompanha o console de jogos da empresa Wii. Com suporte ao estilo convencional de controles, através de botões, o Wii Remote passou a permitir a interação através de gestos do jogador (ALEOTTI; CASELLI; MICELLI, 2013, tradução nossa).

Devido à câmera infravermelha, localizada na parte frontal do controle, este aparelho possui a capacidade de identificar diversos *leds* infravermelhos posicionados em um case plástico (*sensor bar*), geralmente encontrado sobre o aparelho televisor do jogador, permitindo detectar onde e quão longe das *leds* o controle se encontra (GAMS; MUDRY, 2008, tradução nossa).

O ADXL330, um acelerômetro linear de três eixos, é o responsável por permitir que o *Wii Remote* reconheça qual movimento o jogador realiza com o controle (LEE, 2008, tradução nossa), permitindo, em conjunto a câmera infravermelho, maior precisão dos dados recebidos.

Com um computador pessoal, acompanhado de um receptor *bluetooth*, é possível a transferência de dados entre o *Wii Remote* e o computador, permitindo a criação de sistemas que utilizam esses movimentos (LI; SEVCENCO; YAN, 2013, tradução nossa).

### 3.2 MICROSOFT KINECT

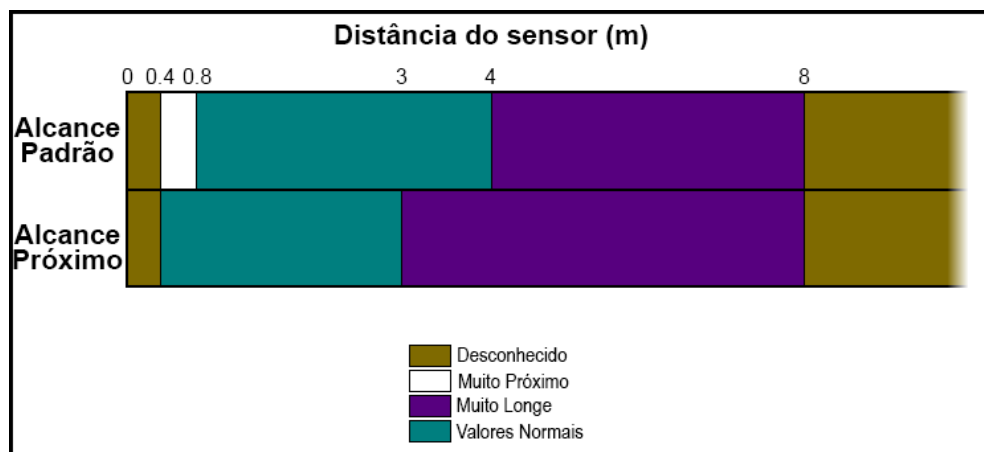
Desenvolvido originalmente para o console de jogos Xbox360, o Kinect foi apresentado em 2010 pela Microsoft como um novo dispositivo para captura de movimentos, podendo ser usado no seu console atual, Xbox360, e em computadores que rodavam o sistema operacional Windows (BABAYAN et al, 2015, tradução nossa).

O Kinect se difere de outros controladores de jogos por ser um aparelho que permite a interação jogador-console sem o uso das mãos no controle, podendo detectar a posição do corpo, movimentos e voz (DUARTE; POSTOLACHE; SCHARCANSKI, 2014, tradução nossa).

Seu sensor captura imagens com cores e profundidades simultâneas a uma taxa de aproximadamente 30 quadros por segundo. A integração dos dados de cores e profundidade adquiridos resulta em uma nuvem de pontos colorida, que contém cerca de 300.000 pontos em cada frame (quadro) (KHOSHELHAM, 2012, tradução nossa).

O Kinect possui duas variações de alcance para definir a distância mínima do jogador e o sensor. Apresentadas na figura 3, a imagem mostra a distância do jogador e o sensor em metros nos dois alcances: o alcance padrão está disponível para as duas versões do sensor, Kinect para Windows e o Kinect para Xbox 360, enquanto o alcance próximo está disponível apenas para o Kinect para Windows (MICROSOFT, 2016, tradução nossa).

Figura 3 – Alcance do Kinect



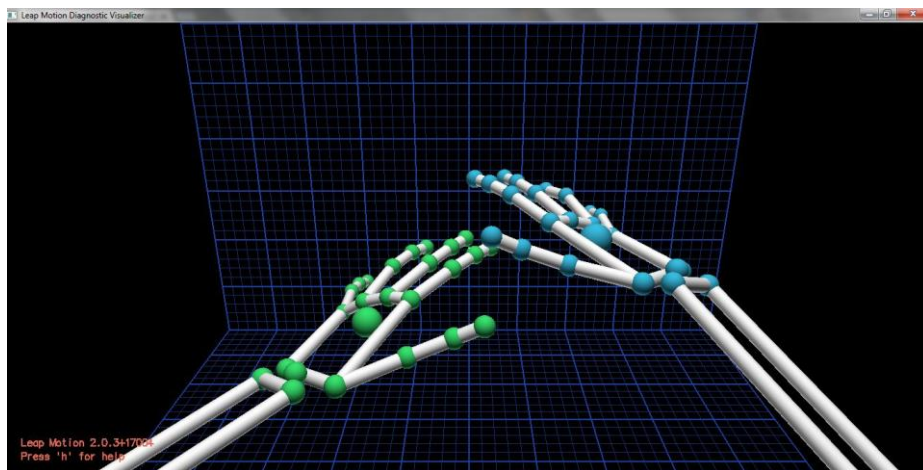
Fonte: Microsoft (2016, tradução nossa).

### 3.3 LEAP MOTION

*Leap Motion* é um sensor de movimento focado para reconhecimento de mãos e dedos. O dispositivo consiste em um pequeno aparelho, com dimensões de 25mm x 10mm x 80mm com peso de 45g (FUJIMURA et al, 2015, tradução nossa) com um par de câmeras monocromáticas acompanhadas por três *leds* infravermelhos capazes de gerar um padrão de pontos 3D (ARTAL-SEVIL; MONTANES, 2016, tradução nossa).

Essa combinação do par de câmeras monocromáticas com o padrão de pontos 3D gerado é utilizada para recriar a imagem das mãos do usuário com informações de profundidade, permitindo gerar resultados como o mostrado na figura 4. O processamento de dados realizado no próprio dispositivo é ínfimo sendo que as imagens são pós-processadas no computador, removendo ruídos e construindo um modelo das mãos, dedos ou ferramentas pontuadas que estejam sendo seguradas, permitindo uma redução no custo final do sensor (SPIEGELMOCK, 2013).

Figura 4 – Projeção de mão capturada no *Leap Motion*



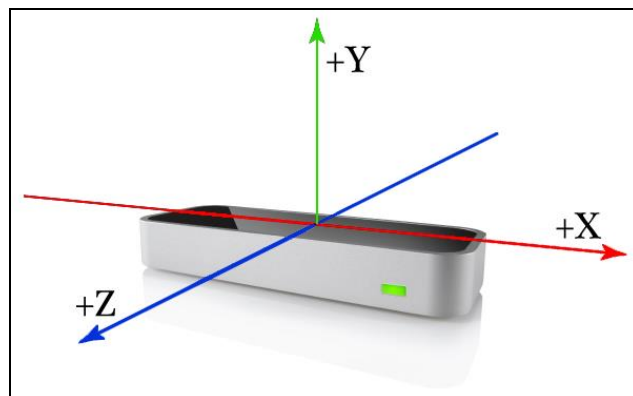
Fonte: Leap Motion (2016).

Com suporte a diferentes ambientes de desenvolvimento, como Javascript, Java, Python, Objective C, C++, C#, Unreal Engine e Unity, no *website* do dispositivo encontramos a documentação da *Application Programming Interface* (API), em português Interface de Programação de Aplicativos, que explica o

funcionamento do *Leap Motion* e de seus códigos, além de contar com documentações de apoio para cada um dos ambientes suportados (LEAP MOTION, 2016).

As coordenadas adquiridas pelo *Leap Motion* são fornecidas em milímetros, e representadas por um eixo tridimensional (x, y, z), conforme a figura 5, cujos valores podem ser positivos ou negativos (LIMA, 2015), sendo que a origem desses pontos é localizada no próprio dispositivo, tendo o eixo x e o eixo z em um plano horizontal, sendo o eixo x paralelo ao dispositivo e tendo seus valores positivos à direita e o eixo z incrementado na direção do usuário. O eixo y é vertical, incrementado ao se distanciar do dispositivo.

Figura 5 – Representação dos eixos x, y e z no Leap Motion



Fonte: Leap Motion (2016).

## 4 UNITY 3D

Segundo Lewis e Jacobson (2002), um motor de jogos consiste de uma coleção de módulos de simulação de códigos que não especificam diretamente o comportamento do jogo (lógica do jogo) ou o ambiente do jogo (dados da fase).

Estes motores disponibilizam uma plataforma na qual jogos e aplicações podem ser desenvolvidas, providenciando ferramentas básicas e funcionalidades necessárias para montar um jogo moderno. Usualmente possuem uma *engine* para renderização, responsável por criar e exibir os *assets* visuais do jogo, uma *engine* de física, que lida com a simulação de sistemas de física e colisões, e então se tem a básica construção de blocos para outras funcionalidades, como inteligência artificial, rede, sons, controle de memória, entre outros (BRODERICK; DUGGAN; REDFERN, 2016).

Este capítulo apresentará a interface e componentes do motor de jogos Unity 3D, escolhida para se trabalhar devida a sua extensa documentação e compatibilidade com o sensor utilizado.

### 4.1 UNITY 3D

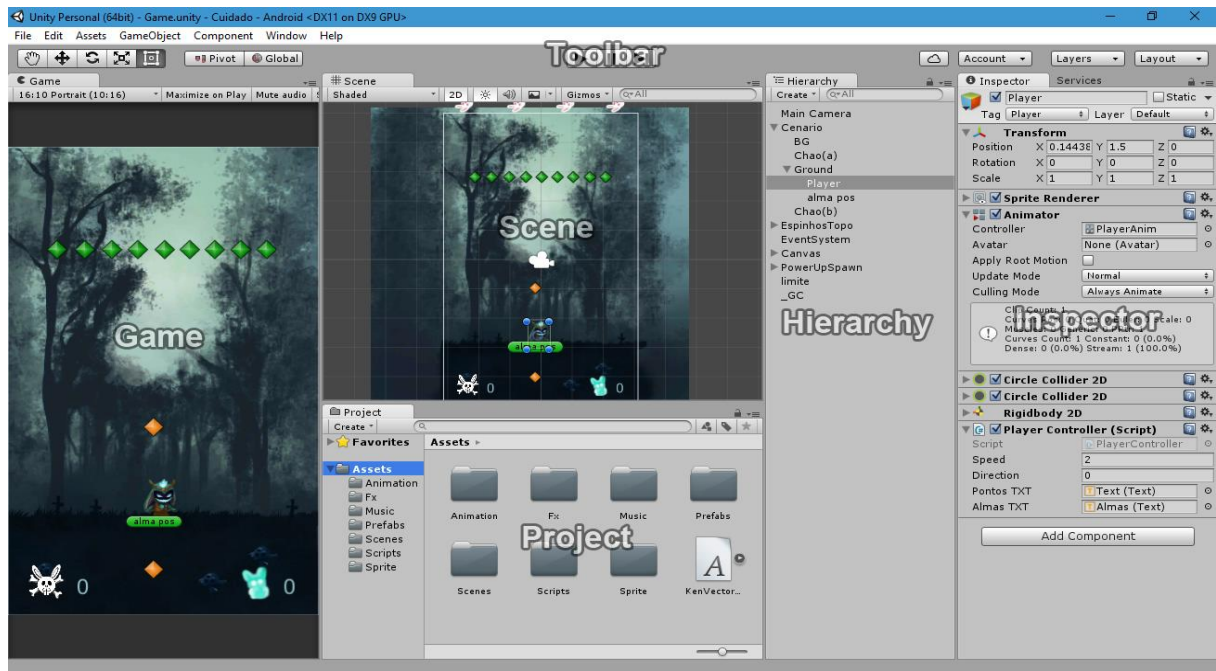
A Unity 3D surgiu com o intuito de facilitar a vida de desenvolvedores de jogos, permitindo o surgimento de diferentes jogos feitos por desenvolvedores independentes. Com a Unity, é possível desenvolver de forma rápida e fácil como nunca antes, devido ao seu time que constantemente trabalha em pacotes e nas exportações para diferentes plataformas, é possível desenvolver um projeto para Android, Iphone, PC e até para consoles (CREIGHTON, 2010, tradução nossa).

#### 4.1.1 Interface

Segundo Passos (2009), a Unity 3D conta com uma interface gráfica que auxilia muito no desenvolvimento, composta por várias janelas, que são chamadas de *views*, cada uma traz ferramentas específicas, e com a possibilidade de organizá-las na janela de acordo com o gosto do usuário, o ambiente de desenvolvimento se

torna extremamente amigável. Na figura 6 é possível ver uma captura de tela dessa interface gráfica.

Figura 6 – Interface da Unity 3D



Fonte: Unity (2016).

#### 4.1.1.1 Project View

A janela *project* é responsável por apresentar todos os *assets* que podem ser usados em seu jogo. Nela é possível criar novos *assets* ou importá-los de outros locais, como a *Asset Store* (SUVAK, 2014, tradução nossa).

#### 4.1.1.2 Scene View

A janela *Scene* pode ser considerada a principal janela do Unity 3D, sendo que esta permite manipular os elementos visuais de uma cena, de forma que é possível receber um *feedback* imediato do estado atual da cena. As alterações ocorrem utilizando o conceito de arrastar e soltar com o mouse, sendo possível alterar a posição de câmeras, cenários, personagens e demais objetos que compõem a cena (PASSOS, 2009).

#### 4.1.1.3 *Hierarchy View*

Cada elemento que compõe a atual cena possui uma representação textual na janela *hierarchy*, onde é mostrado em forma hierárquica como cada objeto se relaciona.

Os objetos apresentados na *hierarchy view* podem ser agrupados dentro de outros objetos, além de terem a possibilidade de trabalhar com o conceito de herança, onde dois ou mais objetos se tornam pais e filhos, permitindo que o objeto filho herde movimentações e funcionalidades do objeto pai (UNITY, 2016, tradução nossa).

#### 4.1.1.4 *Inspector View*

A janela *Inspector* permite a visualização e alteração de diversos parâmetros de um objeto, muitas vezes antes mesmo de inserir ele na cena. Nela é possível adicionar componentes ao objeto, alterar tamanho e localização do mesmo, além de manipular atributos públicos de cada componente (PASSOS, 2009).

#### 4.1.1.5 *Game View*

A janela *Game* permite uma pré-visualização de como o projeto será exibido quando finalizado, sendo possível pausar a execução e modificar parâmetros sem prejudicar o estado atual do projeto, permitindo testar a execução do jogo, fazer ajustes, e testar novamente até que se obtenha os resultados desejados (SUVAK, 2014, tradução nossa).

#### 4.1.1.6 *Toolbar*

A *Toolbar*, ou Barra de Ferramentas do Unity 3D oferece acesso a ferramentas essenciais para facilitar o trabalho do desenvolvedor.

Ao lado direito encontram-se os botões que dão acesso aos serviços na nuvem e a sua conta Unity, seguido pelo menu que permite habilitar ou desabilitar camadas da cena, e menu para seleção de layout da Unity, alterando a organização

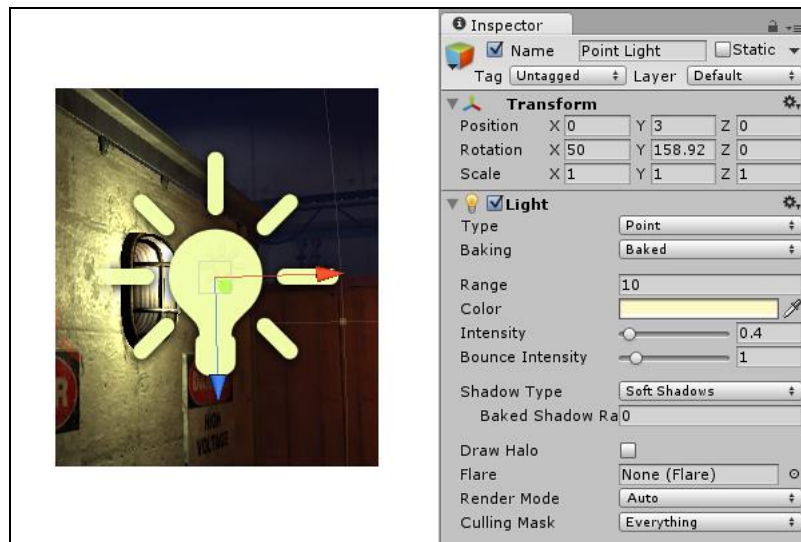
das *views* de acordo com a preferência do desenvolvedor. Já no lado esquerdo encontram-se botões para manipulação de objetos na *scene view*, como movimentação, rotação e alteração de tamanho. No centro da barra estão os botões para controlar a execução do jogo através da *game view* (UNITY, 2016, tradução nossa).

#### 4.1.2 *GameObject*

Os *GameObjects* são os objetos fundamentais na Unity, que representam um personagem, acessórios e cenários. Por si só, eles não realizam muito no projeto, mas ao agir como um container para *Components*, no português componentes, são implementadas funcionalidades reais.

Na figura 7, vemos um *GameObject* chamado *Point Light*, que com o componente *Light*, no português luz, passa a ser um objeto de iluminação (UNITY, 2016, tradução nossa).

Figura 7– Um simples *GameObject* com diferentes componentes



Fonte: Unity (2016).

#### 4.1.3 Componentes

Como já descrito no tópico anterior, os componentes serão responsáveis por atribuir comportamentos a um *GameObject*. Este poderá ser um *sprite*, um *script*,

ou uma geometria de colisão. Ou seja, os componentes que diferenciarão um *GameObject* do jogador do *GameObject* câmera ou plataforma (PASSOS, 2009).

Segundo o manual da Unity (2016, tradução nossa), pode-se pensar no *GameObject* como uma panela de cozinha vazia, e nos componentes como os diferentes ingredientes que farão parte da sua receita de jogabilidade.

#### 4.1.4 Prefabs

Como a Unity 3D busca focar em eficiência de desenvolvimento, os *Prefabs* são a opção utilizada para reaproveitar um objeto criado, com a possibilidade de alterar todas as instâncias do objeto automaticamente (SUVAK, 2014, tradução nossa).

Um *prefab* pode ser criado ao ir em *Asset > Create Prefab* e arrastar um objeto da cena atual para o *prefab* vazio que aparece. Ao arrastá-lo para cena novamente, uma instância deste será criada, podendo ser diferenciada dos demais pela cor azul em seu nome na hierarquia (UNITY, 2016, tradução nossa).

Ao alterar o *prefab* localizado nos assets, todas as suas instâncias serão atualizadas, porém estas podem receber modificações individuais, criando, por exemplo, *npcs*<sup>1</sup> com visual semelhante, mas ações diferentes (UNITY, 2016, tradução nossa).

#### 4.1.5 Linguagens de desenvolvimento

A Unity 3D oferece três tipos de linguagem para programação, Javascript/UnityScript, C# e Boo. As três linguagens permitem realizar as mesmas ações em um jogo, sendo que destas, o C# é encontrado na grande maioria dos tutoriais e *assets* oferecidos (UNITY, 2016, tradução nossa).

Para este projeto será usada a linguagem de programação C#, devido ao fato de possuir acesso de baixo nível ao sistema e ao Unity 3D, além de possuir um conteúdo grande de apoio através de documentações e tutoriais no site da Unity 3D.

---

<sup>1</sup> *Non-playable character*, do português personagens não jogáveis, são personagens que não podem ser controlados por jogadores, mas participam do enredo do jogo de alguma forma.

#### 4.1.6 Asset Store

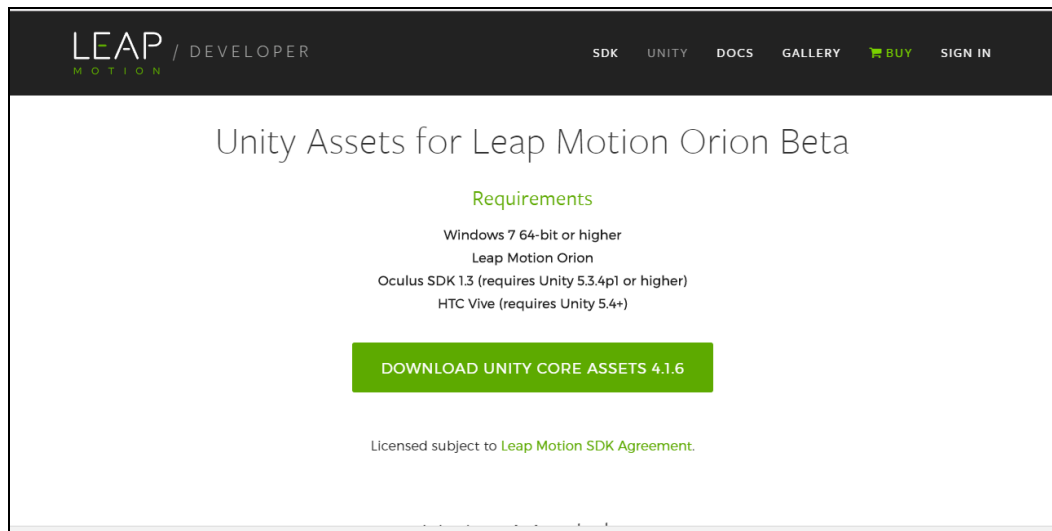
A *asset store*, no português loja de *assets*, é exatamente o que seu nome diz, uma loja onde é possível para o desenvolvedor adquirir *assets* prontos para seu projeto, sejam animações, áudios, scripts e até mesmo *prefabs* (SUVAK, 2014, tradução nossa).

#### 4.1.7 Integração com Leap Motion

No site da *Leap Motion* (2016) é possível encontrar uma documentação focada na integração *Leap Motion* – Unity 3D, explicando sobre todas as funções que podem ser utilizadas ao aplicar a biblioteca do *Leap Motion* ao projeto.

Acessando a área de desenvolvedor do *Leap Motion*, figura 8, é possível ter acesso aos arquivos do sensor para a Unity 3D, basta baixá-los e adicionar ao projeto para que se possa utilizar os códigos referentes ao desenvolvimento com o Sensor.

Figura 8 – Página de download dos assets Leap Motion



Fonte: Leap Motion (2016).

Inserindo no início do código a importação da biblioteca com *using Leap* se torna possível trabalhar com todas as suas funções.

## 5 JOGOS DIGITAIS

Voltando ao início dos anos 70, no começo da era dos vídeos games em casa, a programação de jogos era muito diferente. Várias limitações da época, como possuir poucos bytes de memória e frequências baixas, tornavam extremamente complexo programar um jogo na época (FLACH et al, 2012, tradução nossa).

Segundo Flach et al (2012, tradução nossa) os consoles encontrados nas casas não podiam nem mesmo ser programados. Eram construídos para rodar apenas um ou alguns poucos jogos, e toda a lógica estava “codificada” no próprio hardware do aparelho, sendo que para um novo jogo, muitas vezes um novo hardware deveria ser lançado.

Com a popularização e profissionalização da indústria de videogames nos anos 80, iniciou-se um grande número de pesquisas, artigos e até mesmo graduações envolvendo a área de jogos, principalmente as versões digitais destes.

### 5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS JOGOS DIGITAIS

De acordo com Morais (2011), na literatura podemos identificar variadas classificações para os jogos digitais, porém, destas classificações, quatro recebem destaque:

#### 5.1.1 Gênero

O conceito de gênero utilizado para os jogos digitais serve para que se possa classificar diferentes jogos de acordo com o seu *gameplay*. A seguir são vistos com detalhes os mais clássicos de acordo com Battaiola (2009):

- a) ação: incluem desafios físicos, geralmente incorporando quebra-cabeças, corridas e uma variedade de desafios em seu *gameplay*. Normalmente possuem desafios simples;
- b) estratégia: incluem estratégias, táticas, e algumas vezes desafios logísticos;
- c) rpg: envolvem desafios de táticas, logísticas e exploração. Pode-se incluir também desafios que envolvem a coleta e troca de itens;

- d) simulações do mundo real: incluem os jogos de esportes e simulações de veículos. Normalmente envolvem desafios físicos e táticos;
- e) construção e gerenciamento: envolvem principalmente desafios conceituais. Raramente envolvem algum desafio com conflitos ou explorações;
- f) aventura: oferecem principalmente desafios de exploração e resolução de quebra-cabeças;
- g) quebra-cabeças: oferecem desafios lógicos e conceituais, ocasionalmente apresentando pressão por tempo ou algum elemento de ação.

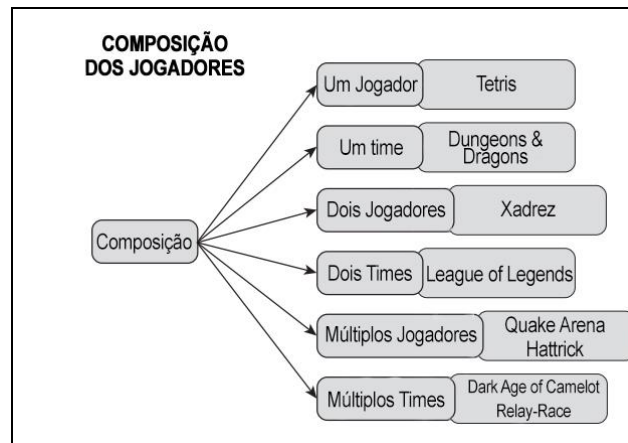
### **5.1.2 Visão do Jogador**

Essa classificação se refere a forma com que será desenvolvida a interface com a qual o jogador atuará no universo do jogo. Existem dois tipos de visões que podem ser utilizadas, primeira e terceira pessoa. Na visão em primeira pessoa, contém o ponto de vista do personagem do universo do jogo é mostrado na cena que o usuário vê. Nos jogos que possuem uma visão em terceira pessoa o usuário pode se ver na cena, acompanhando o jogo normalmente de uma perspectiva superior.

### **5.1.3 Composição dos Jogadores**

Elverdam e Aarseth (2007, tradução nossa) falam que a composição dos jogadores classifica o jogo de acordo com a forma como eles são organizados. Essa classificação pode ser um jogador, dois jogadores, um time, dois times, múltiplos jogadores ou múltiplos times, como pode ser visto na figura 9, que apresenta essas classificações em conjunto com jogos que as tenham aplicado.

Figura 9 – Composição dos jogadores



Fonte: Elverdam e Aarseth (2007, tradução nossa).

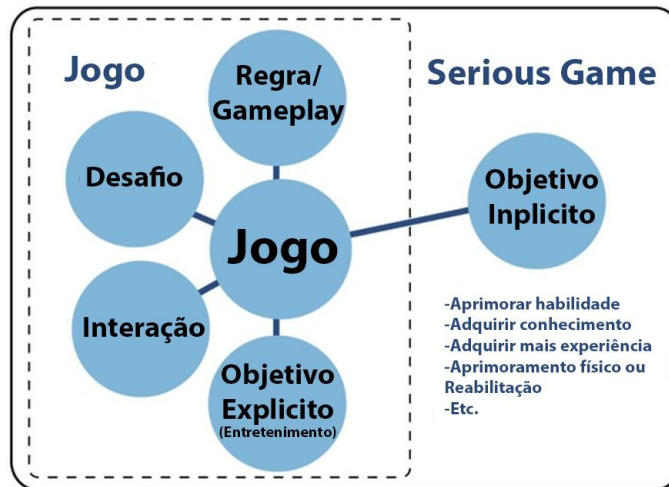
#### 5.1.4 Objetivo do Jogo

Derryberry (2007, tradução nossa) classifica os jogos de acordo com o objetivo que estes buscam como casuais, *serious games* e *advergames*. Os casuais são puramente desenvolvidos para o entretenimento. Os *serious games*, aplicados neste trabalho, são planejados com a intenção de aprimorar algum aspecto do aprendizado. Já os *advergames* podem ser desenvolvidos tanto como os casuais quanto os *serious games*, e utilizam técnicas de persuasão de grupos para promover um produto, marca, causa e até mesmo para fins políticos.

#### 5.2 SERIOUS GAMES

Evoluindo ao longo dos anos, os jogos computacionais receberam aplicações em diversas áreas, deixando de serem apenas para entretenimento e funcionando para marketing e até mesmo para aplicações educacionais. Estes jogos que possuem um objetivo de transmitir algum conteúdo são o que chamamos de *serious games* (Jogos Sérios) (TAVARES; SILVA; ROUSY, 2014). A figura 10 apresenta alguns dos objetivos que podem ser buscados pelos *serious game* que os diferenciam de um jogo normal.

Figura 10 – Diferença entre um jogo comum e um *serious game*



Fonte: Wattanasoontorn et al (2013, tradução nossa).

Segundo Birchall e Gatzidis (2011, tradução nossa), o termo *serious game* foi introduzido originalmente no final dos anos 70, quando se referia principalmente a jogos de cartas e tabuleiros. Esse termo avançou em conjunto com a tecnologia, criando o conceito que é conhecido hoje, onde os *serious games* são categorizados como uma mídia interativa com algum outro propósito além de diversão.

Com a possibilidade de apresentar diferentes tipos de desafios para o jogador, os jogos podem estimular funções cognitivas básicas, como atenção, concentração e memória (CORREA; et al, 2008).

Rego, Moreira e Reis (2016, tradução nossa) afirmam que a pesquisa na área de *serious games* vem crescendo significativamente, apoiada pelos avanços obtidos na área de desenvolvimento de jogos, resultado do sucesso que os videogames têm obtido. Um exemplo desse sucesso é a popularidade recebida pelo console da Nintendo, o Nintendo Wii, que teve sucesso num público variado, sendo jogado principalmente em família, e não apenas por jogadores *hard-cores*.

Os *serious games* ganharam destaque nos últimos anos, aplicando jogos em diferentes áreas, muitas não associadas diretamente com entretenimento, estimasse que em 2011 os *serious games* modernos movimentassem cerca de \$200 a \$400 milhões, apenas nos Estados Unidos (BIRCHALL; GATZIDIS, 2011, tradução nossa).

### 5.2.1 Desenvolvendo um *serious game*

Wattanasoontorn et al (2013, tradução nossa) diz que o desenvolvimento de um *serious game* envolve diferentes processos, tecnologias e especialistas. A equipe de desenvolvimento contará com gerentes, designers gráficos de 2 dimensões (2D) e 3D, programadores, pesquisadores, entre outros, porém em equipes menores é possível que uma única pessoa fique responsável por mais de uma função.

Para Machado et al (2010), um *serious game* necessita de alguns elementos fundamentais para que seja aplicado de forma correta, como estimular as funções cognitivas e interesse, além de levar o jogador a aquisição de novos conhecimentos. Frisa também a importância da presença de profissionais da área com o qual o jogo se relaciona, permitindo com que a abordagem do jogo se torne mais eficaz.

Para Wattanasoontorn et al (2013, tradução nossa), é dever do time de desenvolvimento determinar quais ferramentas, tecnologias e conteúdo serão utilizados para a criação do *serious game*.

As ferramentas podem ser divididas em três grupos que trabalham em conjunto: o motor de jogos, o banco de dados e o a aplicação de design gráfico. Os *assets* do jogo, sejam eles 2D ou 3D, são criados pela aplicação de design gráfico. O banco de dados é responsável por manter todos os dados e informações necessários para a plataforma, como informação do jogador, pontuação, *gameobjects*, animações, entre outros. O motor de jogos é a ferramenta principal, nele serão desenvolvidos os códigos para que o game possa ser operado (WATTANASOONTORN et al, 2013, tradução nossa).

O conteúdo são as informações de maior significância que deverão ser entregues ao jogador quando este estiver jogando. O conteúdo é obtido através do especialista da área ao qual o jogo é aplicado, e convertido em informações úteis, de acordo com o objetivo do *serious game* (WATTANASOONTORN et al, 2013, tradução nossa).

A tecnologia remete a um ramo de conhecimento que lida com a criação e uso de meios técnicos e suas relações com a vida, sociedade e meio ambiente.

Dentre as tecnologias comumente aplicadas, é possível destacar a realidade virtual (WATTANASOONTORN et al, 2013, tradução nossa).

Kirner e Siscoutto (2007) falam que a realidade virtual surgiu como uma forma de quebrar a barreira entre a tela e o usuário, permitindo novas formas de interações naturais, algo que pode ocorrer com mais facilidade devido as tecnologias disponíveis nos dias de hoje.

Isto pode ser observado ao utilizar uma *Natural User Interface* (Interface Natural de Usuário), que consiste de um sistema pelo qual o usuário interage com o computador através de dispositivos diferentes dos tradicionais, como teclados e mouses, dando ao usuário a sensação de uma interação mais fácil e intuitiva (REGO; MOREIRA; REIS, 2011, tradução nossa). Como exemplo, tem-se os sensores de captura e análise de movimentos apresentados no capítulo 4.

### **5.2.2 Aplicações de *Serious Games* na área da saúde**

Os videogames vêm sendo utilizados em diversas áreas da saúde, como apoio para treinamento de cirurgiões, reabilitação, contenção de dores, tratamento para obesidade na infância e adolescência, além de auxiliar na educação de crianças sobre câncer e diabetes (SMITH et al, 2009).

Os *serious games* se diferem dos jogos comerciais que se vê nos consoles como Playstation ou X-box devido a história, movimentos utilizados e recompensas adquiridas pelo jogo. Sempre garantindo que a experiência com o jogo prenda a atenção do jogador, entretendo-o enquanto cumpre seu objetivo (JANARTHANAN, 2012, tradução nossa).

Griffths (2006, tradução nossa) fala que estudos com a utilização de jogos após o tratamento de pacientes vem sendo realizados pelos americanos, trazendo como resultado uma necessidade menor de analgésicos por pacientes que estiveram jogando videogames. Basicamente, a atenção ao jogo tomou conta da atividade cognitiva do cérebro que normalmente dá atenção psicológica para a dor.

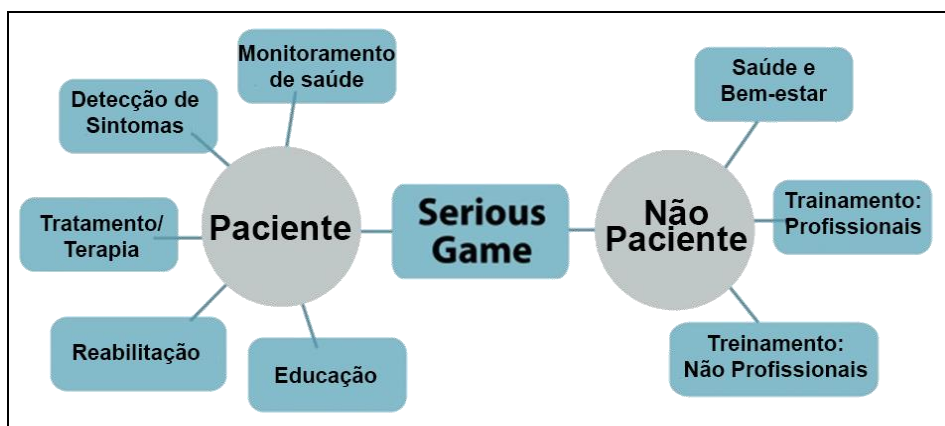
Wattanasoontorn et al (2013, tradução nossa) define que os *serious games* para saúde são classificados de acordo com seu público alvo, figura 11, os pacientes e os não pacientes. Para pacientes, é possível classificar em cinco diferentes categorias:

- a) monitoramento de saúde: permite supervisionar a saúde de um paciente ao monitorar seus sinais vitais;
- b) detecção de sintomas: foca em analisar e traçar sintomas irregulares no paciente;
- c) tratamento ou terapia: é utilizado para tratar algum problema de saúde;
- d) reabilitação: consiste na restauração de movimentos ou habilidades que tenham sido prejudicados após uma doença;
- e) educação: direcionados para auxiliar na compreensão sobre doenças ou problemas de saúde, e aprender como se manter saudável.

Para os não pacientes, classificamos em três diferentes categorias:

- a) saúde e bem-estar: possuem foco em questões sobre o estilo de vida da pessoa e a relação deste com a saúde funcional;
- b) treinamento e simulação para profissionais: estes *serious games* são usados como ferramentas de aprendizado e prática por profissionais da saúde;
- c) treinamento e simulação para não profissionais: estes são *serious games* indicados para leigos que buscam melhorar sua saúde.

Figura 11 – Classificações de um *serious game* na área da saúde



Fonte: Wattanasoontorn et al (2013, tradução nossa).

### 5.2.3 O lúdico nos *Serious Games*

Nunes e Torres (2015) salientam que os *serious games* não possuem o entretenimento como um de seus principais objetivos, porém ao utilizar técnicas para entreter e motivar o usuário a jogar, o *serious game* cria mecanismos lúdicos que contribuem para o aprendizado do usuário.

Segundo Rodrigues (2006) há duas formas com que se pode pensar em um *serious game*. A primeira é no jogo como uma ferramenta de treino ou ensino cujo propósito principal é de tornar o processo de aprendizagem ou treinamento mais agradável, atraente ou acessível. Nesse caso, o *serious game* é feito para atingir um objetivo pré-definido, como a transmissão de um conhecimento, onde o lúdico não se torna um elemento essencial, e o processo de jogar é apenas um veículo para maximizar a eficiência da aprendizagem ou treinamento. A segunda abordagem, em discrepância, estabelece a convicção de que muitas manifestações de *serious games* intrinsecamente aplicam aspectos de ludicidade. A conexão entre o aprender e jogar deixa de ser algo contingente, e passa a ser essencial.

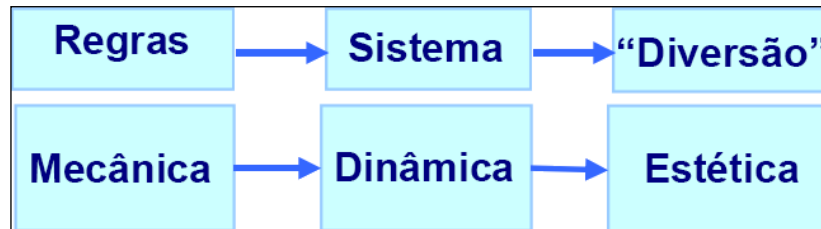
## 6 MDA

O MDA é um *framework* que foi desenvolvido por Hunicke, Leblanc e Zubek (2004, tradução nossa), e aplicado inicialmente no Workshop de Game Design na Conferência de Desenvolvedores de Jogos em San Jose 2001-2004.

A sigla significa *Mechanics, Dynamics e Aesthetics*, que podem ser traduzidas como Mecânicas, Dinâmicas e Estética. De acordo com Zaffari e Battaiola (2014), o objetivo desse *framework* é o de oferecer um modelo de design que respeite a metodologia projetual, criando uma ponte entre os game designers e o desenvolvimento.

Hunicke, Leblanc e Zubek (2004, tradução nossa) formalizam através do MDA o consumo de jogos em três componentes distintos, as regras, o sistema e a “diversão”. Eles associam estes componentes com seus equivalentes na área de design, mecânicas, dinâmicas e estética, como pode ser visto na figura 12.

Figura 12 – Associação entre conceitos feita pelo MDA



Fonte: Hunicke, Leblanc e Zubek (2004, tradução nossa).

A mecânica, dinâmica e estética de um game, de acordo com Hunicke, Leblanc e Zubek (2004, tradução nossa), são descritas como:

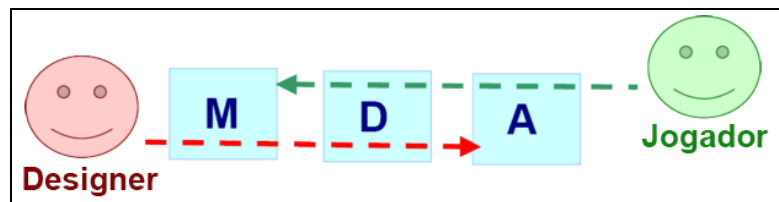
- a) mecânica: descreve os componentes essenciais para o jogo, em termos de dados numéricos e algoritmos;
- b) dinâmica: descreve o comportamento das mecânicas em tempo real, agindo sobre as entradas e saídas de dados do jogador durante uma partida;
- c) estética: Descreve a resposta emocional desejada, invocada pelo jogador, quando interage com o sistema do jogo.

Zaffari e Battaiola (2014) ressaltam que essa definição é apenas uma sugestão dada pelos autores, e que o objetivo principal deles é simplificar a forma

como a academia e indústria interagem, permitindo que pesquisadores e designers de jogos possam discutir sobre projetos de uma forma que todos compreendam.

Quando fala-se MDA, duas perspectivas podem ser observadas, a do designer, quando projetista, onde a mecânica dará origem ao comportamento dinâmico, o que, por sua vez levará a experiências particulares na estética, e a do jogador, onde a estética se torna seu primeiro contato com o jogo, levando a uma dinâmica observável e eventualmente a uma mecânica operável (HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK, 2004, tradução nossa), a figura 13 nos apresenta essa perspectiva.

Figura 13 – Perspectiva do designer e jogador



Fonte: Hunicke, Leblanc e Zubek (2004, tradução nossa).

## 6.1 ESTÉTICA

Para descrever a estética de um jogo, Hunicke, Leblanc e Zubek (2004, tradução nossa) buscam fugir de palavras como “diversão” e “jogabilidade”, utilizando um vocabulário mais direto, e listam algumas das taxonomias que podem ser utilizadas:

- a) sensação: jogo com um prazer sensorial;
- b) fantasia: jogo com faz-de-conta;
- c) narrativa: jogo dramatizado;
- d) desafio: jogo com desafios para enfrentar;
- e) social: jogo como um modelo social;
- f) descoberta: jogo como um território inexplorado;
- g) expressão: jogo para autoconhecimento;
- h) submissão: jogo como passatempo.

Esses vocabulários da estética serão usados para definir o modelo da jogabilidade, ajudando a descrever a dinâmica e mecânica do jogo, contribuindo para a diversão.

## 6.2 DINÂMICA

A dinâmica é responsável pela criação das experiências da estética. Por exemplo, o desafio pode ser criado com limite de tempo ou um jogador oponente, e experiências sociais, através de desafios que necessitem de trabalho em equipe para serem completados (HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK, 2004, tradução nossa).

Dinâmicas que encorajam o jogador a deixar sua marca, com sistemas de compra, construção ou ganho de itens, de design, construção ou alteração de níveis trabalham com a expressão do jogador, enquanto uma tensão crescente com um bom desfecho traz o drama a experiência do jogo (HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK, 2004, tradução nossa).

## 6.3 MECÂNICA

Hunicke, Leblanc e Zubek (2004, tradução nossa) afirmam que a mecânica consiste das ações, comportamentos e mecanismos de controle que serão oferecidas ao jogador de acordo com o contexto do jogo. Junto com o conteúdo do jogo (fases, *assets* e outros) a mecânica dará suporte a jogabilidade que a dinâmica oferece.

As mecânicas de jogos de tiro, por exemplo, consistem de armas, munições e pontos de ressurreição, o que muitas vezes ocasiona *campers*<sup>2</sup>. Em jogos de cartas, temos mecânicas para embaralhar, enganar e apostar, o que gera dinâmicas como o blefe (HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK, 2004, tradução nossa).

Com ajustes na mecânica do jogo, é possível criar uma sintonia maior entre as dinâmicas apresentadas pelo jogo.

---

<sup>2</sup> Jogadores que se ocultam em uma posição fixa enquanto aguardam outros jogadores para acertá-los de surpresa.

## 7 TRABALHOS CORRELATOS

As tecnologias estudadas neste trabalho podem ser encontradas em diversas pesquisas realizadas recentemente. Este capítulo tem como objetivo apresentar alguns trabalhos referentes aos assuntos abordados, como aplicações de *serious games*.

### 7.1 APLICAÇÃO DE *SERIOUS GAMES* NA ÁREA DA SAÚDE

O artigo escrito por Lima e Amorim (2014) objetivou estudar sobre a aplicação de *serious games* com ênfase na saúde, principalmente para o suporte no tratamento de doenças e lesões utilizando Fisioterapia.

Para a análise da pesquisa, Lima e Amorim (2014) selecionaram dois *serious games*, *Re-mission* e *Re-mission 2*, cujo objetivo de ambos é auxiliar pessoas que estejam realizando tratamento contra o câncer.

O jogo *Re-mission*, lançado em 2006, consiste de um jogo de tiro em terceira pessoa, onde, pilotando um robô microscópico, o jogador deve batalhar através dos órgãos de um paciente com câncer, destruindo células cancerígenas, combatendo infecções bacterianas e gerenciando aos efeitos colaterais resultantes do tratamento do câncer (LIMA; AMORIM, 2014).

O *Re-mission 2* foi lançado em 2012 e consiste de uma coleção de jogos disponíveis online para auxiliar jovens na luta contra o câncer. Nestes jogos o jogador é colocado dentro do corpo humano para vencer o câncer com a ajuda de quimioterápicos, antibióticos e as defesas naturais do corpo (LIMA; AMORIM, 2014).

Nos trabalhos que buscaram sobre, foi relatado que ambos os jogos auxiliaram no tratamento dos pacientes, permitindo que eles conhecessem um pouco sobre o que estava acontecendo dentro do seu corpo, e o que a quimioterapia fazia, além de passar para uma sensação de poder e controle sobre o câncer, aumentando a motivação (LIMA; AMORIM, 2014).

Os autores concluíram que já existem estudos sérios sobre efeitos de *serious games* na saúde que comprovam sua eficácia, mesmo que seus efeitos não tenham sido totalmente compreendidos até o momento (LIMA; AMORIM, 2014).

## 7.2 RECONHECIMENTO DE GESTOS

O trabalho, desenvolvido por Medeiros, Tavares e Fonseca (2014), objetiva a implementação de interfaces de usuário focadas na escolha de gestos, buscando auxiliar na decisão sobre qual gesto poderia representar determinada função do sistema.

Com base nos trabalhos acompanhados por Medeiros, Tavares e Fonseca (2014), estes selecionaram um processo para a definição dos gestos que favoreça para que os movimentos sejam fáceis de lembrar e executar, intuitivos, lógicos, funcionais e ergonômicos. Este processo foi dividido em quatro etapas, A, B, C e D:

- a) etapa A: nessa etapa, se define quais ações os gestos devem acionar;
- b) etapa B: essa é a etapa onde se definem gestos protótipo para as funções selecionadas. Através de entrevistas com voluntários, o entrevistador deve levar o entrevistado a situações onde este lhe dará respostas que seriam passadas para o computador;
- c) etapa C: a entrevista realizada na etapa B é analisada, observando quais gestos são constantes, a ergonomia, qual a força interna causada por cada um dos gestos, o desvio da posição neutra, angulações extremas, quanto de força se aplica nas articulações e a duração de cada gesto;
- d) etapa D: nessa etapa o vocabulário de gestos é avaliado. No primeiro teste, avaliação de semântica, voluntários recebem uma lista de gestos e funções, e devem selecionar qual função cada gesto aciona. O segundo teste é o de memória, que testa a facilidade para que o usuário se familiarize com o gesto, podendo desfrutar do programa sem ficar se esforçando para lembrar qual gesto usar. O terceiro e último teste é o de stress, onde uma sequência de gestos deve ser repetida uma determinada quantidade de vezes e no final é questionado sobre o quão estressante foi cada gesto. No final cada teste gera uma pontuação

para os gestos, e eles podem ser selecionados ou volta-se ao início do processo para selecionar um novo gesto.

Para a validação do processo, foi escolhido o jogo *Fruits Ninja*, que consiste de cortar frutas que aparecem pela tela. A função que buscaram controlar com gesto foi a de cortar, e, após passar por todas as etapas do processo, foi possível selecionar um gesto para a função escolhida (MEDEIROS; TAVARES; FONSECA, 2014).

### 7.3 DESENVOLVIMENTO DE JOGOS COM LEAP MOTION

Apresentado para o VIII Seminário de Games e Tecnologia GAMEPAD, este artigo nos apresenta quatro protótipos de jogos para a área da matemática que utilizam o sensor Leap Motion como controle.

Os autores, Lipp, Mossmann e Bez (2015), desenvolveram quatro formas de interação aplicadas em pequenos jogos matemáticos, de forma que estes possam ser customizados, para cobrir diferentes conteúdos e anos escolares sem que o código fonte seja alterado.

O jogo do maior e menor apresenta dois números na tela, e o jogador deve realizar com a mão os símbolos de maior e menor para indicar qual número é menor. Para o símbolo de maior, utiliza-se a mão direita, com o polegar aberto e o indicador apontando para a esquerda, ao utilizar a mão esquerda com a mesma posição e o polegar apontando para a direita, temos o sinal de menor. A posição deve ser mantida por três segundos para ser aceita (LIPP; MOSSMANN; BEZ, 2015).

No jogo de ordenação de valores, são apresentados números na tela, que devem ser ordenados pelo jogador. Com a mão aberta, o jogador deve posicioná-la sobre o número que deseja alterar a posição e fazer o gesto de agarrar para selecioná-lo. Com a mão fechada, o número pode ser movido até a posição desejada e ao abri-la, o número será posicionado (LIPP; MOSSMANN; BEZ, 2015).

Trabalhando com medidas é um jogo que consiste de extrair medidas de objetos apresentados na tela para que se possa resolver os problemas apresentados. Pode-se jogar utilizando uma ou duas mãos. Com uma mão se apresenta a medida entre o polegar e o dedo indicador. Utilizando duas mãos as

medidas apresentadas são calculadas de acordo com a distância entre os dois dedos indicadores do jogador. Após identificar as medidas necessárias, o jogador pode realizar o gesto de clicar sobre a barra superior onde o problema descrito é apresentado e então selecionar a alternativa correta (LIPP; MOSSMANN; BEZ, 2015).

O jogo de classificação cria alvos onde se deve lançar o elemento correspondente, como por exemplo alvos para números pares e ímpares. Quando um número é apresentado na tela, o jogador deve fazer o movimento de pinça, encostando o dedo polegar no indicador e puxar o elemento enquanto movimenta a mão para mirar no alvo correto, sem que os dedos sejam abertos. Após mirar corretamente, pode-se soltar os dedos para lançar o número (LIPP; MOSSMANN; BEZ, 2015).

#### 7.4 APLICAÇÃO DE MDA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS

No artigo de Harms et al (2014, tradução nossa), os autores objetivam a estruturação de um processo para a gamificação de questionários onlines com base no *framework* MDA.

A proposta surgiu para poder trazer uma experiência mais agradável para a pessoa que esteja respondendo o questionário, evitando que se aborreça e gere resultados negativos, como dar respostas aleatórias apenas para finalizar rapidamente.

Com base nas pesquisas feitas por Harms et al (2014, tradução nossa), a eficácia da gamificação de questionários se mostra eficaz, porém métodos para o design e melhores práticas ainda continuam incertos.

O desenvolvimento consiste de unir o *framework* MDA com as camadas de *design* de um formulário, aplicando estes em diferentes áreas do questionário (HARMS et al, 2014, tradução nossa):

**Estética e Camada de Relacionamento:** a camada de relacionamento é onde se define as intenções do usuário, perguntas e contexto. Com base nisso, deve-se definir objetivos para se utilizar os conceitos de estética e receber a resposta emocional e experiência de usuário desejada;

Dinâmica e Camada de Conversação: a camada de conversação é onde o usuário interage com o questionário, respondendo as questões. Para adquirir a estética definida anteriormente, os designers devem criar uma dinâmica de jogo que chegue a esse objetivo. O que for decidido como dinâmica irá influenciar no design da camada de conversação;

Mecânica e Camada de Conversação e Aparência: a camada de aparência consiste do layout e design gráficos do formulário. Na mecânica do jogo, serão criados elementos para permitir que a dinâmica e estética sejam funcionais, e isso irá interagir diretamente com a aparência e conversação do questionário.

O processo foi aplicado por dois designers, um mais experiente e um acadêmico, que aplicaram o processo em um caso de estudo para gameficar um questionário sobre o correio eletrônico e de papel. O feedback foi positivo, relatando que a estrutura do processo pode ser facilmente aplicada (HARMS et al, 2014, tradução nossa).

## 7.5 *SERIOUS GAMES* E LEAP MOTION APLICADOS NA FISIOTERAPIA

Esse artigo de Khademi et al (2014, tradução nossa) apresenta a aplicação do sensor de movimentos *Leap Motion* para o mapeamento do movimento das mãos de pacientes com sequelas de um Acidente Vascular Cerebral (AVC).

Nas pesquisas realizadas, Khademi et al (2014, tradução nossa) encontraram um grande número de projetos que utilizam tecnologias com toque, mouse e até mesmo baseadas em luva para o tratamento de pacientes que tenham sofrido de um Acidente Vascular Cerebral. Porém o uso de interação de mãos livres aparenta ser uma alternativa mais intuitiva que deve ser estudada.

No desenvolvimento foi utilizada uma versão JavaScript *open source* do jogo *Fruit Ninja* combinada com o *Leap Motion*. O foco foi na individualização dos dedos, sendo que o jogo pôde ser jogado através de eventos do mouse, com o clicar e arrastar, e através dos dados adquiridos pelo Leap Motion os movimentos do dedo foram mapeados para agir de forma equivalente aos do mouse (KHADEMI et al, 2014, tradução nossa).

A viabilidade do projeto para exercícios de reabilitação foi determinada através de um estudo piloto com 14 pacientes que possuem sequelas de AVC, que

foram convidados a jogar a versão mãos livres do jogo *Fruit Ninja*. Durante o experimento, quatro pacientes possuíam maior dificuldade com o movimento dos dedos, sendo que nesses casos um palito foi amarrado ao dorso da mão, permitindo que estes jogassem com o movimento dos punhos (KHADEMI et al, 2014, tradução nossa).

De acordo com Khademi et al (2014, tradução nossa), após os testes, a maioria dos pacientes avaliou o jogo como uma alternativa atrativa para os exercícios realizados, e que os movimentos treinados podem ser generalizados para atividades do dia a dia.

Os resultados extraídos das partidas dos pacientes apresentaram semelhança com os obtidos através de métodos clínicos como o protocolo de Fugl-Meyer e o teste caixa e blocos (KHADEMI et al, 2014, tradução nossa).

## **8 APLICAÇÃO DE SERIOUS GAMES NO APOIO A EXERCÍCIO FISIOTERAPÊUTICO POR MEIO DO USO DO SENSOR DE MOVIMENTO LEAP MOTION NO TRATAMENTO DA SÍNDROME DO TÚNEL DO CARPO**

Segundo Wattanasoontorn et al (2013, tradução nossa), o desenvolvimento de um *serious game* envolve diferentes processos, tecnologias e especialistas.

### **8.1 METODOLOGIA**

Para alcançar os objetivos do trabalho, as seguintes etapas metodológicas foram realizadas: levantamento bibliográfico, definição da lesão a ser tratada, seleção do exercício fisioterapêutico a ser mapeado, mapeamento do movimento com o sensor *Leap Motion* no ambiente da Unity 3D, aplicação do *framework* MDA e modelagem do jogo, junção do movimento mapeado com o jogo desenvolvido, realização de testes acompanhado e avaliação dos resultados.

A pesquisa bibliográfica permitiu que na fundamentação teórica fossem abordados conceitos sobre as etapas para o desenvolvimento de um *serious game*, e técnicas para que este seja eficaz.

A lesão selecionada para ser trabalhada foi a Síndrome do Túnel do Carpo, e, com base nos exercícios realizados nas sessões de reabilitação fisioterapêutica, o movimento de extensão e adução do polegar foi o escolhido para se trabalhar.

Para o mapeamento do movimento, foi utilizada a API oferecida pela Leap Motion para o motor gráfico Unity 3D.

Para a aplicação do *framework* MDA, optou-se na escolha da sensação que se deseja passar ao paciente enquanto este esteja jogando, de forma que seja possível mantê-lo entretido enquanto realiza seus exercícios. Após selecionar a estética, a dinâmica e mecânica do jogo, estas foram aplicadas através do desenvolvimento na Unity 3D.

O jogo foi desenvolvido de forma a integrar os comandos do Leap Motion, utilizando os movimentos mapeado anteriormente.

Para que se pudesse realizar testes com o jogo, submeteu-se uma proposta ao Comitê de Ética em Pesquisa da UNESC.

Os testes foram aplicados em 6 voluntários, com o objetivo de analisar a experiência que o jogo passava ao usuário.

Após o voluntário realizar o exercício com o jogo, um questionário com perguntas referentes a forma como o mesmo se sentiu ao jogá-lo e o que achou do jogo é preenchido, juntamente com os resultados gerados pelo jogo.

Ao final, é realizada a avaliação dos resultados e considerações finais sobre o trabalho.

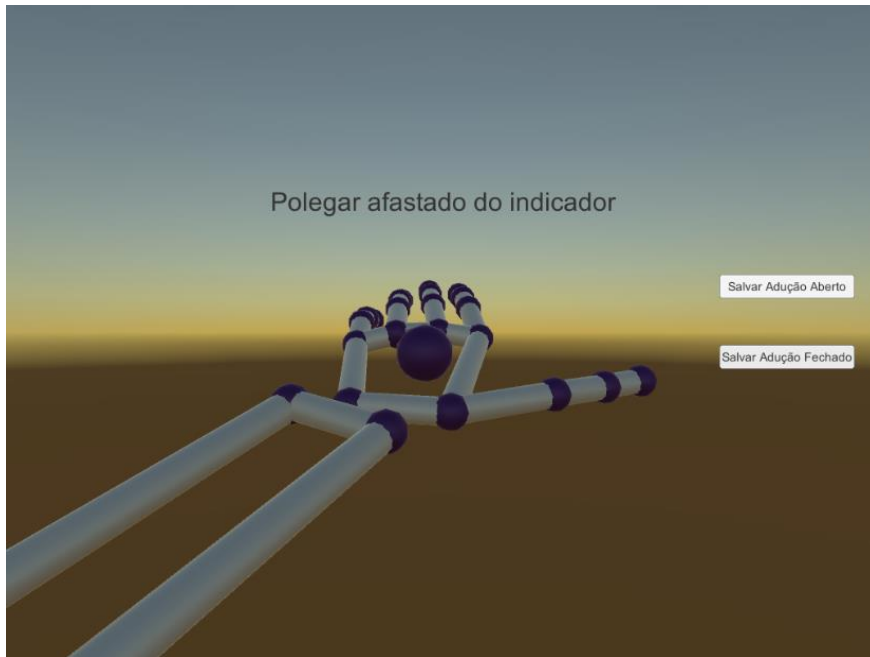
## 8.2 MAPEAMENTO DO GESTO DE ADUÇÃO DO POLEGAR PELO LEAP MOTION

A solução proposta para reconhecer o movimento de adução de polegar através da Unity 3D foi desenvolvida utilizando a linguagem C# e o mapeamento do movimento foi realizado por meio do *Leap Motion*.

Através da solução implementada neste trabalho, é possível reconhecer o movimento de acordo as limitações motoras de quem for utilizá-lo, por meio do sensor de movimento *Leap Motion*, e desta forma, é possível passar estes movimentos para serem interpretador pelo software desenvolvido. Nesta etapa é realizada a calibração, antes do início de cada partida, para adaptar a limitação ou não do movimento. Permitindo desta forma, que seja adaptado o jogo ao movimento do jogador. Como mostrado na figura 14. A tela de calibração desenvolvida, possui dois botões: um para salvar a extensão máxima que consegue realizar com o polegar, e o outro para identificar a extensão mínima do mesmo.

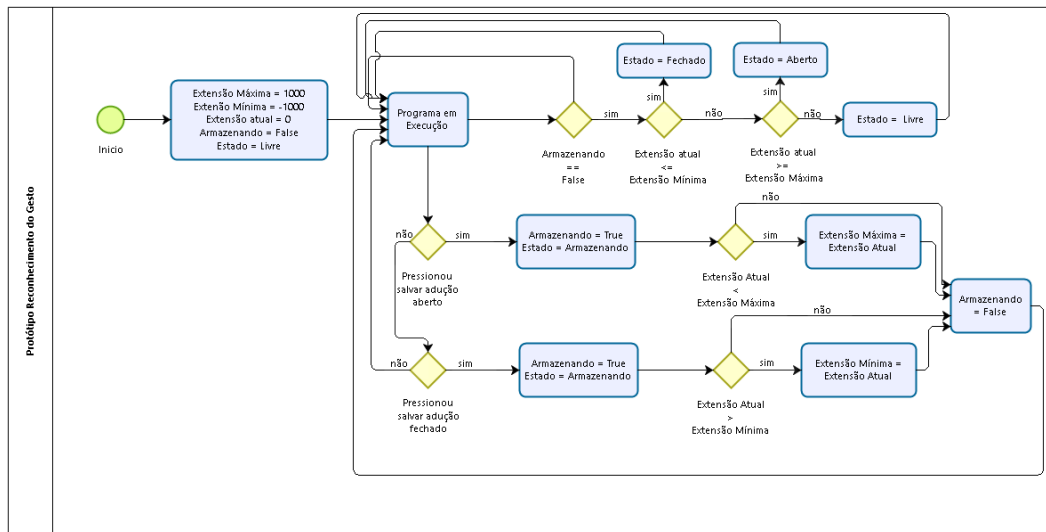
Após armazenar os dois valores, sempre que o gesto for realizado, aparecerá um texto na parte superior da janela, informando o gesto no momento da execução. O fluxograma encontrado na figura 15 apresenta o funcionamento desta tela de calibração.

Figura 14 – Tela para calibração do movimento na Unity3D



Fonte: Do Autor

Figura 15 – Fluxograma com etapas da tela de calibração.



Fonte: Do Autor

Utilizando a API do Leap Motion é possível identificar alguns gestos pré-definidos, tais como: deslizar, fazer círculos com algum dos dedos, e até mesmo toques, entre outros. Porém neste projeto, não foi possível utilizá-los. Para isto, foi necessário pesquisar e diagnosticar uma maneira de identificar quando a extensão entre o dedo polegar e o dedo indicador se alteram.

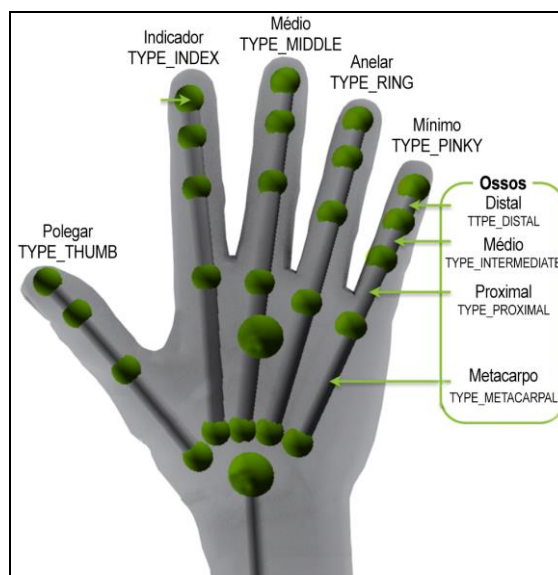
Para o mapeamento dos gestos os seguintes atributos foram utilizados:

- a) *FingerType*: Permite selecionar um dos dedos da mão que está sendo identificada pelo Leap Motion.
- b) *BoneType*: Permite selecionar um dos ossos do dedo que está selecionado no momento.
- c) *Direction*: a direção para a qual um dedo está apontando Leap Motion.
- d) *angleTo*: retorna o ângulo em radianos entre dois vetores.

Como pode ser visto na Figura 16, cada um dos dedos e ossos da mão pode ser identificado ao utilizar o *Type* corresponde ao mesmo. Utilizando o *FingerType* como *TYPE\_THUMB*, é possível identificar a partir da criação, de uma lista de dedos, e relacionar a esta lista com qual destes dedos é a representação do polegar dentre todos os outros, e com o *TYPE\_INDEX* o dedo indicador pode ser selecionado.

Como o polegar possui um osso a menos que os demais, o *Leap Motion* compensa essa diferença ao definir o metacarpo deste com comprimento 0 quando chamado pela API do *Leap Motion*, portando, as falanges proximais foram as escolhidas para criar os gestos de adução, e foram selecionados ao informar o *BoneType* como *TYPE\_PROXIMAL*.

Figura 16 – Representação dos dedos e ossos reconhecidos pelo sensor



Fonte: Leap Motion 2017, modificado pelo autor

A Figura 17 apresenta a implementação feita para selecionar os dedos polegar e indicador.

Figura 17 – Implementação para seleção dos dedos utilizados no gesto

```
foreach (Hand hand in frame.Hands)
{
    List<Finger> dedos = hand.Fingers;
    foreach (Finger dedo in dedos)
    {
        Bone osso;
        foreach (Bone.BoneType boneType in (Bone.BoneType[])System.Enum.GetValues(typeof(Bone.BoneType)))
        {
            if (dedo.Type.Equals(Finger.FingerType.TYPE_THUMB)) {
                osso = dedo.Bone(Bone.BoneType.TYPE_PROXIMAL);
                dedao = osso;
            }
            if (dedo.Type.Equals(Finger.FingerType.TYPE_INDEX))
            {
                osso = dedo.Bone(Bone.BoneType.TYPE_METACARPAL);
                indicador = osso;
            }
        }
    }
}
```

Fonte: Do Autor

Para identificar quando um gesto ocorre optou-se por calcular o ângulo entre os dois ossos selecionados e armazenar o valor deste para cada um dos dois gestos.

Como é mostrado na Figura 18, para calcular estes ângulos utilizou-se o *Direction* dos ossos para identificar para qual direção estes estão apontando, a qual nos retorna um *Vector3*, ou seja, um vetor com três valores, X, Y e Z. Aplicando a função *AngleTo* entre os dois *Vector3* nos é retornado o ângulo, em radianos, entre estes, que em seguida é convertido para graus utilizando a biblioteca *Mathf* do C#.

Figura 18 – Cálculo do ângulo entre dois dedos e conversão para graus.

```
anguloAtual = dedao.Direction.AngleTo(indicador.Direction) * Mathf.Rad2Deg;
```

Fonte: Do Autor

Após salvar os ângulos da extensão máxima e mínima entre o polegar e ao indicador, o software passa a testar se um destes ângulos é repetido, identificando assim o gesto. A função *CompareTo* é responsável por comparar o ângulo que é realizado com os dois valores armazenados anteriormente, retornando 0 se forem iguais, e um valor positivo se o ângulo for maior e um valor negativo caso o ângulo seja menor.

Ao comparar o ângulo atual com a extensão mínima, esta é válida caso o resultado seja 0 ou um número negativo, enquanto ao comparar com a extensão máxima, o resultado deve ser 0 ou um número positivo.

A Figura 19 apresenta a implementação feita para identificar os gestos.

Figura 19 – Identificação dos gestos utilizando *CompareTo*

```
if (anguloAtual.CompareTo(menorAngulo) <= 0)
{
    atualmente.text = "Polegar junto ao indicador";
}
else if (anguloAtual.CompareTo(maiorAngulo) >= 0)
{
    atualmente.text = "Polegar afastado do indicador";
}
else
{
    atualmente.text = "livre";
}
```

Fonte: Do Autor

### 8.3 GDD

Com a problemática da pesquisa, iniciou-se a escrita do *Game Design Document* (GDD) que é apresentado nesta seção.

O GDD consiste de um documento com base no *framework* MDA, cuja adaptação será abordada no tópico 8.4, onde todas as etapas importantes para o desenvolvimento de um jogo são descritas, facilitando para que todos os envolvidos tenham uma visão completa do trabalho que está sendo feito.

O GDD foi desenvolvido com base no GDD do jogo “JP em Perigo”, adquirido pelo acadêmico através do responsável pelo *Game Design* do jogo Fabiano Napolini.

#### 8.3.1 Conceitos do Jogo

Os subcapítulos do item 8.4.1 tem como objetivo apresentar uma definição preliminar do jogo desenvolvido para este Trabalho de Conclusão de Curso.

### 8.3.1.1 Conceito

Ajude os humanos a vencer a batalha contra os Vilks! Seu objetivo é impedir que as naves Vilks cheguem ao planeta Terra. Realizando o movimento de extensão e adução do polegar você será capaz de carregar e disparar as armas instaladas em sua espaçonave. Quanto mais rápido você acertar a nave inimiga, mais pontos ganhará. Caso não consiga acertar a nave antes que ela o alcance, não precisa se desesperar, os escudos retardarão o avanço do inimigo até você possa disparar, porém não serão dados pontos pelo seu disparo. Quando a última nave for destruída com êxito, o jogo finalizará, com a Terra salva e uma tela apresentando os resultados de sua missão.

### 8.3.1.2 Gênero

O gênero predominante no jogo é o de ação/tiro.

### 8.3.1.3 Público Alvo

O público alvo do jogo são pacientes que sofrem de Síndrome do Túnel do Carpo e estejam fazendo sessões de reabilitação, e que necessitam realizar repetidas vezes os movimentos como os de extensão de adução do polegar, trabalhados neste projeto.

### 8.3.1.4 Objetivo Geral do Jogo

Auxiliar e motivar pacientes com Síndrome do Túnel do Carpo a realizar movimentos comuns nas sessões de reabilitação.

### 8.3.1.5 Objetivos Específicos do Jogo

Os objetivos específicos do jogo são:

- a) trazer uma nova forma para que pacientes realizem a reabilitação

- de Síndrome do Túnel do Carpo;
- b) auxiliar na apresentação de resultados da sessão, mostrando dados como tempo médio, máximo e mínimo dos movimentos;
- c) motivar os pacientes a jogarem e, conseqüentemente realizarem os exercícios regularmente.

#### 8.3.1.6 Pontos Principais

O sensor de movimento utilizado para controlar o jogo, Leap Motion, traz uma forma divertida de se jogar um jogo considerado simples.

#### 8.3.1.7 Requisitos Mínimos

Os requisitos mínimos ficam por conta do sensor de movimento utilizado, sendo que as configurações mínimas de um computador para rodar o jogo junto com o sensor são:

**Sistema Operacional:** Windows Vista/7ou superior

**Processador:** AMD Phenom™ ou Intel® Core™ i3

**Memória:** 2GB

**USB:** 2.0

**Hard Disk:** 18Mb

#### 8.3.2 Regras do Jogo

Os subcapítulos do item 8.4.2 apresentarão as regras de funcionamento do jogo, desde as configurações, calibração, durante o jogo e o desfecho dele.

##### 8.3.2.1 Configurações

A programação do menu principal impede o jogador de dar início ao jogo sem que antes entre nas configurações e confirme as informações encontradas nele.

As opções que podem ser alteradas são as seguintes:

- a) **número de movimentos:** define o número de vezes que o jogador deve realizar o movimento de extensão e adução do polegar durante o jogo;
- b) **tempo do movimento:** define o tempo (em segundos) no qual o jogador deve realizar o movimento de extensão e adução do polegar;
- c) **membro afetado:** define qual das mãos do paciente será utilizada.

Após confirmar essas opções, é possível clicar no botão salvar para ser redirecionado ao menu principal, onde agora o botão de iniciar jogo estará liberado.

### 8.3.2.2 Calibração dos Movimentos e Tutorial

Para que o movimento seja reconhecido corretamente, o jogador é apresentado a área de calibração, onde ele deverá manter o polegar na posição que estiver sendo pedida para que durante o jogo ao manter os dedos nessa posição ele possa reconhecer o gesto.

Após salvar os movimentos de extensão e adução do polegar, as naves aliadas e inimigas são apresentadas, e o jogador pode testar se os movimentos foram salvos corretamente ao repeti-los para carregar e disparar sua arma, da mesma forma como será feito durante o jogo.

### 8.3.2.3 Início do Jogo

O objetivo do jogo é destruir todas as naves inimigas antes que elas alcancem a nave aliada.

O jogo se inicia com os seguintes valores:

- a) **pontos:** 0 (pontuação total do jogo)
- b) **tempo:** 0:00 minutos (crescente)
- c) **movimento atual:** Carregando (Altera entre carregando e atirando durante o jogo)
- d) **naves restantes:** Número de movimentos selecionado nas configurações.

#### 8.3.2.4 Durante o Jogo

As seguintes regras foram criadas para o *Gameplay*:

- a) você deverá destruir as naves inimigas que aparecem dentro do tempo determinado nas configurações para que possa pontuar.
- b) a pontuação é constituída da seguinte fórmula:
  - a.  $\text{pontos} = \text{pontuação atual} + (\text{Tempo em que fez o movimento} / \text{Tempo do movimento necessário}) * 100$  (valor arredondado caso não seja um inteiro);
- c) após uma nave inimiga ser acertada por um tiro, uma nova deve aparecer na tela.
- d) a nave aliada se move automaticamente para o mesmo eixo Y em que a nave inimiga se encontra, permitindo que um tiro possa acertá-la.

#### 8.3.2.5 Resolução do Jogo

O jogo encerra quando o número de movimentos definidos nas configurações iniciais for realizado por completo ou a partida seja cancelado através das opções acessadas pelo menu de pausa.

#### 8.3.2.6 Fluxo do Jogo

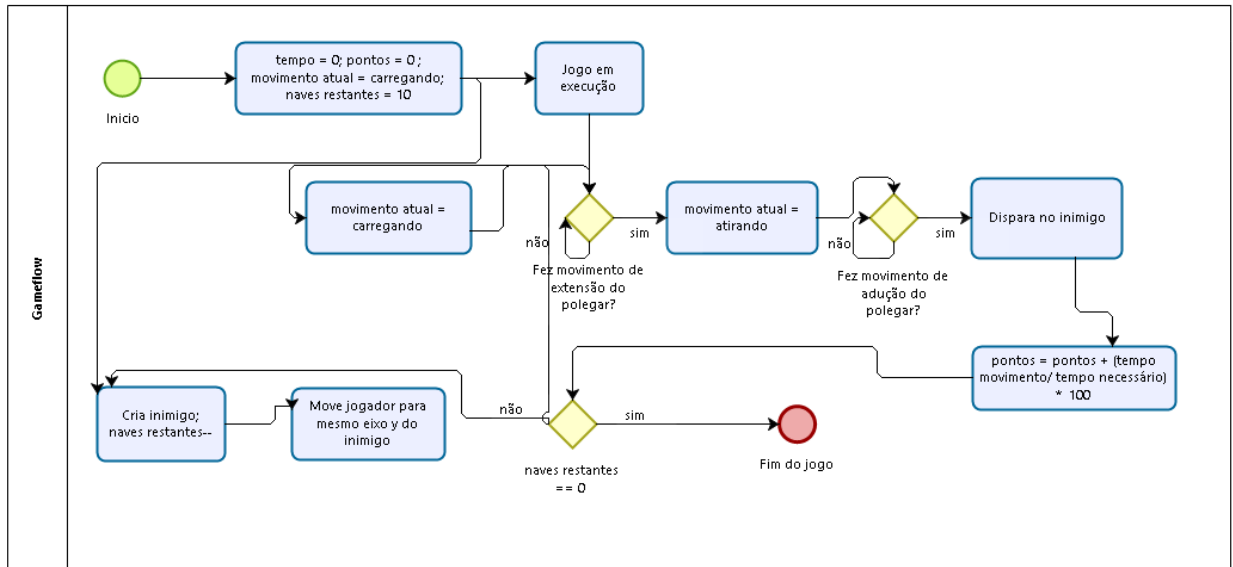
O fluxograma que pode ser encontrado na figura 20 apresenta o funcionamento principal do jogo.

As variáveis a seguir são as utilizadas no fluxograma:

- a) **tempo**: tempo do jogo geral;
- b) **pontos**: pontos totais do jogo;
- c) **movimento atual**: movimento que o jogador deve fazer no momento;
- d) **naves restantes**: número de naves que ainda devem aparecer no jogo;
- e) **tempo movimento**: tempo em que o movimento foi realizado;

- f) **tempo necessário**: tempo em que se deveria realizar o movimento.

Figura 20 – Fluxograma com funcionamento do jogo

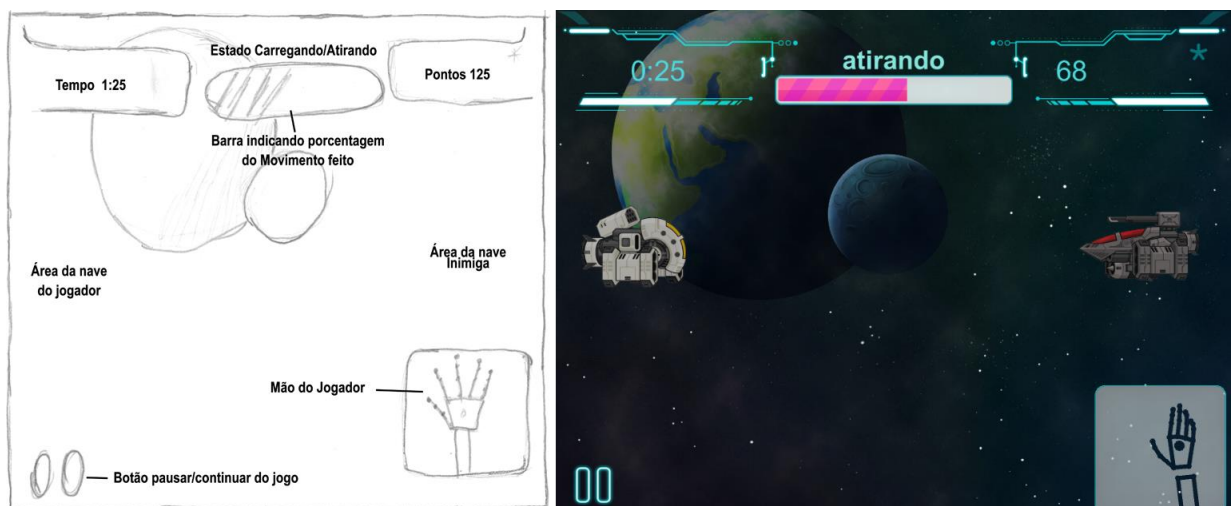


Fonte: Do Autor

### 8.3.2.7 Visão Geral do Gameplay

A figura 21 apresenta a tela principal do jogo, a esquerda a proposta de desenvolvimento, com anotações sobre as funcionalidades da tela, e a direita a versão final da mesma.

Figura 21 – Visão geral da tela principal do jogo (Gameplay)



Fonte: Do Autor

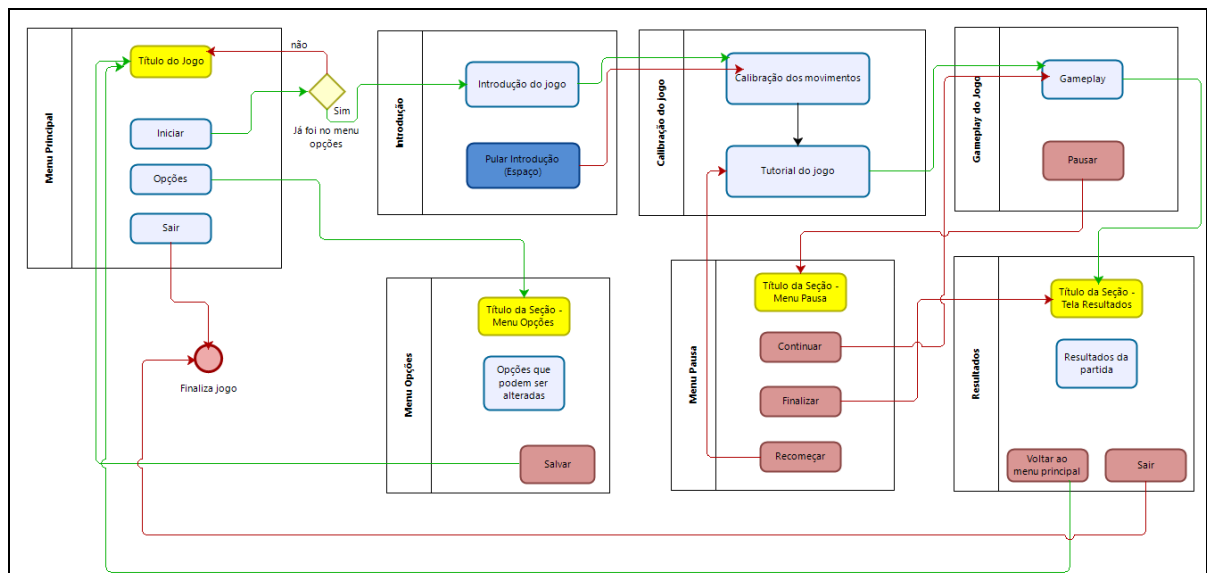
### 8.3.2.8 Comandos e Interação

O jogador utilizará o movimento de extensão do polegar para carregar o disparo da nave, e o movimento de adução do polegar para realizar o disparo quando carregado. O mouse será utilizado para poder clicar no botão de pausa durante o jogo, além da navegação de menu, que ocorrerá da mesma forma. A tecla espaço poderá ser utilizada para pular a cena de início do jogo, onde a história da aventura é contada.

### 8.3.2.9 Fluxos do Menu

A seguir, a figura 22 apresenta o fluxo dos menus, apresentado para onde o jogador será direcionado após clicar em cada item.

Figura 22 – Fluxograma com fluxos dos menus



Fonte: Do Autor

### 8.3.3 Elementos do Jogo

Os subcapítulos do item 8.4.3 serão responsáveis pela definição dos elementos do jogo (objetos, animações).

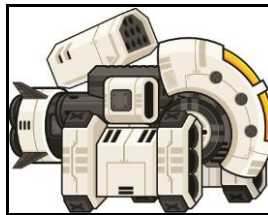
As imagens utilizadas no jogo foram adquiridas com licença padrão, permitindo o uso de forma ilimitada em projetos não-comerciais

### 8.3.3.1 Personagens

Os personagens do jogo são baseados em tecnologias futurísticas, tendo duas naves: a aliada e a inimiga; Elas são os personagens principais, além de uma forma de vida artificial, Lucy, como personagem secundária.

A nave aliada, que pode ser vista na figura 23, é a nave mandada pelo planeta Terra para se defender dos ataques Vilks. Ela possui uma coloração clara, e é a nave na qual o jogador controlará o disparo.

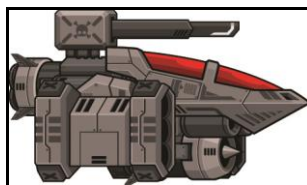
Figura 23 – Nave aliada



Fonte: Do Autor

A nave inimiga faz parte das tropas Vilks mandadas para invadir o planeta Terra. Com coloração mais escura, é o veículo aéreo em que o jogador deverá atirar durante o jogo. A figura 24 exibe a nave inimiga.

Figura 24 – Nave inimiga



Fonte: Do Autor

Lucy é a forma de vida artificial responsável por inicializar e treinar os que são encaminhados para o campo de batalha. Podendo ser vista na figura 25, Lucy

auxiliará o jogador passando as regras do jogo, além de contar a história deste universo durante a introdução do jogo.

Figura 25 – Lucy



Fonte: Do Autor

### 8.3.3.2 Objetos

O disparo, imagem 26, é responsável por acertar as naves inimigas que estão tentando invadir a Terra.

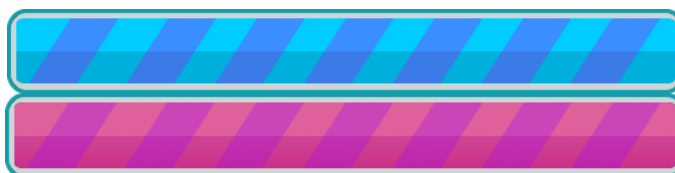
Figura 26 – Disparo



Fonte: Do Autor

A barra de porcentagem, que pode ser vista na figura 27, é responsável por indicar quanto do movimento o jogador já realizou, e pode ser vista na cor azul para o movimento referente a carregar o disparo ou na cor rosa para quando o movimento de disparo estiver sendo feito.

Figura 27 – Barras de porcentagem

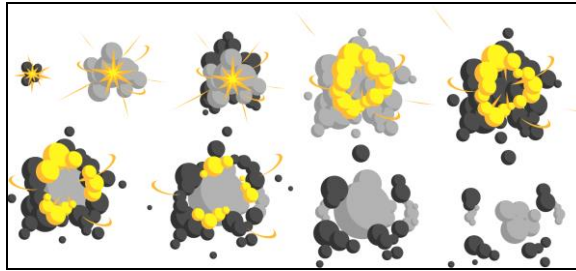


Fonte: Do Autor

### 8.3.3.2 Animações

A animação de explosão da nave inimiga, figura 28, é reproduzida quando esta entra em contato com um disparo.

Figura 28 – *Sprites* da animação de explosão da nave inimiga



Fonte: Do Autor

A animação da barra de porcentagem, figura 29, mostra quanto de um movimento foi feito ao preencher/esvaziar a barra.

Figura 29 – Barra de porcentagem sendo preenchida



Fonte: Do Autor

### 8.3.3.3 *Backgrounds*

As imagens utilizadas como fundo do jogo (*backgrounds*) representam o espaço, e como pode ser acompanhado pela figura 30, possuem fundos escuros com elementos como estrelas, planetas e nuvens para complementá-los.

Figura 30 – Backgrounds utilizados no *serious game*



Fonte: Do Autor

## 8.4 APLICAÇÃO DO FRAMEWORK MDA

Visando desenvolver um jogo que seja capaz de incentivar seu jogador a realizar os movimentos de adução do polegar, aplicou-se as taxonomias descritas pelos autores deste *framework*, que foram explicadas no capítulo 7.

Os padrões estéticos escolhidos para o desenvolvimento do jogo foram os de sensação, fantasia e desafio, buscando com estes criar a motivação necessária para que o jogador realize o número de movimentos esperado sem grande dificuldade.

Para explorar a sensação no jogo, os elementos gráficos se tornam os principais responsáveis, onde utilizando animações, busca-se tornar a experiência com o jogo o mais agradável possível.

Ao inserir o jogador em um universo futurista, sendo responsável pelo controle das armas de uma espaçonave, trabalha-se o elemento de fantasia, que é explorado também pela história apresentada ao jogador durante a introdução do jogo.

A velocidade com que as naves inimigas se aproximam da nave do jogador criam um limite de tempo para que o movimento responsável por carregar e disparar a arma de sua nave seja realizado, e a pontuação marcada a cada nave inimiga alvejada varia de acordo com o tempo que se leva para realizar este movimento, criando assim um clima que insere o desafio no jogo, onde o jogador deve realizar o movimento no menor tempo possível para destruir seus inimigos e marcar mais pontos.

Tendo estes elementos definidos, foi possível elaborar a escrita do GDD apresentado anteriormente, dando a devida atenção para que estes padrões estéticos fossem aplicados corretamente, permitindo uma melhor experiência para o jogador e o incentivando na execução dos movimentos, e consequentemente na realização de seus exercícios com o apoio do jogo projetado.

## 8.5 IMPLEMENTAÇÃO DO JOGO CARPAL REHAB NA UNITY 3D

Com o GDD escrito, então iniciou-se a implementação do *Serious Game* Carpal Rehab.

A implementação começou na segunda semana de março, e estendeu-se até a última semana de maio.

### 8.5.1 Tela de Gameplay

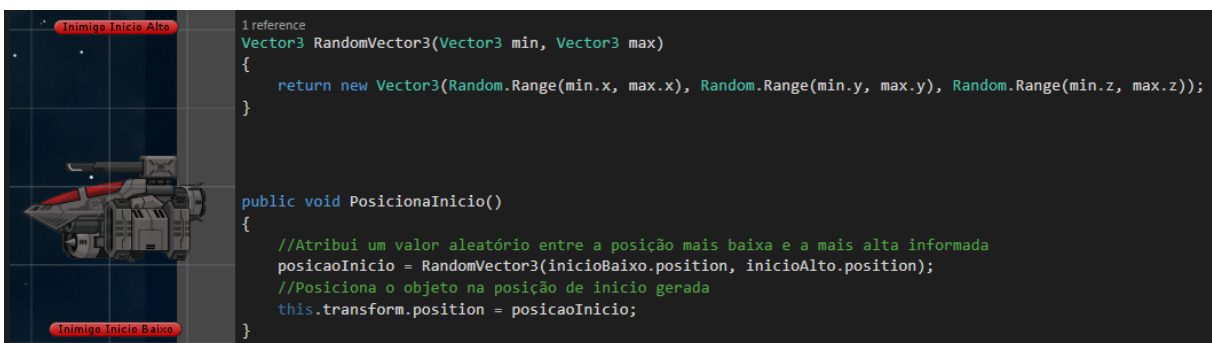
A primeira das telas desenvolvidas foi a de Gameplay, devido ao fato de ser a principal, e que seria trabalhada do início até o fim deste projeto.

#### 8.5.1.1 Programação da nave Inimiga

O primeiro elemento do jogo projetado foi a nave inimiga, a qual necessitava de um número maior de regras, como a de se mover entre dois pontos com diferentes velocidades, de acordo com a rapidez com que o jogador deve realizar seu movimento, a de reproduzir uma animação de explosão quando atingida e em seguida se reposicionar, entre outras explicadas abaixo.

A nave inimiga aparece em diferentes locais, ou seja, randomizada então para que isto acontecesse, optou-se por criar dois *gameobjects*, que podem ser vistos na figura 31. Para facilitar esse posicionamento, uma função chamada *RandomVector3* foi criada, onde, ao receber dois *Vector3*, retornará um valor aleatório entre eles. Esse valor gerado é então inserido no *position* do inimigo.

Figura 31 – Posicionamento inicial da nave inimiga

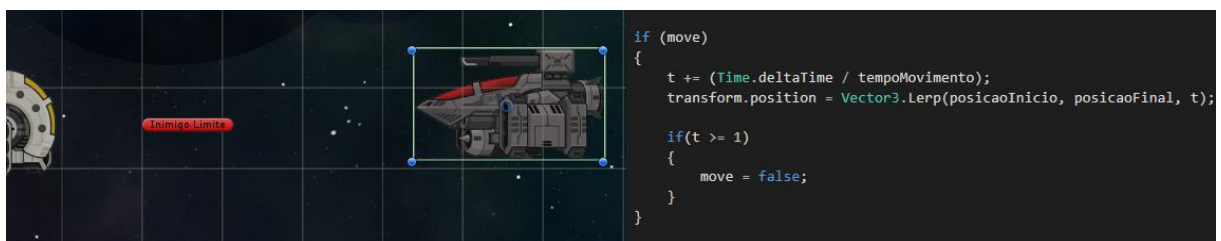


Fonte: Do Autor

Após ser posicionado, é necessário que a nave inimiga se desloque entre sua posição inicial e a final, porém a rapidez com que esse movimento é feito deve variar de acordo com o tempo com que o jogador tem para realizar este

procedimento de extensão e adução do polegar. Isto é feito utilizando a função *Lerp* das Variáveis do tipo *Vector3*, a qual irá interpolar um *gameobject* entre um ponto inicial e o final de acordo com um terceiro valor que irá variar de 0, quando estiver na posição de início, até 1, quando chegar na posição final. Como pode ser visualizado na figura 32, esse terceiro valor, aqui chamado de T, é obtido a partir da soma do mesmo com a divisão da variável global de tempo pelo tempo em que o movimento deve ocorrer.

Figura 32 – Função para movimento da nave inimiga



Fonte: Do Autor

Quando alvejado por disparos da nave aliada, o inimigo deve, além de reproduzir uma animação de destruição, acrescentar pontos ao placar de acordo com o quanto se moveu, ao ser reposicionado novamente em uma das posições iniciais. A pontuação ocorre ao multiplicar a variável *t*, utilizada no movimento da nave, por 100 e subtrair esse valor de 100, permitindo assim ter mais pontos se a nave for atingida mais rapidamente. A animação é então reproduzida, sendo que uma *Coroutine*<sup>3</sup> é iniciada para aguardar o fim da animação. Caso restem ainda naves ao inimigo, esta deve ser reposicionada num dos pontos iniciais. Estes códigos podem ser visualizados na figura 33.

---

<sup>3</sup> Função com a qual é possível aguardar um tempo pré-definido antes que um código seja executado.

Figura 33 – Função executada quando nave é atingida



Fonte: Do Autor

#### 8.5.1.2 Programação da nave aliada

A nave aliada foi o segundo elemento projetado. Sua principal função é a de realizar o disparo quando os movimentos de extensão e adução do polegar são realizados.

Para que o movimento fosse reconhecido, utilizou-se a mesma lógica apresentada no capítulo 8.2. Para controlar qual dos movimentos o jogador deve realizar no momento, criou-se uma variável do tipo *enum*, chamada ação, que armazena três valores, início, carregando e atirando. Estes valores se alternam de acordo com a ação que o jogador realiza durante o *gameplay*. Seu estado inicial é com o valor início, e fica aguardado o movimento de adução do polegar, para o início do jogo, e assim altera o estado para carregando. Nesta etapa, verifica-se a realização do movimento de extensão do polegar, e neste momento o estado é alterado para disparando, e aguarda-se o jogador realizar o movimento de adução, para isto retorna ao estado carregando. Este código pode ser acompanhado pela figura 34.

Figura 34 – Código para reconhecimento do Gesto feito pelo jogador

```
private enum estado
{
    inicio, carregando, atirando
}

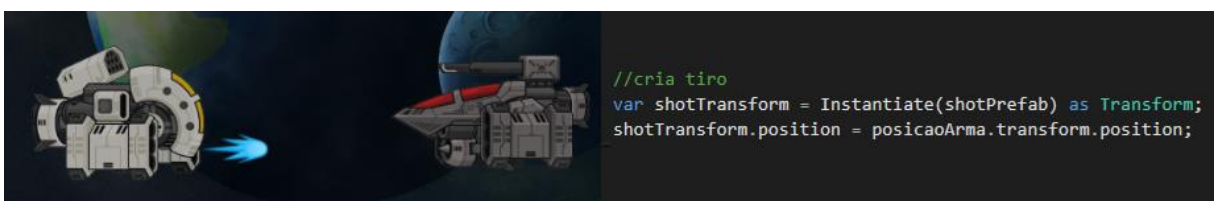
if (acao.Equals(estado.inicio)) {
    if (anguloAtual.CompareTo(menorAngulo) <= 0) {
        acao = estado.carregando;
    }
}
else if (acao.Equals(estado.carregando)) {
    porcentagem.fillAmount = (anguloAtual - menorAngulo) / (maiorAngulo - menorAngulo);
    if (anguloAtual.CompareTo(maiorAngulo) >= 0){
        acao = estado.atirando;
    }
}
else if (acao.Equals(estado.atirando)) {
    porcentagem.fillAmount = 1 - (anguloAtual - menorAngulo) / (maiorAngulo - menorAngulo);
    if (anguloAtual.CompareTo(menorAngulo) <= 0){
        acao = estado.carregando;
    }
}
}
```

Fonte: Do Autor

Na figura 34 também pode ser vista a função *fillAmount*, que é uma função da Unity 3D onde um *sprite* pode ser preenchido numa determinada porcentagem. Este código é utilizado em uma barra localizada na parte superior da tela, indicando a porcentagem do movimento executado.

Além de reconhecer quando os movimentos são realizados pelo jogador, outra função da nave aliada é a de disparar em direção ao inimigo. Assim que o movimento de adução do polegar é reconhecido, o jogador realiza a ação de atirar, e um *prefab* do disparo é instanciado, e este se moverá para a direita da tela, em direção ao inimigo, sendo destruído assim que acertar o alvo. Na figura 35, observa-se o disparo em direção ao inimigo, e ao lado o código do mesmo.

Figura 35 – Função de disparo da nave aliada



Fonte: Do Autor

### 8.5.2 Tela de Calibração e Tutorial

Tela responsável pelas informações de ambientação do jogo, pela calibração e um tutorial de explicações gerais.

Na tela de calibração optou-se por que as ações fossem automáticas, a fim de deixar ao jogador, estar mais concentrado na realização dos movimentos conectados a sua reabilitação. A alternativa escolhida para evitar movimentos desnecessários, tal como mover o mouse para pressionar botões.

Para tornar essa experiência mais interativa, utilizou-se a Lucy, que ficou responsável por passar as instruções de interatividade durante o jogo, e como proceder.

Utilizou-se um sistema de diálogos, presente no tutorial “*Unity 5: Build a Character Dialogue System*” da plataforma Lynda, foi possível criar os diálogos em um arquivo com a extensão “json”, formado por um conjunto de três componentes:

- a) o nome da imagem que será utilizada;
- b) o diálogo que será escrito;
- c) a ação que deve ser feita quando este diálogo for chamado.

Para esta etapa, existem duas possibilidades de diálogos. Um mais extenso, para explicar os movimentos a serem realizados, tais como o de extensão e adução, e após é realizado a calibração. O segundo é apresentado somente se for optado em pular a narrativa da história para ambientação, de forma a supor que o jogador já teve alguma experiência prévia, assim o diálogo se inicia na calibração dos movimentos.

As ações que podem ser feitas durante a etapa de calibração e testes são quatro:

- a) capturar extensão do polegar: armazena o valor máximo da extensão do polegar do usuário.
- b) capturar adução do polegar: armazena o valor mínimo da adução do polegar.
- c) finalizar captura: finaliza a calibração dos movimentos e se inicia o código com um tutorial do jogo.
- d) ir ao jogo: vai para tela de *gameplay*.

Cada uma dessas ações, quando chamadas pelo código devem executar diferentes funções, semelhantes à da tela de calibração apresentada no capítulo 8.2 e a tela de *gameplay* apresentada no capítulo 8.5.1.

### 8.5.3 Tela de Resultados

Responsável por apresentar informações necessárias do que ocorreu na partida ao jogador, e o fisioterapeuta, salvando seus valores em um arquivo de imagem.

Inicializada no final do jogo e conterá os seguintes elementos:

- a) tempo de partida;
- b) tempo esperado do movimento, o qual foi selecionado no início;
- c) número necessário de movimentos;
- d) número de movimentos feitos no tempo pré-determinado;
- e) número de movimentos feitos depois do tempo pré-determinado;
- f) tempo máximo do movimento;
- g) tempo mínimo do movimento;
- h) tempo médio do movimento.

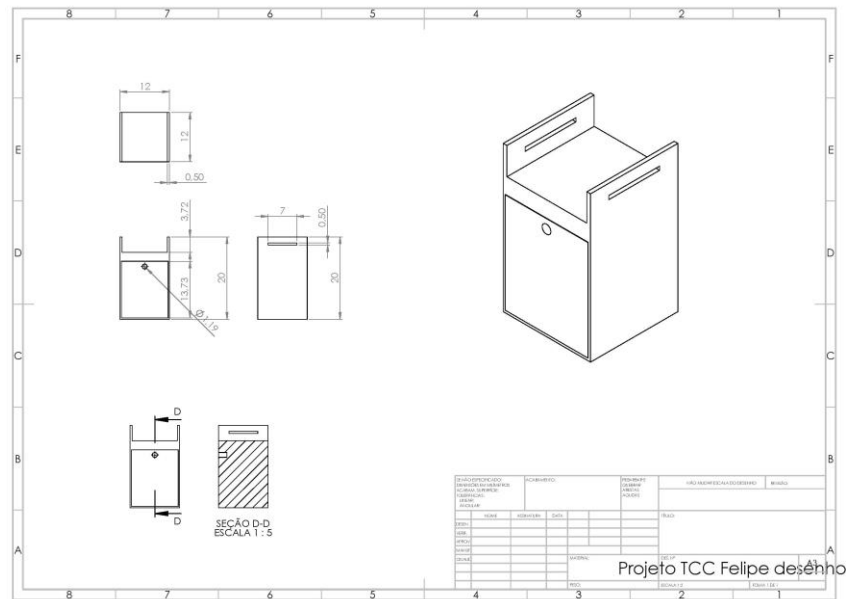
### 8.6 SUPORTE PARA APOIO AO BRAÇO

Com a realização dos testes, com voluntários observou-se que os mesmos apresentavam cansaço com o braço suspenso, e isto ocasionava um desconforto devido a posição. Desta forma, optou-se por utilizar um suporte para manter o braço em uma posição equidistante do Leap Motion de forma a capturar o movimento adequadamente, assim evitando erros de posicionamento.

Foi apresentado o problema a uma acadêmica do curso de Design de Produtos da UNESC, Jéssica Marcella Capra e juntamente com o coorientador Sandro Ressler, foi pensado em um suporte de apoio e descanso de forma a realizar os movimentos sem o devido desconforto.

As medidas foram obtidas na literatura “Dimensionamento Humano para Espaços Interiores, possuindo as seguintes dimensões 12x12x20 cm, como pode ser visto no projeto da figura 36.

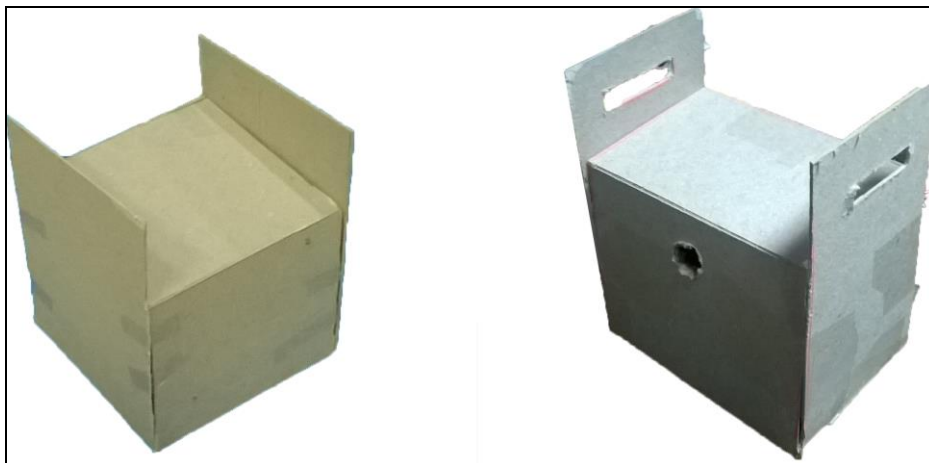
Figura 36 – Projeto inicial do suporte para apoio do braço



Fonte: Do Autor

Após o projeto feito, foram feitos dois *mockups* que podem ser vistos na figura 37. O *mockup*<sup>4</sup> da esquerda foi o primeiro montado, utilizando as medidas da literatura, porém optou-se por reduzir algumas medidas, passando então a possuir 14x8x16, como pode ser visualizado na imagem do lado direito.

Figura 37– Primeiro e segundo *mockup* do suporte de apoio ao braço

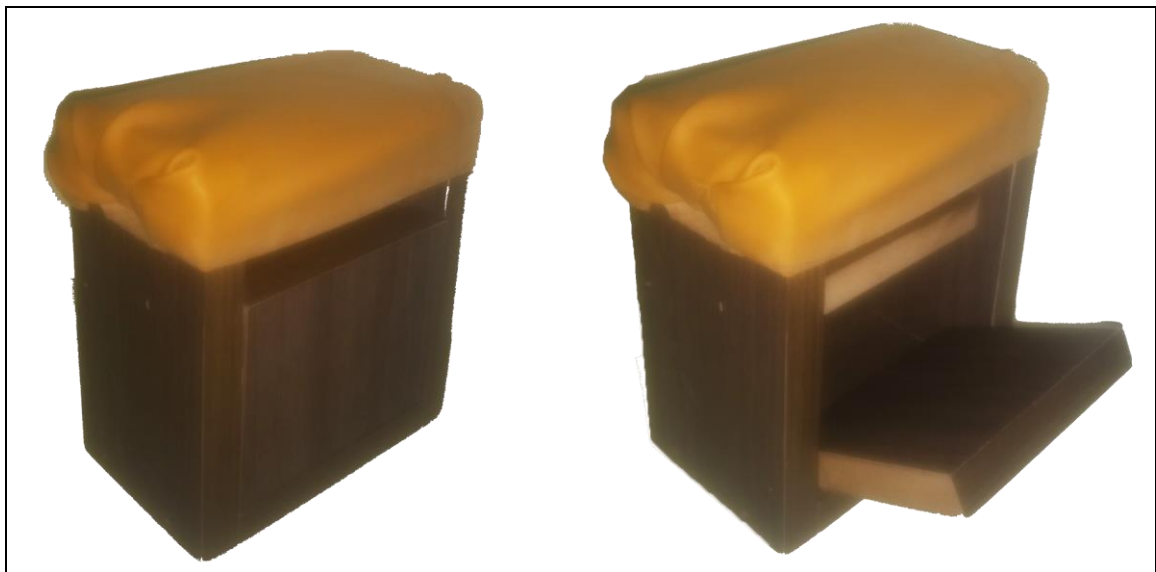


Fonte: Do Autor

<sup>4</sup> Modelo em escala ou tamanho real de um projeto.

Com o *mockup* aprovado pelos envolvidos na sua definição, montou-se o modelo definitivo do suporte. Este feito em mdf, e foi adicionado ao suporte uma faixa elástica para suportar o braço durante o jogo. Este ainda possui um compartimento para que se possa guardar o Leap Motion e seus cabos de conexão, no final da sessão. A figura 38 apresenta esse modelo final do suporte.

Figura 38 – Modelo final do suporte de apoio ao braço



Fonte: Do Autor

## 8.7 RESULTADOS OBTIDOS

A reabilitação fisioterapêutica é um processo ao qual pacientes que sofrem de STC são normalmente encaminhados, principalmente quando realizam a cirurgia de Transecção do Túnel do Carpo. Estudos indicam que a utilização de *serious games* em pacientes auxilia para a redução das dores sentidas pelo mesmo após tratamentos, além de servirem para motivá-lo a continuar o tratamento.

Neste trabalho aplicou-se o sensor de movimento *Leap Motion* para a criação de um *serious game* capaz de auxiliar em sessões de reabilitação de pacientes que sofram de STC. Dentre os exercícios feitos nas sessões de reabilitação, optou-se por trabalhar com o de extensão e adução do polegar.

A fim de desenvolver o jogo “Carpal Rehab”, o motor de jogo Unity 3D foi selecionado, com o objetivo de explorar as possibilidades e limitações do sensor de movimentos *Leap Motion*.

Para que o jogo possa reconhecer quando os movimentos de adução e extensão do polegar são realizados, independente da limitação do usuário, calcula-se, por meio da calibração, o ângulo existente entre o polegar e indicador do mesmo ao realizá-los.

“Carpal Rehab” é um jogo que tem base nos clássicos de tiro, também chamados de *side-scrolling shooters*, utilizando gráficos em 2D e uma visão em terceira pessoa de forma lateral. Com as ferramentas disponibilizadas pela Unity 3D, versão 5.5.1f1, foi possível proporcionar gráficos e animações sem grande dificuldade. A versão final foi exportada para o sistema operacional Windows, devido a disponibilidade deste pelo acadêmico e compatibilidade do mesmo com o sensor utilizado, conforme descrito no site do desenvolvedor.

Proporcionando uma forma diferente a fim de auxiliar na reabilitação para pacientes de STC, o jogo “Carpal Rehab”, auxilia no estímulo a execução dos movimentos, e utiliza uma tecnologia relativamente recente, para detecção de movimento, em conjunto com o lúdico de um jogo, que se passa em um universo futurista. Apresentando resultados ao final do jogo, de forma a auxiliar o fisioterapeuta e a monitorar a evolução do paciente.

Outro fator importante apresentado é de que o fisioterapeuta realiza o acompanhamento em um único paciente e necessita estar totalmente voltado a observação deste. Agora com o uso desta ferramenta, o profissional poderá, se assim o desejar, ter a possibilidade de quantificar o número de repetições realizadas do movimento proposto, além de verificar o tempo de realização deste, permitindo estabelecer critérios para avançar no tratamento proposto.

Este equipamento irá permitir o desenvolvimento do controle neuromotor do polegar por parte do paciente, ensejando numa melhora proprioceptiva e cinética funcional da região tenar da mão.

### **8.7.1 Jogo “Carpal Rehab”**

Nesta seção, demonstra-se como a jogabilidade do *serious game* ficou definida na prática.

Inicialmente, o usuário é apresentado a uma tela inicial, com o título do jogo, um menu de opções e uma imagem do sensor *Leap Motion*, que indicará se

este está conectado. Neste momento, pode-se escolher as opções de Iniciar Jogo (botão: Iniciar Jogo), alterar configurações do jogo (botão: Opções), sair da aplicação (botão: Sair) e visualizar créditos (ícone: I). Esta tela inicial pode ser visualizada na figura 39. Para que as configurações sejam modificadas sempre que uma nova partida for realizada, o botão Iniciar Jogo é desabilitado até que se acesse as configurações do jogo.

Figura 39 – Tela inicial do *serious game*



Fonte: Do Autor

Ao selecionar o botão Opções, o usuário é redirecionado a uma página com o título do jogo e diferentes opções que se pode alterar, além de um botão para salvar. Com a ajuda do fisioterapeuta, deve-se preencher as informações referentes ao exercício que será realizado, como número de vezes (opção: Número de movimentos), tempo de cada movimento (opção: Tempo de movimento) e o membro afetado pela STC (opção: membro afetado). Além dessas informações, é possível escolher entre jogar ou não em tela cheia (opção: tela cheia). Na figura 40 pode-se visualizar essa tela de opções. Após tudo preenchido corretamente, pode-se pressionar o botão para salvar as opções (botão: salvar), que direcionará o usuário para a tela inicial.

Figura 40 – Tela de opções do *serious game*

Fonte: Do Autor

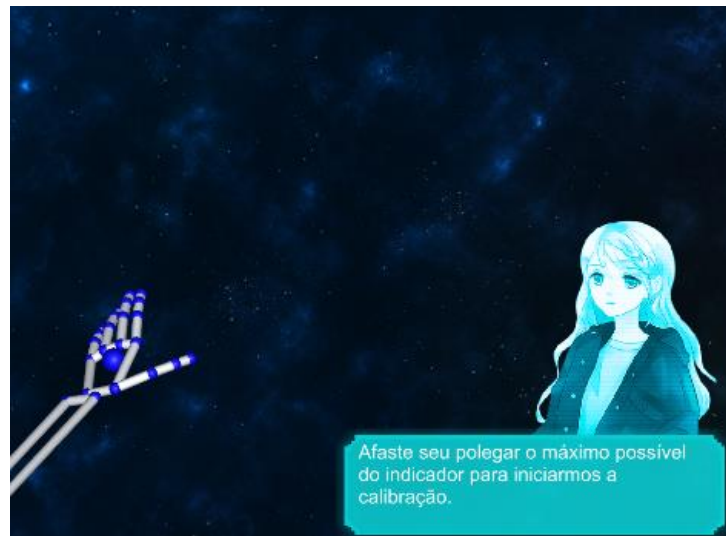
Caso o usuário escolha a opção Iniciar Jogo na tela inicial, será apresentada a ele uma introdução com a história do universo onde ele está inserido, contando sobre a batalha que a Terra está enfrentando e sobre sua missão de proteger as fronteiras do planeta. Para usuários que queiram pular a introdução da história, é possível pressionar a tecla espaço do teclado para ir a próxima tela, ou aguardar o fim da introdução que os levará a mesma tela. A tela de introdução é ilustrada na figura 41. Utilizando um dos personagens do jogo para interagir com o jogador foi uma das formas utilizadas para abordar o lúdico no jogo.

Figura 41 – Tela de introdução do *serious game*

Fonte: Do Autor

Após conhecer mais sobre o universo do jogo, têm início a calibração dos movimentos utilizando o sensor de movimento *Leap Motion*. Para isso o usuário deve manter sua mão erguida sobre o sensor e seguir os passos indicados por Lucy. Na figura 42 pode se ver a tela de calibração, com a mão do usuário reconhecida pelo sensor.

Figura 42 – Tela de calibração do *serious game*



Fonte: Do Autor

Terminado a calibração, um breve tutorial do jogo é iniciado, apresentando os elementos principais do *gameplay* e formas que o usuário terá para controlar o jogo, como pode ser visto na figura 43.

Figura 43 – Tela de tutorial do *serious game*



Fonte: Do Autor

Após iniciado o jogo, o usuário será mandado as fronteiras para a batalha, ilustrado pela figura 44. Alguns componentes na tela são responsáveis por orientar o usuário durante o gameplay:

- a) na parte superior ao centro: qual movimento deve ser realizado atualmente é escrito, enquanto a barra logo abaixo indica a porcentagem do movimento feito;
- b) na parte superior à esquerda: o tempo decorrido do jogo pode ser acompanhado;
- c) na parte superior à direita: a pontuação do jogador;
- d) na parte inferior à esquerda: botão para pausar o jogo;
- e) na parte inferior à direita: reprodução da mão do usuário reconhecida pelo sensor de movimento.

Figura 44 – Tela de gameplay do *serious game*

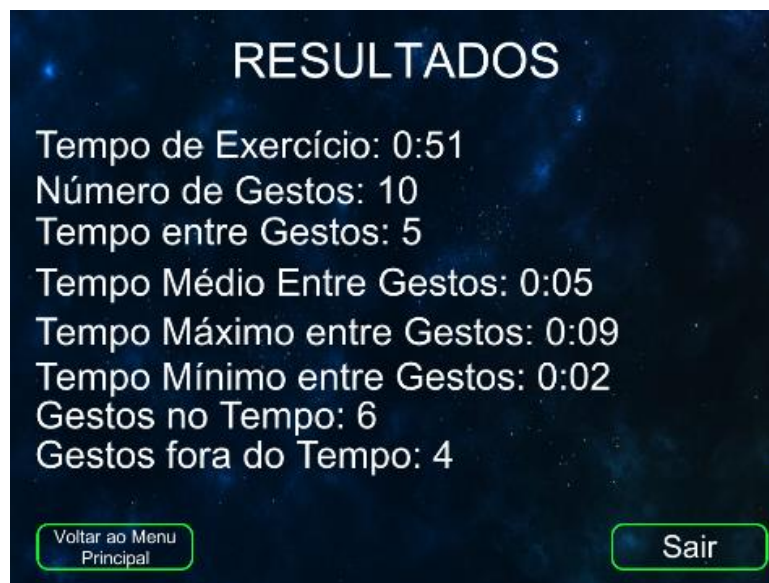


Fonte: Do Autor

Para carregar o disparo, o jogador deve realizar o movimento de extensão do polegar, como foi feito durante a calibração, enquanto o movimento de adução irá disparar um tiro carregado. Para que a pontuação seja contada, deve-se carregar e disparar antes que a nave inimiga alcance a nave aliada. No caso de o jogador não conseguir realizar o movimento antes de ser alcançado pela nave inimiga, ela será parada por um escudo, aguardando que o jogador finalize o movimento, e nenhum ponto será contabilizado ao destruí-la.

O jogo finalizará quando o número de movimentos selecionado antes do início do jogo for realizado corretamente ou o jogo seja finalizado através do menu de pausa. A tela com resultados, que pode ser vista na figura 45, é então apresentada ao usuário, disponibilizando valores referentes ao exercício feito, que será salva em um arquivo de imagem para referência futura pelo fisioterapeuta. Após observar os resultados, pode-se sair do jogo ao pressionar o botão sair (botão: sair) ou voltar ao menu principal iniciar uma nova partida (botão: voltar ao menu principal)

Figura 45 – Tela de resultados do *serious game*



Fonte: Do Autor

### 8.7.2 Aspectos Éticos da Pesquisa

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), parecer nº 2.047.503. A certidão de aprovação do Comitê de Ética pode ser lida no Anexo A deste documento.

### 8.7.3 Avaliação da Opinião dos Voluntários

O teste no início foi planejado a ser realizado com pacientes que possuem a STC, mas depois de muito pesquisar na clínica integrada da UNESC, e em alguns fisioterapeutas, não foi possível encontrar voluntários na região. Então o teste foi

realizado com voluntários sem problemas relevantes quanto à mobilidade dos membros superiores, e isto foi novamente reapresentado ao Comitê de Ética da UNESC.

Para a avaliação do *serious game*, foi convidado seis voluntários, conforme apresentado na Tabela 1. O conjunto é formado por pessoas com idades entre 21 e 39 anos. Ao final das partidas, foi solicitado a cada usuário que comentasse a experiência e preenchesse um questionário.

Tabela 1 – Perfil dos Voluntários da pesquisa

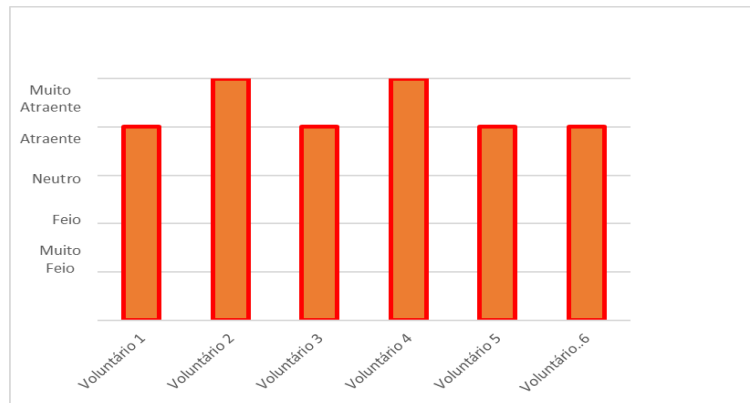
Identificação	Idade	Sexo	Profissão
Voluntário 1	21	Feminino	Projetista
Voluntário 2	31	Feminino	Funcionário Público
Voluntário 3	39	Feminino	Funcionário Público
Voluntário 4	20	Masculino	Empresário
Voluntário 5	21	Masculino	Programador
Voluntário 6	26	Masculino	Programador

Fonte: Do Autor

O formulário aplicado foi elaborado com o apoio de docentes do curso de Ciência da Computação da UNESC, aplicando o *Self Assessment Manikin (SAM)*, um instrumento que trabalha com ícones para registrar respostas emocionais. A amostra foi voluntária, e ocorreu em duas a primeira na avaliação da experiência com o jogo, e a segunda na inserção do suporte ao braço.

No primeiro momento, questionou-se aos voluntários sobre as suas primeiras impressões quando a atratividade do *serious game* “Carpal Rehab”. De maneira geral, os voluntários acharam atraente o jogo, com avaliações entre atraente e muito atraente, como pode ser acompanhado pelo gráfico da figura 46. Quando questionados sobre o motivo desta opinião, a escolha dos gráficos utilizados para o jogo foi a principal resposta recebida.

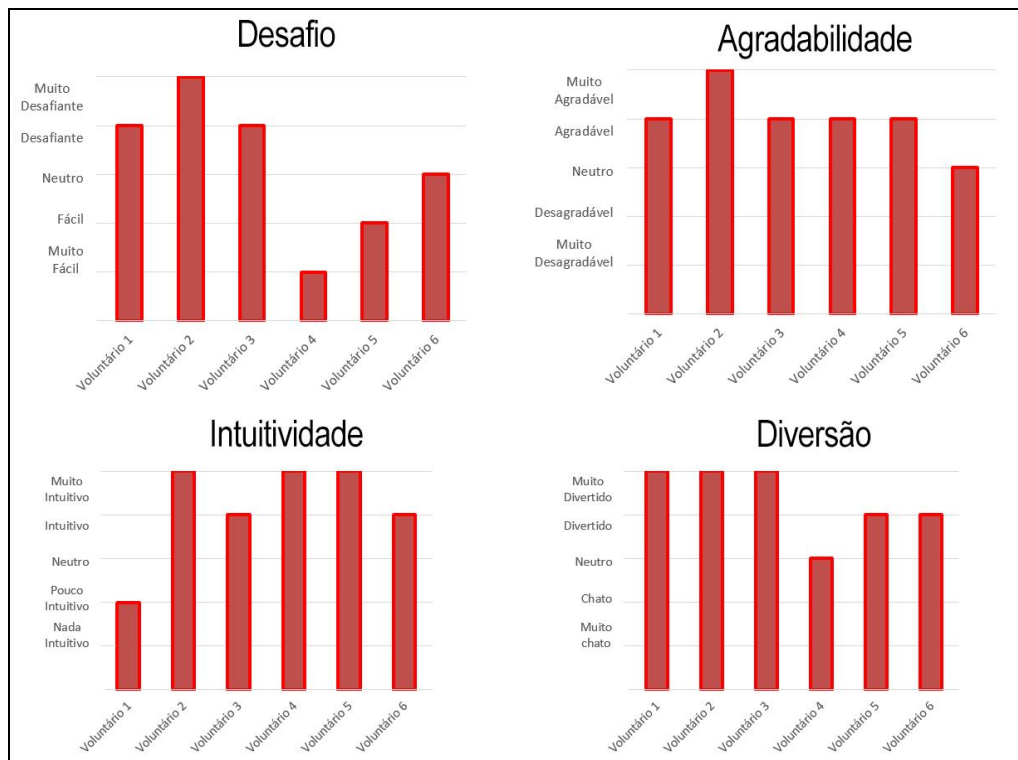
Figura 46 – Gráfico sobre atratividade do *serious game*



Fonte: Do Autor

As questões seguintes abordaram sobre as sensações passadas pelo jogo, quanto a desafio, agradabilidade, intuição e diversão. As respostas podem-se acompanhar nos gráficos da figura 47.

Figura 47 – Gráfico sobre sensações do *serious game*



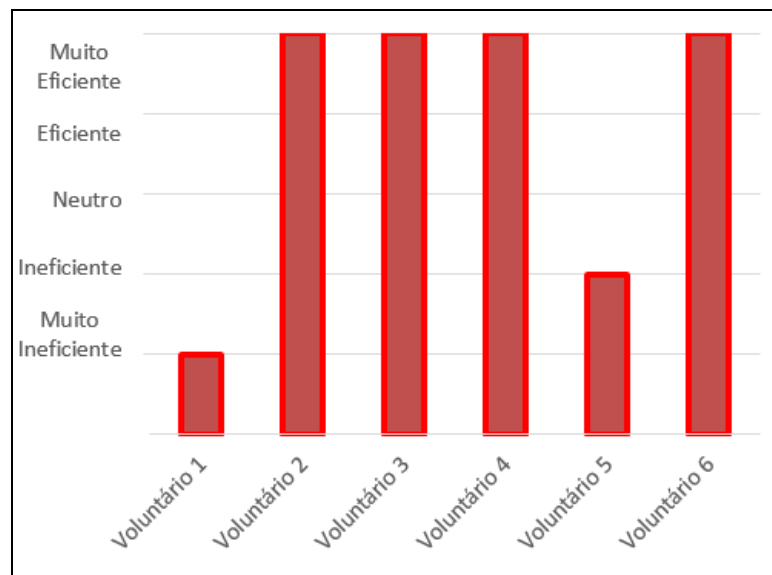
Fonte: Do Autor

As opiniões dos voluntários quanto ao desafio divergem. Os que avaliaram como fácil argumentaram que a jogabilidade é simples, enquanto as

avaliações como desafiante foram feitas devido a velocidade com que tinham que fazer o movimento. A avaliação das demais sensações não teve resultados tão discrepantes, trazendo resultados, em sua maioria, positivos.

Quando questionados sobre a eficiência do tutorial para ensinar sobre o funcionamento do jogo, figura 48, quatro dos seis voluntários o avaliaram como muito eficiente, enquanto dois destes mencionaram ter dificuldade para ler as instruções e realizar as ações necessárias ao mesmo tempo, resultando assim nas suas avaliações como ineficiente.

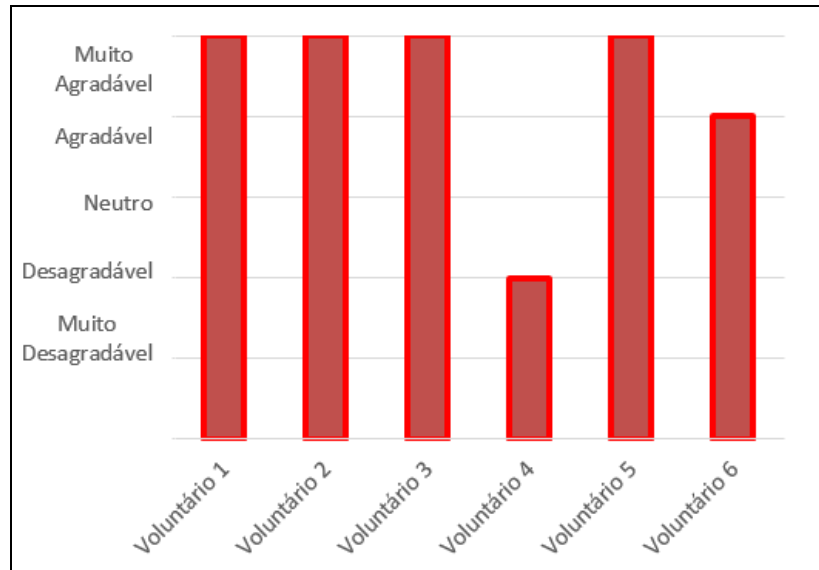
Figura 48 – Gráfico sobre eficiência do tutorial do *serious game*



Fonte: Do Autor

A agradabilidade dos elementos estéticos utilizados apresenta um *feedback* positivo, onde apenas um dos voluntários avaliou como desagradável, como pode ser visto no gráfico da figura 49.

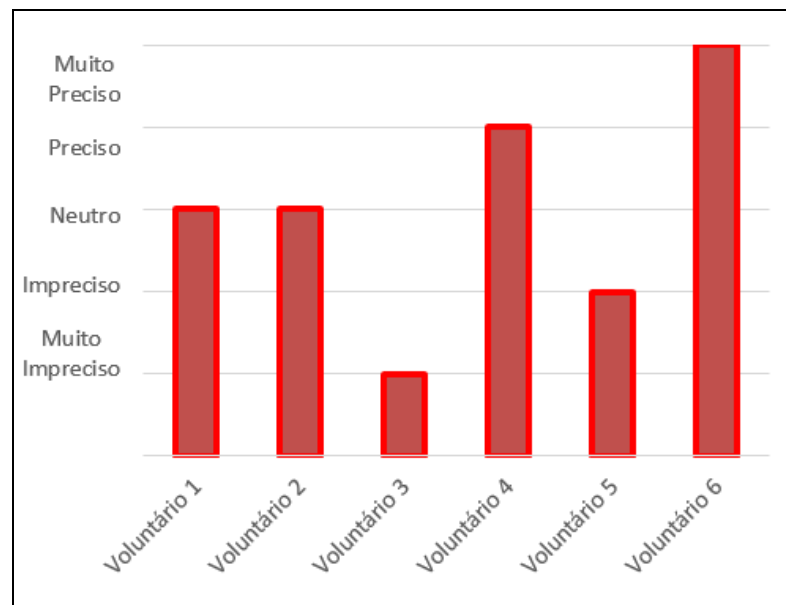
Figura 49 – Gráfico sobre agradabilidade dos gráficos do *serious game*



Fonte: Do Autor

A precisão dos movimentos durante o jogo, figura 50, retornou um resultado com opiniões completamente divergentes, com duas avaliações de preciso, duas de neutro e outras duas de impreciso. Nos casos que resultaram em avaliações de neutro e impreciso, o motivo principal foi que o reconhecimento de suas mãos falhou em determinados momentos da partida, necessitando reposicioná-las novamente para que se reconhecesse novamente.

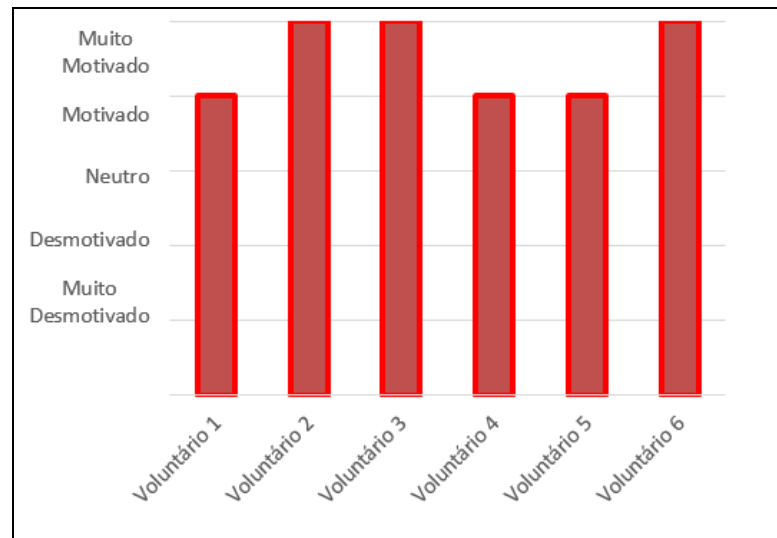
Figura 50 – Gráfico sobre precisão dos movimentos no *serious game*



Fonte: Do Autor

Os voluntários se sentiram motivados a realizar os movimentos necessários para avançar no jogo, como pode ser visto na figura 51. Essa motivação permitiu que todos completassem o jogo, gerando um melhor aproveitamento pelo jogador, que tem uma imersão maior no universo do jogo.

Figura 51 – Gráfico sobre motivação gerada pelo *serious game*



Fonte: Do Autor

Quando questionados sobre a possibilidade jogar este jogo com frequência, 100% dos voluntários respondeu que não jogaria. Esta resposta foi resultado do desconforto consequente da necessidade de deixar o braço elevado pelo período em que se estava jogando.

Como explicado no capítulo 8.6, a reclamação quando ao desconforto da posição do braço gerou a necessidade de se montar um suporte para melhor aproveitamento do jogo pelo jogador, melhorando ainda mais sua experiência com o mesmo.

A segunda etapa dos testes ocorreu quando este suporte ficou pronto, durante as duas últimas semanas de maio, permitindo que desta vez jogassem com o apoio do suporte.

Não foi possível contatar novamente os seis voluntários, sendo que esta etapa contou com a participação de quatro dos seis voluntários anteriores.

O resultado desta vez foi positivo, com 100% dos voluntários afirmando que o suporte auxiliou durante o *gameplay*, removendo o cansaço de manter o braço na mesma posição por um longo tempo, e a opinião nova dos mesmos foi de que

jogariam o jogo com frequência, pois gostaram da forma com que se interage com o mesmo através do movimento das mãos.

## 9 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o processo de elaboração e desenvolvimento de um *serious game* direcionado ao apoio a reabilitação de pacientes afetados pela STC.

O *serious game* desenvolvido apresentou bons resultados, cumprindo seu propósito, atuando como ferramenta para motivar o jogador a realizar os movimentos de extensão e adução do polegar. A partir dos estudos realizados sobre *serious games* e o *framework* MDA, foi possível planejar o desenvolvimento com foco nas sensações que se queria passar ao jogador.

A lucidez sobre o que se queria desenvolver, adquirida através destes estudos permitiu o desenvolvimento do GDD do jogo “Carpal Rehab”, trazendo uma visão geral sobre o projeto, que pode então ser discutido entre os envolvidos no projeto.

A integração do *serious game* desenvolvido na Unity 3D com o sensor de captura e análise de movimento *Leap Motion* ocorreu sem grandes complicações, utilizando a documentação oferecida pela própria empresa em conjunto com os *assets* encontrados no site da mesma. Entretanto, encontrar uma forma de reconhecer os movimentos de adução e extensão de forma que se adaptasse para cada jogador foi uma das dificuldades encontradas, resolvida ao utilizar funções da biblioteca do *Leap Motion* em conjunto com as da Unity 3D para encontrar os ângulos entre os dedos polegar e indicador quando cada um dos movimentos é realizado.

Foi percebido, que depois de algum tempo utilizando o sensor *Leap Motion*, o mesmo apresentou algumas incoerências nos valores, mas o próprio sensor informa sobre a necessidade de realizar a calibração novamente, mas isto não acarreta um problema, visto que é muito simples de resolver, e outro problema quando apresenta problemas com marcas na tela, que dificultam a captura do mesmo, o sensor informa do acontecido.

Com o apoio de uma acadêmica do curso de Design de Produtos da UNESC, foi possível a montagem de um suporte de apoio a ser usado pelo jogador, de forma a reduzir o cansaço no membro que estará sendo utilizado para jogar.

Na etapa de testes observou-se problemas, não havia disponibilidade de pacientes na clínica da UNESC, nem nas demais contatadas pelo acadêmico. Portanto, utilizou-se voluntários sem problemas relevantes quanto a mobilidade dos membros superiores com o objetivo de avaliar a experiência passada pelo *serious game* a possibilidade de ele servir como apoio para a realização do movimento ao motivar o jogador. Recebendo avaliações positivas, principalmente quanto a estética do jogo, os resultados são animadores, trazendo destaque as opiniões sobre a motivação a realizar os movimentos e diversão sentida ao se jogar. Estes testes também foram importantes por trazerem a necessidade de se montar o suporte de apoio ao braço mencionado anteriormente.

Com a realização do respectivo projeto foi possível atingir todas as metas propostas inicialmente, com a realização do estudo sobre o funcionamento das sessões de reabilitação fisioterápicas, permitindo definir através do MDA quais sensações seriam buscadas passar ao jogador para que os objetivos do *serious game* fossem atingidos em conjunto com os movimentos que foram reconhecidos pelo sensor Leap Motion.

Como resultado final da pesquisa desenvolveu-se um *serious game* para o apoio ao exercício fisioterapêutico de extensão e adução do polegar, por meio do sensor de movimento *Leap Motion*. Jogo este que se têm a possibilidade de aplicar em sessões de tratamento da Síndrome do Túnel do Carpo.

O jogo é um *side-scroller shooter* com gráficos em 2D que insere o jogador em um universo futurista, onde sua missão é a de defender a Terra dos invasores. Tem disponibilidade para Windows, sendo que futuramente pode ser exportado para outras plataformas.

Deseja-se que este trabalho possa posteriormente servir como base de pesquisa a acadêmicos interessados no tema, ou que desejem dar continuidade ao projeto.

## 9.1 TRABALHOS FUTUROS

Nesta seção do capítulo, serão discutidas as possibilidades de trabalhos futuros no contexto deste *serious game* desenvolvido. A primeira sugestão surge no sentido de realizar testes com pacientes que sofram de STC para avaliar a eficiência

desta ferramenta como apoio as sessões de reabilitação e realizar uma análise qualitativa com estatística, estudo de universo e taxa de amostragem.

Podem-se ainda criar novos modos de jogo que utilizem o *Leap Motion* como controlador para o *serious game*, com objetivo de contemplar os demais movimentos da reabilitação de STC ou outra debilidade motora das mãos.

Uma funcionalidade que não foi contemplada pelo jogo desenvolvido foi a capacidade de armazenar os dados de um paciente para avaliar a evolução de acordo com partidas antigas, sendo que na versão atual é possível apenas salvar os resultados da partida em um arquivo de imagem. Esta funcionalidade pode ser de grande apoio ao fisioterapeuta e até mesmo para avaliar a eficiência do *serious game* se testado com pacientes futuramente.

## REFERÊNCIAS

AFAND, Atep Setya T.; HINDERSAH, Hilwadi; WURYANDARI, Aciek Ida. Design and implementation of turn-based strategy (TBS) game as part of service-based alternate reality game (ARG). **IEEE 4th International Conference On System Engineering And Technology (icset)**, Coimbatore, nov. 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7111785/>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

ALEOTTI, Jacopo; CASELLI, Stefano; MICELLI, Vincenzo. Assessment of the Wiimote as a Tangible User Interface for Interactive Virtual Environments. **IEEE International Conference On Systems, Man, And Cybernetics**, Parma, p.4372-4377, out. 2013. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6722499>>. Acesso em: 19 set. 2016.

ALVES, Marcelo de Pinho Teixeira; ARAËJO, Gabriel Costa Serrão de. Laserterapia de baixa intensidade no pós-operatório da síndrome do túnel do carpo. **Revista Brasileira de Ortopedia**, Niterói, v. 46, n. 6, p.697-701, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-36162011000600012>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-36162011000600012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-36162011000600012)>. Acesso em: 17 nov. 2016.

AMARAL, Maria Teresa Pace do et al. Orientação domiciliar: proposta de reabilitação física para mulheres submetidas à cirurgia por câncer de mama. **Revista de Ciências Médicas**, Campinas, v. 14, n. 5, p.406-413, set./out. 2005. Disponível em: <<http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/cienciasmedicas/article/view/1151/1126>>. Acesso em: 21 maio 2016.

AMORIM, Rosa. Reabilitação. **Nascer e Crescer: Revista do Hospital de Crianças Maria Pia**, Porto, v. 19, n. 3, p.189-191, set. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/nas/v19n3/v19n3a16.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2016.

ARNAB, Sylvester. **Serious Games for Healthcare: Applications and Implications**. Hershey: Igi Global, 2012. 370 p.

ARTAL-SEVIL, J. S.; MONTANES, J. L.. Development of a robotic arm and implementation of a control strategy for gesture recognition through Leap Motion device. **Technologies Applied To Electronics Teaching (taee)**, Zaragoza, p.1-9, jun. 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7528373/>>. Acesso em: 6 out. 2016.

BABAYAN, Joseph et al. Low-cost dry swimming machine using Kinect biomotion capture. **International Conference On Advances In Biomedical Engineering (ICABME)**, Beirut, p.283-284, set. 2015. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7323307>>. Acesso em: 26 set. 2016.

BATTAIOLA, A. **Jogos por Computador – Histórico, Relevância Tecnológica e Mercadológica, Tendências e Técnicas de Implementação**. In: JAI2000, XIX JAI – Jornada de Atualização em Informática do XIX Congresso Nacional de SBC. Curitiba-PR. 2000 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7323307>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

BIRCHALL, James; GATZIDIS, Christos. Elemental: An Insight into the Development and Evaluation of a Secondary Education Chemistry Game Using XNA. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS, 3., 2011, Athens. **Proceedings eletrônicos...**. Bournemouth: Institute Of Electrical And Electronics Engineers, 2011. p. 32 - 39. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5962113/>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

CHAMMAS, Michel et al. Síndrome do túnel do carpo – Parte II (tratamento). **Revista**

**Brasileira de Ortopedia**, São Paulo, v. 49, n. 5, p.437-445, set. 2014. Elsevier BV. em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0102361614001039>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

CHARTERED SOCIETY OF PHYSIOTHERAPY. **Physiotherapy works: rehabilitation**. Disponível em: <Physiotherapy works: rehabilitation>. Acesso em: 21 ago. 2016.

COFFITO. **Definição de Fisioterapia**. Disponível em: <[http://coffito.gov.br/nsite/?page\\_id=2341](http://coffito.gov.br/nsite/?page_id=2341)>. Acesso em: 21 ago. 2016.

CORRÊA, Ana Grasielle Dionísio. et al. GENVIRTUAL: UM JOGO MUSICAL PARA REABILITAÇÃO DE INDIVÍDUOS COM NECESSIDADES ESPECIAIS. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, São Paulo, v. 1, n. 16, p.9-17, jan. 2008. Quadrimestral. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/18/14>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

CREFITO-3. **Definição de Fisioterapia**. Disponível em: <<http://www.crefito3.org.br/dsn/fisioterapia.asp>>. Acesso em: 21 ago. 2016.

CREIGHTON, Ryan Henson. **Unity 3D Game Development by Example: A Seat-of-Your-Pants Manual for Building Fun, Groovy Little Games Quickly**. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2010. 364 p.

DAVID, Débora Rodrigues; OLIVEIRA, Deise Aparecida de Almeida Pires; OLIVEIRA, Rodrigo Franco de. Atuação da fisioterapia na Síndrome do Túnel do Carpo: estudo de caso. **Conscientiae Saúde**, São Paulo, v. 8, n. 2, p.295-299, 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92912014018>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

DERRYBERRY, Anne. Dispatch from the Digital Frontier: Games as Meaning Makers. **Learning Solutions Magazine**. 28 set 2010. Disponível em <<http://www.learningsolutionsmag.com/articles/525/dispatch-from-the-digital-frontier-games-asmeaning-makers>> Acesso em 20 mai 2017.

DUARTE, Nuno; POSTOLACHE, Octavian; SCHARCANSKI, Jacob. KSGphysio: Kinect serious game for physiotherapy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXPOSITION ON ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING, 8., 2014, Romania. **Proceedings eletrônicos...** . 2014. p. 16 - 18. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6969981/>>. Acesso em: 26 set. 2016.

ELVERDAM, Christian; AARSETH, Espen. Game Classification and Game Design. **Games And Culture**, [s.l.], v. 2, n. 1, p.3-22, jan. 2007. Disponível em: <<http://ocw.metu.edu.tr/mod/resource/view.php?id=2375>>. Acesso em: 20 maio 2017.

FERNANDES, Carlos Henrique et al. Tratamento cirúrgico da síndrome do canal do carpo por incisão palmar e utilização do instrumento de Paine®. **Revista Brasileira de Ortopedia**, São Paulo, v. 34, n. 4, p.225-228, abr. 1999. Disponível em: <[http://www.rbo.org.br/PDF/34-4/1999\\_abr\\_04.pdf](http://www.rbo.org.br/PDF/34-4/1999_abr_04.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2016.

FISCHER, Heidi Christine et al. Hand Rehabilitation Following Stroke: A Pilot Study of Assisted Finger Extension Training in a Virtual Environment. **Topics In Stroke Rehabilitation**, v. 14, n. 1, p.1-12, jan. 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17311785>>. Acesso em: 12 maio 2016.

FLACH, G. et al. Revisiting Atari 2600 on an FPGA. **2012 Viii Southern Conference On Programmable Logic**, [s.l.] , mar. 2012. IEEE. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6211805/>>. Acesso em: 20 maio 2017.

FUJIMURA, Makoto et al. Study of mirror box therapy support system by leap motion. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSUMER ELECTRONICS, 2015, Taiwan. **Proceedings eletrônicos...** . Taiwan: IEEE, 2015. p. 430 - 431. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7216982/>>. Acesso em: 6 out. 2016.

GAMS, Andrej; MUDRY, Pierre-andré. Gaming controllers for research robots: controlling a humanoid robot using a Wiimote. In: INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL AND COMPUTER SCIENCE CONFERENCE, 17., 2008,

Portorož. **Proceedings eletrônicos...** .Portorož: IEEE, 2008. p. 191 - 194. Disponível em: <<https://infoscience.epfl.ch/record/126142/files/article.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2016.

HARMS, Johannes et al. Gamification of Online Surveys: Conceptual Foundations and a Design Process based on the MDA Framework. In: NORDIC CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION: FUN, FAST, FOUNDATIONAL, 8., 2014, Helsinki. **Proceedings eletrônicos...** . Helsinki: Acm, 2014. p. 565 - 568. Disponível em:

<<http://portalparts.acm.org/2640000/2639189/fm/frontmatter.pdf?ip=189.31.110.51&CFID=869517297&CFTOKEN=48552106>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

HUNICKE, Robin; LEBLANC, Marc; ZUBEK, Robert. MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research. Challenges in Games AI Workshop, Nineteenth National Conference of Artificial Intelligence), 11, 2004, San Jose, **Proceedings eletrônicos...** . San Jose: Press, 2004. p. 1-5. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.79.4561>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

IBGE. **Cartilha do Censo 2010: Pessoas com Deficiência**. 2012. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2016.

JANARTHANAN, Vasudevan. Serious Video Games: Games for Education and Health. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY - NEW GENERATIONS, 9., 2012, Las Vegas. **Proceedings eletrônicos...** . Las Vegas: IEEE, 2012. p. 875 - 878. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6209109>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

KAROLCZAK, Ana Paula Barcellos et al. Síndrome do túnel do carpo. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 9, n. 2, p.117-122, ago. 2005. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/61877/000670269.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

KHADEMI, Maryam et al. Free-hand interaction with leap motion controller for stroke rehabilitation. In: CHI '14 EXTENDED ABSTRACTS ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2014, Toronto. **Proceedings eletrônicos...** . Toronto: Acm, 2014. p. 1663 - 1668. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/0cea/3145461e2450ad343dfc82515e51d2197cd3.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

KHATTAK, Saad. **A real-time reconstructed 3D environment augmented with virtual objects rendered with correct occlusion.** 2014. 8 f. Toronto.

KHOSHELHAM, Kourosh. ACCURACY ANALYSIS OF KINECT DEPTH DATA. **Isprs - International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, Calgary, v. -5/12, p.133-138, 3 set. 2012. Disponível em: <<http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-5-W12/133/2011/isprsarchives-XXXVIII-5-W12-133-2011.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2016.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações.** Porto Alegre: Sbc, 2007. 292 p.

KOUYOUMDJIAN, João Aris. Síndrome do túnel do carpo: aspectos atuais. **Arq. Neuro-psiquiatr.**, São José do Rio Preto, v. 57, n. 2, p.504-512, jun. 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/anp/v57n2A/1470.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

LEAP MOTION. **Leap Motion SDK and Plugin Documentation.** Disponível em: <<https://developer.leapmotion.com/documentation/index.html?proglang=current>>. Acesso em: 9 out. 2016.

LEE, Johnny Chung. Hacking the Nintendo Wii Remote. **Ieee Pervasive Comput.**, Pensilvânia, v. 7, n. 3, p.39-45, jul. 2008. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/4563908/?arnumber=4563908>>. Acesso em: 19 set. 2016.

LEWIS, Michael; JACOBSON, Jeffrey. GAME ENGINES: IN SCIENTIFIC RESEARCH. **Communications Of The Acm**, New York, v. 45, n. 1, p.27-31, 1 jan. 2002. Association for Computing Machinery (ACM). Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=0C1B32CBA0314D0CBDB45C69AA693618?doi=10.1.1.3.6011&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

LI, Kin Fun; SEVCENCO, Ana-maria; YAN, Elaine. Telerehabilitation Using Low-Cost Video Game Controllers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPLEX, INTELLIGENT, AND SOFTWARE INTENSIVE SYSTEMS, 7., 2013, Taichung. **Proceedings eletrônicos...**. Taichung: IEEE, 2013. p. 136 - 143. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6603879/>>. Acesso em: 19 set. 2016.

LIMA, Pedro Augusto Leão; AMORIM, Dinani. JOGOS QUE AUXILIAM NO TRATAMENTO DE ENFERMIDADES: serious games. **Revista Opara: Ciências Contemporâneas Aplicadas**, Petrolina, v. 4, n. 1, p.57-70, 2014. Disponível em: <<http://revistaopara.facape.br/article/view/119/71>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

LIMA, Wanderson Garcia. **Reconhecimento de sinais em Libras utilizando Leap Motion**. 2015. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2015. Disponível em: <<http://dsc.inf.furb.br/tcc/index.php?cd=9&tcc=1678>>. Acesso em: 10 out. 2016.

LIPP, Mauro Kolberg; MOSSMANN, João Batista; BEZ, Marta Rosecler. Desenvolvimento de jogos usando a interface NUI Leap Motion. In: SEMINÁRIO DE

GAMES E TECNOLOGIA (GAMEPAD), 8., 2015, Novo Hamburgo. **Anais eletrônicos...** . Novo Hamburgo: Feevale, 2015. p. 1 - 10. Disponível em: <[http://www.feevale.br/Comum/midias/f14f99d5-d41d-4a77-87c4-8925aca43ac4/Desenvolvimento de jogos usando a interface NUI Leap Motion.pdf](http://www.feevale.br/Comum/midias/f14f99d5-d41d-4a77-87c4-8925aca43ac4/Desenvolvimento%20de%20jogos%20usando%20a%20interface%20NUI%20Leap%20Motion.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2016.

MACHADO, Liliane dos Santos et al. Serious games baseados em realidade virtual para educação médica. **Revista brasileira de educação médica**. 2011, vol.35, n.2, pp. 254-262. ISSN 0100-5502. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbem/v35n2/15.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

MARIN, Giulio; DOMINIO, Fabio; ZANUTTIGH, Pietro. **HAND GESTURE RECOGNITION WITH LEAP MOTION AND KINECT DEVICES**. 2014. 4 f. Paris, 2014.

MARTINS, Roberto Sergio. **COMPRESSÃO DO NERVO MEDIANO NO PUNHO (SÍNDROME DO TÚNEL DO CARPO)**. Disponível em: <<http://www.sbn.com.br/files/downloads/departamento/nervos-perifericos/compressao-do-nervo.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

MAXIMINO, Caio. **Anatomia do membro superior**. Marabá. jun. 2015. 111 slides. Apresentação em Power-point. Disponível em: <[https://pt.slideshare.net/caio\\_maximino/aula-10-49116326](https://pt.slideshare.net/caio_maximino/aula-10-49116326)>. Acesso em: 01 jun. 2017.

MEDEIROS, Anna; TAVARES, Tatiana; FONSECA, Iguatemi E. da. Processo de Desenvolvimento de Interfaces de Usuário Baseadas em Gestos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS MULTIMÍDIA E WEB, 20., 2014, João Pessoa. **Proceedings eletrônicos...** . João Pessoa: Acm, 2014. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wtdwebmedia/2014/003.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

MICROSOFT. **Coordinate Spaces**. Disponível em: <[https://msdn.microsoft.com/pt-br/enus/library/hh973078.aspx#Depth\\_Ranges](https://msdn.microsoft.com/pt-br/enus/library/hh973078.aspx#Depth_Ranges)>. Acesso em: 03 out. 2016.

MOHANDÉS, Mohamed Ahmed; OLADIMEJI, Salihu; DERICHE, Mohamed. **Arabic Sign Language Recognition using the Leap Motion Controller**. 2014. 6 f. Istanbul.

MONTEIRO, Carlos Bandeira de Mello (Org.). **Realidade virtual na paralisia cerebral**. São Paulo: Plêiade, 2011. 220 p.

MONTEIRO JUNIOR, Renato Sobral et al. EFEITO DA REABILITAÇÃO VIRTUAL EM DIFERENTES TIPOS DE TRATAMENTO. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, São Caetano do Sul, v. 9, n. 29, p.56-63, jul. 2011. Disponível em: <[http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista\\_ciencias\\_saude/article/viewFile/1331/1065](http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_ciencias_saude/article/viewFile/1331/1065)>. Acesso em: 23 maio 2016.

MORAIS, Alana Marques de. **Planejamento e desenvolvimento de um serious game voltado ao ensino de saúde bucal em bebês**. 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Modelos de Decisão e Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/6574/1/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2017.

NHS CHOICES. **Physiotherapy techniques and approaches**. Disponível em: <<http://www.nhs.uk/Conditions/Physiotherapy/Pages/How-does-it-work.aspx>>. Acesso em: 21 ago. 2016.

OLIVEIRA, Rodrigo Franco de; DAVID, Débora Rodrigues; OLIVEIRA, Deise A. A. Pires. Atuação da fisioterapia na Síndrome do Túnel do Carpo: estudo de caso. **Conscientiae Saúde**, São Paulo, v. 8, n. 2, p.295-299, 28 jun. 2009. Disponível em: <<http://www4.uninove.br/ojs/index.php/saude/article/view/1657>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

PASSOS, Erick Baptista et al. Tutorial: Desenvolvimento de Jogos com Unity 3D. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GAMES AND DIGITAL ENTERTAINMENT, 8., 2009, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** . Rio de Janeiro: 8 Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment, 2009. p. 1 - 30. Disponível em: <<http://sbgames.org/papers/sbgames09/computing/tutorialComputing2.pdf>>. Acesso em 14 out. 2016.

PATAR, Mohd Nor Azmi Ab et al. **Hand Rehabilitation Device System (HRDS) for Therapeutic Applications**. 2014. 5 f. Tese (Doutorado) - Curso de e, K, São Paulo, 2015.

GRIFFITHS, Mark. PC AND VIDEOGAMES: FREIND OR FOES? OR ARE THE BARBARIANS AT THE GATES WAITING TO BE ASSIMILATED?, 2006, Brussels. **Proceedings eletrônicos...** Brussels: Interactive Software Federation of Europe, 2006. Disponível em: <[https://www.academia.edu/873720/Griffiths\\_M.D.\\_et\\_al.\\_2006\\_.PC\\_and\\_Video\\_Games\\_Friends\\_of\\_Foes\\_Brussels\\_Interactive\\_Software\\_Federation\\_of\\_Europe\\_48p?auto=download](https://www.academia.edu/873720/Griffiths_M.D._et_al._2006_.PC_and_Video_Games_Friends_of_Foes_Brussels_Interactive_Software_Federation_of_Europe_48p?auto=download)>. Acesso em 21 nov. 2016.

REGO, Paula Alexandra; MOREIRA, Pedro Miguel; REIS, Luís Paulo. Natural user interfaces in serious games for rehabilitation. In: IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES, 6., 2011, Vila Real. **Proceedings eletrônicos...** .Vila Real: IEEE, 2011. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5974331/>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

REGO, Paula Alexandra; MOREIRA, Pedro Miguel; REIS, Luís Paulo. Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. In: IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES, 4., 2010, Santiago de Compostela. **Proceedings eletrônicos...** .Santiago de Compostela: IEEE, 2010. p. 0 - 0. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5556674/>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

SILVA, Eduardo S.. **A Preliminary Evaluation of the Leap Motion Sensor as Controller of New Digital Musical Instruments**. 2013. 12 f. Recife.

SMITH, Stuart T. et al. Electronic Games for Aged Care and Rehabilitation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-HEALTH NETWORKING, APPLICATIONS AND SERVICES, 11., 2009, Sydney. **Proceedings eletrônicos...** . Sydney: IEEE, 2009. p. 42 - 47. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5406197/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

SISTO, Tiago Mizira; CABRAL, Eduardo Lobo Lustrosa. Sistema de Captura de Movimento com Sensores Infravermelho. In: Seminário Mauá de Iniciação Científica, 3., 2011, Mauá. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://maua.br/files/122014/sistema-de-captura-de-movimento-com-sensores-infravermelho.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2016.

SPIEGELMOCK, Mischa. **Leap Motion Development Essentials**. Birmingham: Packt Publishing, 2013. 106 p.

SUSI, Tarja; JOHANNESSON, Mikael; BACKLUND, Per. **Serious Games – An Overview**. 2007. 28 f. Sweden.

SUVAK, Janine. Learn Unity3D Programming with UnityScript: Unity's JavaScript for Beginners. New York City: Apress, 2014. 424 p.

TAKEUCHI, Naoyuki; IZUMI, Shin-ichi. Rehabilitation with Poststroke Motor Recovery: A Review with a Focus on Neural Plasticity. **Stroke Research And Treatment**. Sendai, p. 0-0. 10 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/srt/2013/128641/>>. Acesso em: 23 maio 2016.

TAVARES, Danilo; SILVA, Carla; ROUSY, Danielle. Um modelo de features para jogos sérios voltados à saúde: uma abordagem baseada em linha de produtos de software. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA DE REQUISITOS, 17., 2014, Pucón. **Anais eletrônicos...** . Pucón: Wer, 2014. Disponível em:

<<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/bdbcomp/servlet/Trabalho?id=22658>>. Acesso em: 14 out. 2016.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: Editora Sbc, 2006. 412 p.

UNITY. **Unity Manual**. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/530/Documentation/Manual/index.html>>. Acesso em: 20 out. 2016.

VIRTUAL MEDICAL WORLDS MAGAZINE. **Physiotherapy patients learn to enjoy boring exercises in virtual game environment**. Disponível em: <<http://www.hoise.com/vmw/00/articles/vmw/LV-VM-06-00-26.html>>. Acesso em: 23 maio 2016.

WATTANASOONTORN, Voravika et al. Serious games for health. **Entertainment Computing**, Girona, v. 4, n. 4, p.231-247, dez. 2013. Disponível em: <[https://accreditable\\_card\\_attachments.s3.amazonaws.com/attachments/53423/original/Serious\\_games\\_for\\_health.pdf](https://accreditable_card_attachments.s3.amazonaws.com/attachments/53423/original/Serious_games_for_health.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2016.

WEICHERT, Frank et al. Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller. **Sensors**. Basel. maio 2013. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1424-8220/13/5/6380/htm>>. Acesso em: 23 maio 2016.

XAVIER, Claudio Roberto Martins; SANTOS, Roberto della Torre dos. Síndrome do túnel do carpo: tratamento pela técnica da mini incisão palmar. **Técnicas em Ortopedia**, São Paulo, v. 1, p.19-23, 2001. Disponível em: <[http://tecnicasemortopedia.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Técnicas-em-Ortopedia-2001-1-1-19-23\\_Síndrome-do-túnel-do-carpo....pdf](http://tecnicasemortopedia.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Técnicas-em-Ortopedia-2001-1-1-19-23_Síndrome-do-túnel-do-carpo....pdf)>. Acesso em: 07 nov. 2016.

ZAFFARI, Guilherme; BATTAIOLA, André Luiz. MAPEAMENTO DO MDA E HABILIDADES DO JOGADOR NO GRÁFICO DA TEORIA DO FLUXO. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 11., 2014, São Paulo. **Proceedings eletrônicos....** São Paulo: Edgard Blucher, 2014. p. 362 - 373. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/12657>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

ZHU, Gaoxia et al. A Series of Leap Motion-Based Matching Games for Enhancing the Fine Motor Skills of Children with Autism. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, 15., 2015, Hualien. **Proceedings eletrônicos...** .Hualien: IEEE, 2015. p. 430 - 431. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7265371/>>. Acesso em: 26 maio 2016.

**APÊNDICE(S)**

## APÊNDICE A – ARTIGO CIENTÍFICO

# Aplicação de Serious Games no Apoio a Exercício Fisioterapêutico Por Meio do Uso do Sensor de Movimento Leap Motion no Tratamento da Síndrome do Túnel do Carpo

Felipe G. Souza<sup>1</sup>, Paulo João Martins<sup>1</sup>, Sandro Ressler<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidade Acadêmica de Ciências, Engenharias e Tecnologias, Curso de Ciência da Computação

<sup>2</sup> Unidade Acadêmica de Ciências da Saúde, Curso de Fisioterapia  
Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)  
Criciúma – SC – Brazil

felipe.jagua@hotmail.com, pjm@unesc.net, sandroressler@yahoo.com.br

**Abstract.** *The application of electronic games as a way to assist in motor rehabilitation sessions began to be disseminated in the transition from the XX to the XXI century. Patients diagnosed with Carpal Tunnel Syndrome have a large number of symptoms resulting from the compression of the median nerve when passing through the carpal tunnel. For the treatment, rehabilitation sessions should be performed. With the purpose of supporting the treatment of this syndrome, a serious game was developed in the Unity 3D, called “Carpal Rehab”. Concepts of serious games were applied in conjunction with the integration of the Leap Motion sensor in order to serve as the main controller of the game. The collection and analysis of the qualitative data considered positive and negative aspects regarding the reactions of the users through the technique of observation. From the analysis of the data, it was possible to perceive the need to design an arm support for the player and a factor as motivation to perform the selected movements.*

**Resumo.** *A aplicação de jogos eletrônicos como forma de auxiliar nas sessões de reabilitação motora passou a ser disseminado na transição do século XX para o século XXI. Pacientes diagnosticados com Síndrome do Túnel do Carpo apresentam um grande número de sintomas, resultantes da compressão do nervo mediano ao passar por meio do túnel do carpo. Para o seu tratamento, sessões de reabilitação devem ser realizadas. Com o propósito de servir de apoio ao tratamento desta síndrome, foi desenvolvido um serious game, no ambiente da Unity 3D chamado “Carpal Rehab”. Aplicou-se conceitos de serious games em conjunto a técnicas do framework MDA em conjunto com a integração ao sensor de movimento Leap Motion, a fim de servir como principal controlador do jogo. A coleta e análise dos dados qualitativos considerou aspectos positivos e negativos com relação as reações dos usuários por meio da técnica de observação. A partir da análise dos dados, foi possível perceber a necessidade de se projetar um suporte de apoio ao braço para o jogador e um fator de motivação para realizar os movimentos selecionados.*

## 1. Introdução

A busca por técnicas capazes de obter resultados significativos no processo de reabilitação motora tem despertado um grande interesse na comunidade científica, sendo que a aplicação de sistemas de realidade virtual, principalmente derivados de jogos eletrônicos,

para auxílio nas sessões de reabilitação motora passa a ser disseminado na transição do século XX para o século XXI (MONTEIRO JUNIOR et al, 2011).

Os jogos que possuem outros objetivos além do de entreter o jogador são os chamados *Serious Games* (Jogos Sérios), aumentam o poder dos jogos de computador para cativar e envolver os usuários finais com o objetivo de desenvolver novos conhecimentos. Ao utilizar uma *Natural User Interface* (Interface Natural de Usuário), que consiste de um sistema pelo qual o usuário interage com o computador através de dispositivos diferentes dos tradicionais, como teclados e mouses, é possível passar ao usuário a sensação de uma interação mais fácil e intuitiva (REGO; MOREIRA; REIS, 2011, tradução nossa).

Um destes sensores ópticos, responsável por mapear o movimento de um usuário, é o Leap Motion, que é um entre tantos que permitem converter objetos do mundo real em objetos de três dimensões (3D), que, apesar de mapear apenas os movimentos da mão, pode distinguir os dedos e articulações da mão do usuário (MOHANDES; OLADIMEJI; DERICHE, 2014, tradução nossa).

Utilizando um framework como o Mechanics, Dynamics and Aesthetics (MDA), em português, Mecânica, Dinâmica e Estética, é possível aprimorar o processo de desenvolvimento de um jogo, trabalhando a estética para garantir a diversão no jogo (AFANDI; HINDERSAH; WURYANDARI, 2014, tradução nossa).

Sessões de reabilitação motora devem incluir treinamentos significativamente repetitivos, intensos e com movimentos específicos para determinada área, buscando promover a recuperação motora (TAKEUCHI; IZUMI, 2013, tradução nossa).

Neste trabalho, desenvolveu-se um jogo, por meio de Serious Games, que em conjunto com o sensor de movimento Leap Motion utilizou o movimento de adução do polegar. Este movimento foi avaliado na fase de execução do mesmo a fim de informar a sua execução através de ações no jogo.

## 2. Serious Games, Leap Motion e Reabilitação

Evoluindo ao longo dos anos, os jogos computacionais receberam aplicações em diversas áreas, deixando de serem apenas para entretenimento e funcionando para marketing e até mesmo para aplicações educacionais. Estes jogos que possuem um objetivo de transmitir algum conteúdo são o que chamamos de *serious games* (Jogos Sérios) (TAVARES; SILVA; ROUSY, 2014). Com a possibilidade de apresentar diferentes tipos de desafios para o jogador, os jogos podem estimular funções cognitivas básicas, como atenção, concentração e memória (CORREA; et al, 2008).

Com o uso de sensores de movimento, como o Leap Motion, é possível dar ao usuário a sensação de uma interação mais fácil e intuitiva, aumentando a eficiência do serious game (REGO; MOREIRA; REIS, 2011, tradução nossa).

Focado no reconhecimento de mãos e dedos, o Leap Motion consiste em um pequeno aparelho com um par de câmeras monocromáticas acompanhadas por três leds infravermelhos. Esses leds geram um padrão de pontos 3D que combinados com as câmeras monocromáticas recriam a imagem das mãos do usuário com informações de profundidade, e precisão inferior a 1mm (SPIEGELMOCK, 2013).

A Reabilitação Fisioterapêutica almeja aperfeiçoar as funções motoras e bem-estar do paciente, auxiliando este a, mesmo com limitações motoras, realizar suas atividades diárias, como trabalhos e hobbies, ao reduzir sua incapacidade e restrições encontradas devido a algum distúrbio cinético (CHARTERED SOCIETY OF PHYSIOTHERAPY, 2016).

Como mostrado por Amaral et al (2005), a sessão de reabilitação consiste em séries de exercícios e alongamentos, que, acompanhados por um fisioterapeuta, são adaptados ao problema do paciente, visando os melhores resultados possíveis.

### 2.1. Trabalhos Correlatos

As tecnologias estudadas neste trabalho podem ser encontradas em diversas pesquisas realizadas recentemente. A seguir serão apresentados alguns trabalhos referentes aos assuntos abordados, como aplicações de *serious games*.

Lima e Amorim (2014) estudam a aplicação de serious games com ênfase na saúde, principalmente para o suporte no tratamento de doenças e lesões utilizando Fisioterapia. Para a análise da pesquisa, os serious games, Re-mission e Re-mission 2, cujo objetivo principal de ambos é o de auxiliar pessoas que realizam tratamento contra o câncer, foram selecionados.

Medeiros, Tavares e Fonseca (2014) objetivam a implementação de interfaces de usuário focadas na escolha de gestos, buscando auxiliar na decisão sobre qual gesto poderia representar determinada função do sistema. Com base nos trabalhos acompanhados por Medeiros, Tavares e Fonseca (2014), estes selecionaram um processo para a definição dos gestos que favoreça para que os movimentos sejam fáceis de lembrar e executar, intuitivos, lógicos, funcionais e ergonômicos.

Khademi et al (2014, tradução nossa), apresenta a aplicação do sensor de movimentos *Leap Motion* para o mapeamento do movimento das mãos de pacientes com sequelas de um Acidente Vascular Cerebral (AVC). Nas pesquisas realizadas, um grande número de projetos que utilizam tecnologias com toque, mouse e até mesmo baseadas em luva foram encontradas como forma de tratamento para pacientes com este tipo de problema, porém o uso de interação de mãos livres aparenta ser uma alternativa mais intuitiva de ser estudada. Foi desenvolvida uma versão do jogo Fruit Ninja controlada pelo sensor Leap Motion, e, após testes com pacientes, a maioria avaliou o jogo como uma alternativa atrativa para os exercícios realizados.

Os trabalhos citados confirmam que a utilização de serious games, principalmente em conjunto com sensores de movimentos, podem ser aplicados na área da saúde como uma alternativa para tornar o tratamento dos pacientes mais intuitivo.

## 3. Jogo Carpal Rehab

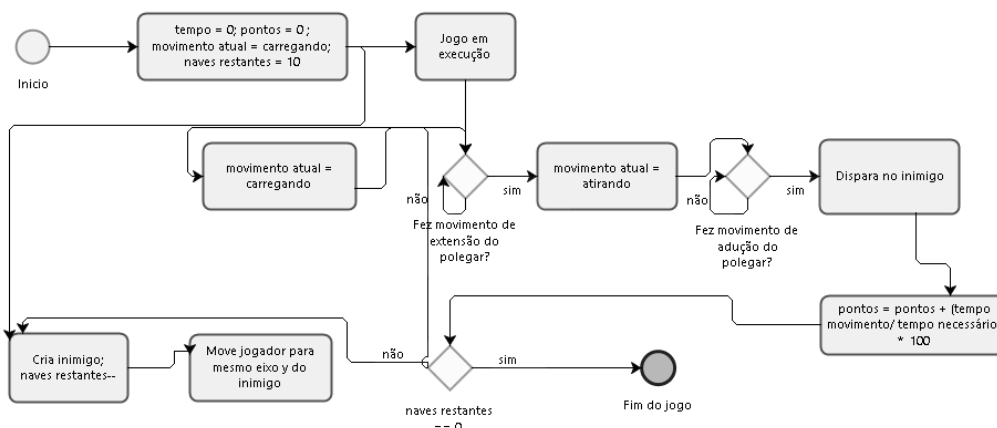
O *Serious Game "Carpal Rehab"* tem como objetivo auxiliar e motivar pacientes com Síndrome do Túnel do Carpo a realizar movimentos comuns nas sessões de reabilitação de forma lúdica.

Para o desenvolvimento da aplicação foram utilizadas como ferramentas o motor de jogos Unity 3D, a linguagem de programação C# e a API do sensor de movimento Leap Motion. A escolha destas ferramentas se deu devido a compatibilidade com o sensor de movimento com o qual se trabalhou e disponibilidade de documentação e tópicos sobre o mesmo na Internet.

O desenvolvimento teve como base o *Framework* MDA e teve todo o seu desenvolvimento acompanhado por um fisioterapeuta. A síndrome selecionada e exercícios utilizados foram definidos pelo especialista.

### 3.1. Roteiro do Jogo

A Figura 1 apresenta um fluxograma com as ações que foram implementadas no *gameplay* do *serious game* “*Carpal Rehab*”.



**Figura 1. Fluxograma do *Gameplay* do *Serious Game* “*Carpal Rehab*”**

O jogo consiste em utilizar os movimentos de extensão e adução do polegar para carregar e disparar nas naves inimigas que se movem em sua direção. O número de naves que irão aparecer e velocidade com que se movem são definidas antes do início do jogo pelo fisioterapeuta, que acompanha o paciente em todo o uso deste jogo.

Visando a incentivar o jogador a realizar os movimentos de adução do polegar, aplicou-se as taxonomias descritas por Hunicke, Leblanc e Zubek (2004, tradução nossa), que formalizam através do MDA o consumo de jogos em três componentes distintos, as regras, o sistema e a “diversão”.

Para se criar a diversão do jogo, também chamada de estética, selecionou-se as sensações que se gostaria de passar ao jogador: sensação, fantasia e desafio. O jogo utiliza seus elementos gráficos, principalmente as animações para explorar a sensação.

Inserindo o jogador em um universo futurista, o jogador se vê responsável por controlar a arma de uma nave enviada para uma batalha onde que define o futuro do planeta Terra. O jogador deve realizar o movimento de extensão do polegar para que o disparo seja carregado e o movimento de adução para que se dispare em direção a nave inimiga. Essa história e missão passada ao jogador se tornam responsáveis pelo elemento de fantasia.

De acordo com o tempo que o jogador leva para realizar o movimento de extensão e adução para disparar nas naves inimigas, uma pontuação de 0 a 100 é adicionada aos pontos do jogador, servindo como motivação para que os movimentos sejam realizados de forma mais rápida e criando o desafio do jogo.

Uma barra encontrada na área superior da tela é responsável por passar ao jogador quanto do movimento está sendo realizado no momento, e no canto inferior esquerdo é possível ver a mão do paciente que está sendo utilizada para jogar (Figura 2).

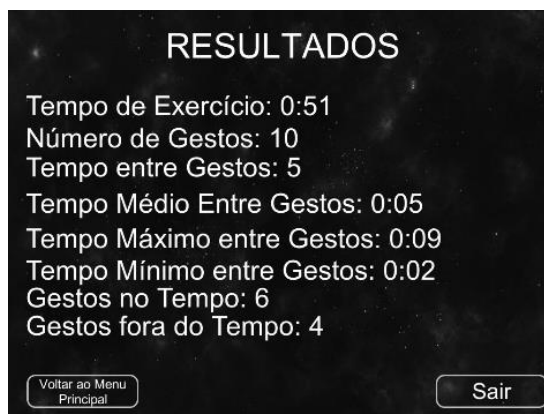


**Figura 2. Tela de Gameplay do Serious Game “Carpal Rehab”**

O tempo de duração da sessão pode ser acompanhado no canto superior esquerdo, enquanto no canto inferior esquerdo encontra-se o botão de pausa, onde é possível encerrar o jogo antes do fim da sessão atual, recomeçar o jogo, ou voltar ao jogo pausado.

A menos que seja finalizado pelo menu de pausa, o jogo só termina quando o jogador realiza o número de movimentos definidos antes do início do jogo pelo fisioterapeuta. Ao finalizar a partida, a tela de resultados é apresentada.

Nesta tela, vista na Figura 3, disponibiliza valores referentes ao exercício executado, e é salva em um arquivo no formato de imagem.

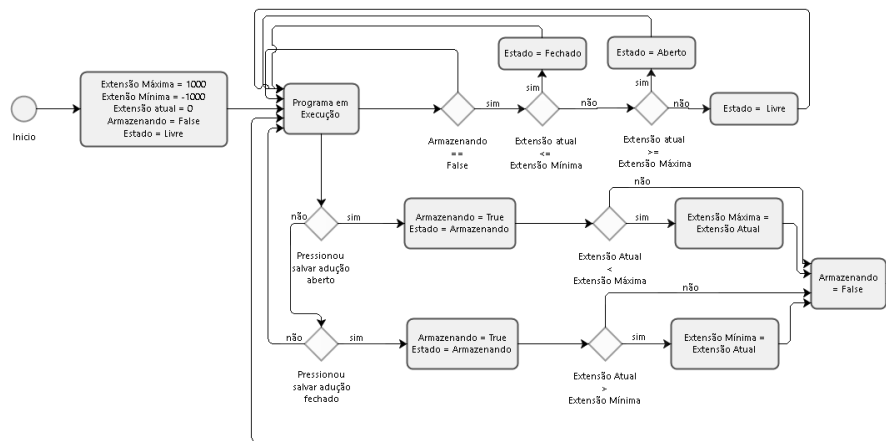


**Figura 3. Tela de Resultados do Serious Game “Carpal Rehab”**

### 3.2. Calibração do Movimento

Um dos problemas identificados na etapa de detecção do movimento foi o fato de que nem todos os pacientes podem realizar os movimentos da mesma forma, sendo necessário encontrar uma forma de adaptar a detecção de movimento de acordo com quem for utilizar.

Utilizando a API do Leap Motion em conjunto com as ferramentas disponíveis pela Unity 3D foi desenvolvida uma tela de calibração para o jogo, que tem suas ações apresentadas pelo fluxograma da Figura 4.



**Figura 4. Fluxograma com etapas da tela de calibração**

Para identificar quando um gesto ocorre optou-se por calcular o ângulo entre os ossos proximais do polegar e indicador, adquiridos pela API do Leap Motion, e armazenar o valor deste para cada um dos dois gestos.

Após salvar os ângulos da extensão máxima e mínima entre o polegar e ao indicador, o software passa a testar se um destes ângulos é repetido, identificando assim o gesto.

Na tela de calibração que pode ser vista na Figura 5, Lucy, um avatar criado para interagir com o jogador, é responsável por indicar os movimentos que o jogador deve fazer para que seja possível armazenar corretamente os gestos que este consegue realizar.



**1. Figura 5. Tela de Calibração do *Serious Game* “*Carpal Rehab*”**

O jogador pode acompanhar o movimento que está sendo realizado através de um modelo em 3D da sua mão, que será posicionado na área a esquerda da tela.

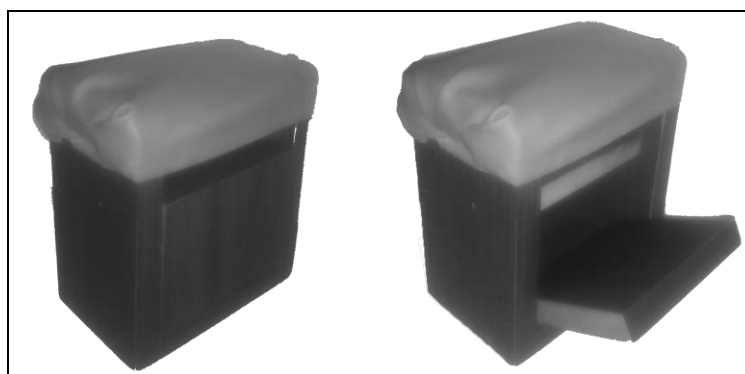
No término da calibração, Lucy passará as regras do jogo através de um tutorial e em seguida o jogador será direcionado para a tela de *gameplay*.

#### **4. Suporte para Apoio ao Braço**

Com a realização dos testes, com voluntários observou-se que os mesmos apresentavam cansaço com o braço suspenso, e isto ocasionava um desconforto devido a posição. Desta forma, optou-se por utilizar um suporte para manter o braço em uma posição equidistante do Leap Motion de forma a capturar o movimento adequadamente, assim evitando erros de posicionamento.

Foi apresentado o problema a uma acadêmica do curso de Design de Produtos da UNESC, Jéssica Marcelli Capra e juntamente com o coorientador Sandro Ressler, foi pensado em um suporte de apoio e descanso de forma a realizar os movimentos sem o devido desconforto.

Em conjunto com o fisioterapeuta, foi desenvolvido um projeto, e posteriormente montou-se o modelo definitivo do suporte. Este ainda possui um compartimento para que se possa guardar o Leap Motion e seus cabos de conexão, no final da sessão. A figura 6 apresenta esse modelo final do suporte.



2. Figura 6. Modelo final do suporte de apoio ao braço

## 5. Resultados e discussões

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), parecer nº 2.047.503, de forma a permitir que se realizassem testes com voluntários.

Não foi encontrado voluntários com o STC, então o teste foi realizado com voluntários que não apresentam o problema quanto à mobilidade dos membros superiores, e isto foi novamente reapresentado ao Comitê de Ética da UNESC.

Para a avaliação do *serious game*, foi convidado seis voluntários, conforme apresentado na Tabela 1. O conjunto é formado por pessoas com idades entre 21 e 39 anos. Ao final das partidas, foi solicitado a cada usuário que comentasse a experiência e preenchesse um questionário.

### 3.

4. Tabela 1. Perfil dos voluntários da pesquisa

Identificação	Idade	Sexo	Profissão
Voluntário 1	21	Feminino	Projetista
Voluntário 2	31	Feminino	Funcionário Público
Voluntário 3	39	Feminino	Funcionário Público
Voluntário 4	20	Masculino	Empresário
Voluntário 5	21	Masculino	Programador
Voluntário 6	26	Masculino	Programador

O formulário aplicado foi o *Self Assessment Manikin (SAM)*, um instrumento que trabalha com ícones para registrar respostas emocionais. A amostra foi voluntária, e ocorreu em duas etapas na primeira avaliação da experiência com o jogo, já a segunda na inserção do suporte ao braço.

Com os resultados obtidos, observa-se que os voluntários se sentiram motivados a realizar os movimentos pedidos durante o jogo, e se sentiram bem com os gráficos e jogabilidade apresentados. A precisão do movimento trouxe os resultados mais divergentes, mostrando ser necessário testes futuros com amostras maiores para averiguar este resultado.

O desconforto sentido pelos jogadores por manter o braço numa mesma posição durante toda a partida se mostrou um problema que deveria ser solucionado, tendo como resultado o suporte de apoio ao braço apresentado na seção 4.

Testes posteriores utilizando o suporte de apoio ao braço comprovou sua eficácia, removendo o desconforto sentido até então pelos jogadores.

## 6. Conclusão

A principal contribuição deste trabalho foi o desenvolvimento de um *serious game* baseado no sensor de movimento Leap Motion direcionado ao apoio a reabilitação de pacientes afetados pela STC.

O *serious game* desenvolvido cumpriu com o seu propósito, atuando como ferramenta para motivar o jogador a realizar os movimentos de extensão e adução do polegar. A partir dos estudos realizados sobre *serious games* e o *framework* MDA, foi possível planejar o desenvolvimento com foco nas sensações que se queria passar ao jogador.

Encontrar uma forma de reconhecer os movimentos de adução e extensão de forma que se adaptasse para cada jogador foi uma das dificuldades encontradas, resolvida ao utilizar funções da biblioteca do *Leap Motion* em conjunto com as da Unity 3D para encontrar os ângulos entre os dedos polegar e indicador quando cada um dos movimentos é realizado.

Na etapa de testes observaram-se problemas, não havia disponibilidade de pacientes na clínica da UNESC, nem nas demais contatadas pelo acadêmico. Portanto, utilizou-se voluntários sem problemas relevantes quanto a mobilidade dos membros superiores com o objetivo de avaliar a experiência passada pelo *serious game* a possibilidade de ele servir como apoio para a realização do movimento ao motivar o jogador. Recebendo avaliações positivas, principalmente quanto a estética do jogo, os resultados são animadores, trazendo destaque as opiniões sobre a motivação a realizar os movimentos e diversão sentida ao se jogar. Estes testes também foram importantes por trazerem a necessidade de se montar o suporte de apoio ao braço mencionado anteriormente.

Como trabalhos futuros, sugere-se a realização de testes com pacientes que sofram de STC para avaliar a eficiência desta ferramenta como apoio as sessões de reabilitação.

Podem-se ainda criar novos modos de jogo que utilizem o *Leap Motion* como controlador para o *serious game*, com objetivo de contemplar os demais movimentos da reabilitação de STC ou outra debilidade motora das mãos.

Uma funcionalidade que não foi contemplada pelo jogo desenvolvido foi a capacidade de armazenar os dados de um paciente para avaliar a evolução de acordo com partidas antigas.

## 7. Referências

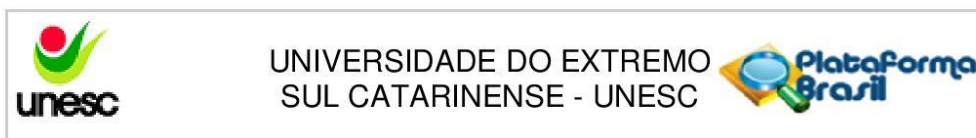
MONTEIRO JUNIOR, Renato Sobral et al. EFEITO DA REABILITAÇÃO VIRTUAL EM DIFERENTES TIPOS DE TRATAMENTO. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, São Caetano do Sul, v. 9, n. 29, p.56-63, jul. 2011. Disponível em:

- <[http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista\\_ciencias\\_saude/article/viewFile/1331/1065](http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_ciencias_saude/article/viewFile/1331/1065)>. Acesso em: 23 maio 2016.
- REGO, Paula Alexandra; MOREIRA, Pedro Miguel; REIS, Luís Paulo. Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. In: IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES, 4., 2010, Santiago de Compostela. **Proceedings eletrônicos...**. Santiago de Compostela: IEEE, 2010. p. 0 - 0. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5556674/>>. Acesso em: 05 nov. 2016.
- MOHANDÉS, Mohamed Ahmed; OLADIMEJI, Salihu; DERICHE, Mohamed. **Arabic Sign Language Recognition using the Leap Motion Controller**. 2014. 6 f. Istanbul.
- AFAND, Atep Setya T.; HINDERSAH, Hilwadi; WURYANDARI, Aciek Ida. Design and implementation of turn-based strategy (TBS) game as part of service-based alternate reality game (ARG). **Ieee 4th International Conference On System Engineering And Technology (icset)**, Coimbatore, nov. 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7111785/>>. Acesso em: 25 abr. 2016.
- TAKEUCHI, Naoyuki; IZUMI, Shin-ichi. Rehabilitation with Poststroke Motor Recovery: A Review with a Focus on Neural Plasticity. **Stroke Research And Treatment**. Sendai, p. 0-0. 10 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/srt/2013/128641/>>. Acesso em: 23 maio 2016.
- TAVARES, Danilo; SILVA, Carla; ROUSY, Danielle. Um modelo de features para jogos sérios voltados à saúde: uma abordagem baseada em linha de produtos de software. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA DE REQUISITOS, 17., 2014, Pucón. **Anais eletrônicos...**. Pucón: Wer, 2014. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/bdbcomp/servlet/Trabalho?id=22658>>. Acesso em: 14 out. 2016.
- CORRÊA, Ana Grasielle Dionísio. et al. GENVIRTUAL: UM JOGO MUSICAL PARA REABILITAÇÃO DE INDIVÍDUOS COM NECESSIDADES ESPECIAIS. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, São Paulo, v. 1, n. 16, p.9-17, jan. 2008. Quadrimestral. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/18/14>>. Acesso em: 03 nov. 2016.
- SPIEGELMOCK, Mischa. **Leap Motion Development Essentials**. Birmingham: Packt Publishing, 2013. 106 p.
- CHARTERED SOCIETY OF PHYSIOTHERAPY. **Physiotherapy works: rehabilitation**. Disponível em: <Physiotherapy works: rehabilitation>. Acesso em: 21 ago. 2016.
- LIMA, Pedro Augusto Leão; AMORIM, Dinani. JOGOS QUE AUXILIAM NO TRATAMENTO DE ENFERMIDADES: serious games. **Revista Opara: Ciências Contemporâneas Aplicadas**, Petrolina, v. 4, n. 1, p.57-70, 2014. Disponível em: <<http://revistaopara.facape.br/article/view/119/71>>. Acesso em: 24 nov. 2016.
- MEDEIROS, Anna; TAVARES, Tatiana; FONSECA, Iguatemi E. da. Processo de Desenvolvimento de Interfaces de Usuário Baseadas em Gestos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS MULTIMÍDIA E WEB, 20., 2014, João Pessoa. **Proceedings eletrônicos...**. João Pessoa: Acm, 2014. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wtdwebmedia/2014/003.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

- KHADEMI, Maryam et al. Free-hand interaction with leap motion controller for stroke rehabilitation. In: CHI '14 EXTENDED ABSTRACTS ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2014, Toronto. **Proceedings eletrônicos...** . Toronto: Acm, 2014. p. 1663 - 1668. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/0cea/3145461e2450ad343dfc82515e51d2197cd3.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2016.
- HUNICKE, Robin; LEBLANC, Marc; ZUBEK, Robert. MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research. Challenges in Games AI Workshop, Nineteenth National Conference of Artificial Intelligence), 11, 2004, San Jose, **Proceedings eletrônicos...** . San Jose: Press, 2004. p. 1-5. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.79.4561>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

**ANEXO(S)**

## ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** Aplicação de Serious Games no apoio a exercício fisioterapêutico por meio do uso do sensor de movimento Leap Motion no tratamento da Síndrome do Túnel do Carpo

**Pesquisador:** PAULO JOAO MARTINS

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 66072417.5.0000.0119

**Instituição Proponente:** Universidade do Extremo Sul Catarinense

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.047.503

#### Apresentação do Projeto:

O projeto intitulado Aplicação de Serious Games no apoio a exercício fisioterapêutico por meio do uso do sensor de movimento Leap Motion no tratamento da Síndrome do Túnel do Carpo atende aos requisitos iniciais de apresentação.

#### Objetivo da Pesquisa:

O objetivo apresenta-se claro e conciso e pretende desenvolver um Serious Games, utilizando o sensor de movimentos Leap Motion e o motor de jogos Unity 3D, para auxiliar na reabilitação fisioterapêutica de pessoas com Síndrome do Túnel do Carpo.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Apresenta como riscos:

Baseado na resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e da Comissão de Ética em pesquisa, quantifica-se esta pesquisa como de risco mínimo aos participantes.

Benefícios:

Estimular o paciente a realizar os exercícios fisioterapêuticos. Oferecer um feedback visual para o paciente, permitindo um acompanhamento sobre

**Endereço:** Avenida Universitária, 1.105  
**Bairro:** Universitário **CEP:** 88.806-000  
**UF:** SC **Município:** CRICIUMA  
**Telefone:** (48)3431-2723 **Fax:** (48)3431-2750 **E-mail:** cetica@unesc.net



UNIVERSIDADE DO EXTREMO  
SUL CATARINENSE - UNESC



Continuação do Parecer: 2.047.503

o movimento que este realiza.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Esclarecer em que momento específico fará a análise do movimento, em que frequência e como será monitorado esta análise de forma clara.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Apresenta todos os termos obrigatórios para iniciar a pesquisa.

**Recomendações:**

Sugiro esclarecer a metodologia.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não apresenta considerando ser um projeto e que estes irão desenvolver.

Sugerimos manter este comitê informado de quaisquer alterações,

**Considerações Finais a critério do CEP:**

As alterações deverão ser feitas para melhor entendimento da metodologia.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_908402 E1.pdf	26/04/2017 20:53:07		Aceito
Outros	Formulario_Participante_Pesquisa.docx	26/04/2017 20:51:14	FELIPE GARCIA DE SOUZA	Aceito
Outros	Formulario_Dados_Participante_saudavel.docx	26/04/2017 20:49:24	FELIPE GARCIA DE SOUZA	Aceito
Outros	Formulario_Dados_Participante_com_Tunel do Carpo.docx	26/04/2017 20:48:41	FELIPE GARCIA DE SOUZA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	TCC_II.doc	22/03/2017 18:25:54	FELIPE GARCIA DE SOUZA	Aceito
Outros	Carta_de_Aceite.pdf	22/03/2017 15:59:52	FELIPE GARCIA DE SOUZA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	22/03/2017 15:35:29	FELIPE GARCIA DE SOUZA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	22/03/2017	FELIPE GARCIA DE	Aceito

**Endereço:** Avenida Universitária, 1.105

**Bairro:** Universitário

**CEP:** 88.806-000

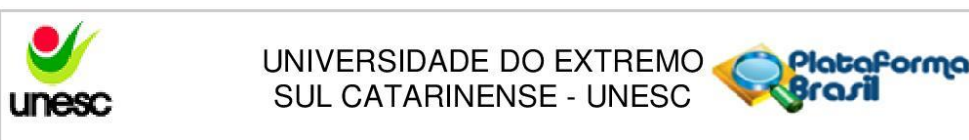
**UF:** SC

**Município:** CRICIUMA

**Telefone:** (48)3431-2723

**Fax:** (48)3431-2750

**E-mail:** cetica@unescc.net



Continuação do Parecer: 2.047.503

Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	15:34:08	SOUZA	Aceito
----------------	--------------------	----------	-------	--------

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CRICIUMA, 05 de Maio de 2017

Assinado por:

**RENAN ANTONIO CERETTA**  
(Coordenador)

**Endereço:** Avenida Universitária, 1.105  
**Bairro:** Universitário **CEP:** 88.806-000  
**UF:** SC **Município:** CRICIUMA  
**Telefone:** (48)3431-2723 **Fax:** (48)3431-2750 **E-mail:** cetica@unesc.net