

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE
COMPUTAÇÃO

João Bertolino de Sousa Neto

O FLUXO EM JOGO SÉRIO DESENVOLVIDO PARA REABILITAÇÃO DE
MEMBROS SUPERIORES

Goiânia
2015

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

| | | | | | |
|---|--|-----|----|--------|--------------------|
| Autor (a): | João Bertolino de Sousa Neto | | | | |
| E-mail: | joaonetoebm@gmail.com | | | | |
| Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | | | | |
| Vínculo empregatício do autor | | | | | |
| Agência de fomento: | Fundação de Amparo à Pesquisa de Goiás | | | Sigla: | FAPEG |
| País: | Brasil | UF: | GO | CNPJ: | 08.156.102/0001-02 |
| Título: | O Fluxo em Jogo Sério Desenvolvido para Reabilitação de Membros Superiores | | | | |
| Palavras-chave: | Reabilitação; Kinect; jogo; fluxo; AVE | | | | |
| Título em outra língua: | The Flow in Serious Game Developed for Upper Limb Rehabilitation | | | | |
| Palavras-chave em outra língua: | Rehabilitation; Kinect; game; flow; stroke | | | | |
| Área de concentração: | Engenharia de Computação | | | | |
| Data defesa: (dd/mm/aaaa) | 28/08/2015 | | | | |
| Programa de Pós-Graduação: | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação/UFG | | | | |
| Orientador (a): | Marcus Fraga Vieira | | | | |
| E-mail: | marcus.fraga.vieira@gmail.com | | | | |
| Co-orientador (a):* | | | | | |
| E-mail: | | | | | |

*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Assinatura do (a) autor (a)

Data: ____ / ____ / ____

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Universidade Federal de Goiás
Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação
Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Computação

O FLUXO EM JOGO SÉRIO DESENVOLVIDO PARA REABILITAÇÃO DE
MEMBROS SUPERIORES

João Bertolino de Sousa Neto

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Elétrica e de Computação, EMC, da
Universidade Federal de Goiás, como parte
dos requisitos necessários à obtenção do
título de Mestre em Engenharia Elétrica e de
Computação.

Área de Concentração: Engenharia de
Computação

Orientador: Prof. Dr. Marcus Fraga Vieira

Goiânia
Agosto de 2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Sousa Neto, João Bertolino de

O Fluxo em Jogo Sériol Desenvolvido para Reabilitação de Membros Superiores [manuscrito] / João Bertolino de Sousa Neto. - 2015.
vii, 64 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Fraga Vieira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica (EEEC), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Goiânia, 2015.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. reabilitação. 2. kinect. 3. jogo. 4. fluxo. 5. AVE. I. Vieira, Marcus Fraga, orient. II. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO



FOLHA DE APROVAÇÃO

**"O Fluxo em Jogo Sérico Desenvolvido para
Reabilitação de Membros Superiores"**

JOÃO BERTOLINO DE SOUSA NETO

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos senhores:

Marcus Fraga Vieira – Orientador (FEFD/UFG)

Leandro Luís Galdino de Oliveira – INF/UFG

Leonardo da Cunha Brito – EMC/UFG

Goiânia, 28 de agosto de 2015

À Ivone Rodrigues Dias (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com apoio financeiro do CNPq e da Fapeg.

Ao professor Marcus Fraga Vieira, mentor desse projeto, agradeço pela orientação e através dele, agradeço a todos os professores da EMC por todo o conhecimento transmitido e lições aprendidas nesses nove anos de convivência na graduação e pós-graduação.

Ao Dagoberto Miranda Barbosa, agradeço por abrir as portas do CRER e permitir conhecer a realidade da reabilitação e, em especial, aos terapeutas ocupacionais Patrícia Martins Ferreira e Jefferson Silva Dias por acompanharem as visitas e esclarecerem todas as dúvidas.

Ao colega de mestrado Millys Fabrielle, agradeço por colaborar diretamente no projeto e aos demais colegas do Labioeng: Célio Antônio de Paula Júnior, Evelyn de Jesus Fernandes, Fernanda Grazielle da Silva Azevedo Nora, Ivan Silveira de Avelar, Matias Noll, Renata da Costa Barbosa, Thailyn Bizinotto, Thales Baliero Takáo, Viviane Soares pelo apoio e sugestões ao projeto.

Ao professor Cleomar Rocha, agradeço por alocar recursos humanos do MediaLab/UFG para criar a concepção visual e artística do projeto, em especial, agradeço ao Thayrone de Jesus e Mateus Sperandio por trabalharem ativamente no projeto. Agradeço à artista convidada, Michelle Santos Costa, pelas ilustrações que enriqueceram o projeto visual dos jogos.

Aos meus pais, Heloisa Helena e João Bertolino, pela vida e pelo investimento em meus estudos. Minha namorada, Priscila Oliveira, pela paciência e suporte inestimável. Ao meu irmão, Nelson Rodrigues e demais familiares e amigos, pelo apoio, inspiração e incentivo no caminho acadêmico.

Não é curto o tempo que temos, mas dele muito perdemos. A vida é suficientemente longa e com generosidade nos foi dada, para a realização das maiores coisas, se a empregamos bem.

Sêneca.

Resumo da Dissertação apresentada à EMC/UFG como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica e de Computação.

O FLUXO EM JOGO SÉRIO DESENVOLVIDO PARA REABILITAÇÃO DE MEMBROS SUPERIORES

João Bertolino de Sousa Neto

Agosto/2015

Orientador: Marcus Fraga Vieira

Programa: Engenharia Elétrica e de Computação

O uso de jogos eletrônicos é uma importante ferramenta para o auxílio na terapia de diversas patologias, podendo ser destacado o Acidente Vascular Encefálico, que gera grande impacto econômico e social. Entretanto, é necessário o desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação de membros superiores, visto que jogos comerciais não são ajustados para esse público alvo. O Fluxo é um estado da mente obtido quando há alto nível de engajamento. Esse trabalho buscou verificar se jogos com foco na jogabilidade iriam apresentar maior Fluxo do que jogos com foco no movimento. Parte deste trabalho foi o desenvolvimento do projeto de um jogo contendo seis fases que exigem movimentos diferentes ambientado na cultura brasileira. O método de interação com o ambiente do jogo foi o sensor *Microsoft Kinect for Xbox 360*. O protótipo de uma das fases do jogo foi desenvolvido utilizando o motor de jogo *Unity*. Para realizar o teste proposto, o protótipo foi adaptado com a finalidade de mudar o foco da jogabilidade para o movimento exigido. O estudo contou com a participação de 60 indivíduos, sendo que metade deles interagiu com o protótipo do jogo focado na jogabilidade (Grupo A) e a outra metade com o segundo protótipo, focado no movimento (Grupo B). Não foi observada diferença significativa no Fluxo entre os dois grupos (média de $5,353 \pm 0,764$ para o Grupo A e $5,240 \pm 0,659$ para o Grupo B, $p = 0,289$), porém seus resultados foram altos comparados com a literatura, sugerindo que houve uma supervalorização do aparato tecnológico no julgamento dos participantes em detrimento da experiência com o jogo em si. Os dados apontam que estudos futuros são necessários para averiguar tal influência, e que a construção do jogo completo é viável.

Abstract of Dissertation presented to EMC/UFG as a partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Electrical and Computer Engineering.

THE FLOW IN SERIOUS GAME DEVELOPED FOR UPPER LIMB REHABILITATION

João Bertolino de Sousa Neto

August/2015

Advisor: Marcus Fraga Vieira

Department: Electrical and Computer Engineering

The use of video games has proven to be an important supporting tool in the therapy of various motor diseases, especially stroke because it generates significant economic and social impact. The development of a serious game for the rehabilitation of the upper limbs is important, since commercial games are not adjusted to this target audience. The Flow is a state of mind achieved when there is high level of engagement. This study aimed to determine whether games with focus on gameplay would have greater Flow than games with focus on movement. Part of this work was the project of a game with six stages that require different movements set in the context of Brazilian culture. The technology of interacting with the game environment was the *Microsoft Kinect for Xbox 360* sensor. The prototype of one of the stages was developed using Unity engine. In order to conduct the proposed test, the prototype was adapted to change the focus from the gameplay to the required movement. The study had the participation of 60 individuals; half of them interacted with the game prototype, focused on gameplay (Group A) and the other half with the second prototype, focused on movement (Group B). No significant difference was observed in Flow between groups (average 5.353 ± 0.764 for Group A and 5.240 ± 0.659 for Group B, $p = 0,289$), but their results were higher compared with the literature, suggesting that there was an overvaluation of the technological apparatus in the judgment of the participants rather than the experience with the game itself. The data suggest that future studies are needed to ascertain such influence and the construction of the complete game is feasible.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. DESENVOLVIMENTO DO JOGO | 8 |
| 2.1. Sensor Kinect..... | 8 |
| 2.2. A Unity Engine | 11 |
| 2.3. Projeto do Jogo Sério | 15 |
| 2.4. Desenvolvimento do protótipo do Jogo Sério..... | 18 |
| 2.5. Gerando saída de dados | 24 |
| 2.6. Adaptando o jogo desenvolvido para foco no movimento | 26 |
| 2.7. Resultado do Desenvolvimento | 28 |
| 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 32 |
| 4. RESULTADOS | 36 |
| 4.1. Escala SUS..... | 37 |
| 4.2. Escala FSS | 39 |
| 4.3. Esforço estimado..... | 47 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 49 |
| 6. CONCLUSÃO | 56 |
| 7. REFERÊNCIAS | 57 |
| 8. APÊNDICES | 61 |
| 8.1. Apêndice A – System Usability Scale (SUS) traduzido | 61 |
| 8.2. Apêndice B - Flow Short Scale (FSS) traduzido | 62 |
| 8.3. Apêndice C – Estatística Descritiva das Respostas Grupo A | 63 |
| 8.4. Apêndice D – Estatística Descritiva das Respostas Grupo B | 64 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Pontos capturados pelo Kinect para rastreamento de esqueleto. Termos utilizados pelo <i>Microsoft SDK</i> . | 10 |
| Figura 3 – Função de suavização utilizada para captura dos movimentos | 22 |
| Figura 4 – Exibe os pontos de aplicação da força da física do jogo no barco para que o usuário o controle | 23 |
| Figura 5 - Comportamento dos acumuladores e dos limiares. | 27 |
| Figura 6 - Tela inicial de explicação do movimento dos jogos. | 29 |
| Figura 7 - Tela com diálogo do protótipo de jogo com foco na jogabilidade exibindo a primeira fala do jogo. | 30 |
| Figura 8 - Tela do protótipo de jogo com foco na jogabilidade assim que se inicia. | 30 |
| Figura 9 - Tela de interrupção do jogo com foco no movimento para simular as telas de diálogo. | 31 |
| Figura 10 - Tela do jogo com foco no movimento ao se iniciar. | 31 |
| Figura 11 - Diagrama de caixa das questões da escala SUS para o Grupo A. | 38 |
| Figura 12 - Diagrama de caixa das questões da escala SUS para o Grupo B. | 38 |

LISTA DE TABELAS E QUADROS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Idade dos participantes dos dois grupos e dividido pelos sexos..... | 36 |
| Tabela 2 - Tempo gasto pelos participantes em cada grupo e dividido por sexo..... | 37 |
| Tabela 3 - Informações estatísticas sobre os resultados da pontuação SUS dos grupos. | 37 |
| Tabela 4 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões da FSS no Grupo A. | 40 |
| Tabela 5 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação <i>Varimax</i> para todos os itens das respostas do grupo A, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância. | 40 |
| Tabela 6 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões exceto a questão 10 da FSS no Grupo A..... | 41 |
| Tabela 7 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação <i>Varimax</i> para todas as questões exceto a questão 10 das respostas do grupo A, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância. | 41 |
| Tabela 8 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator antes e depois da rotação para todas as questões exceto as questões 1 e 10 da FSS no Grupo A..... | 42 |
| Tabela 9 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação <i>Varimax</i> para todas as questões exceto as questões 1 e 10 das respostas do grupo A, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância. .. | 42 |
| Tabela 10 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões da FSS no Grupo B..... | 43 |
| Tabela 11 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação <i>Varimax</i> para todas as questões da FSS para o Grupo B, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância..... | 43 |
| Tabela 12 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões exceto a questão 1 da FSS no Grupo B. | 44 |
| Tabela 13 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação <i>Varimax</i> para todas as questões exceto a questão 1 da FSS para o Grupo B, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância. .. | 44 |
| Tabela 14 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões exceto as questões 1 e 10 da FSS no Grupo B. | 45 |
| Tabela 15 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação <i>Varimax</i> para todas as questões exceto as questões 1 e 10 da FSS para o Grupo B, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância..... | 45 |
| Tabela 16 - Dados descritivos dos resultados da FSS, teste de normalidade, α de Cronbach e o teste de Kruskal-Wallis para cada caso. | 46 |
| Tabela 17 - Valores de Fluxo (número de caso) para a dificuldade percebida total em cada grupo e dividido por sexo. | 47 |

| | |
|--|----|
| Tabela 18 - Valores de Fluxo (número de caso) para a habilidade percebida total em cada grupo e dividido por sexo. | 47 |
| Tabela 19 - Valores de Fluxo (número de caso) para a exigência percebida total em cada grupo e dividido por sexo. | 47 |
| Tabela 20 - Estatística descritiva dos resultados de esforço estimado para os Grupos A e B.. | 48 |
| Tabela 21 - Comparações entre as energias por unidade de tempo entre os Grupos e entre os membros superiores de um mesmo Grupo. | 48 |
| | |
| Quadro 1 - Posição no vetor, nome, descrição e sigla adotada dos pontos retornados pelo Kinect e que serão utilizados no projeto. | 10 |
| Quadro 2 - Falas dos personagens no jogo. | 19 |
| Quadro 3 – Dados antropométricos utilizados na modelagem da energia gasta | 35 |
| Quadro 4 - Adjetivos absolutos para faixa de valores da escala SUS. | 50 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---|----|
| AVD: Atividade de Vida Diária | 1 |
| AVE: Acidente Vascular Encefálico | 1 |
| El: Ponto do Kinect que mapeia o cotovelo esquerdo | 10 |
| Er: Ponto do Kinect que mapeia o cotovelo direito | 11 |
| FSS: Flow Short Scale | 33 |
| Hc: Ponto do Kinect que mapeia o centro do quadril | 10 |
| Hd: Ponto do Kinect que mapeia a cabeça | 10 |
| Hi: Ponto do Kinect que mapeia a mão esquerda | 11 |
| Hr: Ponto do Kinect que mapeia a mão direita | 11 |
| Kinect: Microsoft Kinect | 3 |
| <i>Kinect SDK</i> : Microsoft Kinect Software Development Kit | 11 |
| NUI: Natural User Interface | 9 |
| Sc: Ponto do Kinect que mapeia o ponto entre os ombros | 10 |
| Sl: Ponto do Kinect que mapeia o ombro esquerdo | 10 |
| Sp: Ponto do Kinect que mapeia a inclinação da coluna | 10 |
| Sr: Ponto do Kinect que mapeia o ombro direito | 11 |
| SUS: System Usability Scale | 33 |
| <i>Unity: Unity Engine</i> | 11 |
| Wii: Nintendo Wii | 3 |
| wl: Ponto do Kinect que mapeia o punho esquerdo | 10 |
| wr: Ponto do Kinect que mapeia o punho direito | 11 |

1. INTRODUÇÃO

O engajamento nas atividades propostas pelo terapeuta é fundamental para a reabilitação de pacientes em diversas patologias, já que o processo de reabilitação consiste na repetição sistemática de movimentos propostos pelo terapeuta. Dessa forma, é importante que o paciente esteja motivado.

No caso da reabilitação neuromotora, podemos destacar o Acidente Vascular Encefálico (AVE), pois os déficits motores que acompanham o AVE contribuem significativamente para a incidência de deficiências físicas e limitações nas Atividades de Vida Diária (AVDs) e, por apresentar uma alta incidência na população adulta e idosa, gera grande impacto econômico e social (BRASIL, 2013).

O Acidente Vascular Encefálico ocorre quando há a oclusão (AVE isquêmico) ou o rompimento (AVE hemorrágico) dos vasos que irrigam células nervosas, provocando alterações nos planos cognitivo e sensorio motor, de acordo com a área e a extensão da lesão (BRASIL, 2013; YAMASHITA e ABE, 2012). Estima-se que aproximadamente 16% da população global terá um AVE ao longo da vida (BRASIL, 2013), desses, 10% terão completa recuperação espontânea, outros 10% terão quadro severo sem perspectiva de melhoras e 80% irão apresentar recuperação incompleta que pode se beneficiar da reabilitação (WEISS, LENABURG e WEISS, 2013).

A reinserção do indivíduo pós-AVE na sociedade depende de tratamento médico imediato, associado à reabilitação adequada, vista como um processo pelo qual pessoas com deficiências motoras e cognitivas alcançam independência funcional, destacado pelas Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Acidente Vascular Cerebral publicado em 2013 pelo Ministério da Saúde:

[...] Nesse nível de atenção, o processo de reabilitação se torna condição necessária à promoção de ganho de autonomia para as atividades de vida diária, readaptação à nova condição, prevenção de agravos, aquisição de novas habilidades funcionais, redução de perda funcional e possível retorno ao mercado de trabalho (BRASIL, 2013, p. 18)

Pacientes que realizam a reabilitação nos cinco primeiros dias após o AVE apresentam melhoras significativas, pois existem evidências que nesse período a plasticidade neuronal é ótima, sendo que posteriormente ela irá decair (YAMASHITA e ABE, 2012). Apesar de a plasticidade neuronal não ser um fenômeno completamente conhecido, sabe-se que, ao longo do desenvolvimento neuronal e quando o indivíduo é sujeito a novas experiências, os neurônios

passam por um processo de adaptação a nível estrutural e funcional. A plasticidade neuronal permite a atribuição de atividades que eram de responsabilidade de áreas que foram danificadas por lesões a outras regiões da estrutura do sistema nervoso, podendo possibilitar o reaprendizado da atividade (PURVES *et al.*, 2011). Aumento na plasticidade sensorial ocorre quando o indivíduo se envolve ativamente em atividades que exigem informações sensoriais específicas, sugerindo que maior plasticidade pode ocorrer mesmo em cérebros adultos quando estão motivados e atentos na atividade (KANDEL, SCHWARTZ e JESSELL, 2000).

A recuperação dos indivíduos com déficits motores em consequência do AVE depende do seu engajamento no processo de reabilitação que consiste em um conjunto de práticas (BRASIL, 2013) para aperfeiçoar a recuperação de movimentos por meio da plasticidade neuronal. Além da motivação, os indivíduos devem participar em atividades que forneçam um *feedback* constante a fim de permitir ao sistema nervoso central tempo de integrar informação sensorial em movimento (CIRSTEA, PTITO e LEVIN, 2006; CIRSTEA e LEVIN, 2007). A prática dessas atividades deve ser constante para que a reaprendizagem ótima ocorra (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2011).

A recuperação dos membros inferiores é mais rápida e ampla quando comparada com os membros superiores (VERHEYDEN *et al.*, 2008), havendo evidências de que a recuperação dos membros superiores ocorra na fase crônica do AVE (BACH-Y-RITA *et al.*, 2002). Os membros superiores são fundamentais em AVDs essenciais, como higiene pessoal e alimentação, portanto, a reabilitação de membros superiores exige maior atenção.

O processo de reabilitação é otimizado quando o profissional responsável acompanha o paciente na frequência exigida pelo seu tratamento. Porém, isso nem sempre é possível, o que faz necessária a prática de atividades complementares. O ambiente virtual é um sistema computacional que permite uma experiência multissensorial – visual, auditiva ou tátil – na qual o usuário é envolvido em um ambiente simulado, que fornece um *feedback* em tempo real acerca das interações realizadas pelo usuário por meio de uma interface (SAPOSNIK e LEVIN, 2011). Ele se mostra como uma excelente ferramenta para acompanhamento das atividades realizadas na residência do paciente.

Os ambientes virtuais permitem bastante flexibilidade em relação às atividades propostas para a reabilitação, pois se tratam de ambientes simulados, portanto não são regidos por dificuldades físicas e espaciais que encontramos na terapia convencional. As tarefas realizadas no ambiente virtual podem ser personalizadas de acordo com as habilidades motoras e preferências dos usuários. Sensores de movimento permitem que o movimento corporal do

usuário se torne a interface para o ambiente virtual, o que proporciona o *feedback* constante dos movimentos do paciente. Dessa forma, a aprendizagem motora pode ser potencializada pela facilidade com que o *feedback* pode ser adaptado aos usuários, sendo, assim, uma fonte de motivação na prática de atividades que satisfaçam aos princípios de plasticidade e aprendizagem motora (CHANG, CHEN e HUANG, 2011).

O uso de ambientes virtuais para reabilitação foi amplamente aplicado em experimentos com tecnologias de pouco acesso ou criadas como protótipos por laboratórios. Podemos destacar os seguintes exemplos: a adaptação dos controles do jogo Pong para estimular movimentos de punho e extensão do braço (BACH-Y-RITA *et al.*, 2002; LEDER *et al.*, 2001); ambiente virtual no qual o usuário pega objetos virtuais através da luva de dados P5 Glove para reabilitação de flexão dos dedos (SIVAK, MAVROIDIS e HOLDEN, 2009); utilização dos equipamentos CyberGlove e Rutgers Master II-ND para criar ambientes virtuais que exigem que o paciente movimente os dedos (BOIAN *et al.*, 2002); uso de *webcam* para criar jogos utilizando a interação com marcadores coloridos (BURKE *et al.*, 2008); ambiente tridimensional de imersão sensorial com a luva de dados PneuGlove com Wide5 Head Mounted Display para simular atividades cotidianas (CONNELLY *et al.*, 2010); realidade aumentada com *webcam* simulando o jogo Breakout da Atari e cenário para interação com objetos virtuais (BURKE *et al.*, 2010); e, um jogo sério desenvolvido para reabilitação de dor com três mini-jogos que estão interligados por uma história e que utiliza um sistema de captura de movimentos portátil e um esteira ergométrica para interação com o ambiente (SCHÖNAUER e PINTARIC, 2011). Esses exemplos transitam do mais acessível dos dispositivos como *webcam* ao mais distante da prática clínica que seria um sistema de captura associado com uma esteira ergométrica. Excluindo a *webcam*, que pode ser encontrada em qualquer computador portátil, os demais equipamentos são de uso muito específico e de difícil aquisição.

Em 2006, a Nintendo lançou o console *Nintendo Wii* (Wii) que propôs a utilização do movimento das mãos como mecânica de interação com seus jogos por meio de um controle equipado com acelerômetro, o *wiimote*. Após quatro anos, a Microsoft lançou o *Microsoft Kinect* (Kinect) que captura 20 pontos de articulações do corpo por meio das câmeras do aparelho. O baixo custo dessas tecnologias, facilidade de aquisição e instalação permitiu o teste clínico de jogos comerciais desenvolvidos para essas plataformas (HALTON, 2008; HUANG, LEE e CHEN, 2013; LAUTERBACH, FOREMAN e ENGSBERG, 2013; PARRY *et al.*, 2012; SAPOSNIK *et al.*, 2010) e o ganho na motivação dos pacientes foi constatado por esses estudos, porém não há evidências que comprovem a eficiência de jogos comerciais para reabilitação.

Diversos estudos foram realizados com o intuito de testar essas duas tecnologias e criar ambientes virtuais que as utilizem como interface. Podemos listar alguns exemplos: criar jogos individualizados e determinar a efetividade no movimento dos membros superiores em pacientes em uma intervenção de terapia em casa (LIN, KELLEHER e ENGSBERG, 2013); comparação de gasto energético utilizando Wii e Kinect (O'DONOVAN *et al.*, 2012); jogo sério para reabilitação de equilíbrio utilizando *Wii Balance Board* — plataforma de força do Wii (LANGE *et al.*, 2010); ambiente virtual que simula uma pizzeria para o treinamento de preparação de comida para adultos com prejuízos cognitivos (CHANG, CHEN e CHUANG, 2011) e ambiente virtual que exige repetições de movimentos (CHANG, CHEN e HUANG, 2011), ambos utilizando Kinect; e estudos para interação de corpo todo para idosos com Kinect (GERLING *et al.*, 2012). Esses periféricos desenvolvidos para a indústria do entretenimento são de fácil aquisição como *webcams*, porém possuem uma precisão de reconhecimento do movimento proposto muito superior do que a precisão obtida por simples câmeras. Cada tecnologia tem suas vantagens, mas percebemos que a mais versátil e precisa para se estudar um movimento com fins de reabilitação é o Kinect, pois ele fornece informações sobre várias articulações sem a necessidade de nenhuma intervenção no indivíduo, apenas que ele se posicione no campo de visão do dispositivo.

É necessário fazer uma distinção entre ambientes virtuais e jogos sérios como os desenvolvidos por Lange et al. (2010). Jogo sério é um jogo que busca treinar o jogador para certa atividade, sendo que seu projeto envolve os mesmos desafios de um jogo convencional, aquele focado no entretenimento, porém regido pelas limitações impostas pela atividade que se deseja estimular (MICHAEL e CHEN, 2006). Um jogo sério para saúde é, portanto, um termo mais preciso quando buscamos um ambiente virtual que motive os usuários.

A terapia de jogo (*game therapy*) é a aplicação de jogos sérios para saúde ou jogos comerciais com o intuito de auxiliar na terapia física ou mental. Os jogos comerciais são projetados para pessoas saudáveis e não há formas dos terapeutas interagirem com o jogo, seja obtendo informações sobre o movimento ou controlando a dificuldade (PARRY *et al.*, 2012). Portanto, o desenvolvimento de um ambiente virtual que suporte um jogo sério para reabilitação motora de membros superiores de pacientes acometidos de AVE é plausível. Diferente dos jogos comerciais, o ambiente virtual é capaz de armazenar os dados capturados e fornecer um acompanhamento mais preciso da rotina de exercícios executada pelo paciente.

Game Design é a área responsável por entender as regras e interações de um jogo. Aplicar as técnicas de *Game Design* na construção de ambientes virtuais para reabilitação se

faz necessário para conseguir gerar jogos sérios para reabilitação cada vez mais motivadores (FLORES *et al.*, 2008). Para isso, precisamos entender o que faz um ambiente virtual se tornar um jogo e, assim, conseguir projetar um jogo que estimule as práticas terapêuticas. Schell (2008) enumera dez características fundamentais para se classificar um jogo, e o projeto *ElderGAMES* traz diversos critérios para criação de entretenimento para idosos e pacientes acometidos com AVE (FLORES *et al.*, 2008). Com essas diretrizes podemos considerar que um jogo sério para reabilitação deve: ser uma atividade complementar e sem obrigatoriedade; apresentar regras, objetivos e condições de vitória simples; tornar o exercício um meio necessário para atingir um objetivo no jogo; ter conflito com aspectos sociais para motivar o jogador; apresentar interação simples e sensível à diminuição da acuidade sensorial e respostas lentas; ter desafio apropriado para as habilidades motoras e cognitivas do jogador; criar valor endógeno utilizando tarefas significativas do cotidiano; criar motivação intrínseca nos jogadores apropriando o conteúdo e *feedback* aos interesses dos mesmos; e conter as orientações necessárias para seu uso.

Quando falamos em jogos eletrônicos, temos que entender o conceito de jogabilidade que é o meio pelo qual os jogadores interagem com o jogo, ou seja, o padrão definido pelas regras do jogo (LINDLEY, 2004). Normalmente, esse padrão é escondido do jogador, como se fosse uma caixa preta cujo funcionamento se desvenda por meio da interação do jogador com os dispositivos de entrada e as respostas recebidas pelos dispositivos de saída (SCHELL, 2008). A jogabilidade pode se apresentar de duas formas: emergente e progressiva.

A jogabilidade emergente é aquela que surge de forma espontânea e imprevisível para quem desenvolveu o jogo. Ela resulta da interação das regras e mecânicas do jogo e permite que o jogador explore diversas estratégias dentro do mesmo (SCHELL, 2008). Por outro lado, temos a jogabilidade progressiva que é a definição de estágios pelo criador do jogo e devem ser cumpridos pelo jogador para que se avance na narrativa, o que estabelece um início, meio e fim para o jogo (SCHELL, 2008). Apesar de serem conceitos opostos, as jogabilidades emergentes e progressivas podem estar presentes em um mesmo jogo. Jogos eletrônicos buscam dosar essas duas formas de jogabilidades para se manterem interessantes, envolventes e passíveis de serem jogados novamente (SCHELL, 2008).

O objetivo do projeto de jogo é criar uma experiência dentro de um jogo, ou seja, o jogo não é o objetivo final, e sim as experiências que ele faz o jogador vivenciar. Dessa forma, o jogo é o artefato que o projetista usa para provocar experiências no jogador. Com isso, temos que as técnicas de *Game Design* foram desenvolvidas com a finalidade de prever experiências

e fazer delas algo que engaje os jogadores a ficar mais tempo jogando e vivendo essas experiências (SCHELL, 2008). O engajamento com um sistema computacional é composto pelos seguintes principais atributos: atenção, novidade, interesse, controle, *feedback*, desafio e usabilidade percebida. Todos eles estão interconectados. Assim, é necessário considerar a experiência como um todo e não apenas atributos isolados. Quando a experiência proporciona um estado muito elevado de engajamento, esse estado é chamada de estado de Fluxo (O'BRIEN e TOMS, 2008, 2010).

A teoria do Fluxo (do inglês, *Flow Theory*) se iniciou quando Mihaly Csikszentmihalyi se questionou porque as pessoas se engajam em atividades que não possuem recompensas óbvias (ENGESER e RHEINBERG, 2008). O Fluxo é um estado no qual o indivíduo se sente com o foco completo e energizado na atividade e com alto nível de satisfação e realização. Para manter o indivíduo no Fluxo, a atividade deve atingir um equilíbrio entre desafio e habilidade do indivíduo (CHEN, 2006). Se o desafio for muito grande para a habilidade, a ansiedade gerada pelo desafio da atividade fará que o indivíduo desista. E se o desafio for muito baixo para a habilidade, a atividade provocará tédio. Novos estudos propõem um modelo de Fluxo mais complexo, porém para jogos que são atividades de baixa importância percebida, essa relação continua valendo (ENGESER e RHEINBERG, 2008).

Este trabalho busca verificar se a recomendação de focar na jogabilidade (FLORES *et al.*, 2008) será mais motivadora para o jogador do que o foco no movimento solicitado pela atividade em um jogo sério para reabilitação de membros superiores. Medir o Fluxo é um método prático para saber qual forma de interação e regra está atingindo o seu objetivo de motivação, pois o Fluxo representa um alto grau de engajamento na atividade (O'BRIEN e TOMS, 2008, 2010). Espera-se que um jogo sério para reabilitação cause grande engajamento no paciente para que ele possa superar as dificuldades de terapias que exigem uma repetição constante.

A aplicação de ambientes virtuais e jogos em centros de reabilitação para auxiliar na terapia dos pacientes é crescente e há uma tendência, com o barateamento das tecnologias, de levá-las para a residência do paciente. A criação de jogos sérios para reabilitação é uma necessidade urgente, pois os ambientes virtuais e jogos comerciais disponíveis no mercado demonstram estar aquém da experiência proporcionável por esse tipo de tecnologia. Buscamos investigar a mecânica do jogo e sua influência na percepção dos jogadores. Esse tipo de investigação é fundamental para que os projetistas tenham parâmetros para construir jogos sérios voltados para a saúde e que consigam atingir o objetivo de engajar os pacientes na prática

dos exercícios. Além disso, os ambientes virtuais permitem gerar dados estatísticos sobre a *performance* do paciente, mostrando suas dificuldades e seu progresso. Com isso, o terapeuta pode realizar intervenções que influenciem favoravelmente a recuperação do paciente. Acreditamos que esse trabalho faz avançar essa discussão que pode trazer um benefício social e até mesmo um impacto econômico quando consideramos que a recuperação dos movimentos pode levar à reinserção de pessoas no mercado de trabalho.

O objetivo desse trabalho é desenvolver um jogo sério de saúde e verificar a influência das jogabilidades na experiência dos jogadores. Dessa forma, as atividades realizadas nesse trabalho foram: a criação do projeto de jogo sério para reabilitação motora de pacientes acometidos com AVE; desenvolvimento de um protótipo desse jogo; a adaptação desse protótipo para focar apenas no movimento realizado; medir o Fluxo da experiência na fase do jogo nos protótipos de jogos desenvolvidos; e, por último, comparar os resultados obtidos.

O capítulo Desenvolvimento do Jogo descreve o jogo sério proposto, seu processo de criação e o desenvolvimento dos protótipos. Em Procedimentos Metodológicos, é descrito o processo experimental utilizado para medir o Fluxo nos protótipos desenvolvidos. Em seguida, o resultado do experimento é apresentado. E, por fim, temos a Discussão e a Conclusão do trabalho.

2. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Um jogo de computador é um *software* como outro qualquer e se faz necessário a definição de uma macroestrutura para entender o funcionamento do sistema. Saini e seus colaboradores (2012) propuseram um *framework* para reabilitação de baixo custo para pacientes pós-AVE. Esse *framework* busca estabelecer referências para o desenvolvimento da arquitetura de *software* de um ambiente virtual com fins terapêuticos na casa do paciente. O *framework* é dividido em quatro partes: captura de dados, perfil do paciente, armazenamento de dados e motor de jogo (*engine*). A captura de dados compreende a interface que será utilizada para interação com o ambiente virtual do jogo e as bibliotecas necessárias para a comunicação com o sensor utilizado. O perfil do paciente fornece os dados que definem as capacidades motoras e cognitivas para que se controle a dificuldade do jogo. O armazenamento de dados é responsável por criar um histórico da *performance* do usuário na atividade. E, por último, o motor de jogo é responsável por criar o ambiente virtual que o usuário irá interagir e conectar os demais componentes.

A arquitetura do jogo sério foi pautada pelo *framework* descrito. Esse projeto não contempla a adaptação da dificuldade baseado no perfil do paciente e nem a interpretação dos dados capturados. Apenas o armazenamento das informações foi desenvolvido para que outra aplicação possa realizar essa última tarefa. O Desenvolvimento do Jogo é apresentado da seguinte forma: a tecnologia utilizada para a captura dos dados e o motor do jogo; o processo de criação do jogo; e, por último, desenvolvimento dos protótipos.

2.1. Sensor Kinect

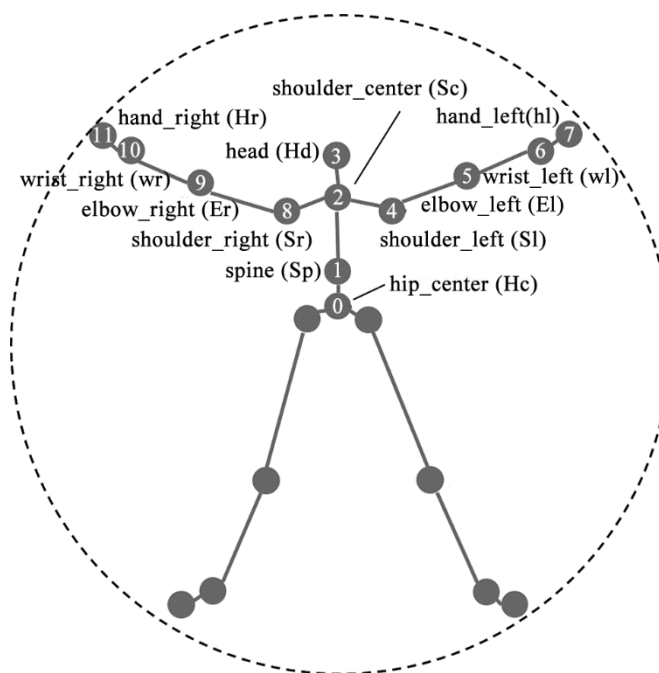
O *Microsoft Kinect for Xbox 360* é um periférico para o console *Xbox 360* da *Microsoft* que permite aos usuários interagirem com os jogos utilizando o seu próprio corpo. Ele contém uma câmera RGB, uma câmera de profundidade, um conjunto de microfones e um motor para ajustar o campo de visão verticalmente². Após o lançamento do Kinect para o *Xbox 360*, a *Microsoft* lançou o *Kinect for Windows* que é uma versão atualizada do sensor para ser conectado em computadores e possui uma resolução melhor. Entretanto, o *Microsoft Kinect for*

² Informações sobre o sensor disponíveis em: <<https://support.xbox.com/pt-BR/xbox-360/kinect/kinect-sensor-components>>. Acesso 10/07/2015

Xbox 360 será utilizado, pois, apesar de especificações inferiores e funcionalidades reduzidas, ele apresenta um custo baixo e disponibilidade no mercado brasileiro, o que não ocorre com as versões mais recentes.

O *Kinect SDK* 1.8 foi desenvolvida para o dispositivo *Kinect for Windows* e apesar de ele possuir retro compatibilidade com o *Kinect for Xbox 360*, não são todos os seus recursos que estão disponíveis para a versão inicial do sensor. Neste tópico, iremos abordar as informações que o *Kinect SDK* fornece pela *Natural User Interface* (NUI) utilizadas no projeto. A NUI fornece três pacotes de funções: fluxo de dados, rastreamento de esqueleto e fala. O fluxo de dados traz as imagens da câmera de cor, de profundidade, de infravermelho e os sinais de áudio. O rastreamento de esqueleto permite o rastreamento de dois usuários simultâneos que estão de frente para o sensor. Por último, o pacote de fala é capaz de fazer o reconhecimento da fala do jogador (MICROSOFT, 2015a).

De todas essas funcionalidades, o rastreamento de esqueleto é mais importante, pois ela fornece as informações que usaremos para manipular os objetos no jogo. O esqueleto capturado pelo *Kinect* consiste na posição tridimensional dos pontos do corpo mostrados na Figura 1. Para que o usuário seja capturado pelo sensor em questão, ele deve estar dentro do campo de visão das câmeras que compreende a profundidade de 0,8 a 4 metros e o ângulo de abertura vertical é de 43 graus, portanto, um usuário de 1,8 metros de altura deve estar a 3 metros do sensor para que aconteça a captura do seu corpo inteiro. O *Kinect* é equipado com um motor que permite um movimento de 27 graus verticalmente para se ajustar o campo de visão de acordo com a altura que se encontra em relação ao solo (MICROSOFT, 2015b; c).



Fonte: MICROSOFT, 2015d

Figura 1 – Pontos capturados pelo Kinect para rastreamento de esqueleto. Termos utilizados pelo *Microsoft SDK*.

A NUI retorna os pontos em um vetor no qual cada ponto mapeado do corpo possui uma posição fixa. É fornecida a situação de captura de cada ponto que possui três estados: rastreado, inferido ou não rastreado. No Quadro 1, temos a descrição dos pontos que serão utilizados no projeto associado com a posição no vetor e uma sigla adotada para facilitar a referência dos pontos.

Quadro 1 - Posição no vetor, nome, descrição e sigla adotada dos pontos retornados pelo Kinect e que serão utilizados no projeto.

| Posição no vetor | Nome variável | Descrição | Sigla |
|------------------|-----------------|--|-------|
| 0 | hip_center | Centro do quadril | Hc |
| 1 | Spine | Ponto que captura a inclinação da coluna | Sp |
| 2 | shoulder_center | Entre os ombros | Sc |
| 3 | Head | Cabeça | Hd |
| 4 | shoulder_left | Ombro esquerdo | Sl |
| 5 | elbow_left | Cotovelo esquerdo | El |
| 6 | wrist_left | Punho esquerdo | wl |

| Posição no vetor | Nome variável | Descrição | Sigla |
|------------------|----------------|------------------|-------|
| 7 | hand_left | Mão esquerda | Hl |
| 8 | shoulder_right | Ombro direito | Sr |
| 9 | elbow_right | Cotovelo direito | Er |
| 10 | wrist_right | Punho direito | wr |
| 11 | hand_right | Mão direita | Hr |

O Kinect SDK permite dois modos de obtenção do esqueleto: *default* e *seated*. No modo *default*, todas os pontos são retornados de acordo com o referencial estabelecido pelo *Kinect*. No modo *seated*, apenas os pontos da cintura para cima são retornados, menos o ponto do centro do quadril (Hc) que é a referência para os demais pontos. Esses modos de operação foram desenvolvidos para que o *Kinect* funcione melhor em jogos que o jogador fique sentado (MICROSOFT, 2015e).

As imagens da câmera foram utilizadas para armazenar fotos do usuário para o terapeuta. O NUI fornece as imagens da câmera de cores através de 3 formatos: RGB, YUV e Bayer e a três frequências: 30, 15 e 12 quadros por segundo. Quanto maior a frequência, menor é a resolução obtida por conta das limitações de transferência da USB (MICROSOFT, 2015f). Devido à versão do sensor que utilizada, as imagens foram capturadas em RGB a 30 quadros por segundo e uma resolução de 640x480, a fim de não comprometer o desempenho da ferramenta.

2.2. A Unity Engine

O motor do jogo é o principal componente do projeto de um jogo, porém sua construção é um projeto muito complexo e foge do escopo deste trabalho, portanto foi necessária a escolha de um motor de jogo que oferecesse os recursos necessários para a construção do jogo proposto. A *Unity3D Engine (Unity)* foi escolhida para esse projeto, pois ela atende em vários níveis os requisitos necessários, como:

- 1) Integração com *Kinect* utilizando as próprias interfaces disponibilizadas pela *Microsoft (Kinect SDK)*. Isso limita a aplicação do projeto somente ao sistema operacional *Windows*, porém consegue extrair todo o potencial do sensor *Kinect*

- 2) Codificação em C#, assim, há opção de utilizar um vasto número de bibliotecas disponíveis.
- 3) Execução do jogo sem necessidade de tempo de compilação que permite chegar a resultados rápidos utilizando conceitos de prototipação rápida.
- 4) Editor de interface amigável e extensível que permite criar ferramentas para auxílio do desenvolvimento dos jogos.

Dentro do ambiente da *Unity*, as bibliotecas são chamadas de pacotes, devido ao fato de, normalmente, não conterem apenas código, mas também outros recursos do jogo chamados de *Assets* que são arquivos de textura, modelos tridimensionais, sons, entre outros. O pacote *Kinect Wrapper Package for Unity3D*³ foi utilizado para carregar as informações do *Kinect SDK* para dentro da *Unity*. Esse pacote traz uma interface para que se acesse as seguintes funcionalidades da *Kinect SDK*: as posições tridimensionais das articulações de dois usuários, um componente que controla um personagem tridimensional articulado baseado no movimento do usuário e dados da câmera de profundidade e de cor.

A *Unity* é uma plataforma que foca no desenvolvimento flexível e rápido de jogos e experiências interativas em geral. Ela consiste em um sistema de gerenciamento de cenas, sendo que cada cena traz uma hierarquia de objetos. Tudo que acontece no ambiente da *Unity* deve estar contido em uma cena. Cada objeto dessa cena é um *GameObject* e ele se torna qualquer objeto de um jogo, desde um botão na interface a um personagem do jogador. A arquitetura baseada em componentes adotado pelo motor de jogo em questão que permite essa flexibilidade. Nessa arquitetura, o comportamento do objeto não é dado por sua classe, e, sim pelos componentes que o mesmo possui.

A *Unity* permite que se programe nas seguintes linguagens: *Javascript*, *C#* e *Boo*. A linguagem *C#* foi utilizada para o projeto, pois o desenvolvedor já apresentava experiência com a linguagem e é uma linguagem fortemente tipificada, ou seja, ela exige que as variáveis tenham um tipo definido, portanto, o compilador e o ambiente de desenvolvimento conseguem auxiliar o programador encontrando erros comuns no código.

O comportamento do jogo dentro da arquitetura da *Unity* é feito através de componentes e classes auxiliares. O componente é o cerne de toda a estrutura da interação do jogo, e está intimamente relacionado com o *loop* do jogo. O *loop* do jogo é o processo em que se cria a

³ Disponível em: <http://wiki.etc.cmu.edu/unity3d/index.php/Microsoft_Kinect_-_Microsoft_SDK>. Acesso em: 20/06/2015

iteratividade. Após iniciar um jogo, ele entra em um estado cíclico de 3 etapas: leitura da entrada de dados, processamento do ambiente e renderização (ROLLINGS e MORRIS, 2003).

Todo componente da *Unity* em C# é uma classe que estende a classe *MonoBehaviour*. Essa classe possui métodos especiais que são invocados em determinados momentos durante a execução do jogo. O método *Update* é executado a cada ciclo de atualização do jogo e sua frequência não é fixa, sendo que é possível acessar o quanto de tempo variou em relação a última atualização pelo atributo estático *Time.deltaTime*. A renderização é feita automaticamente pela *Unity* por meio de um componente do tipo *Renderer*, portanto cabe ao programador ler as entradas de dados e processar o comportamento referente a cada componente do jogo. Já o método *FixedUpdate* da classe *MonoBehaviour* tem a mesma função do método *Update*, porém ele é chamado em uma frequência fixa que é definida em uma configuração dentro do motor do jogo. Esses são os métodos mais comuns de se construir interatividade em um projeto *Unity*.

A *Unity* oferece uma série de componentes por padrão e outros podem ser obtidos pela internet ou pela sua loja interna (*Asset Store*). Alguns componentes oferecidos pela *Unity* são: funcionalidades de redes para jogo multijogadores, efeitos visuais, navegação de agentes, terreno, animação, entre outros. Para esse projeto, uma pequena porção desses componentes foram utilizados, mas tiveram fundamental importância para a viabilidade do mesmo. Os componentes utilizados foram física 2D, partículas e de interface gráfica.

A *NUI* do *Kinect SDK* 1.8 possui uma interface em C++ que pode ser acessada pela biblioteca "*Kinect10.dll*". O pacote *Kinect Wrapper Package for Unity3D* faz interface para essa biblioteca e cria uma estrutura de classes para que se possa usa-la dentro do ambiente C# da *Unity*. Dentre os diversos componentes fornecidos pelo pacote, o *KinectSensor* é o componente responsável por obter os dados do sensor e armazená-los na classe *NuiSkeletonFrame* que fornece um vetor de dados com as posições dos pontos anatômicos (Figura 1) e outro vetor de dados com a situação de captura desses pontos. Esses são os principais dados utilizados para o desenvolvimento do jogo.

O componente *KinectSensor* oferece formas de interagir com as variáveis de filtro de sinal das posições dadas pelo *Kinect SDK* e define o referencial de coordenadas dos pontos anatômicos. Para o referencial, deve-se fornecer a altura em que o Sensor está do solo. Com isso, a biblioteca já define automaticamente o ângulo do motor para que se tenha a melhor captura. Então, o referencial do sistema de coordenadas do *Kinect* é dado pelo posicionamento

do *Kinect* subtraído da altura definida anteriormente no eixo vertical e acrescida do vetor *Kinect Center* que está disponível para configuração no componente.

O componente utilizado para o acesso aos dados é o *SkeletonWrapper*. Ele cria uma camada de abstração para obtenção dos dados do *Kinect*. Assim, pode-se obter dados simulados que estão gravados em disco por meio do uso do simulador. Essa função de simulador não foi utilizada no jogo. Portanto, o componente *SkeletonWrapper* fica configurado para obter os dados diretos do sensor do *Kinect*. A função de simulador foi útil para o desenvolvimento do jogo, pois, para se testar uma situação, não era necessário fazer o movimento todas as vezes. Apertando a tecla “F10” no modo captura do *Kinect*, inicia a gravação dos movimentos e após realizar o movimento, deve-se apertar a tecla novamente para parar a gravação. Ao executar no modo simulador, o ambiente virtual receberá o movimento gravado repetidamente.

Essas foram as tecnologias e informações técnicas necessárias para a execução do projeto do jogo sério que será apresentado na seção seguinte. O projeto consiste na definição do jogo em si e suas interações e é apresentado junto com o seu processo de criação.

2.3. Projeto do Jogo Sério

O desenvolvimento do ambiente virtual e do jogo iniciou-se a partir de entrevistas com profissionais do Centro de Reabilitação e Readaptação Dr. Henrique Santillo (CRER) e visitas à salas de sessão de terapia ocupacional e jogo terapia. Após a etapa inicial de coleta de informações, foi realizada uma fase de busca de ideias (*brainstorm*) para o jogo. Iniciou-se com a concepção de um mundo para o jogo que fosse o mais próximo da abstração de uma realidade brasileira. Era preciso jogabilidades fundamentalmente diferentes, portanto eram necessárias uma gama de atividades diferentes, mas que estivessem conectadas de forma orgânica. A literatura de jogos sérios para reabilitação possui diversos ambientes que simulam ou mimetizam procedimentos de reabilitação tradicional, muitas vezes mudando apenas elementos visuais lúdicos e colocando um contador de repetição que seria a pontuação do paciente. Portanto, a premissa de refutar a mimetização de procedimentos de terapia tradicional esteve presente na fase de *brainstorm*.

Foi observado um comentário nas visitas ao CRER sobre a baixa autoestima e percepção de incapacidade que o paciente pós-AVE enfrenta, pois a mudança de um estado saudável para um estado com sequelas é muito súbita e a recuperação ou a melhora de um estado cr nico é muito lenta. Portanto, atividades funcionais e enredos que reforçassem a ideia de importância e até mesmo hero simo foram pensadas dentro do contexto do jogo para estimular positivamente a importância social que o paciente possui.

Por se tratar de um jogo de *Kinect* e um jogo para pessoas que possivelmente não estão acostumadas a jogar jogos eletrônicos, consideramos as diretrizes previamente apresentadas na introdução e focamos em: interface simples e com poucos elementos visuais; sem movimentaa  o de câmera do jogo; cores fortes e com alto contraste e *feedback* da ação percebida pelo sistema.

Após várias etapas de refinamento, chegou-se a um cenário para o jogo. O Brasil é um país de grande riqueza fluvial, então, pensou-se a figura de um barqueiro que pudesse levar mercadorias ou pessoas de um lado para outro de um rio, a fim de criar uma motivação para a realização do ato de remar e recompensa positiva para o jogador, fazendo-o se sentir útil pelos seus feitos dentro do jogo.

A navegação do cenário é feita por uma visão aérea que compreende toda a região navegável pelo barco para que não haja movimento de câmera. O jogador move o barco virtual por meio de um movimento de extensão do braço no plano sagital. Para o barco se tornar visível,

ele se apresenta maior do que seria na realidade, a fim de ser observado com facilidade pelo jogador. Essa técnica é utilizada em alguns jogos eletrônicos que possuem a perspectiva de visão superior com o mesmo fim.

A motivação do jogador em se movimentar no mapa terá que envolver locais que existem no mundo e possuam uma relação com a cultura brasileira. Foi planejado colocar cinco locais, sendo que esse número foi escolhido para não carregar o mapa com muitos elementos e possuir uma variedade de caminhos para se percorrer no mesmo mapa. A Figura 2 mostra o mapa em questão e os locais planejados são os seguintes: vila no canto superior esquerdo; comunidade de pescadores no canto superior direito; aldeia no canto inferior esquerdo; centro de pesquisa no canto inferior direito e ilha no centro. Dentro de cada um dos locais existirá um ambiente que busca exercitar movimentos diferentes.



Figura 2 - Mapa de locais do jogo, imagem utilizada no jogo

A vila é um ambiente que representa uma típica cidade do interior do Brasil. O ambiente de interação dentro desse local será uma praça na qual o jogador irá interagir com transeuntes com o movimento de sua mão. A dinâmica do jogo se assemelha aos jogos de tiro ao alvo: o movimento da mão irá mover um cursor na tela e o jogador terá que levar esse cursor a determinado ponto da tela. O objetivo do jogo é levar o cursor nos transeuntes que estão sorridentes. Estudos mostram que as informações no ambiente podem influenciar as pessoas

mesmo que elas não saibam disso e que pessoas de baixa autoestima costumam focar em pensamentos e situação negativas (DANDENEAU e BALDWIN, 2004). O jogo *EyeSpy* proposto por Dandeneau e Baldwin (2004) se baseia em identificar rostos sorridentes em meio a rostos tristes. Foi baseado nessa premissa que planejamos esse ambiente para trabalhar a autoestima junto com o processo de reabilitação motora.

A comunidade dos pescadores é onde o jogador poderá pescar. A simulação de pesca possui dois estágios: o arremesso e controle. Na fase de arremesso, o jogador deve realizar um lançamento com os dois braços no plano sagital como se estivesse lançando a vara de pescar e então entra na fase de controle. Na fase de controle, ele controla a posição da isca com pequenos movimentos laterais e a isca voltará lentamente para perto do jogador até retornar à fase de arremesso. Silhuetas de peixes na água são alvos para o jogador conseguir pescar os peixes.

Na aldeia haverá um campo de peteca. A mecânica do ambiente será semelhante aos jogos de vôlei de computador, porém com possibilidades de jogadas bem reduzidas de acordo com as limitações do jogador. O jogador apenas terá que mover o braço certo no momento que a peteca estiver chegando perto e o personagem fará a jogada correta.

O centro de pesquisa será um local para criar um contraste com os demais. Será o único ambiente que irá acontecer em um local fechado e irá envolver algo fora do cotidiano da maioria das pessoas. Nesse local, o jogador irá poder manipular vacinas e criar remédios. O jogo apresentará uma visão de microscópio com as bactérias e vírus e o jogador deverá escolher quais substâncias irá jogar na solução. Por fim irá escolher uma posição para ativar a reação. Então o jogador irá acionar um botão que irá ativar as reações. Isso gerará uma reação em cadeia entre os corpos celulares e as substâncias, sendo que cada tipo de substância possui um comportamento de propagação e de reação. A reação das substâncias é de eliminar os corpos celulares com os quais eles reagem. Para obter sucesso na fase, o jogador deve conseguir eliminar todos os corpos celulares.

Por último, a ilha será um porto para distribuição de produtos e o jogador irá manipular certos recipientes retangulares que estão empilhados no formato do jogo *Jenga*⁴, ou seja, três recipientes dispostos em uma direção sobrepostos por três recipientes girados em noventa graus em relação aos de baixo e, assim, sucessivamente. O objetivo do jogo é derrubar certos recipientes sem derrubar todo o monte.

⁴ Informações sobre o jogo disponível em: <<https://boardgamegeek.com/boardgame/2452/jenga>>. Acessado em: 26/06/2015

O projeto do jogo foi explicado verbalmente para os especialistas do CRER além de utilizar imagens de referências para elucidar como ficariam os cenários do jogo. Obtivemos a aprovação dos mesmos e a abordagem gerou entusiasmo, pois a possibilidade de permitir uma experiência assistida e motivada na terapia em casa é um ganho enorme no tratamento do paciente. Para este trabalho, decidiu-se inicialmente focar apenas no cenário do barqueiro para verificar a viabilidade do projeto.

2.4. Desenvolvimento do protótipo do Jogo Sérió

O protótipo consiste na construção da fase em que o jogador é um barqueiro que pode remar para as cinco regiões do mapa pelo curso do rio com seu barco. O jogador interage com o ambiente por meio do movimento de remada em frente. Partindo de uma posição inicial (postura ortostática, ombros e punhos em posição neutra e cotovelos fletidos a noventa graus), o indivíduo deve realizar o movimento de flexão bilateral de ombro associada à extensão de cotovelo simultaneamente até o seu limite e, então, retornar para a posição inicial com o intuito de simular um movimento de remada. Ao remar com os dois braços, o barco avança em frente e ao remar com apenas com um braço, o barco desloca para o mesmo lado do braço. O objetivo do jogador é chegar nas regiões determinadas pelo jogo.

O jogo apresenta um roteiro com uma motivação para o jogador navegar pelos locais do cenário como está disposto no Quadro 2 e essa mecânica consiste na jogabilidade progressiva. O jogador terá o controle sobre o movimento do barco, então poderá seguir diferentes caminhos para chegar até os locais no mapa e isso consiste na jogabilidade emergente. A fase contém nove objetivos e o jogador deve cumprir todos os objetivos para completar o jogo. O enredo do jogo envolve conseguir remédio para as crianças da vila dos pescadores. O personagem inicia na pequena vila e deve passar em todos os pontos para conseguir que se faça o remédio. O local do objetivo é indicado por um marcador visual e o jogador deve levar o barco até a região. Cada objetivo é uma etapa da história e traz uma justificativa para o esforço do jogador. O Quadro 2 expõe as falas que guiam o enredo do jogo e determinam qual local o jogador deve ir. Os personagens foram ilustrados de forma que transmitissem a sua personalidade sem a necessidade de um texto explicativo.

Quadro 2 - Falas dos personagens no jogo.

| Personagem | Fala | Local |
|---|--|--------------------------|
| Prefeito da cidade pequena | Seu amigo Pedro da Vila dos Pescadores está precisando de você urgentemente. | Vila |
| Pedro | Quanto tempo que não o vejo, meu amigo! Estou precisando de remédios para as crianças. Fale com o pajé na tribo e traga para mim, por favor. | Comunidade de pescadores |
| Pajé | Claro que posso fazer esse remédio, mas preciso de um ingrediente que está na ilha. | Aldeia |
| Funcionário da empresa que explora os ingredientes medicinais da ilha | Todas as plantas foram colhidas e foram enviadas para o laboratório, chegue rápido no (<i>sic</i>) laboratório que é possível encontrar plantas disponíveis. | Ilha |
| Funcionária do laboratório | Tome aqui as plantas e ajude as crianças! | Centro de pesquisa |
| Pajé | Enquanto eu preparo o remédio, você poderia buscar um amigo que está na vila? | Aldeia |
| Índio adulto | Obrigado por me levar, seria muito cansativo atravessar o rio a nado. | Vila |
| Pajé | Pronto, pode levar o remédio. | Aldeia |
| Pedro | Muito obrigado! Você salvou muitas vidas. Tome esses peixes, que a mesa fique farta na festa da Vila. | Comunidade de pescadores |

O desenvolvimento do protótipo se iniciou pelo componente que move o barco por meio do movimento dos braços do jogador. Manipulações dos vetores de posição das articulações foram utilizadas para que o movimento do barco ficasse suave e correspondesse ao movimento do jogador.

A primeira etapa do algoritmo é determinar em qual direção o corpo do jogador está em relação ao sensor. Para isso, foi realizado o produto vetorial entre as direções do quadril até o ombro esquerdo e direito, como mostra a equação 1:

$$\hat{f} = \left(\frac{\overrightarrow{Sl} - \overrightarrow{Hc}}{|\overrightarrow{Sl} - \overrightarrow{Hc}|} \right) \times \left(\frac{\overrightarrow{Sr} - \overrightarrow{Hc}}{|\overrightarrow{Sr} - \overrightarrow{Hc}|} \right) \quad (1)$$

na qual \hat{f} é o vetor direção que aponta para as costas do usuário

\overrightarrow{Sl} é o vetor posição da articulação ombro esquerdo

\overrightarrow{Sr} é o vetor posição da articulação ombro direito

\overrightarrow{Hc} é o vetor posição do centro do quadril

O vetor calculado, devido a ordem do produto, aponta para a direção das costas do jogador. Para se obter o vetor que aponta para frente, basta multiplicar o resultado por -1. O sentido não é relevante nesse contexto, e sim a direção, pois calcula-se o movimento do braço que esteja na mesma direção que a orientação do corpo.

A segunda etapa é o cálculo da velocidade dos punhos do jogador. A escolha do uso dos pontos do punho no lugar dos pontos das mãos é devido ao fato de que os pontos das mãos no *Kinect for Xbox 360* apresentam empiricamente mais problemas de leitura e descontinuidade de sua posição do que os pontos dos punhos.

Por se tratar de uma aplicação em tempo real, foi utilizado o operador de diferença posterior (valor de determinada amostra subtraído do valor da amostra anterior) para a variação de espaço, e a variável *Time.deltaTime* que a *Unity* fornece para a variação de tempo a cada ciclo de atualização do jogo. A operação é feita para os dois punhos. No caso de não leitura dos pontos do punho ou nenhuma diferença na posição de um intervalo de atualização, se acumula a variação de tempo para compensar no próximo ciclo de atualização. A equação 2 demonstra o cálculo da velocidade instantânea dos punhos ($\overrightarrow{v_{wl}}$, vetor velocidade do punho esquerdo e $\overrightarrow{v_{wr}}$, vetor velocidade do punho direito) em dado instante t e variação de tempo (Δt):

$$\overrightarrow{v_{wl}}(t) = \frac{\overrightarrow{wl}(t) - \overrightarrow{wl}(t-1)}{\Delta t}, \overrightarrow{v_{wr}}(t) = \frac{\overrightarrow{wr}(t) - \overrightarrow{wr}(t-1)}{\Delta t} \quad (2)$$

na qual $\overrightarrow{v_{wl}}$ é o vetor velocidade do punho esquerdo

\overrightarrow{wl} é o vetor posição do punho esquerdo

$\overrightarrow{v_{wr}}$ é a vetor velocidade do punho direito

\overrightarrow{wr} é o vetor posição do punho direito

Δt é a variação de tempo

A medida do esforço será inferida por um cálculo diretamente proporcional à velocidade das mãos. Portanto, é necessário obter o quanto da velocidade da articulação do punho está na

direção do vetor direção do corpo do jogador (\hat{f}). Um produto escalar foi utilizado para esse fim. Movimentos muito lentos devem ser desconsiderados, pois o jogo deve medir o esforço de uma remada brusca e nem todo movimento vai fazer parte do esforço da remada.

A equação 3 expressa o resultado da leitura da velocidade do movimento do punho na direção do corpo do usuário, porém devemos filtrar movimentos muito rápidos, uma vez que esse valor vai afetar o componente de física do jogo. A aplicação de uma força muito grande pode levar a um comportamento inesperado e como os dados do *Kinect* podem apresentar descontinuidades devido à má leitura do jogador, valores muito altos devem ser filtrados. Para isso usamos uma função sigmoide e estabelecemos valores para determinar o máximo e o mínimo de velocidade escalar na direção do usuário, como pode ser visto na equação 4. As equações seguintes foram aplicadas para os dois lados do corpo, punho esquerdo e direito, mas foram expressas uma vez para simplificar a leitura.

$$i(t) = \overrightarrow{v_w}(t) \cdot \hat{f}(t) \quad (3)$$

na qual i é o valor escalar da velocidade de dado punho na direção do usuário

\hat{f} é o vetor direção que aponta para as costas do usuário como mostra a equação 1

$\overrightarrow{v_w}$ é o vetor velocidade de dado punho

$$r(t) = \left(1 + \varepsilon^{-12 \left(\frac{i(t) - R_{min}}{R_{max} - R_{min}} \right) + 6} \right)^{-1} \quad (4)$$

na qual r é um valor normalizado para medir o esforço atual do movimento de dado punho

R_{min} é o valor estabelecido para ser o mínimo esforço percebido pelo sistema

R_{max} é o valor estabelecido para ser o máximo esforço percebido pelo sistema

i é o valor escalar da velocidade de dado punho na direção do usuário como mostra a equação 3

Os valores 12 e 6 são constantes que fazem o resultado ser aproximadamente normalizado. A parte variável que é $i(t)$ e poderá assumir qualquer valor. Quando ele for igual a R_{min} , teremos que o seguinte resultado:

$$r(t|i(t) = R_{min}) = (1 + \varepsilon^6)^{-1} \cong 0,0025$$

Para valor inferiores, o resultado tenderá a zero, pois o valor no denominador tende ao infinito. Já para o valor igual a R_{max} , o valor assumido será

$$r(t|i(t) = R_{max}) = (1 + \varepsilon^{-6})^{-1} \cong 0,9975$$

E para valores superiores, o resultado tenderá a um, pois o valor no denominador tende a um, tendo em vista que a contribuição do termo exponencial tende a zero. O gráfico a seguir (Figura 3) ilustra o comportamento da função.

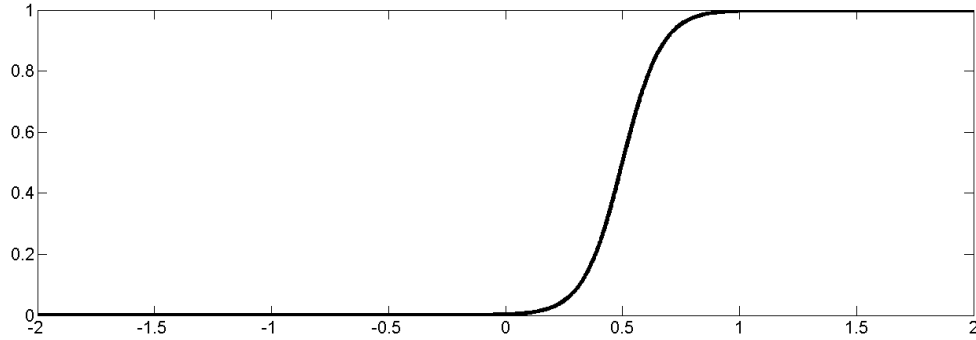


Figura 3 – Função de suavização utilizada para captura dos movimentos

O movimento do barco é dado pelo componente *Rigidbody2D*, que é o componente de física 2D da *Unity*. Esse componente possui métodos para adicionar forças a objetos que nesse caso específico é o barco. Adicionamos uma força fora do centro de massa do objeto, o que gera um movimento de translação e rotação. O ponto de aplicação da força é definido pelo componente de movimento e ele é um valor constante em relação ao sistema de referência do barco. Por testes empíricos, escolhemos o ponto (0; 0,5) para o movimento para a direita e (0; -0,5) para o movimento para a esquerda. Assim, o ponto de aplicação da força sempre vai estar a 0,5 unidades de distância do eixo Y do barco. A direção e sentido da força aplicada é a mesma do barco e sua intensidade é dada pelo movimento. A imagem do barco está alinhada com o eixo X do referencial e sua direção é obtida pela propriedade *Transform.right*, como ilustra a Figura 4. O vetor força aplicado no barco é calculado pelo produto do vetor direção do barco com o resultado da equação 4 e uma constante que é definida no componente de movimentação desenvolvido.

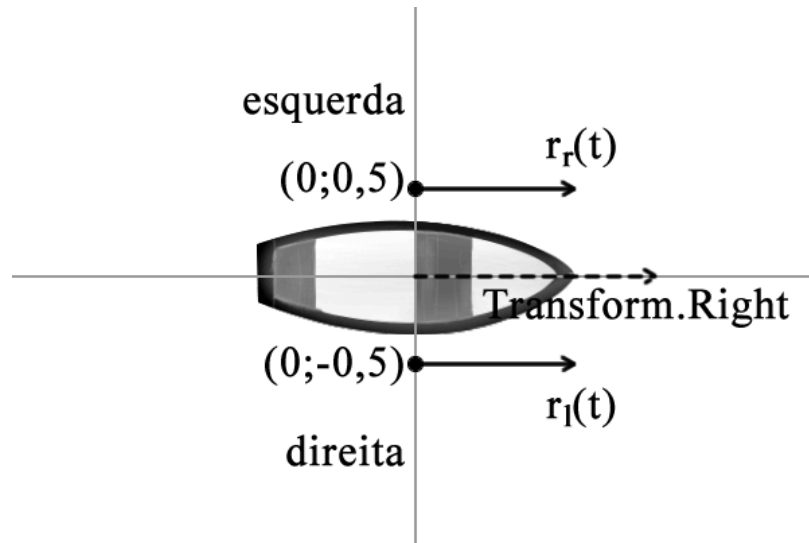


Figura 4 – Exibe os pontos de aplicação da força da física do jogo no barco para que o usuário o controle

O passo seguinte foi a criação dos objetivos para o jogador. Para isso, foi construído um componente que guarda em qual momento da história o jogador está e qual objetivo deve ser cumprido. O componente de interface gráfica da *Unity* 4.6 foi utilizada para construir as interfaces do jogo. A interface consiste em um texto, uma ilustração do personagem que está falando, um cursor e um botão para continuar o jogo.

O botão é ativado após alguns instantes que o cursor fica sobre o mesmo. O controle do cursor se dá com a posição da mão direita em relação ao corpo. Primeiro é necessário saber se o usuário está com a mão estendida em direção à tela. Depois vemos onde a mão está em relação a um retângulo fictício definido como a região que a mão do jogador deve estar em relação ao ombro. E, por último, fazemos a transferência para as coordenadas da tela para posicionar o cursor. Assim, o usuário posiciona o cursor onde ele estiver apontando para a tela.

A identificação da mão estendida é dada quando o vetor distância do ombro e da mão possuir um valor superior a um limiar definido no eixo Z. Então, a posição na tela em relação ao ponto calculado é dada pela equação 6, onde S é a resolução da tela, x_{min} e x_{max} definem a região de interação no eixo X e da mesma forma que y_{min} e y_{max} fazem para o eixo Y formando uma região retangular. Com essa posição em relação à tela, a *Unity* posiciona o objeto a cada ciclo de atualização.

$$\vec{d} = (\vec{h_r} - \vec{s_r}) \quad (5)$$

na qual \vec{d} é a distância do ponto da mão direita em relação ao ombro direito

$\vec{h_r}$ é o vetor posição da mão direita

$\vec{s_r}$ é o vetor posição do ombro direito

$$p(x, y) = \left(\frac{d_x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right) * S_x, \left(\frac{d_y - y_{min}}{y_{max} - y_{min}} \right) * S_y \quad (6)$$

na qual p é o ponto bidimensional na tela o qual o usuário está apontando

d_x é a componente x do vetor \vec{d} , expresso na equação 5

x_{min} é uma constante definida para corresponder a base direta da tela

x_{max} é uma constante definida para corresponder a base esquerda da tela

S_x é a largura da tela

d_y é a componente y do vetor \vec{d} , expresso na equação 5

y_{min} é uma constante definida para corresponder a base inferior da tela

y_{max} é uma constante definida para corresponder a base superior da tela

S_y é a altura da tela

Essas equações e rotinas são responsáveis pela interação do usuário com o ambiente do jogo. As demais atividades desempenhadas foram de importar a arte visual e sons para dentro do motor do jogo e montar a cena, ou seja, dispor os objetos no espaço do jogo, definir as colisões, configurar os componentes de física e adicionar efeitos de partículas. Com isso, é necessário definir a saída de dados que o jogo irá produzir como descrito na arquitetura.

2.5. Gerando saída de dados

O *framework* de Saini (2012) prevê a função de armazenamento dos dados de entrada para que se visualize a progressão do tratamento do paciente para o acompanhamento do terapeuta. Não será desenvolvido uma aplicação que formate um relatório sobre o desempenho do paciente, mas o jogo deve gerar um arquivo com os dados dos pontos capturados a fim de que outra ferramenta utilize esses dados para análise. Para isso, é necessário estabelecer um formato para o arquivo gerado.

Decidimos por utilizar um arquivo de texto puro para armazenar os dados visto que espaço em disco não é um problema para a computação atualmente. O arquivo está sendo formatado em *Delimiter-Separated Values* (DSV) com o caractere espaço sendo o delimitador. A primeira linha do arquivo é o cabeçalho. Ele contém a versão do arquivo, que no caso é 1, e data de início de gravação no formato ano com 4 dígitos, mês com 2 dígitos, dia com 2 dígitos, horas com 2 dígitos e minutos com 2 dígitos, todos concatenados. O campo versão serve para marcar a versão da formatação arquivo; assim, se em trabalhos futuros houver uma melhora no formato desse arquivo, é possível manter a compatibilidade. O formato DSV nos permite compatibilidade com uma série de programas que geram relatórios, como as planilhas eletrônicas, o que facilita a análise do arquivo.

O arquivo segue no formato tabular, sendo que cada linha é uma amostra dos dados capturados. A primeira coluna é o tempo. As colunas 2 a 37 são as coordenadas X, Y e Z dos pontos descritos no Quadro 1 com a mesma ordem. A última coluna é um campo marcador que diz o estado da captura dos pontos através de uma operação de bits. Quando o bit assume o valor 0, o ponto foi inferido ou não capturado e quando o ponto é capturado, ele assume o valor 1. A ordem dos bits em relação ao ponto que representa é do mais significativo para o menos significativo, ou seja, o ponto 0 da lista está no bit 12, o ponto 1 está no bit 11 e assim por diante.

Os dados do sensor são armazenados no arquivo por meio do método *FixedUpdate* que garante a amostragem fixa. Por padrão, a *Unity* adota uma taxa de 50 quadros por segundo para essa amostragem fixa, e esse método de atualização é utilizado na sua simulação de física. Diminuir para os 30 quadros por segundo como é o do Kinect poderia comprometer a qualidade da simulação de física do jogo, portanto não foi uma solução viável.

Outro problema encontrado ao tentar adotar a mesma taxa de atualização do *Kinect*, foi a obtenção de dados repetidos, pois os contadores de tempo não são sincronizados. A solução adotada foi amostrar o sinal em 25 quadros por segundos e capturar as imagens das câmeras RGB a 12,5 quadros por segundo. Isso foi atingido utilizando um contador no método de atualização, com a seguinte lógica: quando ele tivesse o valor 0, armazene a imagem e os pontos de captura, quando for 1, não faça nada; quando for 2, armazene os pontos de captura; e, quando for 3, volte o contador para 0.

A imagem da câmera RGB é obtida pela classe *KinectSensor* com 180° de rotação. Para evitar processamento, gravamos em disco a imagem da forma como ela vem do fluxo de dados em um arquivo compactado no formato *Zip* utilizando a biblioteca *SharpZipLib*. A codificação

da imagem no formato JPG é feita pela classe *Texture2D* da *Unity* e isso impede que essa função seja invocada fora da *Thread* principal. Associar a gravação em disco a esse processo de codificação é caro computacionalmente. Portanto, a utilização de um arquivo compactado foi uma forma de reduzir o custo computacional evitando a criação de um arquivo novo a cada imagem capturada.

Concluimos aqui a exposição do processo de desenvolvimento das funcionalidades do protótipo do jogo apresentado. O objetivo desse trabalho é verificar a influência das jogabilidades na percepção do Fluxo pelo jogador. Para isso, serão removidas as mecânicas de livre movimentação do barco e do enredo do jogo. Portanto, será desenvolvido outro protótipo foco do jogo para o movimento realizado e não da interação com o ambiente do jogo, mas preservando os demais elementos.

2.6. Adaptando o jogo desenvolvido para foco no movimento

Um sistema computacional pode ser estudado de diversas formas e, como dito anteriormente, pouco se estuda sobre como extrair o potencial máximo dos ambientes virtuais para reabilitação (FLORES *et al.*, 2008). O experimento busca verificar se o foco no jogabilidade e o enredo apresentaria maior engajamento do que um jogo similar no qual o jogador teria o foco no movimento a ser realizado.

Para isso, um ambiente virtual semelhante foi desenvolvido com a finalidade de testar a hipótese de que as jogabilidades emergentes e progressivas são importantes para motivar o paciente na reabilitação por ambiente virtual. Esse novo ambiente virtual contém todos os aspectos visuais e de captura do movimento do protótipo desenvolvido, porém sua interação se baseia em exigir o movimento correto em determinados momentos, o que leva o foco da atividade para o movimento realizado. O barco move com o movimento relativo ao que o usuário executou, mas isso funciona como um *feedback* para saber se a captura foi realizada com sucesso ao invés de uma interação de jogo, pois as posições do barco são fixas. Todos os demais elementos são preservados.

O jogo adaptado utiliza ao máximo os elementos do jogo original, portanto foi utilizado o mesmo algoritmo de detecção do movimento. A diferença ficou na aplicação do efeito no barco. No jogo original, a detecção gerou uma entrada de força para o motor de física que não está presente no jogo adaptado. Então, foi necessário detectar se o movimento completo de remar foi realizado. Para isso, foi utilizado acumuladores para a detecção do movimento.

O resultado da equação 4 é adicionado em uma variável que acumula o valor a cada atualização do jogo. Ao mesmo tempo, é aplicada uma redução no valor do acumulador como se fosse um atrito, como descreve a equação 7.

$$acc(t) = acc(t - 1) + r(t) - F_{at} \cdot \Delta t \quad (7)$$

na qual acc é o acumulador de esforço para o movimento de dado punho

r é o esforço calculado para determinado punho, expresso pela equação 4

F_{at} é uma constante de decaimento do valor do acumulador

Δt é a variação de tempo

Lembrando que F_{at} é uma constante enquanto acc for maior que zero; caso contrário, F_{at} se torna zero, dessa forma acc não assumirá valor negativo. Quando o valor do acumulador for superior a um limiar determinado pelo componente, o movimento é detectado, então uma variável de controle irá assumir um valor booleano de verdadeiro, caso contrário, ela assume valor falso.

Nesse ambiente adaptado, são exigidos três movimentos possíveis de serem detectados. O movimento do braço direito apenas é detectado quando somente a variável controle do braço direito for acionada. O mesmo vale para o movimento do braço esquerdo apenas. O movimento de ambos os braços é detectado quando as duas variáveis de controle são acionadas. Para os casos de detecção de apenas um braço, pode haver uma ativação do braço certo mesmo com os dois braços em movimento. Para evitar isso, verificamos se a diferença dos dois acumuladores é maior que o limiar. A Figura 5 mostra o comportamento dos acumuladores.

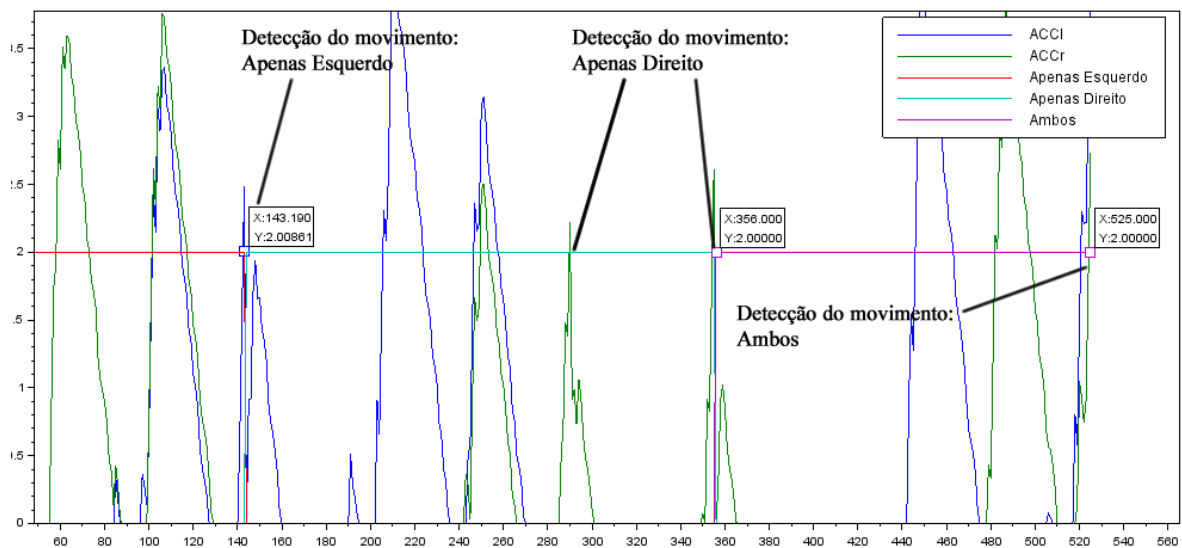


Figura 5 - Comportamento dos acumuladores e dos limiares.

A linha azul representa o acumulador do braço esquerdo e a linha verde o acumulador do braço direito. As linhas horizontais estabelecem o ponto de limiar para a detecção do movimento, sendo a linha vermelha para quando o movimento for apenas com o braço esquerdo, a linha azul clara quando for apenas com o braço direito e a linha roxa quando for o movimento simultâneo dos dois braços. Essa figura mostra a parte inicial do jogo que exige movimento com o braço esquerdo, duas vezes com o direito, e, por fim, uma vez com ambos os braços. O usuário executa um movimento apenas com o braço esquerdo, depois com os dois braços e podemos perceber que a linha vermelha continua, pois as condições estabelecidas não foram satisfeitas. Quando ele inicia o movimento apenas com o braço direito, podemos ver que a linha azul toma o lugar da linha vermelha, assim, avança para a próxima condição, pois o movimento apenas com o braço esquerdo foi detectado. Ao detectar o movimento, os dois acumuladores são zerados, com isso, podemos perceber uma descontinuidade na curva dos acumuladores ao trocar de estado.

A interação consiste em vários estágios e cada estágio exige um dos movimentos propostos: apenas braço direito, apenas braço esquerdo e ambos os braços. Após realizar o movimento, o barco move para uma posição predeterminada e aparece o próximo movimento a ser realizado. Após uma série de movimentos, exibe-se uma tela de interrupção para simular a caixa de diálogo do primeiro protótipo.

2.7. Resultado do Desenvolvimento

Os protótipos foram desenvolvidos em parceria com o Laboratório de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Mídias Interativas (MediaLab) da UFG que executou o projeto visual do jogo e desenhou imagens e menus dos protótipos. O barco⁵ e o personagem tridimensionais⁶ foram obtidos na internet, assim como os sons⁷ utilizados nos jogos. Todos os

⁵ Disponível em: <<https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/780>> Acessado em: 26/06/2015

⁶ Disponível em: <<http://www.blendswap.com/blends/view/77613>> Acessado em: 26/06/2015

⁷ Sons disponíveis no site freesound.org: <<https://www.freesound.org/people/Benboncan/sounds/67884/>>
<<https://www.freesound.org/people/Robinhood76/sounds/107031/>>
<<https://www.freesound.org/people/unfa/sounds/160280/>>
<<https://www.freesound.org/people/reinsamba/sounds/13725/>>
<<https://www.freesound.org/people/reinsamba/sounds/14313/>>
<<https://www.freesound.org/people/reinsamba/sounds/13738/>>
<<https://www.freesound.org/people/DrMinky/sounds/166185/>>
<<https://www.freesound.org/people/GameAudio/sounds/220168/>>. Acessados em: 26/06/2015

arquivos obtidos pela internet possuem licença livre para uso ou livre para uso sem fins comerciais. Todos os personagens que falam com o jogador foram desenhados por uma artista convidada, Michelle Santos Costa.

Os dois protótipos de jogos desenvolvidos possuem uma tela inicial que explica o movimento de interação com o ambiente virtual (Figura 6). Ao pressionar qualquer tecla, inicia-se o jogo. Os jogos consistem em dois planos: um plano de fundo onde temos o mapa da região navegável e a representação do barco nesse mapa, e, em primeiro plano, a representação tridimensional do barco e do personagem, sendo que o movimento do personagem corresponde ao movimento realizado pelo jogador. As mesmas imagens foram utilizadas para os protótipos como podemos ver nas figuras abaixo. Dessa forma, as diferenças entre os protótipos ficam na interação ou jogabilidade e na presença de um enredo para os objetivos.

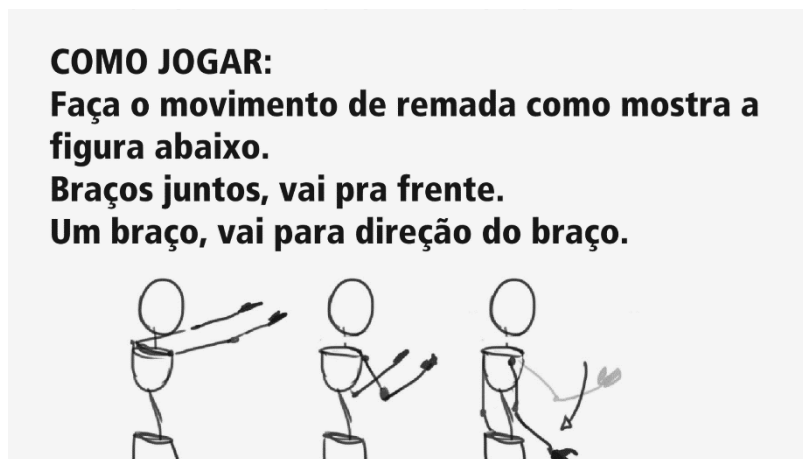


Figura 6 - Tela inicial de explicação do movimento dos jogos.

Para mostrar diálogo do jogo com foco na jogabilidade, foi necessário inserir uma janela de interrupção como mostra a Figura 7. Essa janela contém o campo para o texto da fala do personagem, a imagem do interlocutor, o botão de continuar e o cursor da mão do jogador. A Figura 8 mostra o protótipo do jogo com foco na jogabilidade, podemos perceber que os elementos do primeiro plano foram dispostos no canto inferior direito da tela. Assim, o jogador pode focar na posição do barco no mapa que é o elemento que ele controla.

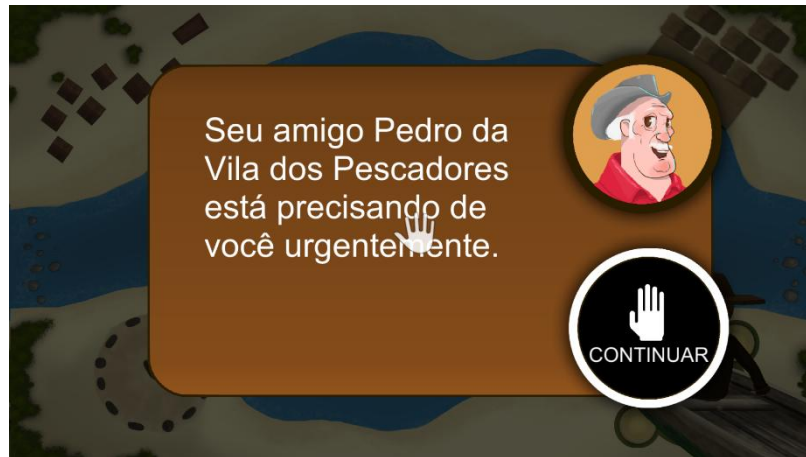


Figura 7 - Tela com diálogo do protótipo de jogo com foco na jogabilidade exibindo a primeira fala do jogo.



Figura 8 - Tela do protótipo de jogo com foco na jogabilidade assim que se inicia.

A Figura 9 mostra a janela de interrupção para o protótipo de jogo com foco no movimento. Como essa versão do jogo não apresenta história, colocamos a mesma janela de interrupção com a mensagem “Leve a mão até o Continuar” para manter o elemento de interrupção durante o jogo. A Figura 9 mostra o protótipo do jogo com foco no movimento. Podemos ver que ele apresenta uma caixa de texto com a mensagem de qual movimento deve ser feito e os elementos de primeiro plano foram posicionados no centro da tela para que o jogador pudesse focar no movimento que estava executando.

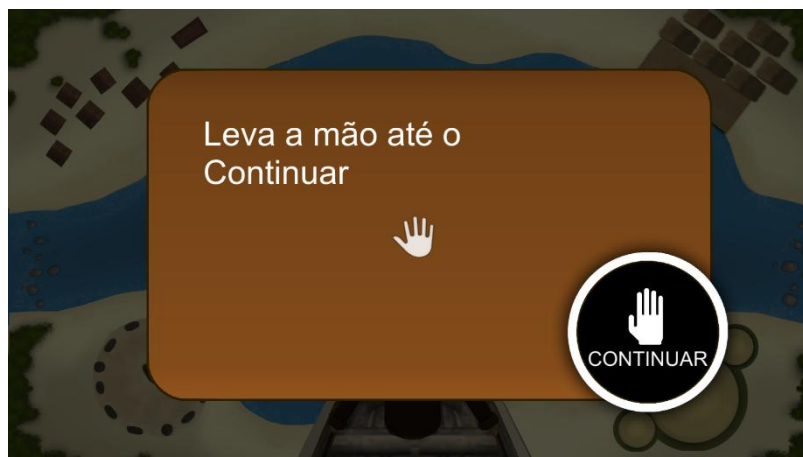


Figura 9 - Tela de interrupção do jogo com foco no movimento para simular as telas de diálogo.

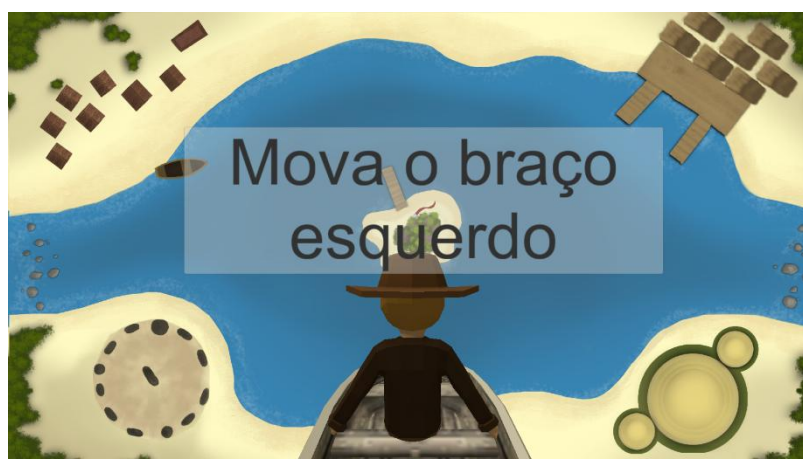


Figura 10 - Tela do jogo com foco no movimento ao se iniciar.

Esses foram os protótipos desenvolvidos, se tornou necessário então verificar a existência de diferença na percepção dos usuários. Pode-se perceber que a diferença entre os dois protótipos ficou na mecânica de interação com os objetos do jogo, dessa forma qualquer diferença estaria relacionada com essa característica. E, temos que a usabilidade seria um fator que influencia o engajamento (O'BRIEN e TOMS, 2008, 2010), sendo assim um empecilho mensurável para o Fluxo. No capítulo seguinte, será abordado o procedimento metodológico do experimento que comparou os dois protótipos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo busca verificar a influência da jogabilidade na presença do Fluxo quando o jogador interage com jogo sério para reabilitação. Lembrando que o jogo sério é um jogo como outro qualquer e pode ser julgado enquanto a sua experiência por qualquer indivíduo disposto a jogá-lo. As patologias que exigem o processo de reabilitação podem acometer danos ao cognitivo do indivíduo, mas esses não são pacientes apropriados para o jogo desenvolvido. É necessário que o paciente seja capaz de abstrair toda a dinâmica do jogo para melhor aproveitá-lo. O paciente deve ter um nível de cognição próximo ao normal para entender a proposta do jogo, portanto, não é necessário a participação de pessoas com patologias para julgar a experiência provocada pelo jogo desenvolvido. A participação de pessoas saudáveis tornou a análise viável e como é um estudo inicial e exploratório, se faz suficiente para verificação do Fluxo da experiência.

Os critérios de inclusão dos voluntários foram: ter idade superior a 18 anos; ser saudável, isto é, não apresentar alterações neurológicas ou ortopédicas; e aceitar participar do estudo assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O estudo foi realizado em laboratório. Os participantes jogavam um protótipo sem saber da existência do outro jogo. O Grupo A foi submetido ao jogo com foco na jogabilidade e o Grupo B foi submetido ao jogo com foco no movimento. Todos os participantes jogaram o jogo designado e ao final responderam um questionário que agrega duas escalas, a Escala de Usabilidade do Sistema (*System Usability Scale*, SUS) para avaliar a usabilidade de um sistema (BROOKE, 1996) e a Escala Curta de Fluxo (*Flow Short Scale*, FSS) para medir a presença de Fluxo na interação com a atividade (ENGESER e RHEINBERG, 2008), além de informar a idade e o sexo.

A escala SUS consiste de dez itens em escala *Likert* de 5 níveis de respostas que compõem uma pontuação. As afirmações dos itens buscam mapear a usabilidade de um sistema alternando significados positivos e negativos. Isso foi feito para o participante fazer um esforço de pensar se concorda ou não com o item. O cálculo da pontuação se dá por meio da soma das contribuições de cada item, que varia de 0 a 4 de acordo com o nível de concordância do participante. Ao se discordar plenamente de um item será atribuído o valor 0, enquanto concordar plenamente será atribuído o valor 4 e as outras opções terão valores correspondentes. Nos itens pares, a contribuição é subtraída de 5 com intuito de inverter os valores já que seus

significados são negativos em relação a usabilidade. Multiplica-se a somatória desses valores por 2,5 para se obter uma pontuação que varia de 0 a 100 (BROOKE, 1996). A escala SUS foi validada para comparação entre dois sistemas e ela se enquadra em ambientes em que se precisa de resultados rápidos (PERES, PHAM e PHILLIPS, 2013). A escala SUS foi utilizada para validar uma possibilidade de bloqueio do Fluxo que pode acontecer pela má usabilidade de um sistema que apenas uma escala de medição específica do Fluxo não é capaz de captar.

A FSS inclui todos os componentes do Fluxo derivados de informações extraídas de estudos qualitativos em dez itens de escala *Likert* de 7 níveis de respostas. Utilizando a análise de fatores se constatou que a escala pode ser interpretada por meio de dois fatores, absorção (itens 1,3,6,10) e fluência (demais itens) (MAHNKE, WAGNER e BENLIAN, 2012). A FSS foi validada para estudos com jogos eletrônicos comerciais (ENGESER e RHEINBERG, 2008).

A configuração do experimento se deu a partir de um computador que executou o jogo ligado a um projetor que ofereceu o *feedback* visual e auditivo ao jogador. Nesse mesmo computador foi conectado o sensor *Kinect for Xbox 360* da *Microsoft* posicionado a 80 centímetros de altura do solo, logo abaixo da tela projetada. O voluntário se posicionou a 3 metros de distância do sensor.

O projeto foi aprovado no Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás com o número CAEE 42493115.2.0000.5083. Iniciou-se com a apresentação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assim como os objetivos da pesquisa. Antes de iniciar o experimento, foi apresentada uma breve explicação do movimento necessário e durante os primeiros momentos do jogo, algumas dicas eram dadas para os jogadores até que se entendesse os requisitos para interação com o sistema. Após a conclusão do jogo, os participantes responderam a uma versão digitalizada das escalas citadas (Apêndice A e B). Os dados foram armazenados em um servidor remoto que permite o acesso às respostas mantendo o sigilo dos voluntários e eliminando erros que poderiam ocorrer no processo de digitalização manual do questionário.

As posições das articulações fornecidas pelo sensor foram utilizadas para obter um parâmetro sobre o esforço realizado nos membros superiores, cabeça e tronco. Medir o esforço realizado pelo corpo é muito complexo, portanto foi usado um modelo baseado na energia cinética translacional de cada segmento. O corpo foi dividido em 6 segmentos sendo eles: cabeça, tronco, braço esquerdo e direito, e antebraço com a mão esquerda e direita. Para cada segmento, foram selecionados 2 pontos mapeados pelo *Kinect*.

A seguir, utilizando os parâmetros antropométricos de Dempster, estimou-se o ponto do centro de massa e a massa do segmento em relação à massa total do corpo (ROBERTSON *et al.*, 2013; WINTER, 2009). A posição do centro de massa (P_{cm}) em dado instante de tempo é estimada pelo fator R em relação às posições das extremidades proximais (P_p) e distais (P_d) do segmento como descrito na equação 9.

$$P_{cm}(t) = P_p(t) + R(P_d(t) - P_p(t)) \quad (9)$$

na qual P_{cm} é a posição do centro de massa de determinado segmento

P_p é a posição da extremidade proximal

R é o fator de determinado segmento

P_d é a posição da extremidade distal

A equação 10 mostra o cálculo da energia cinética translacional de um ponto de massa m em dado instante de tempo t . A velocidade do ponto é obtida pelo operador de diferença posterior da posição do centro de massa. A massa é dada pela massa do segmento em relação à massa total do corpo. Os valores de R e das massas dos segmentos em relação estão dispostos no Quadro 3 (ROBERTSON *et al.*, 2013).

$$Ec(t) = \frac{m \cdot \left(\frac{P_{cm}(t) - P_{cm}(t-1)}{\Delta t} \right)^2}{2} \quad (10)$$

na qual Ec é a energia cinética do segmento

m é a massa do segmento em relação à massa total do corpo

P_{cm} é a posição do centro de massa do segmento

Δt é a variação de tempo entre os instantes

Quadro 3 – Dados antropométricos utilizados na modelagem da energia gasta

| Segmento | Ponto Proximal | Ponto Distal | R | Massa (%) |
|---------------------------|----------------|--------------|-------|-----------|
| Tronco | Hc | Sc | 0,506 | 49,7 |
| Cabeça | Sc | Hd | 1,000 | 8,1 |
| Braço Direito | Sr | Er | 0,436 | 2,8 |
| Braço Esquerdo | Sl | El | 0,436 | 2,8 |
| Antebraço Direito | Er | wr | 0,682 | 2,2 |
| Antebraço Esquerdo | El | wl | 0,682 | 2,2 |

Fonte: ROBERTSON et al., 2013

Para cada ponto, calculou-se a energia cinética pela equação 10. Foram desconsideradas as ocorrências de quando não houve leitura dos pontos que definem o segmento e foram excluídos os indivíduos que obtiveram menos de 95% de leitura dos pontos. Com a série de valores de energia obtidas para cada segmento, calculamos a estimativa de energia gasta por unidade de tempo por meio do somatório das energias excluindo 10 segundos iniciais e finais e dividindo pelo tempo total como está descrito na equação 11.

$$\mu_{E_c} = \frac{\sum_{t=t_i}^{t_f} Ec(t)}{t_f - t_i} \quad (11)$$

na qual μ_{E_c} é a média de energia estimada por tempo

Ec é a energia estimada para dado instante de tempo

t_i é o tempo inicial

t_f é o tempo final

Uma rotina (*script*) em Matlab foi desenvolvida para ler os arquivos gerados pelos jogos conforme exposto na seção 2.5 e realizar os cálculos aqui descritos. Iremos expor no próximo capítulo os resultados da aplicação do questionário e os valores de esforço estimado realizado pelos participantes.

4. RESULTADOS

O estudo teve a participação de 60 indivíduos (Tabela 1), na sua maioria alunos da Universidade Federal de Goiás e alguns professores e técnicos administrativos da mesma instituição. Todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e seguiram os procedimentos metodológicos estabelecidos. O Grupo A é composto pelos participantes que interagiram com o jogo com foco na jogabilidade e possui 30 indivíduos (idade média de 26 anos e desvio padrão de 8 anos), sendo 13 do sexo feminino e 17 do sexo masculino. O Grupo B é composto pelos participantes que interagiram com o jogo com foco no movimento e possui 30 indivíduos (idade média de 24 anos e desvio padrão de 8 anos), sendo 16 do sexo feminino e 14 do sexo masculino. A idade mínima dos participantes foi 18 e a máxima, 54.

Tabela 1 - Idade dos participantes dos dois grupos e dividido pelos sexos.

| Idade (anos) | Nº | Média ± Desvio | Máximo | Mínimo | Mediana |
|---------------------|-----------|-----------------------|---------------|---------------|----------------|
| Grupo A | 30 | 26,333 ± 7,958 | 54 | 19 | 24,5 |
| Feminino | 13 | 26,077 ± 8,874 | 54 | 20 | 24 |
| Masculino | 17 | 26,529 ± 7,459 | 44 | 19 | 26 |
| Grupo B | 30 | 24,433 ± 8,110 | 53 | 18 | 22 |
| Masculino | 16 | 24,687 ± 7,709 | 43 | 19 | 22 |
| Feminino | 14 | 24,143 ± 8,830 | 53 | 18 | 21,5 |

Os participantes, no geral, expressaram bastante entusiasmo com os dois jogos. As sessões do Grupo A tiveram duração média de 410 segundos, desvio padrão de 140 segundos, 853 segundos de máxima e 218 segundos de mínima. Parte dos participantes reclamou da incapacidade do barco de se movimentar para trás, sendo necessário dar voltas completas no mapa enquanto um movimento para trás seria o caminho mais curto. As sessões do Grupo B tiveram duração média de 303 segundos, desvio padrão de 103 segundos, 642 segundos de máxima e 156 segundos de mínima. Alguns participantes tiveram problema na detecção do movimento, outros reclamaram da forma como o movimento era requerido (de forma textual), pois eles tinham problemas em distinguir o braço direito e o esquerdo. A Tabela 2 mostra a estatística da duração das sessões. Todos os participantes jogaram os jogos até o fim e responderam ao questionário. Iremos expor os resultados das escalas separadamente, inicialmente a SUS e, em seguida, a FSS.

Tabela 2 - Tempo gasto pelos participantes em cada grupo e dividido por sexo.

| Tempo Gasto (s) | Nº | Média ± Desvio | Máximo | Mínimo | Mediana |
|------------------------|-----------|-----------------------|---------------|---------------|----------------|
| Grupo A | 30 | 410,186 ± 139,615 | 853,260 | 217,620 | 372,455 |
| Feminino | 13 | 410,196 ± 101,024 | 608,200 | 310,110 | 381,560 |
| Masculino | 17 | 410,178 ± 166,360 | 853,260 | 217,620 | 363,680 |
| Grupo B | 30 | 303,040 ± 103,268 | 624,360 | 156,520 | 282,150 |
| Feminino | 16 | 321,797 ± 90,267 | 549,790 | 216,960 | 302,860 |
| Masculino | 14 | 281,603 ± 116,0169 | 624,360 | 156,520 | 254,830 |

4.1. Escala SUS

A pontuação da escala SUS foi calculada como descrito anteriormente e a distribuição para os dois jogos não rejeitou a hipótese de seguir a distribuição normal no teste de normalidade Shapiro-Wilk. A Tabela 3 mostra os dados estatísticos das duas amostras. Comparando as duas situações utilizando o Teste t de Student para duas amostras independentes não foi encontrada diferença significativa entre as amostras ($df = 58$, $sig. = 0,063$). O α de Cronbach foi calculado para os dois grupos e é mostrado na Tabela 3. Para o seu cálculo, foi necessário recodificar as variáveis pares para que tivessem o valor 5 no melhor caso, assim como as questões ímpares.

Tabela 3 - Informações estatísticas sobre os resultados da pontuação SUS dos grupos.

| Pontuação SUS | Média ± Desvio | Máx | Mín | Med | α | Shapiro-Wilk df | Sig. |
|----------------------|-----------------------|------------|------------|------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
| Grupo A | 88,250 ± 8,360 | 100 | 70 | 88,75 | 0,359 | 30 | 0,204 |
| Grupo B | 83,833 ± 9,665 | 97,5 | 57,5 | 83,75 | 0,504 | 30 | 0,159 |

A Figura 11 mostra o diagrama de caixa das questões da escala SUS para o Grupo A e podemos perceber que as questões ímpares estão com a mediana e máximo em 5, apenas a questão 1 está com a mediana em 4. Já as questões pares possuem a mediana e o máximo em 1, exceto a questão 2. Os elementos discrepantes estão representados pelo círculo e os elementos muito discrepantes pelo asterisco, acompanhados pelo número da amostra que representam.

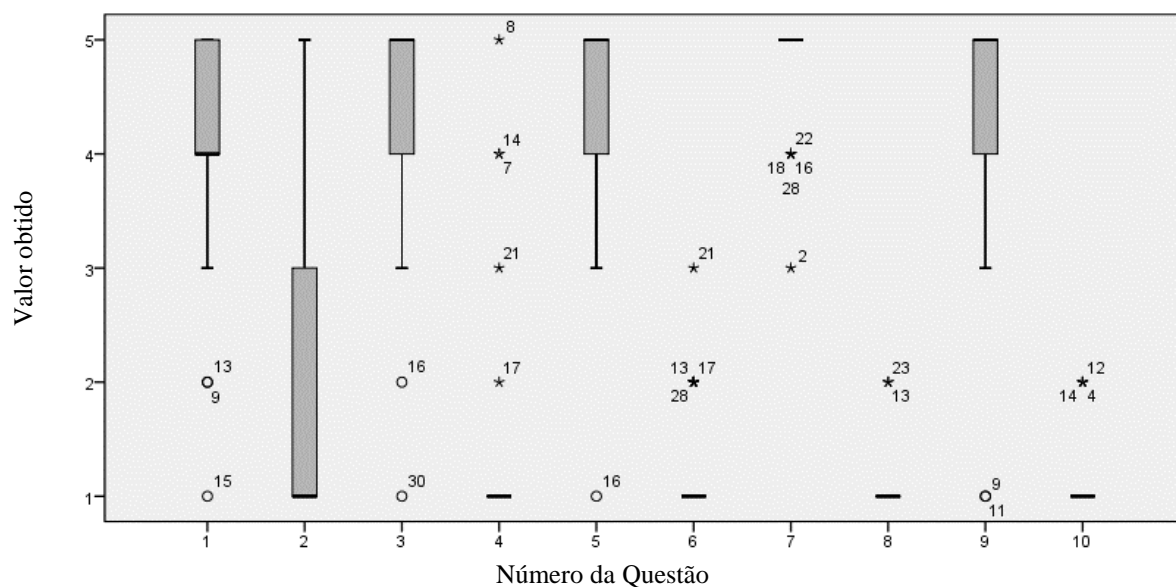


Figura 11 - Diagrama de caixa das questões da escala SUS para o Grupo A.

A Figura 12 mostra o diagrama de caixa das questões da escala SUS para o Grupo B. Os Apêndices C e D mostram as informações descritivas de todas as questões respondidas pelos participantes.

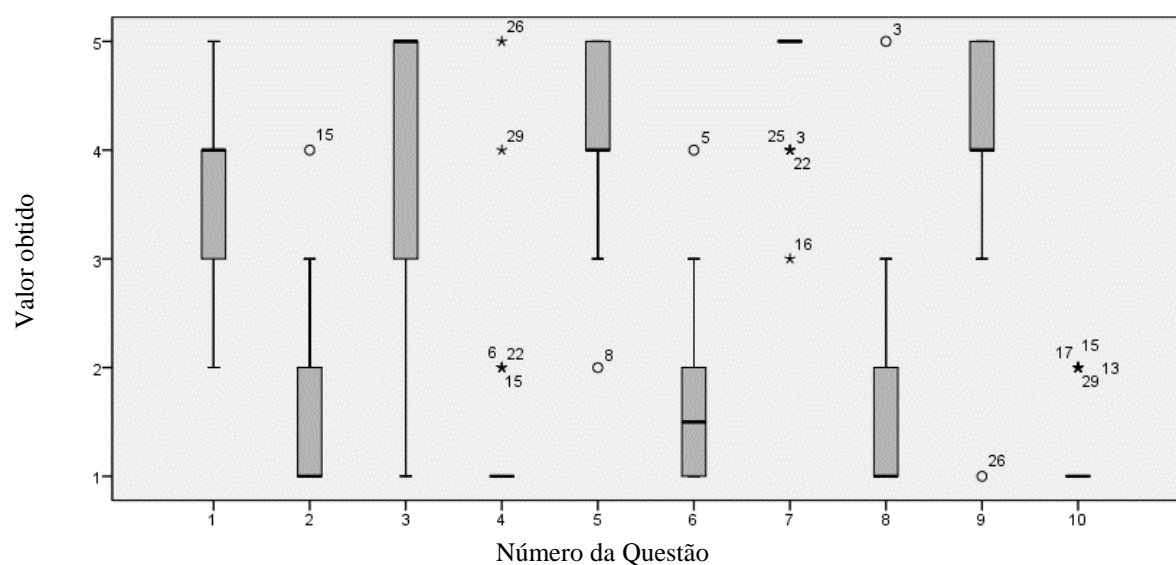


Figura 12 - Diagrama de caixa das questões da escala SUS para o Grupo B.

4.2. Escala FSS

A escala FSS busca mapear dez questões em uma única variável que é o Fluxo, sendo composto de itens correlacionados. Dessa forma, é necessário averiguar se essas questões estão de fato se correlacionando estatisticamente como descrito na literatura. Utilizando a correlação de Pearson, temos que, no Grupo A, a questão 10 não se correlacionou com nenhuma outra questão e que, no grupo B, a questão 1 não se correlacionou com nenhuma outra questão. A literatura sugere que se use a Fatoração de Eixo Principal com a rotação *Varimax* para averiguar se há uma solução de dois fatores (MAHNKE, WAGNER e BENLIAN, 2012). Com a matriz dos fatores rotacionados, selecionamos os itens que compõem cada fator estabelecendo que seus coeficientes devem ter módulo superior a 0,4 e com essas questões calculamos o α de Cronbach para cada fator.

Os resultados foram analisados utilizando todas as questões, depois excluindo a questão que não se correlacionou com seu grupo (questão 10 para o Grupo A e questão 1 para o grupo B) e, por último, excluindo as duas questões que não se correlacionaram nos dois grupos. Todas as análises obtiveram resultado altamente significativo no teste de esfericidade de Bartlett.

A primeira etapa da análise é verificar quantos fatores devem ser utilizados. A metodologia utilizada pelos autores da escala é o número de fator anterior ao fator cujo autovalor for menor que 1 (KLAUER, 2004). Os valores dos autovalores foram representados em forma de tabela junto com a variância acumulada antes e após a rotação.

A Tabela 4 mostra esses dados para todas as questões da FSS no Grupo A e podemos ver uma solução de quatro fatores que corresponde a aproximadamente 64% da variância total. A medida de adequação da amostra de Kaiser-Meyer Olkin (KMO) para a amostra foi 0,664.

A Tabela 5 mostra a matriz dos fatores rotacionados dos mesmos dados, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância superior a 0,4 (em negrito). Pode-se ressaltar que a questão 5 influencia significativamente 3 fatores e que a questão 10 influencia negativamente o fator que a compreende (4ª coluna) resultando em um α de Cronbach próximo de zero.

Tabela 4 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões da FSS no Grupo A.

| | Inicial | | Após Rotação | |
|-----------|-------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| | Autovalores | Variância Acumulada (%) | Autovalores | Variância Acumulada (%) |
| 1 | 4,072 | 40,720 | 2,731 | 27,308 |
| 2 | 1,428 | 55,004 | 1,354 | 40,847 |
| 3 | 1,271 | 67,712 | 1,268 | 53,531 |
| 4 | 1,055 | 78,260 | 1,044 | 63,974 |
| 5 | 0,670 | 84,957 | - | - |
| 6 | 0,618 | 91,141 | - | - |
| 7 | 0,394 | 95,078 | - | - |
| 8 | 0,228 | 97,357 | - | - |
| 9 | 0,164 | 98,995 | - | - |
| 10 | 0,101 | 100,000 | - | - |

Tabela 5 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação *Varimax* para todos os itens das respostas do grupo A, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância.

| | Fatores | | | |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | | | | |
| Q7 | 0,894 | 0,213 | 0,107 | -0,141 |
| Q8 | 0,865 | 0,049 | 0,430 | -0,080 |
| Q9 | 0,715 | 0,317 | -0,124 | 0,237 |
| Q5 | 0,484 | 0,358 | 0,447 | 0,465 |
| Q1 | 0,157 | 0,636 | -0,063 | ,083 |
| Q3 | 0,283 | 0,574 | 0,133 | 0,113 |
| Q6 | 0,004 | 0,554 | 0,182 | -0,164 |
| Q4 | 0,142 | 0,130 | 0,876 | 0,182 |
| Q2 | 0,553 | 0,134 | 0,175 | 0,592 |
| Q10 | 0,092 | 0,050 | -0,070 | -0,562 |
| α | 0,874 | 0,602 | 0,775 | 0,041 |

O mesmo processo foi repetido, porém, dessa vez, excluindo a questão 10. A Tabela 6 mostra os autovalores e a variância acumulada associada a cada fator antes e depois da rotação para todas as questões exceto a questão 10 da FSS no Grupo A, resultando na matriz dos fatores rotacionados que pode ser vista na Tabela 7. A medida de adequação da amostra de KMO foi 0,673. Obtivemos uma solução de 3 fatores, sendo que a questão 5 influenciou 2 fatores.

Tabela 6 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões exceto a questão 10 da FSS no Grupo A.

| | Inicial | | Após Rotação | |
|----------|-------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| | Autovalores | Variância Acumulada (%) | Autovalores | Variância Acumulada (%) |
| 1 | 4,066 | 45,174 | 2,740 | 30,443 |
| 2 | 1,333 | 59,984 | 1,397 | 45,969 |
| 3 | 1,116 | 72,380 | 1,309 | 60,517 |
| 4 | 0,837 | 81,683 | - | - |
| 5 | 0,618 | 88,555 | - | - |
| 6 | 0,521 | 94,338 | - | - |
| 7 | 0,234 | 96,943 | - | - |
| 8 | 0,172 | 98,854 | - | - |
| 9 | 0,103 | 100,000 | - | - |

Tabela 7 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação *Varimax* para todas as questões exceto a questão 10 das respostas do grupo A, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância.

| | Fatores | | |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | |
| Q7 | 0,847 | 0,076 | 0,158 |
| Q8 | 0,827 | 0,361 | 0,021 |
| Q9 | 0,758 | -0,075 | 0,312 |
| Q2 | 0,574 | 0,290 | 0,195 |
| Q5 | 0,542 | 0,502 | 0,376 |
| Q4 | 0,153 | 0,938 | 0,116 |
| Q1 | 0,164 | -0,039 | 0,675 |
| Q3 | 0,300 | 0,153 | 0,580 |
| Q6 | 0,024 | 0,123 | 0,450 |
| α | 0,874 | 0,710 | 0,602 |

A última situação para o Grupo A, na qual se desconsiderou as questões 1 e 10, está descrita na Tabela 8 com os autovalores e a variância acumulada e, na Tabela 9, com a matriz de fatores rotacionados e o α de Cronbach. A medida de adequação da amostra de KMO foi 0,689. Novamente, foi obtida uma solução de 3 fatores com uma variância de aproximadamente 67% da variância total. Dessa vez, as questões 2 e 8 influenciaram 2 fatores além da questão 5.

Tabela 8 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator antes e depois da rotação para todas as questões exceto as questões 1 e 10 da FSS no Grupo A.

| | Inicial | | Após Rotação | |
|----------|-------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| | Autovalores | Variância Acumulada (%) | Autovalores | Variância Acumulada (%) |
| 1 | 3,908 | 48,851 | 2,634 | 32,922 |
| 2 | 1,176 | 63,557 | 1,604 | 52,971 |
| 3 | 1,041 | 76,573 | 1,106 | 66,800 |
| 4 | 0,755 | 86,005 | - | - |
| 5 | 0,549 | 92,874 | - | - |
| 6 | 0,272 | 96,277 | - | - |
| 7 | 0,191 | 98,658 | - | - |
| 8 | 0,107 | 100,000 | - | - |

Tabela 9 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação *Varimax* para todas as questões exceto as questões 1 e 10 das respostas do grupo A, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância.

| | Fatores | | |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | | | |
| Q7 | 0,857 | 0,146 | 0,118 |
| Q9 | 0,804 | 0,059 | 0,103 |
| Q8 | 0,721 | 0,424 | 0,032 |
| Q2 | 0,567 | 0,445 | -0,073 |
| Q3 | 0,377 | 0,249 | 0,305⁸ |
| Q4 | 0,074 | 0,825 | 0,139 |
| Q5 | 0,512 | 0,671 | 0,104 |
| Q6 | 0,056 | 0,087 | 0,976 |
| α | 0,874 | 0,801 | 0,493 |

O mesmo processo foi realizado para o Grupo B. A Tabela 10 mostra os autovalores e variância acumulada associada a cada fator antes e depois da rotação para todas as questões da FSS no Grupo B. Temos 4 fatores selecionados com aproximadamente 66% da variância total, sendo que o teste KMO teve valor 0,592. A Tabela 11 mostra a matriz dos fatores rotacionados para todas as questões da FSS para o Grupo B, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância. As questões 2 e 5 influenciaram 2 fatores e a questão 6 influenciou 3 fatores.

⁸ Valor considerado apenas para o cálculo do α de Cronbach já que era o maior valor antes do 0,4.

Tabela 10 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões da FSS no Grupo B.

| | Inicial | | Após Rotação | |
|-----------|-------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| | Autovalores | Variância Acumulada (%) | Autovalores | Variância Acumulada (%) |
| 1 | 3,508 | 35,082 | 2,006 | 20,061 |
| 2 | 1,798 | 53,059 | 1,946 | 39,524 |
| 3 | 1,333 | 66,390 | 1,521 | 54,739 |
| 4 | 1,181 | 78,203 | 1,126 | 66,003 |
| 5 | 0,663 | 84,830 | - | - |
| 6 | 0,541 | 90,241 | - | - |
| 7 | 0,421 | 94,456 | - | - |
| 8 | 0,274 | 97,195 | - | - |
| 9 | 0,183 | 99,021 | - | - |
| 10 | 0,098 | 100,000 | - | - |

Tabela 11 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação *Varimax* para todas as questões da FSS para o Grupo B, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância.

| | Fator | | | |
|----------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| | | | | |
| Q4 | 0,914 | 0,138 | 0,072 | 0,021 |
| Q5 | 0,731 | 0,271 | 0,432 | 0,256 |
| Q10 | -0,056 | -0,765 | 0,005 | 0,144 |
| Q9 | 0,118 | 0,659 | 0,227 | 0,185 |
| Q6 | 0,481 | 0,598 | -0,152 | 0,406 |
| Q8 | 0,225 | 0,482 | 0,251 | -0,035 |
| Q1 | -0,362 | 0,448 | -0,015 | 0,213 |
| Q7 | -0,042 | 0,203 | 0,844 | 0,019 |
| Q2 | 0,446 | -0,043 | 0,689 | 0,062 |
| Q3 | 0,067 | 0,013 | 0,071 | 0,888 |
| α | 0,788 | 0,016 | 0,689 | 0,577 |

A Tabela 12 mostra os autovalores e variância acumulada associada a cada fator antes e depois da rotação para todas as questões exceto a questão 1 da FSS no Grupo B. A medida de adequação da amostra de KMO foi 0,596. A Tabela 13 mostra a matriz dos fatores rotacionados associada com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância. Obteve-se uma solução de 4 fatores com aproximadamente 70% da variância total. A questão 10 apresentou contribuição significativa para o segundo fator, porém foi negativa e com um valor tão elevado que foi desconsiderada, pois gerava um α de Cronbach negativo. Dessa forma, a questão 10 não influenciou em nenhum dos fatores. A questão 2

influenciou em dois fatores. A questão 6 inicialmente influenciou 2 fatores, mas para o último fator foi necessário que se utilizasse outra questão que tivesse maior valor, mesmo que inferior a 0,4, pois só é possível o cálculo do α de Cronbach necessita de pelo menos duas variáveis.

Tabela 12 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões exceto a questão 1 da FSS no Grupo B.

| | Inicial | | Após Rotação | |
|---|-------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| | Autovalores | Variância Acumulada (%) | Autovalores | Variância Acumulada (%) |
| 1 | 3,500 | 38,888 | 1,984 | 22,043 |
| 2 | 1,493 | 55,471 | 1,800 | 42,038 |
| 3 | 1,310 | 70,025 | 1,447 | 58,110 |
| 4 | 1,017 | 81,321 | 1,142 | 70,800 |
| 5 | ,652 | 88,570 | - | - |
| 6 | ,457 | 93,649 | - | - |
| 7 | ,281 | 96,771 | - | - |
| 8 | ,184 | 98,816 | - | - |
| 9 | ,107 | 100,000 | - | - |

Tabela 13 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação *Varimax* para todas as questões exceto a questão 1 da FSS para o Grupo B, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância.

| | Fatores | | | |
|----------|--------------|---------------------|--------------|--------------------------|
| | | | | |
| Q4 | 0,860 | 0,168 | 0,003 | 0,015 |
| Q5 | 0,813 | 0,262 | 0,351 | 0,221 |
| Q10 | 0,011 | -0,861 ¹ | 0,002 | 0,118 |
| Q6 | 0,466 | 0,596 | -0,189 | 0,398² |
| Q9 | 0,176 | 0,595 | 0,208 | 0,175 |
| Q8 | 0,260 | 0,457 | 0,222 | -0,032 |
| Q7 | 0,012 | 0,207 | 0,907 | 0,035 |
| Q2 | 0,511 | -0,027 | 0,607 | 0,044 |
| Q3 | 0,084 | 0,002 | 0,065 | 0,941 |
| α | 0,788 | 0,662 | 0,689 | 0,577 |

¹Excluído por levar a um α de Cronbach negativo.

²Valor considerado apenas para o cálculo do α de Cronbach já que era o maior valor antes do 0,4.

Por último, temos a Tabela 14 que mostra os autovalores e variância acumulada associada a cada fator antes e depois da rotação para todas as questões exceto as questões 1 e 10 da FSS no Grupo B. Obtivemos uma solução de 3 fatores. A medida de adequação da amostra de KMO foi 0,632. A Tabela 15 mostra a matriz dos fatores rotacionados, associado com o α

de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância. A questão 2 teve influência em 2 fatores e as questões 3 e 8 não influenciaram nenhum fator.

Tabela 14 - Autovalores e variância acumulada associada a cada fator a antes e depois da rotação para todas as questões exceto as questões 1 e 10 da FSS no Grupo B.

| | Inicial | | Após Rotação | |
|----------|--------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| | Autovalores | Variância Acumulada (%) | Autovalores | Variância Acumulada (%) |
| 1 | 3,340 | 41,752 | 1,778 | 22,231 |
| 2 | 1,369 | 58,865 | 1,626 | 42,560 |
| 3 | 1,017 | 71,573 | 1,466 | 60,884 |
| 4 | 0,970 | 83,698 | - | - |
| 5 | 0,638 | 91,672 | - | - |
| 6 | 0,288 | 95,274 | - | - |
| 7 | 0,263 | 98,559 | - | - |
| 8 | 0,115 | 100,000 | - | - |

Tabela 15 - Matriz dos fatores rotacionados utilizando a Fatoração de Eixo Principal com rotação *Varimax* para todas as questões exceto a questões 1 e 10 da FSS para o Grupo B, associado com o α de Cronbach para os fatores selecionando as questões que possuem significância.

| | Fatores | | |
|----------------------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | |
| Q5 | 0,827 | 0,393 | 0,313 |
| Q4 | 0,799 | 0,270 | -0,024 |
| Q2 | 0,534 | 0,055 | 0,518 |
| Q6 | 0,298 | 0,927 | -0,157 |
| Q9 | 0,145 | 0,518 | 0,273 |
| Q3 | 0,076 | 0,371 | 0,047 |
| Q8 | 0,226 | 0,348 | 0,258 |
| Q7 | 0,065 | 0,100 | 0,965 |
| α | 0,798 | 0,608 | 0,689 |

O valor do fluxo é calculado pela média das questões. Foram consideradas quatro situações: todos as questões, removendo a questão 1, removendo a questão 10 e removendo as questões 1 e 10. Os resultados estão dispostos na Tabela 16.

Tabela 16 - Dados descritivos dos resultados da FSS, teste de normalidade, α de Cronbach e o teste de Kruskal-Wallis para cada caso.

| Todas as questões | | | | | | | | |
|---|-----------|----------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|
| | \bar{X} | σ | Máx. | Mín. | Med. | S.W. | α | K.W. |
| Grupo A | 5,353 | 0,764 | 6,500 | 3,600 | 5,600 | 0,015* | 0,784 | 0,289 |
| Grupo B | 5,240 | 0,659 | 6,400 | 3,500 | 5,300 | 0,192 | 0,595 | |
| Todas as questões, exceto a questão 1 | | | | | | | | |
| | \bar{X} | σ | Máx. | Mín. | Med. | S.W. | α | K.W. |
| Grupo A | 5,422 | 0,773 | 6,555 | 3,667 | 5,667 | 0,017* | 0,780 | 0,481 |
| Grupo B | 5,359 | 0,706 | 6,333 | 3,444 | 5,555 | 0,024* | 0,647 | |
| Todas as questões, exceto a questão 10 | | | | | | | | |
| | \bar{X} | σ | Máx. | Mín. | Med. | S.W. | α | K.W. |
| Grupo A | 5,770 | 0,845 | 6,778 | 3,889 | 6,055 | 0,004* | 0,825 | 0,153 |
| Grupo B | 5,552 | 0,778 | 7,000 | 3,778 | 5,611 | 0,711 | 0,722 | |
| Todas as questões, exceto as questões 1 e 10 | | | | | | | | |
| | \bar{X} | σ | Máx. | Mín. | Med. | S.W. | α | K.W. |
| Grupo A | 5,900 | 0,866 | 7,000 | 4,000 | 6,250 | 0,006* | 0,832 | 0,266 |
| Grupo B | 5,725 | 0,834 | 7,000 | 3,750 | 5,875 | 0,200 | 0,771 | |

* Hipótese nula de normalidade rejeitada ($\alpha = 0,05$); teste de Kruskal-Wallis (K.W.); teste de Shapiro-Wilk (S.W.)

Podemos notar que os dados de pelo menos um dos grupos não apresentou distribuição normal, portanto foram utilizados testes não paramétricos para comparar os grupos. Utilizamos o teste de Kruskal-Wallis para amostras independentes e a hipótese nula de virem de uma mesma distribuição foi mantida em todos os casos.

As três últimas questões da escala de Fluxo são usadas para obter uma medida direta da percepção das variáveis que teoricamente influenciam o Fluxo que são: dificuldade (Tabela 17), habilidade (Tabela 18) e desafio ou exigência (Tabela 19). Os valores de Fluxo encontrados estão descritos em forma de tabela. Por meio de uma análise de regressão linear foi possível perceber que apenas a habilidade está influenciando o Fluxo para o Grupo B ($\beta = 0,251858 \pm 0,095642$, $p = 0,013611$). Pode-se perceber na Tabela 18 que a média do valor do Fluxo aumenta com o aumento da habilidade percebida para o Grupo B.

Tabela 17 - Valores de Fluxo (número de caso) para a dificuldade percebida total em cada grupo e dividido por sexo.

| Dificuldade Percebida | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| Grupo A | 5,393 (14) | 5,543 (7) | 5,26 (5) | 4,8 (3) | 5,6 (1) | - | - |
| Masculino | 5,417 (6) | 5,65 (6) | 5,675 (4) | 6,2 (1) | - | - | - |
| Feminino | 5,375 (8) | 4,9 (1) | 3,6 (1) | 4,1 (2) | 5,6 (1) | - | - |
| Grupo B | 5,128 (18) | 5,55 (8) | 4,4 (1) | 5,4 (2) | 5,3 (1) | - | - |
| Masculino | 5,1 (8) | 5,18 (5) | - | 5,1 (1) | - | - | - |
| Feminino | 5,15 (10) | 6,167 (8) | 4,4 (1) | 5,7 (2) | 5,3 (1) | - | - |

Tabela 18 - Valores de Fluxo (número de caso) para a habilidade percebida total em cada grupo e dividido por sexo.

| Habilidade Percebida | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|
| Grupo A | - | - | - | 5,8 (2) | 5,471 (7) | 5,13 (10) | 5,4 (11) |
| Masculino | - | - | - | 6,1 (1) | 6,2 (3) | 5,55 (6) | 5,328 (7) |
| Feminino | - | - | - | 5,5 (1) | 4,925 (4) | 4,5 (4) | 5,525 (4) |
| Grupo B | - | 4,4 (1) | - | 3,5 (1) | 5,12 (5) | 5,325 (8) | 5,407 (15) |
| Masculino | - | - | - | - | 5,267 (3) | 5,025 (4) | 5,129 (7) |
| Feminino | - | 4,4 (1) | - | 3,5 (1) | 4,9 (2) | 5,625 (4) | 5,65 (8) |

Tabela 19 - Valores de Fluxo (número de caso) para a exigência percebida total em cada grupo e dividido por sexo.

| Exigência Percebida | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| Grupo A | 5,18 (5) | 5,6 (7) | 5,05 (4) | 5,189 (9) | 5,3 (3) | 6,35 (2) | - |
| Masculino | 5,133 (3) | 5,5 (4) | 5,4 (3) | 5,85 (4) | 5,6 (1) | 6,35 (2) | - |
| Feminino | 5,25 (2) | 5,73 (3) | 4 (1) | 4,66 (5) | 5,15 (2) | - | - |
| Grupo B | 5,011 (9) | 5,517 (6) | 5,328 (7) | 5,033 (6) | 5,75 (2) | - | - |
| Masculino | 5,014 (7) | 5,467 (3) | 4,5 (2) | 5,65 (2) | - | - | - |
| Feminino | 5 (2) | 5,567 (3) | 5,66 (5) | 4,725 (4) | 5,75 (2) | - | - |

4.3. Esforço estimado

Ao executar a rotina de Matlab desenvolvida para o cálculo da energia como descrito nos procedimentos metodológicos, restaram 10 amostras para o Grupo A e 14 amostras para o Grupo B, pois foram essas amostras que apresentaram menos de 5% de erro de leitura das posições dos pontos fornecidos pelo *Kinect*.

Para simplificar a análise, os valores de energia obtidos na cabeça e no tronco e foram somados e denominados de Compensatório, pois esses movimentos representam os movimentos compensatórios que o corpo faz para movimentar os membros superiores. As

energias dos braços e antebraços para cada lado do corpo foram somadas e obtidas as variáveis Membro Superior Direito (Direito) e Membro Superior Esquerdo (Esquerdo).

A Tabela 20 mostra as estatísticas descritivas dos dados obtidos. A única variável que apresentou distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) foi a variável relacionada aos movimentos compensatórios do Grupo A.

Tabela 20 - Estatística descritiva dos resultados de esforço estimado para os Grupos A e B.

| Grupo A | Média | Mínimo | Máximo | Shapiro-Wilk |
|----------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------|
| Compensatório | 0,1073 \pm 0,0298 | 0,01 | 0,31 | 0,144 |
| Esquerdo | 0,2985 \pm 0,0520 | 0,14 | 0,59 | 0,034* |
| Direito | 0,3447 \pm 0,0751 | 0,12 | 0,95 | 0,006* |
| Grupo B | | | | |
| Compensatório | 0,1486 \pm 0,0668 | 0,02 | 0,93 | 0,000* |
| Esquerdo | 0,5312 \pm 0,1136 | 0,26 | 1,92 | 0,000* |
| Direito | 0,4772 \pm 0,1287 | 0,24 | 2,12 | 0,000* |

*Rejeitou a hipótese nula de conter uma distribuição normal ($p < 0,05$)

Ao comparar esses resultados entre si, apenas o movimento do membro superior esquerdo entre os Grupos rejeitou a hipótese nula de serem da mesma distribuição pelo teste U de Mann-Whitney como podemos ver na Tabela 21.

Tabela 21 - Comparações entre as energias por unidade de tempo entre os Grupos e entre os membros superiores de um mesmo Grupo.

| Situação | Teste U de Mann-Whitney |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Compensatório entre Grupo A e Grupo B | 0,931 |
| Esquerdo entre Grupo A e Grupo B | 0,022* |
| Direito entre Grupo A e Grupo B | 0,172 |
| Direito e Esquerdo Grupo A | 0,796 |
| Direito e Esquerdo Grupo B | 0,194 |

* Rejeitou a hipótese nula ($p < 0,05$).

5. DISCUSSÃO

O jogo desenvolvido buscou contemplar dez características, que diferenciam um jogo sério de um ambiente virtual, apresentadas na introdução. A análise se concentrou na necessidade do exercício ser o meio de atingir o objetivo do jogo, ou seja, na jogabilidade. A discussão se dará inicialmente nesse tópico para então analisar as demais características.

A escala SUS foi aplicada para verificar se a usabilidade seria um impedimento para o estado de Fluxo dentro dos jogos. Obtivemos média de $88,250 \pm 8,360$ para o grupo A e média de $83,833 \pm 9,665$ para o grupo B. Apesar de uma média maior e com um desvio menor para o grupo A, não houve diferença estatística entre os dois grupos. Portanto, podemos dizer que a usabilidade de ambos os sistemas pesou de forma semelhante para a experiência como um todo. Assim, a usabilidade não serve como justificativa para uma diferença na percepção do estado de Fluxo entre os dois grupos.

As questões 4, 6, 7, 8 e 10 da escala SUS para o Grupo A tiveram quase todos os resultados concentradas na resposta ideal. Nas demais questões é possível perceber variação de resultados, principalmente na questão 1 (“Usaria este aplicativo com frequência”). Essa questão indica a possibilidade de ter ocorrido diferenças na perspectiva de interpretação do questionário. Esse jogo foi desenvolvido para pessoas pós-AVE, mas foi testado por pessoas saudáveis. O participante pode ter respondido pensando em estar no lugar de alguém com a deficiência ou na perspectiva dele próprio.

As questões 4 (“Preciso de um técnico para usar este sistema”), 7 (“A maioria das pessoas iria aprender rapidamente a usar este sistema”) e 10 (“Precisei aprender muitas coisas antes de usar o sistema”) da escala SUS para os dois grupos tiveram quase todos os resultados concentrados na resposta ideal, com a presença de poucas respostas muito discrepantes. Isso nos sugere que os dois jogos apresentaram regras simples e de fácil aprendizado.

O Grupo B obteve uma média inferior em usabilidade e, por uma inspeção visual de ambos os diagramas de caixa, podemos destacar as questões 5 (“As funções do sistema são bem integradas”), 6 (“Percebi muitas inconsistências no sistema”), 9 (“Me senti muito confiante usando o sistema”) da escala SUS como principais responsáveis pela diferença no resultado.

O enunciado da questão 9 traz a palavra-chave “confiança” e, em jogos, ela está relacionada com a sensação de estar “fazendo certo” (SCHELL, 2008). O Grupo B foi submetido a um jogo em que o foco era o movimento, porém nenhum *feedback* em relação à

qualidade do movimento é dado para o jogador. Apenas se ele progride ou não no jogo, o que pode gerar a sensação de incerteza.

O resultado da escala SUS varia entre 0 e 100, mas não se pode analisar os valores em termos percentuais, ou seja um resultado de 90 não quer dizer 90% da usabilidade ótima. Inicialmente, a escala SUS foi desenvolvida para comparações de cenários. Estudos posteriores elaboraram classificações absolutas de usabilidade utilizando a nota da SUS. Essas classificações foram obtidas por meio de comparação entre diversos resultados de usabilidade obtidos utilizando essa escala. (BANGOR, KORTUM e MILLER, 2009; SAURO, 2011). Um estudo obteve valores médios diferentes para cada tipo de sistema, sendo que para *websites* foi de 68,2 e interfaces gráficas foi de 76,2, e relacionou um resultado numérico do teste com um conceito qualitativo que pode ser visto no Quadro 4 (BANGOR, KORTUM e MILLER, 2009). Assim, nesse contexto, podemos dizer que o resultado para o Grupo A está na faixa dita como o melhor cenário possível e para o Grupo B está na faixa do excelente.

Quadro 4 - Adjetivos absolutos para faixa de valores da escala SUS.

| Adjetivo | De | Até |
|-------------------------|-----------|------------|
| Pior cenário possível | 0 | 24 |
| Ruim | 25 | 37 |
| Regular | 38 | 51 |
| Bom | 52 | 72 |
| Excelente | 73 | 84 |
| Melhor cenário possível | 85 | 100 |

Fonte: BANGOR; KORTUM; MILLER, 2009

Tendo em vista que não houve diferença na usabilidade entre os dois protótipos e apresentaram valores significativos, iniciou-se a análise do Fluxo em si. Antes de usar os resultados do Fluxo, foi investigada a possibilidade de redução em dois fatores proposta pelo autor da escala. A análise dos fatores da escala FSS se inicia com a correlação de Pearson para averiguar se as questões se correlacionaram estatisticamente. Já nesse estágio, foi observado que uma questão 10 no Grupo A e a questão 1 no Grupo B não se correlacionaram com as demais. No Grupo A, a questão 10 (“Estava completamente perdido em pensamentos”), de a média de 1,6, teve um resultado consideravelmente menor que o resultado das demais questões

cujas médias superam 4. E no Grupo B, a questão 1 (“Senti a quantidade certa de desafio”) não possui uma média discrepante como no caso do Grupo A, porém não se correlacionou.

Ao analisar os dados da literatura para buscar explicação para a não correlação dos itens, percebemos que o artigo original da escala foi desenvolvido em alemão. O item 10 em alemão possui o seguinte enunciado “*Ich bin völlig selbstvergessen*” (KLAUER, 2004). O enunciado utilizado para a tradução nesse trabalho foi do inglês, “*I am completely lost in thought*” (ENGESER e RHEINBERG, 2008). Esse termo em inglês possui uma conotação dúbia. Se entende que o indivíduo estaria em um estado fora de si ou da realidade, mas ao utilizar o termo “*thought*”, não se especifica onde estaria o foco do pensamento. Dessa forma, abre-se para a interpretação de duas conotações opostas. Uma das conotações diz respeito ao indivíduo estar tão concentrado na atividade que a realidade ao seu redor cessa de existir, assim o indivíduo se perdeu em pensamentos relativos a atividade em questão. A segunda conotação seria de estar em uma atividade que faz o indivíduo se perder em diversos pensamentos, ou seja, pensar em tudo, menos na atividade em questão. Pela natureza dos resultados do Grupo A que muitos discordaram do item 10, média 1,60, e ao mesmo tempo concordaram com o item 6 “Fiquei totalmente absorvido no que estava fazendo”, média 6,13, pode-se inferir que a segunda conotação se fez mais presente na tradução do português.

Segundo o *Digitales Wörterbuch der Deutschen Sprache des 20. Jahrhunderts*, dicionário digital de alemão, o termo “*selbstvergessen*” significa “*gehoben einer Tätigkeit so sehr hingegeben, dass man alles andere darüber anscheinend vergessen hat; in Gedanken verloren*”⁹. Ao utilizar a tradução para o inglês do Google tradutor, obtemos o seguinte resultado: “*lifted an activity so much indulged, that everything else has apparently forgotten about it; lost in thought*”. Provavelmente, os dados do estudo da literatura foram obtidos aplicando o questionário em alemão e ao fazer a tradução da publicação em inglês, os autores utilizaram o termo “*lost in thought*”, mas o primeiro significado que o dicionário apresenta seria mais coerente com a verdadeira conotação que o item deseja transmitir. Dessa forma, a tradução em português resultante de uma tradução ambígua do inglês pode ter sido entendida com a conotação de devaneio, enquanto de fato deveria ser de concentração que é o esperado do estado de Fluxo.

O texto da questão 1 diz “Senti a quantidade certa de desafio” e temos como significado principal o desafio. O jogo com foco no movimento não apresenta desafio para pessoas

⁹ Verbete disponível em: <<http://www.dwds.de/?qu=selbstvergessen>>. Acesso em 08/08/2015.

saudáveis, já que só é necessário executar o movimento proposto repetidas vezes. Situação semelhante ocorreu ao aplicar o questionário para o análise de *websites* (MAHNKE, WAGNER e BENLIAN, 2012). Já a questão 10, que não se correlacionou com as outras questões do Grupo A, obteve a menor média, 2,43, mas apresentou correlação com as outras questões no Grupo B.

Nenhuma das reduções de dimensões por análise de fatores apresentou a redução em dois fatores como descrito pelos autores. Isso pode ser explicado, inicialmente, pelos problemas das questões sem correlação com as demais já mencionadas e, nos casos que excluímos as questões sem correlação, pela amostra ser pequena. A análise de fatores, na recomendação menos exigente, necessitaria de 5 amostras no mínimo para cada item do questionário, o que necessitaria de 50 amostras por grupo (FIELD, 2005). Previamente, a preocupação estava na análise dos resultados e não na validação da escala, já que foi validada para jogos, mas após a análise foi constatada a necessidade de se validá-la para jogos sérios em saúde.

A análise de fatores para o Grupo A com todas as questões apresentou 4 fatores e, ao remover a questão 10, foi reduzida para 3 fatores. O primeiro fator para esses dois casos mapeia as mesmas questões exceto a questão 4 para o fator Fluência descrito na literatura, assim como o terceiro fator mapeia as mesmas questões exceto a questão 10 do fator Absorção (MAHNKE, WAGNER e BENLIAN, 2012). Ao remover as questões 1 e 10, podemos perceber que os fatores 1 e 3 descrevem os fatores apresentados pela literatura e o segundo fator ficou relacionado à questão 4. Portanto, podemos concluir que as questões 10 e 4 foram responsáveis pelos fatores adicionais. A questão 10 já foi discutida anteriormente, mas a questão 4 de texto “Não tive dificuldade de concentrar” cabe uma análise mais profunda do significado que a questão transmite. A análise de fatores para o Grupo B não apresentou nenhum resultado semelhante à literatura. Não se pretende analisar os resultados em fatores, já que buscamos a variável Fluxo como um todo. A análise de fatores foi realizada para averiguar a validade dos resultados obtidos, uma vez que a escala não foi validada em língua portuguesa.

Devido à discordância com o que se era esperado para os resultados e a incerteza da influência das questões 1 e 10 no questionário, realizamos os testes nos quatro casos possíveis: todas as questões, excluindo a questão 1, excluindo a questão 10 e excluindo as questões 1 e 10. Pode-se ver na Tabela 16 que o maior α de Cronbach é para o último caso, fornecendo a análise mais confiável. De qualquer forma, não houve diferença significativa em nenhum dos casos.

Engeser e Rheinberg (2008) realizaram um estudo para medir o Fluxo com o jogo *Pacman* no qual 60 participantes jogaram três rodadas preliminares por 2 minutos cada, para se

acostumarem com o jogo. Após jogar cinco partidas de cinco minutos com dificuldades diferentes, o participante preenchia o formulário da FSS. A maior média de Fluxo, $5,21 \pm 1.03$, foi para a terceira partida que estava na dificuldade média. Seguindo as informações reportadas pelo estudo, as sessões levaram 30 minutos por participante. Percebe-se que o contato com o jogo foi bem mais extenso que o desse trabalho no qual o Grupo A teve tempo médio de aproximadamente 7 minutos e o Grupo B de aproximadamente 5 minutos.

O curto contato com o jogo pode ter levado os participantes desse trabalho a terem dificuldade de estabelecer um julgamento adequado. Inicialmente, não foi pensado nessa possibilidade de influência, já que os estudos não apontam nenhuma informação nesse sentido. Assim, é cogitada a hipótese de que as respostas estão mais relacionadas ao aparato tecnológico, interação com ambiente virtual utilizando o Kinect, do que ao jogo desenvolvido.

Outro fator importante é que os sujeitos participantes dessa pesquisa foram apresentados a um jogo desenvolvido para pessoas que sofreram AVE. Isso abre para a hipótese do participante responder na perspectiva de uma pessoa que sofreu AVE e não por ela mesma, como a questão 1 da escala SUS indicou. Além desses apontamentos metodológicos, o instrumento, de fato, levou a um erro de interpretação como a análise de correlação evidenciou: o significado do item 10 que deveria ser de concentração, mas transmitiu o significado de distração; e, o Grupo B que provavelmente não encontrou o desafio na atividade.

A média obtida para os dois grupos, no caso de todas as questões exceto a questão 1 e 10, foi superior ao observado no jogo de *Pacman*. A motivação intrínseca, aquela relacionada a interesses e gostos, não é medida pela FSS (MAHNKE, WAGNER e BENLIAN, 2012). Assim, podemos supor que o interesse prévio e a novidade tecnológica de interagir com o ambiente virtual foi superior à experiência vivenciada com a ferramenta desenvolvida, seja a com foco no movimento ou com foco na jogabilidade, e, provavelmente, foi esse interesse prévio que repercutiu nos resultados, fazendo assim eles serem semelhantes.

Um dos aspectos primordiais para a caracterização de um jogo é a não obrigatoriedade de seu uso. Isso está relacionado com a forma que o profissional de saúde irá abordar a tecnologia com o seu paciente. O jogo não deve substituir a terapia padrão e se apresentaria como uma excelente ferramenta para a prática na residência do paciente, pois o ambiente virtual gera dados para os terapeutas avaliarem a atividade realizada a posteriori.

A viabilidade desse cenário é promissora, pois o paciente conseguiria comprar os equipamentos com um custo relativamente baixo. Os equipamentos necessários seriam apenas um computador e um sensor *Kinect for Xbox 360*. O computador está presente em 49% das

residências brasileiras segundo pesquisa realizada pelo Cetic.br em 2013¹⁰ e o sensor pode ser obtido em lojas de eletrônicos ou de videogames por 300 reais em média no primeiro semestre de 2015. É recomendável que se conecte um televisor ao computador para se obter uma experiência melhor, já que os monitores dos computadores costumam ser pequenos para a distância recomendada do uso do sensor. Os dados das sessões de jogo poderiam ser enviados para o terapeuta por um dispositivo de armazenamento removível ou, em versões futuras do jogo, pela internet.

A tela de tutorial do movimento a ser realizado apresentada na seção 2.7 e a breve explicação fornecida aos participantes sobre a metodologia da pesquisa foram suficientes para eles entenderem os objetivos, regras e condição de vitória do jogo. Entretanto, notou-se que nem todos os participantes entendiam a interação com o jogo, sendo necessárias informações adicionais que eram passadas verbalmente.

A maior dúvida apresentada pelos participantes era sobre qual objeto na tela o jogador controla. Alguns focavam na representação do barqueiro e não na representação do barco, mesmo o barqueiro estando fora do centro da tela. Outra observação foi que os participantes realizavam movimentos diversos que moviam o barco, mas não eram o movimento que deveria ser realizado pelo jogador. Isso não é um problema, pois o jogo deve permitir que o jogador descubra o melhor caminho por meio da interação com o jogo (SCHELL, 2008). Alguns participantes perceberam que se realizassem o movimento descrito no tutorial, economizariam energia, já outros mantiveram o mesmo movimento até o final do jogo. Acredita-se que o melhor papel do jogo nessa situação é mostrar ao jogador que o movimento pode ser melhorado durante o jogo, pois reforçaria o princípio de *feedback* constante. A versão atual não apresenta tal funcionalidade, deixando a responsabilidade para quem está acompanhando o paciente.

A importância do conflito social, o valor endógeno da atividade e a apropriação do conteúdo não foram mensurados pela pesquisa, de tal forma que não podemos concluir algo sobre esses tópicos. Acreditava-se observar essas influências de forma indireta nos resultados do Fluxo, pois se houvesse diferença, poderíamos afirmar que a narrativa que trazia esses elementos diferenciais para o jogo foi a principal responsável pela diferença entre os jogos. Como não houve diferença, não se torna conclusiva a influência desses elementos, necessitando que outros estudos abordem esses tópicos.

¹⁰ Disponível em: <http://data.cetic.br/cetic/explore?idPesquisa=TIC_DOM>. Data de acesso: 05/08/2015

A acuidade sensorial também não foi testada no estudo, pois envolveu apenas indivíduos saudáveis. Todavia, os componentes desenvolvidos foram projetados para serem personalizáveis de tal forma que as constantes apresentadas nas equações de detecção do movimento na seção 2.4 podem ser alteradas no motor do jogo. Isso permite que outros valores possam ser atualizados para pessoas com baixa acuidade ou que se desenvolva um sistema de adaptação desses valores baseado no perfil do jogador.

A apropriação do desafio para as habilidades motoras e cognitivas do jogador é fundamental para o sucesso de um jogo sério de saúde, uma vez que se o jogador não consegue avançar no jogo, ele poderá encontrar frustração na experiência. O jogo foi desenvolvido focando em indivíduos que sofreram AVE, portanto se esperava um desafio no próprio ato de movimentar o membro afetado. Tal desafio não é percebido em pessoas saudáveis como os resultados nos mostram: o Grupo B, submetido ao jogo que apenas exige movimentos dos braços, teve o item 1 da FSS (“Senti a quantidade certa de desafio”) não se correlacionando com os demais itens e possuiu a menor média do questionário, $4,17 \pm 1,744$, excluindo o item 10; o Grupo A reportou que a dificuldade e as exigências se mostraram baixas pelo resultado dos questionários, $2,00 \pm 1,174$ e $3,13 \pm 1,502$, respectivamente e consideraram a sua competência na área alta, $6,00 \pm 0,947$. Conclui-se que o desafio do jogo apresentado se mostrou baixo para os participantes, dessa forma, ele tende a ser adequado a indivíduos que sofreram AVE. Já o caso contrário, de apresentar alto nível de desafio até para pessoas saudáveis, seria um sério problema de adaptação ao público-alvo.

A última análise realizada foi sobre o esforço estimado e é percebido que o Grupo B teve um esforço estimado maior que o Grupo A, sendo que para os movimentos do membro superior esquerdo a diferença foi significativa. Uma possível explicação é que o Grupo A controlou o barco, e para isso, teve de esperar o *feedback* do movimento do barco. Dessa forma, em um dado período de tempo, o jogador realizou menos movimentos do que o Grupo B, em que o jogador deve cumprir o movimento exigido apenas interpretando se o movimento foi identificado ou não. Outro fator que contribuiu para essa diferença foi que, no Grupo A, o jogador consegue controlar o barco com vários movimentos de pequena amplitude, já no Grupo B, o limiar de detecção, como explicado no item 2.6, estabeleceu um parâmetro mínimo de movimento exigido.

6. CONCLUSÃO

Os protótipos de jogos desenvolvidos obtiveram bom desempenho quando comparados com os demais trabalhos na literatura em relação a usabilidade e presença do Fluxo, porém não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois protótipos. Assim, não é confirmada a hipótese de que jogos com foco na jogabilidade provocam maior engajamento nos jogadores do que jogos com foco no movimento. As justificativas para não haver diferenças significativas nos resultados dos dois protótipos são inconclusivas, o que sugere uma limitação nos instrumentos utilizados para mensurar as experiências.

Nota-se que os resultados foram próximos apesar de serem experiências distintas, sugerindo a necessidade de estudar um parâmetro de tempo mínimo de interação com o sistema para que o participante consiga chegar a uma resposta com maior precisão. A maior diferença entre os dois Grupos aconteceu no item que mapeia a questão do desafio. Isso se explica pelo fato de não haver desafio, para pessoas saudáveis, em apenas realizar movimentos como era a maior exigência no protótipo de jogo com foco no movimento.

O problema na tradução da escala FSS foi observado após a coleta dos dados. Por isso, sugerimos que trabalhos futuros substituam o item 10 da escala por algum dos seguintes enunciados: “Estava completamente compenetrado na atividade”, “Estava tão concentrado na atividade que não percebi os meus arredores” ou “Estava completamente concentrado e me senti fora da realidade”. Pois, assim, teria mais relação com o significado original. Além disso, seria necessário atentar para o enunciado do item 4 da mesma escala, já que na análise de fatores, ele não se associou ao grupo que deveria.

Mesmo com esses problemas detectados, os resultados sugerem que o ambiente está cativando a atenção do usuário e o mantendo com alto nível de engajamento devido ao alto resultado das escalas em ambos os grupos. Portanto, a construção do jogo completo é viável como um bom substituto aos jogos comerciais na terapia de jogos.

7. REFERÊNCIAS

- BACH-Y-RITA, P. *et al.* Computer-assisted motivating rehabilitation (CAMR) for institutional, home, and educational late stroke programs. **Topics in stroke rehabilitation**, v. 8, p. 1–10, 2002.
- BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. **Journal of usability studies**, v. 4, n. 3, p. 114–123, 2009.
- BOIAN, R. *et al.* **Virtual reality-based post-stroke hand rehabilitation** (J. D. Westwood et al., Eds.) Studies in Health Technology and Informatics. **Anais...**IOS Press, 2002Disponível em: <<http://ebooks.iospress.nl/publication/18965>>
- BRASIL. **Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com com Acidente Vascular Cerebral Diretrizes**. 1. ed. Brasília, Brasil: Ministério da Saúde, 2013.
- BROOKE, J. SUS-A quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, v. 189, p. 194, 1996.
- BURKE, J. W. *et al.* **Vision based games for upper-limb stroke rehabilitation**International Machine Vision and Image Processing Conference. **Anais...**Coleraine: IEEE, 2008
- BURKE, J. W. *et al.* Augmented Reality Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation. **2010 Second International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications**, p. 75–78, 2010.
- CHANG, Y. J.; CHEN, S. F.; CHUANG, A. F. A gesture recognition system to transition autonomously through vocational tasks for individuals with cognitive impairments. **Research in developmental disabilities**, v. 32, n. 6, p. 2064–8, 2011.
- CHANG, Y. J.; CHEN, S. F.; HUANG, J. DA. A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities. **Research in Developmental Disabilities**, v. 32, p. 2566–2570, 2011.
- CHEN, M. J. Flow in Games. **Jenovachen.Com**, p. 20, 2006.
- CIRSTEA, C. M.; PTITO, A.; LEVIN, M. F. Feedback and cognition in arm motor skill reacquisition after stroke. **Stroke**, v. 37, p. 1237–1242, 2006.
- CIRSTEA, M. C.; LEVIN, M. F. Improvement of arm movement patterns and endpoint control depends on type of feedback during practice in stroke survivors. **Neurorehabilitation and neural repair**, v. 21, n. 5, p. 398–411, 2007.
- CONNELLY, L. *et al.* A pneumatic glove and immersive virtual reality environment for hand rehabilitative training after stroke. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 18, p. 551–559, 2010.

DANDENEAU, S. D.; BALDWIN, M. W. The Inhibition of Socially Rejecting Information Among People with High Versus Low Self-Esteem: The Role of Attentional Bias and the Effects of Bias Reduction Training. **Journal of Social and Clinical Psychology**, v. 23, n. 4, p. 584–603, ago. 2004.

ENGESER, S.; RHEINBERG, F. Flow, performance and moderators of challenge-skill balance. **Motivation and Emotion**, v. 32, p. 158–172, 2008.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. 2. ed. London: SAGE, 2005. v. 58

FLORES, E. *et al.* Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation. **Proceedings of the 2008 International Conference in Advances on Computer Entertainment Technology - ACE '08**, v. 7, p. 381, 2008.

GERLING, K. *et al.* **Full-body motion-based game interaction for older adults** Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '12. **Anais...2012**

HALTON, J. **Virtual rehabilitation with video games: A new frontier for occupational therapy** Occupational Therapy Now. **Anais...2008**

HUANG, L. L.; LEE, C. F.; CHEN, M. H. **Applying Commercial Digital Games to Promote Upper Extremity Movement Functions for Stroke Patients** ACHI 2013, The Sixth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions. **Anais...Nice, France: 2013**

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Principles of Neural Science**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Medical, 2000. v. 4

KLAUER, K. J. Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept. **Zeitschrift für Pädagogische Psychologie**, v. 18, n. 1, p. 65–67, jan. 2004.

LANGE, B. *et al.* Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. **Topics in stroke rehabilitation**, v. 17, n. 5, p. 345–52, 2010.

LAUTERBACH, S. A.; FOREMAN, M. H.; ENGSBERG, J. R. Computer Games as Therapy for Persons with Stroke. **Games for Health Journal**, v. 2, n. 1, p. 24–28, fev. 2013.

LEDER, R. S. *et al.* **Computer game motivating rehabilitation with objective measures of improvement in motor function** 2001 Conference Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. **Anais...IEEE, 2001**

LIN, J.; KELLEHER, C. L.; ENGSBERG, J. R. Developing Home-Based Virtual Reality Therapy Interventions. **Games for Health Journal**, v. 2, n. 1, p. 34–38, fev. 2013.

LINDLEY, C. A. Narrative, game play, and alternative time structures for virtual environments. **LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE**, p. 183–194, 2004.

MAHNKE, R.; WAGNER, T.; BENLIAN, A. **Flow Experience On The Web: Measurement Validation And Mixed Method Survey Of Flow Activities** European Conference on Information Systems Proceedings - ECIS 2012. **Anais...**2012

MICHAEL, D.; CHEN, S. **Serious games**. 1. ed. Boston: Thomson Learning PTR, 2006.

MICROSOFT, D. N. **Natural User Interface for Kinect for Windows**. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh855352.aspx>>. Acesso em: 8 mar. 2015a.

_____. **Interaction Space**. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973071.aspx>>. Acesso em: 8 mar. 2015b.

_____. **Skeletal Tracking**. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973074.aspx>>. Acesso em: 8 mar. 2015c.

_____. **Tracking Users with Kinect Skeletal Tracking**. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131025.aspx>>. Acesso em: 8 mar. 2015d.

_____. **Tracking Modes (Seated and Default)**. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973077.aspx>>. Acesso em: 8 mar. 2015e.

_____. **Color Stream**. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131027.aspx>>. Acesso em: 10 mar. 2015f.

O'BRIEN, H. L.; TOMS, E. G. What is user engagement? A conceptual framework for defining user engagement with technology. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 59, p. 938–955, 2008.

_____. The development and evaluation of a survey to measure user engagement. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, p. 50–69, 2010.

O'DONOVAN, C. *et al.* Energy expended playing Xbox Kinect™ And Wii™ Games: A preliminary study comparing single and multiplayer modes. **Physiotherapy (United Kingdom)**, v. 98, p. 224–229, 2012.

PARRY, I. S. *et al.* Commercially available interactive video games in burn rehabilitation: Therapeutic potential. **Burns**, v. 38, p. 493–500, 2012.

PERES, S. C.; PHAM, T.; PHILLIPS, R. Validation of the System Usability Scale (SUS): SUS in the Wild. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, v. 57, n. 1, p. 192–196, 2013.

PURVES, D. *et al.* **Neuroscience, Fifth Edition**. 5. ed. Stamford: Sinauer Associates, Inc., 2011. v. 5

ROBERTSON, G. *et al.* **Research Methods in Biomechanics**. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2013.

ROLLINGS, A.; MORRIS, D. **Game Architecture and Design: A New Edition**. 1. ed. Indianápolis: New Riders, 2003.

SAINI, S. *et al.* **A low-cost game framework for a home-based stroke rehabilitation system** 2012 International Conference on Computer and Information Science, ICCIS 2012 - A Conference of World Engineering, Science and Technology Congress, ESTCON 2012 - Conference Proceedings. **Anais...**2012

SAPOSNIK, G. *et al.* Effectiveness of Virtual Reality Using Wii Gaming Technology in Stroke Rehabilitation. **American Heart Association**, p. 1477–1484, 2010.

SAPOSNIK, G.; LEVIN, M. F. Virtual reality in stroke rehabilitation: A meta-analysis and implications for clinicians. **Stroke**, v. 42, p. 1380–1386, 2011.

SAURO, J. **Measuring Usability With The System Usability Scale (SUS)**.

SHELL, J. **The Art of Game Design: A Book of Lenses**. 1. ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2008. v. 54

SCHÖNAUER, C.; PINTARIC, T. Full Body Interaction for Serious Games in Motor Rehabilitation. **Virtual Reality**, v. ACM Press, p. 1–8, 2011.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor Control. Translating Research into Clinical Practice**. 4. ed. Baltimore: Wolters Kluwer, 2011.

SIVAK, M.; MAVROIDIS, C.; HOLDEN, M. K. **Design of a low cost Multiple User Virtual Environment for Rehabilitation (MUVER) of patients with stroke** Studies in Health Technology and Informatics. **Anais...**2009

VERHEYDEN, G. *et al.* Time course of trunk, arm, leg, and functional recovery after ischemic stroke. **Neurorehabilitation and neural repair**, v. 22, n. 2, p. 173–9, 2008.

WEISS, L. D.; LENABURG, H. J.; WEISS, J. M. **Physical Medicine and Rehabilitation Q&A Review**. 1. ed. New York: Demos Medical, 2013.

WINTER, D. A. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

YAMASHITA, T.; ABE, K. Potential treatment strategies for enhancing neuroplasticity and regeneration after ischemic stroke. **Future Neurology**, v. 7, n. 3, p. 279–285, maio 2012.

8. APÊNDICES

8.1. Apêndice A – System Usability Scale (SUS) traduzido

| | Sobre sua opinião, marque o quanto concorda com as seguintes afirmações | Discordo | | | Concordo | |
|----|---|------------|--|--|------------|--|
| | | Plenamente | | | Plenamente | |
| 1 | Usaria este aplicativo com frequência | | | | | |
| 2 | O sistema é desnecessariamente complexo | | | | | |
| 3 | O sistema foi fácil usar | | | | | |
| 4 | Preciso de um técnico para usar este sistema | | | | | |
| 5 | As funções do sistema são bem integradas | | | | | |
| 6 | Percebi muitas inconsistências no sistema | | | | | |
| 7 | A maioria das pessoas iria aprender rapidamente a usar este sistema | | | | | |
| 8 | O sistema foi muito complicado de usar | | | | | |
| 9 | Me senti muito confiante usando o sistema | | | | | |
| 10 | Precisei aprender muitas coisas antes de usar o sistema | | | | | |

8.2. Apêndice B - Flow Short Scale (FSS) traduzido

| | | | | | | | | |
|--|----------------|--|--|--|--|--|--|------------|
| | De modo nenhum | | | | | | | Muito |
| Senti a quantidade certa de desafio | | | | | | | | |
| Meus pensamentos e ações fluíram bem | | | | | | | | |
| Não percebi o tempo passando | | | | | | | | |
| Não tive dificuldade de concentrar | | | | | | | | |
| Minha mente está livre | | | | | | | | |
| Fiquei totalmente absorvido no que estava fazendo | | | | | | | | |
| Os pensamentos e movimentos corretos ocorreram espontaneamente | | | | | | | | |
| Sabia o que eu tinha que fazer a cada momento | | | | | | | | |
| Senti que tinha tudo sob controle | | | | | | | | |
| Estava completamente perdido em pensamentos | | | | | | | | |
| | Fácil | | | | | | | Difícil |
| Comparando com todas atividades que participo, esta é.... | | | | | | | | |
| | Baixo | | | | | | | Alto |
| Eu acho que a minha competência nesta área é.... | | | | | | | | |
| | Muito baixa | | | | | | | Muito alta |
| Para mim, pessoalmente, as exigências da atividade são... | | | | | | | | |

8.3. Apêndice C – Estatística Descritiva das Respostas Grupo A

| | Mínimo | Máximo | Média |
|-------------------------------------|--------|--------|------------------|
| System Usability Scale (SUS) | | | |
| 1 | 1 | 5 | $4,00 \pm 1,050$ |
| 2 | 1 | 5 | $1,83 \pm 1,289$ |
| 3 | 1 | 5 | $4,53 \pm 0,973$ |
| 4 | 1 | 5 | $1,43 \pm 1,073$ |
| 5 | 1 | 5 | $4,37 \pm 0,928$ |
| 6 | 1 | 3 | $1,27 \pm 0,521$ |
| 7 | 3 | 5 | $4,77 \pm 0,504$ |
| 8 | 1 | 2 | $1,07 \pm 0,254$ |
| 9 | 1 | 5 | $4,37 \pm 1,066$ |
| 10 | 1 | 2 | $1,13 \pm 0,346$ |
| Flow Short Scale (FSS) | | | |
| 1 | 1 | 7 | $4,73 \pm 1,530$ |
| 2 | 4 | 7 | $6,00 \pm 1,083$ |
| 3 | 1 | 7 | $5,77 \pm 1,278$ |
| 4 | 1 | 7 | $5,87 \pm 1,776$ |
| 5 | 3 | 7 | $6,07 \pm 1,230$ |
| 6 | 5 | 7 | $6,13 \pm 0,819$ |
| 7 | 2 | 7 | $5,53 \pm 1,456$ |
| 8 | 3 | 7 | $6,03 \pm 1,245$ |
| 9 | 3 | 7 | $5,80 \pm 1,126$ |
| 10 | 1 | 6 | $1,60 \pm 1,329$ |
| 11 | 1 | 5 | $2,00 \pm 1,174$ |
| 12 | 4 | 7 | $6,00 \pm 0,947$ |
| 13 | 1 | 6 | $3,13 \pm 1,502$ |

8.4. Apêndice D – Estatística Descritiva das Respostas Grupo B

| | Mínimo | Máximo | Média | Desvio Padrão |
|------------------------------|--------|--------|--------------|---------------|
| System Usability Scale (SUS) | | | | |
| 1 | 2 | 5 | 3,67 ± 0,994 | |
| 2 | 1 | 4 | 1,63 ± 0,890 | |
| 3 | 1 | 5 | 3,97 ± 1,402 | |
| 4 | 1 | 5 | 1,33 ± 0,922 | |
| 5 | 2 | 5 | 4,23 ± 0,858 | |
| 6 | 1 | 4 | 1,73 ± 0,868 | |
| 7 | 3 | 5 | 4,83 ± 0,461 | |
| 8 | 1 | 5 | 1,53 ± 0,937 | |
| 9 | 1 | 5 | 4,27 ± 0,907 | |
| 10 | 1 | 2 | 1,20 ± 0,407 | |
| Flow Short Scale (FSS) | | | | |
| 1 | 1 | 7 | 4,17 ± 1,744 | |
| 2 | 2 | 7 | 5,63 ± 1,351 | |
| 3 | 1 | 7 | 5,53 ± 1,634 | |
| 4 | 1 | 7 | 5,87 ± 1,613 | |
| 5 | 3 | 7 | 6,00 ± 1,114 | |
| 6 | 2 | 7 | 5,90 ± 1,296 | |
| 7 | 3 | 7 | 5,47 ± 0,973 | |
| 8 | 3 | 7 | 5,77 ± 1,382 | |
| 9 | 2 | 7 | 5,63 ± 1,273 | |
| 10 | 1 | 6 | 2,43 ± 1,633 | |
| 11 | 1 | 5 | 1,67 ± 1,061 | |
| 12 | 2 | 7 | 6,13 ± 1,167 | |
| 13 | 1 | 5 | 2,53 ± 1,306 | |