

Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Rascius – Endrigho De Alcântara Uchôa Belfort

**AVALIAÇÃO E REABILITAÇÃO NEUROLÓGICA POR MEIO DE SISTEMA
EMBARCADO COM INTERFACE HUMANA DO USUÁRIO E *EXERGAMES*:**

Therapy And Game System (TGS)

**NEUROLOGICAL ASSESSMENT AND REHABILITATION THROUGH AN
EMBEDDED SYSTEM WITH HUMAN USER INTERFACE AND EXERGAMES:**

Therapy And Game System (TGS)

São José dos Campos
2023

Rascius – Endrigho De Alcântara Uchôa Belfort

**AVALIAÇÃO E REABILITAÇÃO NEUROLÓGICA POR MEIO DE SISTEMA
EMBARCADO COM INTERFACE HUMANA DO USUÁRIO E *EXERGAMES*:**

Therapy And Game System (TGS)

Tese de doutorado apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Biomédica do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, como complementação de créditos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Pupio Silva Lima

Co-Orientador: Prof. Dr. Mario Oliveira Lima

São José dos Campos, SP
2023

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA OBRA

Ficha catalográfica

Belfort, Rascius-Endrigho De Alcântara Uchôa

Avaliação e reabilitação neurológica por meio de sistema embarcado com interface humana do usuário e exergames : Therapy And Game System (TGS) / Rascius-Endrigho De Alcântara Uchôa Belfort; orientadora, Fernanda Pupio Silva Lima; co-orientadora Mario Oliveira Lima. - São José dos Campos, SP, 2023.

1 CD-ROM, 124 p.

Tese (Doutorado) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

Inclui referências

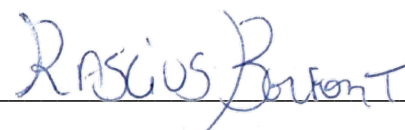
1. Engenharia Biomédica. 2. Interface usuário-computador. 3. Jogos de vídeo. 4. Reabilitação neurológica. I. Lima, Fernanda Pupio Silva, orient. II. Lima, Mario Oliveira, co-orient. III. Universidade do Vale do Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

Eu, Rascius-Endrigho De Alcântara Uchôa Belfort, autor(a) da obra acima referenciada:

Autorizo a divulgação total ou parcial da obra impressa, digital ou fixada em outro tipo de mídia, bem como, a sua reprodução total ou parcial, devendo o usuário da reprodução atribuir os créditos ao autor da obra, citando a fonte.

Declaro, para todos os fins e efeitos de direito, que o Trabalho foi elaborado respeitando os princípios da moral e da ética e não violou qualquer direito de propriedade intelectual sob pena de responder civil, criminal, ética e profissionalmente por meus atos.

São José dos Campos, 28 de Junho de 2023.



Autor(a) da Obra

RASCIUS – ENDRIGHO DE ALCÂNTARA UCHÔA BELFORT

“AVALIAÇÃO E REABILITAÇÃO NEUROLÓGICA POR MEIO DE SISTEMA EMBARCADO COM INTERFACE HUMANA DO USUÁRIO E EXERGAMES: THERAPY AND GAME SYSTEM.”

Tese aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba – Univap, pela seguinte banca examinadora:

Prof.ª Dr.ª Emilia Angela Lo Schiavo Arisawa	<i>Emilia Angela Lo S Arisawa</i>
Prof.ª Dr.ª Fernanda Pupio Silva Lima	<i>Fernanda Pupio Silva Lima</i>
Prof. Dr. Mário Oliveira Lima	<i>Mário Oliveira Lima</i>
Prof. Dr. Alessandro Corrêa Mendes	<i>Alessandro Correa Mendes</i>
Prof. Dr. Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins	<i>Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins</i>
Prof. Dr. Alessandro Pereira da Silva	<i>Alessandro Pereira da Silva</i>

Prof.ª Dr.ª Lúcia Vieira

Diretora do IP&D – Univap

São José dos Campos, 15 de fevereiro de 2023.

DEDICATÓRIA

Por mais que esse seja um trecho opcional para um trabalho acadêmico, eu o encaro como uma das partes mais importantes. Eu sempre deixo para escrever esse texto por último, pois é o momento que eu consigo me desprender de todo olhar científico para desenvolvimento de uma pesquisa científica como essa, e olhar um pouco para meus sentimentos e tudo o que é de abstrato e valoroso.

Esse trabalho será totalmente dedicado para a mulher mais importante da minha vida, minha mãe, Maria Lindalva Uchôa Belfort. Ela me ensinou a ser esse homem de fibra que busca os sonhos e não abaixa a cabeça para as dificuldades de maneira tão fácil. Me ensinou a encontrar a fé quando tudo quer sucumbir, e graças aos seus ensinamentos consegui passar por problemas os quais tive que enfrentar sozinho, mas eu sei que sempre poderei contar com você, e você sempre será minha rainha.

Ao meu Pai, Prof. Dr. Cristovam Colombo por me indicar o mundo vasto do conhecimento como uma opção de propósito de vida. Por sempre estar a postos para me dar os melhores conselhos e reflexões sobre qualquer assunto que lhe fosse solicitado. Todos os momentos de sucesso que eu alcance ou conquisei desde o momento que eu decidi o que queria seguir na vida, você fez, faz e ainda fará parte para todo o sempre!

Dedico aos meus irmãos Raphael Belfort e Christianne Belfort, simplesmente por serem meus irmãos e isso já é algo muito importante! Ao meu sobrinho Enzo Belfort e minha cunhada Lana Reis, por todo apoio e consideração.

Aos meus amigos de longa data lá de Teresina (PI): Marcos Paulo, Claudionor, Diego, Gustavo, Kelson, Silvano... Eu sei que deixei o nome de alguém passar, mas saibam da importância que vocês têm para mim.

Agradeço aos meus demais familiares que torceram pra mim dentre eles Tio Uchôa, Vinícius, Samuel, Suzi, Tia Suely, Ian...

Dedico este trabalho a todos meus amigos e colegas que acreditaram no desenvolvimento e embarcaram comigo nessa: Halysson, Hernandez e Danilo!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por ter me escutado em todos os momentos de tristeza e felicidade que vivenciei ao longo desses anos!

Quero agradecer a minha família por acreditar no meu potencial e nunca desistirem de mim. Aos meus amigos que estavam lá para me escutar, ajudar a me distrair dos problemas que a vida nos impõe, de muitas vezes me aturarem e de preencherem um espaço importante para minha existência.

Dedico aos meus orientadores Profa. Dra. Fernanda Pupio e Prof. Dr. Mario Lima por me acompanharem por essa jornada de inovação, ciência e desenvolvimento de tecnologias para reabilitação de pacientes. Sem vocês definitivamente esse estudo não seria possível!

Agradeço aos Professores Doutores Alessandro Mendes, Rodrigo Martins, Ana Flávia, Emilia Arisawa, Ivone Oliveira, Alessandro Silva, Lucia Vieira, Patrícia Sardinha.

Agradeço a todos os demais funcionários da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) em especial ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D) e a Faculdade de Ciências da Saúde (FCS). Não posso esquecer também da cantina da dona Sandra que sempre serviu marmittas maravilhosas pra mim!

Os profissionais que atuaram por todos esses anos na academia da UNIVAP proporcionando um pouco mais de qualidade de vida para mim e demais alunos e profissionais da instituição. Além dos alunos que de forma direta ou indireta auxiliaram com a pesquisa em especial ao Sérgio pelo auxílio no tratamento estatístico.

Agradeço a equipe do curso de psicologia da UNIVAP, pois sem vocês e a terapia em dia eu não conseguiria me manter são nos momentos difíceis.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por disponibilizar a bolsa de estudos.

Quero agradecer a ONG PAVAP por indiretamente ajudar no meu processo de desenvolvimento humano durante meu doutorado, pois sem meus animais de estimação que eu adotei por meio deles, com certeza seria um ser com menos amor pra dar e receber.

Milena Uchôa (prima querida), Joaquim Soares (JOSSF) e Luciano Gomes (meu amigo), eu sei que vocês estão em um lugar bem tranquilo. *In Memoriam.*

“Tudo o que temos de decidir é o que fazer com o tempo
que nos é dado”, J.R.R. Tolkien

RESUMO

Com a evolução tecnológica, os computadores tornaram-se mais acessíveis, podendo ser direcionados para diferentes áreas que incluem entretenimento e reabilitação. Atualmente, há uma crescente utilização de sistemas computacionais para reabilitação física e cognitiva, porém, a maioria não foi desenvolvida para este fim, e sim para divertir pessoas sem qualquer disfunção sensoriomotora. O objetivo desse trabalho foi desenvolver um hardware com software específico denominado de *Therapy and Game System* (TGS) para treino neurofuncional em participantes típicos e com afecções neurológicas. O desenvolvimento do sistema envolveu prototipação com impressão 3D e sistema Arduino, desenvolvimento de jogos eletrônicos com a engine UNITY 3D onde um *Game Desing Document* (GDD) foi elaborado. A validação do dispositivo foi realizada com três grupos de participantes: Grupo Alunos (oito participantes), Grupo Profissionais (seis participantes) e Grupo Pacientes (quatro participantes). Também foi realizado um estudo de caso para avaliar a repercussão fisiológica do TGS a longo prazo em uma paciente que sofreu traumatismo cranioencefálico e possui hemiparesia unilateral. Os participantes foram avaliados em dois momentos, antes e após a intervenção com o TGS. As variáveis relativas a sinais vitais, eletroencefalografia, agilidade e pontuações dos próprios jogos foram consideradas. Todos os grupos apresentaram evolução de aprendizagem a curto prazo quando se relaciona erros e acertos com a sequência de jogos mais pontuados. O teste estatístico *T de Student* mostrou que os grupos não alcançaram o nível de significância de 5%, entretanto ao fazer uma análise comparativa das médias antes e após a intervenção, foram observadas alterações fisiológicas em todos parâmetros avaliados. O protocolo de avaliação e intervenção se mostrou eficaz em avaliar as variáveis aqui consideradas, sendo necessária a realização de coletas posteriores com amostras maiores.

Palavras – chaves: interface usuário-computador; jogos de vídeo; reabilitação neurológica.

ABSTRACT

With technological evolution, computers have become more accessible and can be directed to different areas that include entertainment and rehabilitation. Currently, there is a growing use of computer systems for physical and cognitive rehabilitation, however, most were not developed for this purpose, but to amuse people without any sensorimotor dysfunction. The objective of this work was to develop hardware with specific software called the Therapy and Game System (TGS) for neurofunctional training in typical participants and those with neurological disorders. The development of the system involved prototyping with 3D printing and the Arduino system, development of electronic games with the UNITY 3D engine where a Game Design Document (GDD) was prepared. Device validation was carried out with three groups of participants: Student Group (eight participants), Professional Group (six participants) and Patient Group (four participants). A case study was also carried out to evaluate the long-term physiological repercussions of TGS in a patient who suffered traumatic brain injury and had unilateral hemiparesis. The participants were evaluated in two moments, before and after the intervention with the TGS. Variables related to vital signs, electroencephalography, agility and scores from the games themselves were considered. All groups showed short-term learning evolution when relating errors and successes with the sequence of most scored games. Student's t-statistic test showed that the groups did not reach the 5% significance level, however, when performing a comparative analysis of the means before and after the intervention, physiological changes were observed in all evaluated parameters. The evaluation and intervention protocol proved to be effective in assessing the variables considered here, requiring subsequent collections with larger samples.

Keywords: user-computer interface; video games; neurological rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Os diversos dispositivos interativos disponíveis no mercado e sua interação com o corpo humano.	18
Figura 2– Tudo o que atende um <i>design</i> de interface.	18
Figura 3– A evolução das interfaces computacionais	19
Figura 4 – Um exemplo de como o jogo sério estimula domínios neuromusculares	20
Figura 5– Exemplo de um equipamento Arduino.	21
Figura 6 – Exemplo de Arduino aplicado na avaliação eletromiográfica.	22
Figura 7 – Suporte robótico para reabilitação de tornozelo desenvolvido com Arduino.	22
Figura 8 – Sistema desenvolvido para captar movimentos corporais.	23
Figura 9 – Interface eletrônica para análise postural.	24
Figura 10 – Desenvolvimento de um degrau eletrônico para avaliação de pacientes.	25
Figura 11 – Desenvolvimento de um sensor biomédico para jogo sério.	25
Figura 12 – Protótipo de um goniômetro digital projetado com Arduino.	26
Figura 13 – Prototipagem 3D de uma maquete com a estrutura para interação do usuário com os jogos.	30
Figura 14 – Prototipagem para impressão 3D dos braços onde os eletrodos foram acoplados	30
Figura 15 – Desenvolvimento de placas sinalizadoras para os pacientes se situarem no meio real quando o comando aparecer nos jogos de acordo com o membro solicitado.	31
Figura 16– Representação do <i>flow</i> um jogo.	32
Figura 17 – <i>Layout</i> da tela inicial do TGS.	33
Figura 18 – Menu de opções do TGS.	33
Figura 19 – Criação do perfil do paciente no TGS.	34
Figura 20 – Modos de intervenção no TGS.	35
Figura 21 – <i>Game</i> “O Alpinista”.	36
Figura 22 – <i>Game</i> “O Xerife”.	37
Figura 23 – <i>Game</i> “Fuga na Selva”.	37
Figura 24 – <i>Game</i> “O Motoqueiro”	38
Figura 25 – <i>Game</i> “Maratona na UNIVAP”	39
Figura 26 – <i>Game</i> “Martelada”	40
Figura 27 – Projeto esquemático da carcaça do <i>hardware</i>	41
Figura 28 – Protótipo em 3D da carcaça do <i>hardware</i>	41
Figura 29 - Descrição dos Componentes da Placa de Controle Principal	44
Figura 30 - Sensor Eletromiógrafo (EMG) e Eletroencefalógrafo (EEG)	45
Figura 31 – Programação de reforço dos jogos do TGS.	46
Figura 32 – Oxímetro de pulso utilizado no estudo.	49
Figura 33 – Esfigmomanômetro e estetoscópio utilizado no estudo.	49
Figura 34 – Eletroencefalograma (EEG) utilizado no estudo.	50
Figura 35 – Dados coletados do EEG.	50
Figura 36 – <i>Layouts</i> do programa <i>ReactionTimeExperiment</i>	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Média Frequência Cardíaca (FC) do Grupo GA.	54
Gráfico 2 – Média Frequência Cardíaca (FC) do grupo GPR.	55
Gráfico 3 - Média Frequência Cardíaca (FC) do grupo GPA.....	56
Gráfico 4 – Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão Arterial Diastólica (PAD) do grupo GA.	58
Gráfico 5 – Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão Arterial Diastólica (PAD)	59
Gráfico 6 – Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão Arterial Diastólica (PAD) do Grupo GPA	60
Gráfico 7 – Frequência Respiratória (FR) do Grupo GA	61
Gráfico 8 – Frequência Respiratória (FR) do Grupo GPR	62
Gráfico 9 – Frequência Respiratória (FR) do Grupo GPA	63
Gráfico 10 – Saturação de Oxigênio (SpO2) do Grupo GA.....	64
Gráfico 11 – Saturação de Oxigênio (SpO2) do Grupo GPR.....	65
Gráfico 12 – Saturação de Oxigênio (SpO2) do Grupo GPA.....	66
Gráfico 13 – Comparativo das médias em “ms” do <i>Reaction Time</i> antes (1) e após (2) a intervenção no Grupo GA.....	70
Gráfico 14 – Comparativo das médias em “ms” do <i>Reaction Time</i> antes (1) e após (2) a intervenção no Grupo GPR.....	71
Gráfico 15 – Comparativo das médias em “ms” do <i>Reaction Time</i> antes (1) e após (2) a intervenção no Grupo GA.....	73
Gráfico 16 – Comparativo das sequências de jogos em função dos acertos no grupo GA	74
Gráfico 17 – Comparativo das sequências de jogos em função dos acertos no grupo GPR	75
Gráfico 18 – Comparativo das sequências de jogos em função dos acertos no grupo GPA	77
Gráfico 19 – Comportamento da Frequência Cardíaca (FC).....	81
Gráfico 20 – Comportamento da Pressão Arterial Sistólica (PAS).....	82
Gráfico 21 – Comportamento da Pressão Arterial Diastólica (PAD).....	83
Gráfico 22 – Comportamento da Frequência Respiratória (FR)	84
Gráfico 23– Comportamento da Saturação de Oxigênio (SpO2).....	85
Gráfico 24 – Comportamento do Nível de Atenção	87
Gráfico 25 – Comportamento do Nível de Meditação	88
Gráfico 26 – Resultado do Tempo Máximo de Reação.....	89
Gráfico 27 – Resultado do Tempo de Mínimo de Reação	90
Gráfico 28 – Resultado das Médias de Reação	91
Gráfico 29 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 1.	94
Gráfico 30 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 2.	94
Gráfico 31 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 3.	95
Gráfico 32 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 4.	95
Gráfico 33 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 5.	96
Gráfico 34 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 6.	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Frequência Cardíaca (FC) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GA	53
Tabela 2– Frequência Cardíaca (FC) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPR	54
Tabela 3 – Frequência Cardíaca (FC) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPA	56
Tabela 4 – Pressão Arterial (PA) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GA	57
Tabela 5 - Pressão Arterial (PA) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPR	58
Tabela 6 – Pressão Arterial (PA) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPA	59
Tabela 7 – Frequência Respiratória (FR) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GA	60
Tabela 8– Frequência Respiratória (FR) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPR	61
Tabela 9 – Frequência Respiratória (FR) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPA	62
Tabela 10 – Saturação de Oxigênio (SpO2) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GA	63
Tabela 11 – Saturação de Oxigênio (SpO2) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPR	64
Tabela 12 – Saturação de Oxigênio (SpO2) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPA	65
Tabela 13 – Níveis de “Atenção” e “Meditação” do Grupo GA	67
Tabela 14 – Níveis de Atenção e Meditação do Grupo GPR	68
Tabela 15 – Níveis de Atenção e Meditação do Grupo GPA	68
Tabela 16 – Dados do <i>Reaction Time</i> do Grupo GA	69
Tabela 17 – Teste-t: para dados do <i>Reaction Time</i> do Grupo GA	69
Tabela 18 – Dados do <i>Reaction Time</i> do Grupo PR	70
Tabela 19 – Teste-t: para dados do <i>Reaction Time</i> do Grupo GPR	71
Tabela 20 – Dados do <i>Reaction Time</i> do Grupo GPA	72
Tabela 21 – Teste-t: para dados do <i>Reaction Time</i> do Grupo GPR	72
Tabela 22 – Pontuação dos jogos do TGS do Grupo GA	73
Tabela 23 – Pontuação dos jogos do TGS do Grupo GPR	75
Tabela 24 – Pontuação dos jogos do TGS do Grupo GPA	76
Tabela 25 – Respostas do “ <i>SEU-Q – SeriousExergameUtility -Questionnaire</i> ”: adaptado para o Grupo GA	78
Tabela 26 – Respostas do <i>SEU-Q – SeriousExergameUtility -Questionnaire</i> : adaptado para o Grupo PR	79
Tabela 27 – Respostas do “ <i>System Usability Scale (SUS)</i> ”, adaptado para o Grupo PA	80
Tabela 28 – Resultados da Avaliação Fisiológica Antes e Depois da Intervenção	81
Tabela 29– Teste t para a Frequência Cardíaca (FC) antes e FC depois	82
Tabela 30 – Teste t para a Pressão Arterial Sistólica (PAS) antes e PAS depois	83
Tabela 31 – Teste t para a Pressão Arterial (PA) antes e PC depois	84
Tabela 32– Teste t para a Frequência Respiratória (FR) antes e FR depois	85
Tabela 33 – Teste t para a Saturação de Oxigênio (SpO2) Antes e SpO2 Depois	86
Tabela 34 – Dados do Eletroencefalograma <i>Mindwave Neurosky</i>	86
Tabela 35 – Teste t para a Nível de Atenção Antes e Nível de Atenção Depois	87

Tabela 36 – Teste t para a Nível de Meditação Antes e Nível de Meditação Depois.	88
Tabela 37 – Comportamento do <i>Reaction Time</i>	89
Tabela 38– Teste t para a Reação Máxima Antes e Reação Máxima Depois.	90
Tabela 39 – Teste t para a Reação Mínima Antes e Reação Mínima Depois.....	91
Tabela 40 – Teste t para a Média Reação Antes e Média Reação Depois.	92
Tabela 41 – Pontuação dos jogos antes e depois para o estudo de caso.....	93

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Interação Humano – Computador.....	17
3.1.1 Interfaces computacionais e a evolução tecnológica	18
3.2 Jogos Sérios e <i>Exergames</i> na Reabilitação Neurológica	19
3.3 Arduino e Prototipagem.....	20
3.3.1 Aplicações ortopédicas	21
3.3.2 Aplicações neurológicas	23
3.3.3 Aplicações Podoposturológicas	23
3.3.4 Aplicações Cardiorespiratórias	24
3.3.5 Aplicações na avaliação motora	26
3.4 Afecções Neurológicas Abordadas Nesse Estudo	26
3.4.1 Acidente vascular encefálico (AVE)	26
3.4.2 Traumatismo cranioencefálico (TCE)	27
3.4.3 Traumatismo Raquimedular (TRM)	27
4 METODOLOGIA	29
4.1 Desenvolvimento do Therapy Game and System.....	29
4.1.1 Braços Ajustáveis	29
<i>4.1.1.1 Prototipagem</i>	<i>29</i>
4.1.2 Menus e os Jogos Eletrônicos	31
<i>4.1.2.1 Tela inicial</i>	<i>32</i>
<i>4.1.2.2 Menu principal</i>	<i>33</i>
<i>4.1.2.3 Registro do paciente</i>	<i>34</i>
<i>4.1.2.4 Modos de intervenção</i>	<i>34</i>
<i>4.1.2.5 O Alpinista</i>	<i>35</i>
<i>4.1.2.6 O Xerife</i>	<i>36</i>
<i>4.1.2.7 Fuga na Selva</i>	<i>37</i>
<i>4.1.2.8 O Motoqueiro</i>	<i>38</i>
<i>4.1.2.9 Maratona na UNIVAP</i>	<i>38</i>
<i>4.1.2.10 Martelada</i>	<i>39</i>
4.2 O Hardware.....	40
4.3 Panorâmica Visual do Funcionamento do TGS	45
4.4 Validação do Therapy and Game System (TGS)	46
4.4.1 Participantes do Estudo	46
4.4.2 Protocolo de Intervenção	47
4.4.3 Ferramentas e Protocolo de Avaliação	47
<i>4.4.3.1 Sinais Vitais</i>	<i>48</i>
<i>4.4.3.2 ReactionTime Experiment na modalidade ReactionTime</i>	<i>51</i>
<i>4.4.3.3 Pontuação dos jogos do TGS</i>	<i>51</i>
<i>4.4.3.4 “SEU-Q – SeriousExergameUtility -Questionnaire”: Modificado Para o Grupo de Alunos e Profissionais</i>	<i>52</i>
<i>4.4.3.5 “System Usability Scale (SUS)”, Modificado. Para o Grupo de Pacientes</i>	<i>52</i>

4.5 Análise Estatística.....	52
5 RESULTADOS	53
5.1 Resultados da Avaliação Fisiológica.....	53
5.1.1 Frequência Cardíaca (FC)	53
5.1.2 Pressão Arterial (PA)	57
5.1.3 Frequência Respiratória (FR)	60
5.1.4 Saturação de SpO2	63
5.2 Resultados do Eletroencefalograma <i>Mindwave</i>	66
5.3 Resultados do <i>ReactionTime Experiment</i> na modalidade <i>ReactionTime</i>	69
5.4 Resultado da Pontuação dos Jogos do TGS.....	73
5.5 Resultado das Questões do “ <i>SEU-Q – SeriousExergameUtility -Questionnaire</i> ”: adaptado e do “ <i>System Usability Scale (SUS)</i> ”, adaptado	77
5.6 Resultados do estudo de caso	80
6 DISCUSSÃO	97
6.1 Discussão dos Grupos.....	97
6.2 Discussão do Estudo de Caso	100
7 IMPLEMENTAÇÕES FUTURAS	101
8 CONCLUSÃO.....	103
REFERÊNCIAS.....	104
ANEXO A – “SEU-Q – SERIOUSEXERGAMEUTILITY -QUESTIONNAIRE”: ADAPTADO PARA O GRUPO DE ALUNOS E PROFISSIONAIS.....	110
ANEXO B – “SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)”, ADAPTADO. PARA O GRUPO DE PACIENTES	111
APÊNDICE A – REGISTROS DE PROGRAMA DE COMPUTADOR	112
APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO	114
APÊNDICE C – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO E APROVAÇÃO DO BANNER APRESENTADO NO INIC 2022.	115
APÊNDICE D – PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO	116
APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	117
APÊNDICE F – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA.....	119
APÊNDICE G – CIRCUITOS DO HARDWARE	123

1 INTRODUÇÃO

Quando um jogo eletrônico é desenvolvido com o propósito específico de contribuir para a educação ou para fins terapêuticos é denominado de *Serious Game* (SG) ou Jogo Sérioso (JS) (ONG, WEIBIN; VALLABHAJOSYULA, 2021). Pesquisas demonstraram que a inserção dos JS no processo de reabilitação de pacientes neurológicos promove o aumento da motivação e o envolvimento do paciente devido aos componentes intrínsecos como a diversão e competitividade (BONNECHÈRE *et al.*, 2018). Além disso, também podem avaliar parâmetros relacionados aos aspectos físicos e funcionais do paciente, refletindo na evolução clínica durante todo o processo de intervenção terapêutica com essa ferramenta (NOVELETTO *et al.*, 2020). Alguns JS, por exemplo, avaliam aspectos funcionais, como a velocidade necessária imposta pelo game para alcançar um determinado objetivo dentro de uma atividade proposta (DOUMAS *et al.*, 2021; GUILLÉN-CLIMENT *et al.*, 2021).

Os JS que estimulam a prática de exercícios físicos por meio de atividades lúdicas, são chamados de *Exergames* (aliança da palavra *exercise* e *games*), que se trata de uma subcategoria de *videogames* (PROSPERINI *et al.*, 2021). Os *Exergames* foram desenvolvidos com o intuito de estimular o aspecto neuromotor e promover um estilo de vida mais ativo e saudável (BESSA *et al.*, 2020). Pesquisas já demonstraram que esse subgrupo de jogos pode ser aplicado como ferramenta na neuroreabilitação, principalmente no que concerne o treinamento sensoriomotor, ao ser convergido com outras tecnologias como a Realidade Virtual (RV) não imersiva, que pode favorecendo, por exemplo, a melhora da marcha e do equilíbrio (HUNG *et al.*, 2017; MURA *et al.*, 2018; OZDOGAR *et al.*, 2020).

Atualmente, utiliza-se o computador para diferentes finalidades que vão desde o ensino, comunicação até a reabilitação de pessoas. Com tamanhos, formas e funções diversas, essas ferramentas, que são consideradas praticamente indispensáveis na vida milhares de pessoas, empregam diferentes formas de interação com o usuário e o meio em que ela acontece é conhecida como interface (LIN; CHANG, 2014).

Recentemente, foram criadas novas categorias de interface, entre elas, a Interface de Usuário Baseada na Natureza e Interface Humana do Usuário (IHU), as quais expõem uma forma de comunicação com o computador por meio da emulação de uma série de objetos do cotidiano e pessoas para teclas do computador (SILVER; SHAW, 2012).

A IHU pode ser associada aos *exergames* conceituados como “versões não-imersivas de Realidade Virtual (RV) que envolvem exercícios físicos” (PARK; KIM; LEE, 2015), proporcionando atividades lúdicas para auxiliar no treino da função motora. Estudos sugerem

que essa forma de jogar *videogame* traz resultados positivos no tratamento de pessoas idosas (STOJAN; VOELCKER-REHAGE, 2019), com câncer (MIRANDA *et al.* 2018), doença de Parkinson (SCHAEFFER *et al.*, 2019), pós-acidente vascular encefálico (AVE), fibromialgia (VILLAFAINA, 2019), entre outros. Entretanto, há uma quantidade escassa de estudos sobre o tema na literatura, considerando que grande parte se apresenta como de revisões e estudos de caso onde sem padronização de protocolo de intervenção ou pesquisas com amostras significantes dificultando a uma visualização mais precisa das reais influências fisiológicas que as interfaces disponíveis atualmente podem provocar ao usuário.

Na literatura, diversos consoles de *videogame* projetados para o entretenimento de pessoas com faixas etárias distintas são citados como possíveis ferramentas integrantes na reabilitação de pessoas com diferentes tipos de sequelas que possam afetar aspectos motores, sensoriais e cognitivos (STOJAN; VOELCKER-REHAGE, 2019). Entretanto, profissionais da área da saúde, como fisioterapeutas, precisam adaptar o uso desses jogos nos programas de reabilitação para atender as limitações apresentadas pelos pacientes.

Partindo dessa premissa, esse estudo propõe desenvolver uma ferramenta denominada “*Therapy and Game System (TGS)*”, sistema embarcado que alia a IHU e *exergames* para avaliar parâmetros fisiológicos e funcionais e reabilitar pessoas com afecções neurológicas por meio do treino de atividades motoras em um ambiente lúdico e interativo.

A criação desse sistema interativo, divertido e reabilitativo poderá repercutir como fator motivador para que outros pesquisadores desenvolvam novas ferramentas que possibilitem ou utilizem este equipamento futuramente para coleta de dados em diferentes tipos de amostras. Além propagar o conhecimento sobre a possibilidade de empregar novas tecnologias para reabilitação de pessoas em centros de reabilitação, hospitais e clínicas com equipes interdisciplinares.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um hardware com software específico denominado de *Therapy and Game System* (TGS) para treino neurofuncional em participantes típicos e com afecções neurológicas.

2.2 Objetivos Específicos

- Expor o processo de criação do TGS;
- Desenvolver os componentes do protótipo do TGS;
- Embasar cientificamente cada ferramenta de aferição implementada no TGS;
- Apresentar a repercussão fisiológica a partir da frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA), frequência respiratória (FR) e saturação de oxigênio (SpO2) dos voluntários ao utilizar o TGS;
- Aferir o impacto no nível de atenção/foco e relaxamento/meditação dos participantes com a atividade;
- Mensurar a evolução da agilidade e tempo de reação dos participantes;
- Relatar as experiências com o equipamento levando-se em consideração a jogabilidade, dificuldade, parte gráfica e leitura dos dados;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Interação Humano – Computador

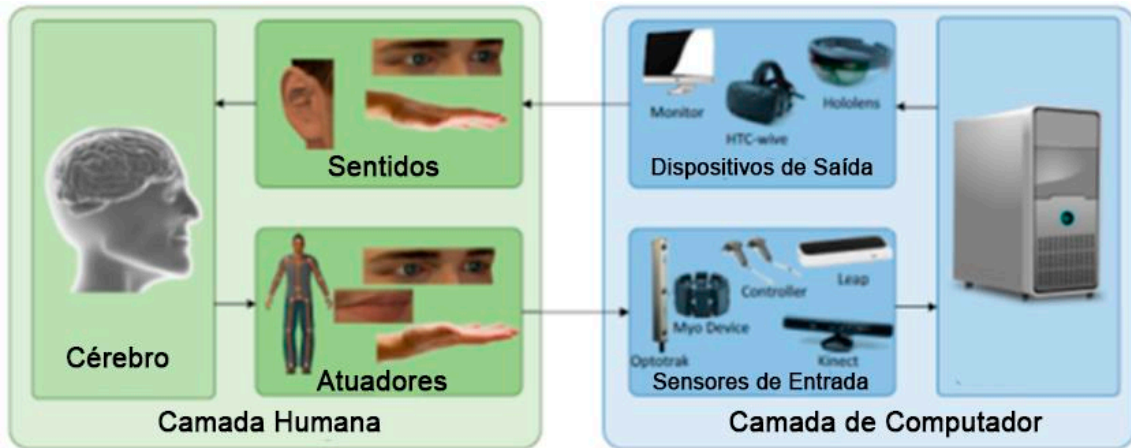
O termo HCI diz respeito a interação entre humanos e computadores, ou seja, são os meios ou canais de comunicação entre esses dois personagens. De forma geral, o termo HCI é constantemente substituído por Interação Homem-Máquina (HMI). A palavra “máquina” envolve sistemas de computador, assim como dispositivos móveis ou atuadores gerais (por exemplo, efetuadores de robô) os quais possuem interação com os usuários. Alguns autores afirmam que HCI é uma disciplina voltada a concepção, avaliação e implementação de sistemas informáticos que interagem com o ser humano, afim de estudar os principais fenômenos que a rodeiam (HEWETT *et al.*, 1992).

Há também outra definição a qual diz que IHC nada mais é que o processo de comunicação entre os usuários e computadores, englobando as diversas tecnologias de forma geral (LAVIOLA *et al.*, 2017).

A “interatividade” comumente usada no design de interação fala sobre a concepção de tecnologias interativas que a população utiliza no cotidiano. Na atualidade, o ser humano convive com uma infinidade de produtos e ferramentas interativas, desde fornos de micro-ondas até máquinas para venda automática, consoles de videogame, aplicativos médicos, entre outros. Para um ambiente ser inteligente ele precisa de sistemas que sejam interativos. Ambientes inteligentes representam um caso especial de sistemas interativos (PREECE; ROGERS; SHARP, 2002).

Geralmente esses equipamentos são relacionados com o *marketing* que traz consigo a promessa de melhorar a segurança, utilidade, eficiência, eficácia etc. Por exemplo, a Figura 1 mostra um *loop* de interação HCI. Os sentidos humanos servem como uma camada de entrada para os dispositivos, os quais entendem o comando e geram uma resposta como ligar uma TV (DIAPER, 1989).

Figura 1– Os diversos dispositivos interativos disponíveis no mercado e sua interação com o corpo humano.

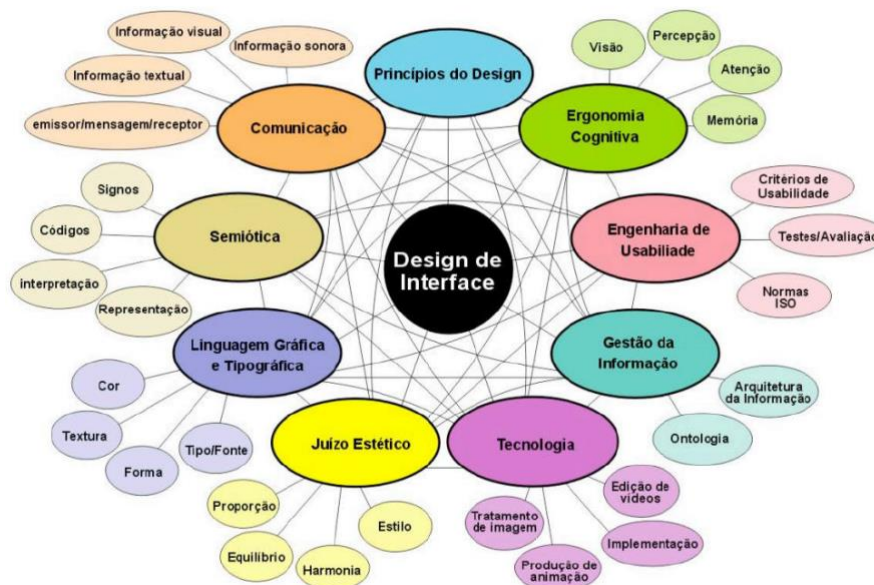


Fonte: Traduzido de Bachmann, Weichert e Rinkenauer, 2018.

3.1.1 Interfaces computacionais e a evolução tecnológica

A criação de interface pode possuir um caráter multidisciplinar, e tudo isso está relacionado com o design da interface, o qual pode somar conhecimentos a respeito da ergonomia cognitiva (percepção), semiótica (geral), comunicação (informação visual) e principalmente, a tecnologia (gera) das interfaces que hoje em entendem inclusive nossos gestos (PASSOS, 2008).

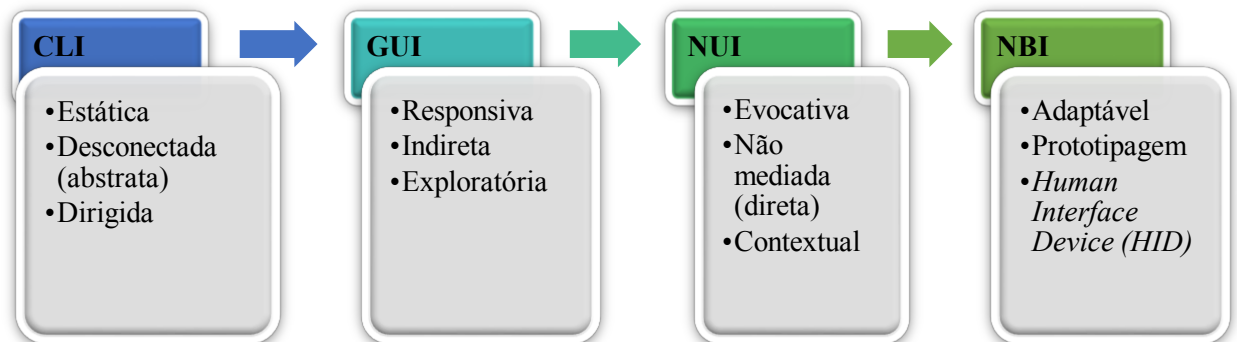
Figura 2– Tudo o que atende um *design* de interface.



Fonte: Passos, 2008.

As IHC estão evoluindo com o passar dos anos. Antigamente o usuário de um computador interagia com programas por meio apenas de um teclado em frente a um monitor de tela escura e letras verdes, denominada de Interface de Linhas de Comando ou CLI. Posteriormente, somente o teclado não era o suficiente para essa interação, pois os gráficos evoluíram. Então, surgiu o mouse e com isso a consolidação da Interface Gráfica do Usuário ou GUI. Atualmente vivemos uma era onde as interfaces entendem nossa voz e nosso olhar, enfim, nossas expressões estão se tornando cada vez mais naturais ao interagir com um computador. Partindo dessa premissa, surgiram as Interfaces Naturais do Usuário ou NUI e, além disso, o ser humano evoluiu no que concerne a criação de prototipagens de equipamentos que se adaptam completamente ao usuário, sendo denominada de Interface Humana do Usuário ou HID (SÁ, 2011) (Figura 3).

Figura 3– A evolução das interfaces computacionais



Fonte: Elaborado pelo autor

Os consoles de videogame fazem uso de diversos tipos de interface para estabelecer um *feedback* com o jogador, o que será explanado nos próximos tópicos.

3.2 Jogos Sérios e *Exergames* na Reabilitação Neurológica

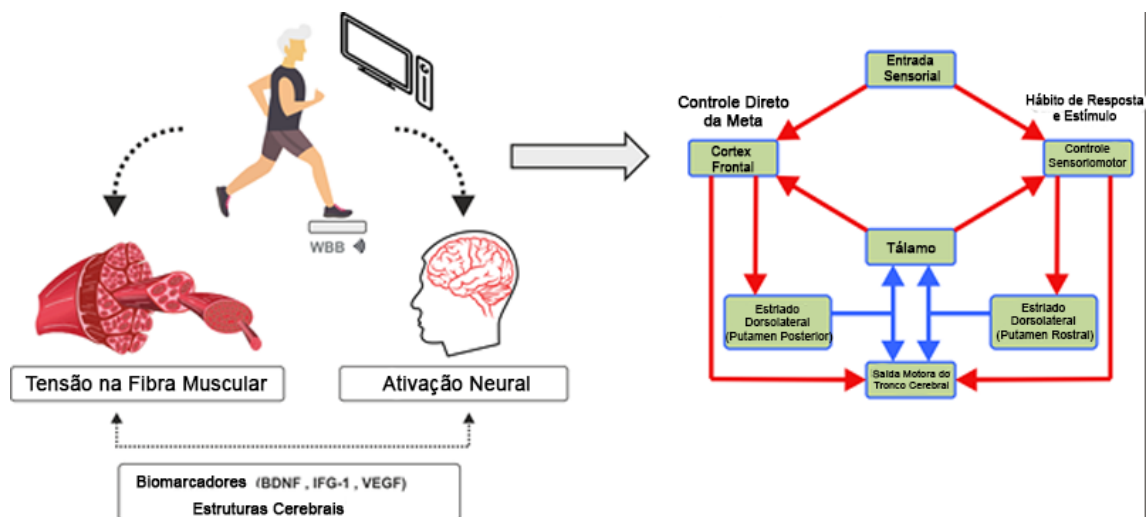
A categoria de jogos que são desenvolvidos com o objetivo de não servir principalmente ao entretenimento é chamada de Jogos Sérios (JS). Os JS propagam o conteúdo educacional ou para formação do próprio usuário, mas sem deixar de oferecer ambientes atrativos e interativos (PRENSKY, 2001). Além disso, são comumente utilizados em diferentes áreas como em projetos militares, estudos científicos, educação, área empresarial, área médica, para o aprimoramento pessoal e social e até mesmo para a engenharia (SUSI *et al.*, 2007).

Quando essa categoria de *games* é associada a exercício físico denomina-se *exergame*, pois buscam proporcionar ao usuário um melhor cuidado pessoal e treino da função motora (SUSI *et al.*, 2007).

Pesquisas têm utilizado os *exergames* na reabilitação de pessoas com sequelas de Parkinson, acidente vascular encefálico, síndrome de down, entre outros (MURA *et al.*, 2018).

A Figura 4 mostra como um jogo baseado em realidade virtual e *exergames* atua no sistema nervoso, especificamente no hipocampo e córtex motor, para fornecer os estímulos no sistema musculoesquelético necessários para realização das atividades que o *game* solicita (COSTA *et al.*, 2019).

Figura 4 – Um exemplo de como o jogo sério estimula domínios neuromusculares

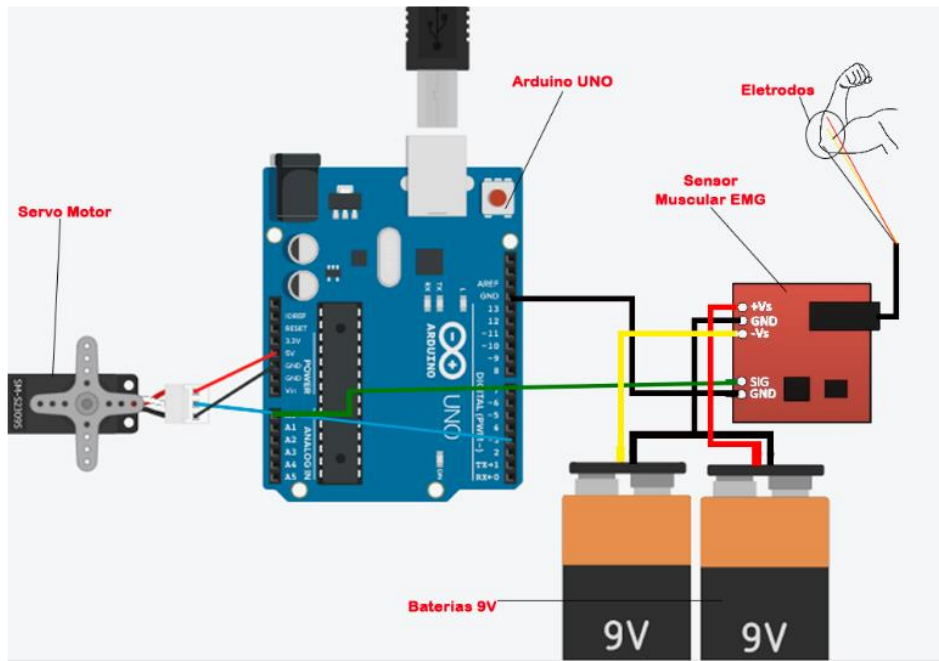


Fonte: Traduzido de Costa *et al.*, 2019.

3.3 Arduino e Prototipagem

Concebido no ano de 2005, a plataforma Arduino é empregada em diversas aplicações. Trata-se de uma plataforma livre e de baixo custo, bastante utilizada no ensino de prototipagem para crianças, adultos ou idosos e também, passou a ser utilizada, nos últimos anos, na área da saúde para diversas finalidades (BARBERO; DEMO, 2011; ARAUJO *et al.*, 2013) (Figura 5).

Figura 5– Exemplo de um equipamento Arduino.

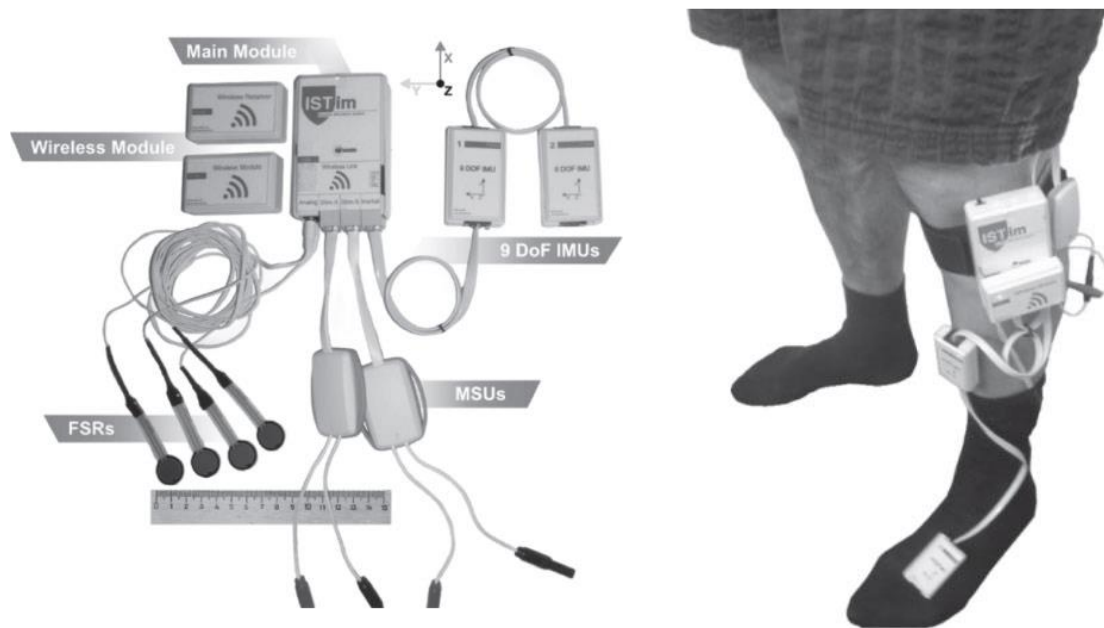


Fonte: Sousa *et al.*, 2020.

3.3.1 Aplicações ortopédicas

Um autor apresentou uma plataforma flexível baseada em microcontrolador de baixo custo (Arduino) para prototipagem rápida de neuropróteses FES (*Functional Electrical Stimulation*), projetadas para reduzir a complexidade de execução (ou funcionamento), tempo de desenvolvimento e custo de produção. Para isso, foi utilizada a plataforma microcontroladora Arduino de código aberto, juntamente com componentes de prateleira sempre que possível (Figura 6) (MELO *et al.*, 2015).

Figura 6 – Exemplo de Arduino aplicado na avaliação eletromiográfica.



Fonte: Melo *et al.*, 2015.

Outros autores, apresentaram o desenvolvimento de um sistema robótico com dois graus de liberdade que será utilizado como ferramenta de apoio na reabilitação do tornozelo, cujas principais características são: um design simples, de baixo custo e que estimula a participação ativa do paciente (MÉNDEZ-ELIZONDO; MENDOZA-GUTIÉRREZ; BONILLA-GUTIÉRREZ, 2017).

Figura 7 – Suporte robótico para reabilitação de tornozelo desenvolvido com Arduino.

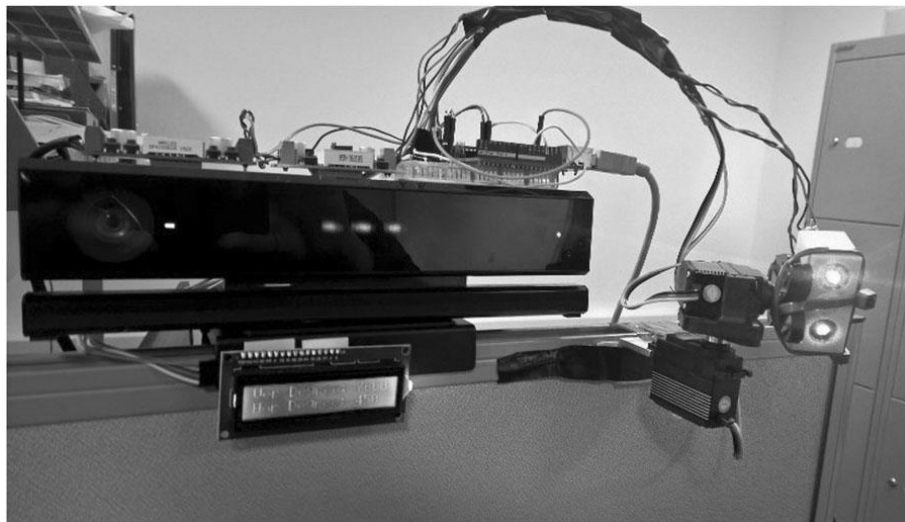
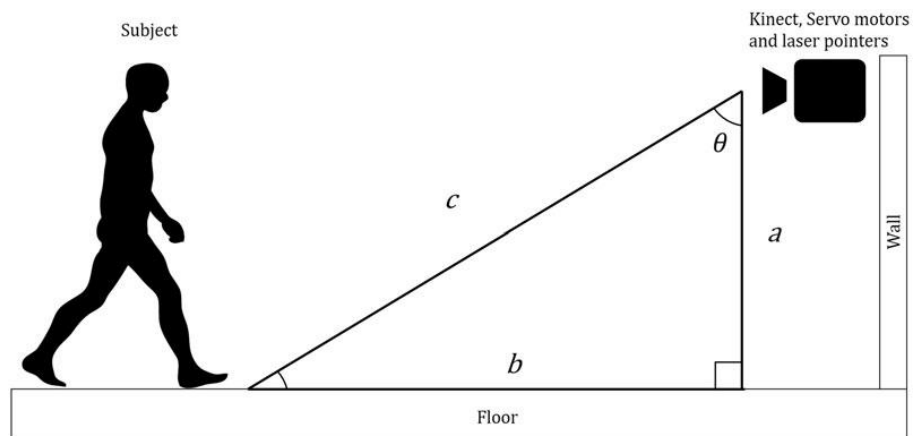


Fonte: Méndez-Elizondo; Mendoza-Gutiérrez; Bonilla-Gutiérrez, 2017.

3.3.2 Aplicações neurológicas

Amini, Banitsas e Young (2018) descreveram um novo sistema projetado para detectar congelamento de marcha e queda em pessoas com Parkinson, bem como monitorar e melhorar sua mobilidade usando pistas visuais baseadas em laser emitidas por um sistema automatizado de laser. O desenvolvimento se deu com Arduino e a câmera Kinect.

Figura 8 – Sistema desenvolvido para captar movimentos corporais.

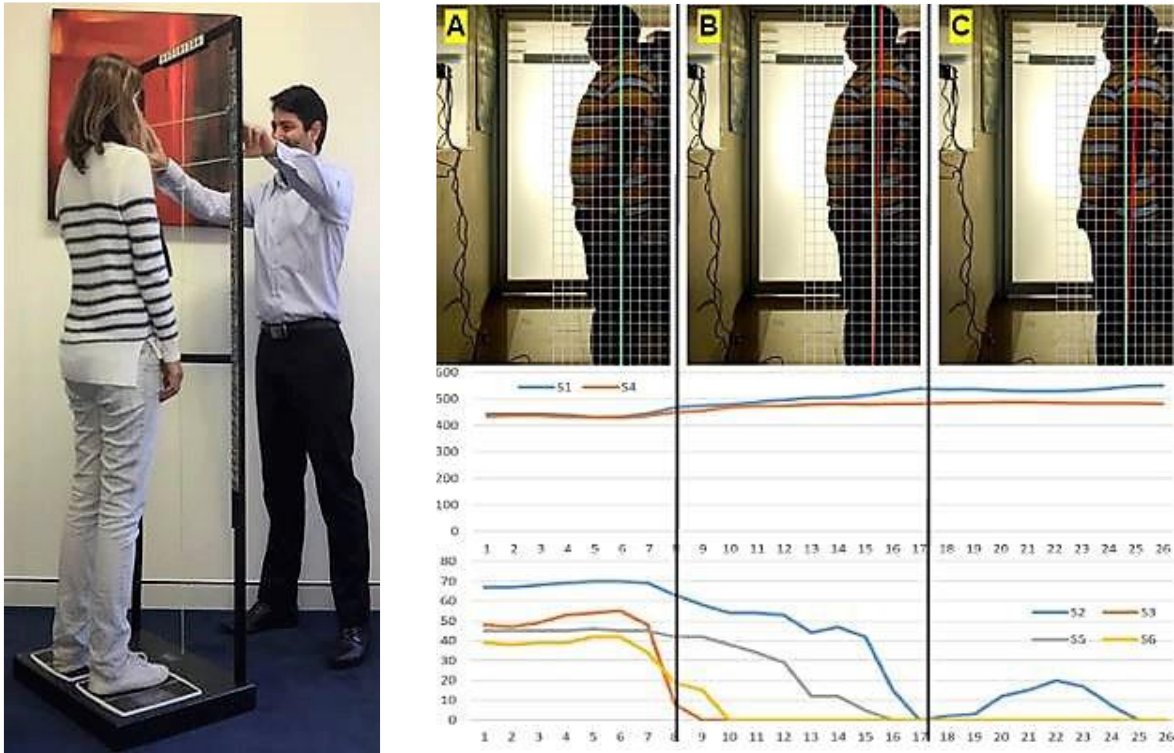


Fonte: Amini, Banitsas, Young, 2018.

3.3.3 Aplicações Podoposturológicas

Um estudo mostrou a criação de um sistema eletrônico destinado a auxiliar na avaliação postural por meio da medição da distribuição de peso nos pés. O aparelho serviu para refinar a avaliação postural (ESTÉVES-PEDRAZA *et al.*, 2017).

Figura 9 – Interface eletrônica para análise postural.

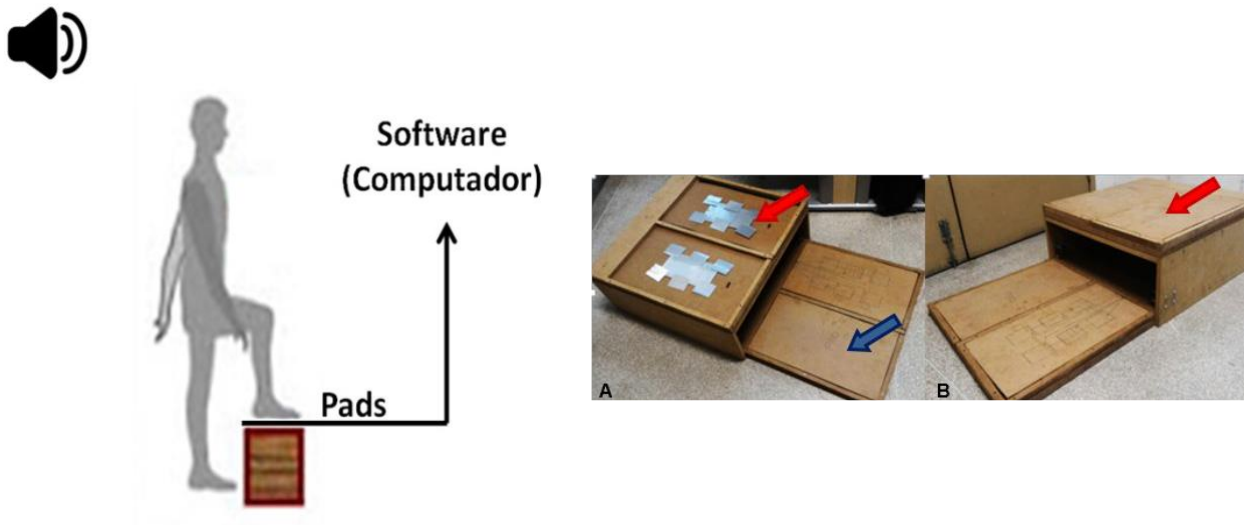


Fonte: Estéves-Pedraza *et al.*, 2017.

3.3.4 Aplicações Cardiorespiratórias

Silva e colaboradores (2017) desenvolveram um degrau com sistema de software integrado para facilitar a avaliação e interpretação dos dados obtidos durante o teste do degrau incremental cadenciado externamente. O objetivo foi criar um protótipo de degrau utilizando Arduino, com a função de auxiliar os fisioterapeutas no monitoramento do teste em tempo real, enviando os resultados para um programa de computador (Figura 10) (SILVA *et al.*, 2017).

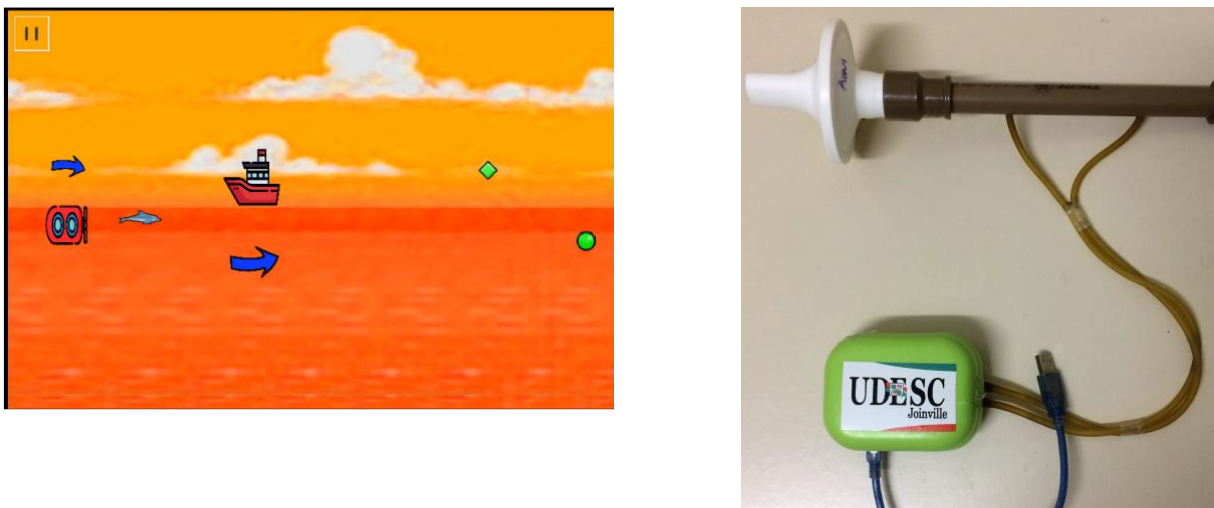
Figura 10 – Desenvolvimento de um degrau eletrônico para avaliação de pacientes.



Fonte: Silva *et al.*, 2017.

Um artigo apresentou o processo de projeto de um Sistema Biomédico (SB), com *serious games* e dispositivo de captação de fluxo de ar, que promove a participação de especialistas em reabilitação respiratória para avaliar a utilidade potencial do sistema (GRIMES *et al.*, 2019).

Figura 11 – Desenvolvimento de um sensor biomédico para jogo sério.

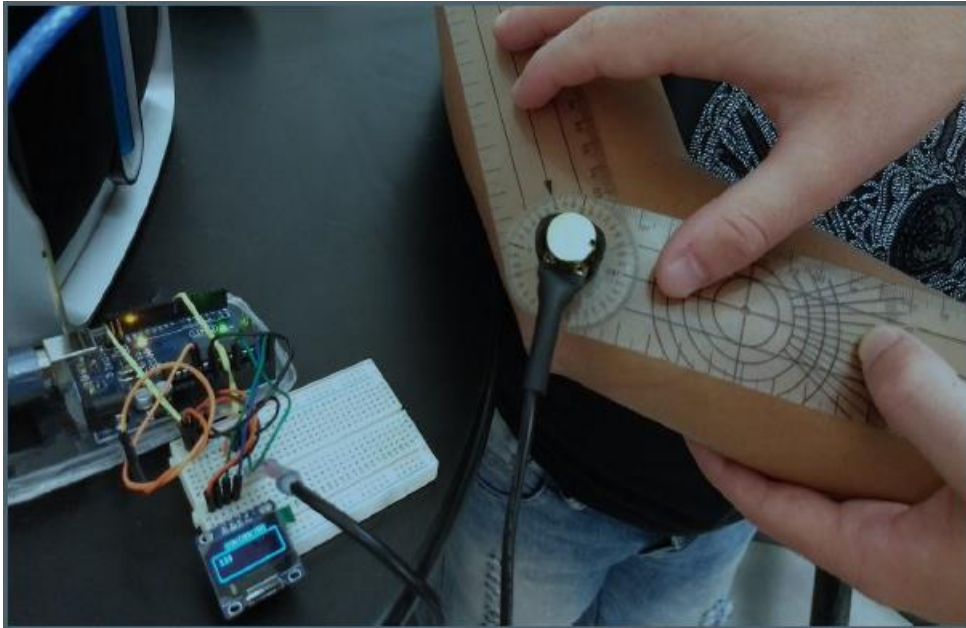


Fonte: Grimes *et al.*, 2019.

3.3.5 Aplicações na avaliação motora

Leite e colaboradores (2018) desenvolveram o protótipo de um goniômetro digital com a utilização de infravermelhos conectados e utilizando o processamento do Arduino.

Figura 12 – Protótipo de um goniômetro digital projetado com Arduino.



Fonte: Leite *et al.*, 2018.

3.4 Afecções Neurológicas Abordadas Nesse Estudo

3.4.1 Acidente vascular encefálico (AVE)

O AVE pode ser considerado uma das afecções mais comuns e prejudiciais dentre as doenças cerebrovasculares. É conceituado como um início inesperado de um déficit neurológico atrelado a um fator vascular (SACCO *et al.*, 2013). Para se definir o diagnóstico faz-se uso de estudos laboratoriais que incluem imagens do encéfalo (JAMESON *et al.*, 2020).

Os fatores de risco associado são a principal causa, como por exemplo: hipertensão arterial sistêmica, obesidade, diabetes, sedentarismo e dislipidemias (HILL; TOWFIGHI, 2017). A mudança do estilo de vida é importante para se prevenir o AVE, embora nas últimas três décadas a incidência tenha diminuído em países desenvolvidos, a realidade dos países em desenvolvimento é o oposto, apresentando um aumento de 100% dos casos (SOKOL;

KAPOOR; FROODY, 2006). A quantidade de jovens e adultos vêm aumento nos últimos anos (LIN *et al.*, 2020).

Existem dois tipos de AVE, o hemorrágico, que corresponde cerca de 15% dos casos e ocorre devido a ruptura de um vaso sanguíneo acompanhado de sangramento, geralmente no cérebro (hemorragia intracerebral) ou em lugares satélites (hemorragia subaracnóide); e o AVE isquêmico, que acontece devido a redução do fluxo sanguíneo levando a uma interrupção do fornecimento de oxigênios pros tecidos encefálicos (SMITH; JOHNSTON; HEMPHILL, 2016).

3.4.2 Traumatismo cranioencefálico (TCE)

O TCE se engloba no grupo de agravos que ocorrem por fatores externos, onde, a nível nacional as principais etiologias são: acidentes automobilísticos (50% dos casos), quedas (30% dos casos) e por motivações violentas (20% dos casos), entretanto a forma que ocorre varia entre os estados (DANTAS *et al.*, 2014; GAUDÊNCIO; LEÃO, 2013; MASCARENHAS *et al.*, 2010)

Alguns mecanismos surgem no instante que o trauma acontece e outros perduram posteriormente podendo levar dias ou meses após o ocorrido. Concomitante existem fatores fisiológicos que agravam o quadro neurológico levando a uma piora do prognóstico. Devido a isso esse tipo de lesão são divididas em primárias e secundárias (PRINS *et al.*, 2013). As primeiras ocorrem logo no momento exato ao trauma, e a extensão e gravidade são dependentes dos mecanismos físicos e como se deu o tipo de colisão (inércia ou direto) (OLIVEIRA *et al.*, 2012; WINN *et al.*, 2011); o segundo caso surge nas primeiras horas, após ocorrer o impacto, devido a fatores existentes no interior e externamente ao encéfalo, onde os principais agravantes são hipotensão arterial, hipoxia, hipoglicemia e alterações hidroeletrólíticas. Depois ainda, podem incidir distúrbios metabólicos e infecciosos generalizados, levando a edema cerebral pós-traumático, culminando em uma elevação da pressão intracraniana (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

3.4.3 Traumatismo Raquimedular (TRM)

O TRM é uma lesão traumática aguda feita a coluna vertebral e suas estruturas nervosas compostas pela medula espinhal, cone medular e cauda equina. Apresenta diversos graus de limitações motoras e/ou sensitivas as quais dependem do nível neurológico onde a lesão foi

feita, bem como a sua extensão e se foi uma secção completa ou incompleta. É caracterizada como uma grave síndrome incapacitante, levando a comprometer uma grande variedade de funções vitais entre elas a locomoção, sensibilidade, função sexual, etc. (GREVE; CASALIS; BARROS, 2001; BRASIL, 2013).

Esse tipo de trauma pode ser subdividido em duas categorias de acordo com a funcionalidade: tetraplegia, que correspondem a lesões acima do seguimento medular torácico alto, comprometendo o tronco, MMSS e MMII; e paraplegia, quando se atinge seguimentos medulares que estão abaixo do seguimento torácico baixo levando ao comprometimento principalmente do tronco e MMII. Em resumo, quanto mais cranial (mais próxima a cabeça) for a lesão, maior serão os danos na habilidade de processar informações de movimentos, sensibilidade e funções neurovegetativas. Tal incapacidade pode ser dada como total ou parcial, dependendo da quantidade de fibras seccionadas (LIANZA, 2011; VASCONCELOS; RIBEIRO, 2011; BRASIL, 2015).

4 METODOLOGIA

A pesquisa foi escrita com base na Resolução CNS 466/2012 a qual expõe diretrizes regulamentadoras de pesquisas com seres humanos. O estudo foi submetido e aprovado no dia 04 de outubro de 2019 pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da UNIVAP com o parecer de número 3.622.552 (Apêndice F). Todos os participantes da amostra desta pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) o qual expõe de forma acessível os objetivos da pesquisa, benefícios e possíveis riscos (Apêndice E).

O desenvolvimento do *software* e *hardware* foi feito com pesquisadores de Teresina, Piauí e São José dos Campos, SP por meio de *homeoffice* devido as medidas restritivas impostas no período da pandemia por COVID-19.

Os testes preliminares do sistema bem como a coleta de dados foram realizados no Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório Motora da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) em São José dos Campos/SP.

4.1 Desenvolvimento do Therapy Game and System

4.1.1 Braços Ajustáveis

Os braços ajustáveis são ferramentas importantes para o projeto do TGS, pois em suas extremidades estão os sensores onde os participantes do estudo tocaram para interagirem com os jogos do *software*.

4.1.1.1 Prototipagem

Para simular de forma virtual como seria o funcionamento dos braços ajustáveis foi elaborada uma maquete 3D por meio do programa de computador intitulado *Sweet Home 3D*. O programa dá a oportunidade de mensurar todas medidas de uma sala, objetos inclusive de personagens interagindo com os objetos (Figura 13).

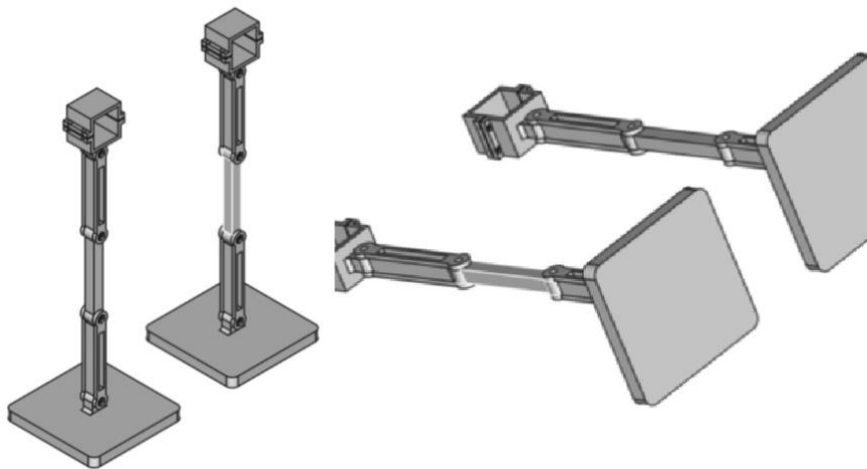
Figura 13 – Prototipagem 3D de uma maquete com a estrutura para interação do usuário com os jogos.



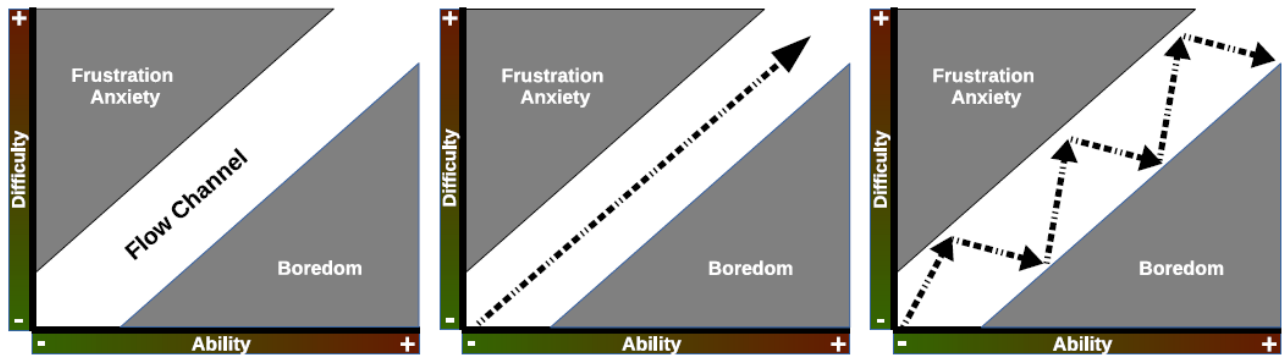
Fonte: Elaborado pelo autor.

Definido o posicionamento dos braços ajustáveis foi criado protótipo no programa Sketchup 3D. Os modelos possuíam medidas exatas para serem acoplados em um local específico onde foram realizados os tratamentos (Figura 14). O filamento escolhido para impressão 3D foi o PNL. A impressora 3D utilizada foi a Ender 3 com bico de 0.4 mm.

Figura 14 – Prototipagem para impressão 3D dos braços onde os eletrodos foram acoplados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16– Representação do *flow* um jogo.

Fonte: Gallego-Durán *et al.*, 2019.

Para a criação dos jogos que serão utilizados no sistema foram unidos componentes gráficos e sonoros, devidamente programados para gerar uma jogabilidade que pudesse explorar a diversão e a movimentação do participante.

Os *sprites* dos personagens, cenários e objetos foram desenhados no Adobe Photoshop CC 2017 com o auxílio de uma mesa digitalizadora Wacom® ctl 472. O estilo empregado nas artes foi o *pixel art*, o mesmo dos jogos clássicos lançados nos anos 80 e 90, como Super Mário Bros, trazendo consigo um componente nostálgico.

Para a programação dos *games* optou-se pelo emprego da linguagem C# com a plataforma Unity® 2018.

Para esquematização dos jogos e exposição para demais membros da equipe de desenvolvimento responsáveis pela programação e produção de hardware, foi desenvolvido um *Game Design Document* (GDD), um manuscrito que descreve todos os elementos de desenvolvimento de um jogo desde características da equipe idealizadora até questões relacionadas a jogabilidade (COLBY; COLBY, 2019).

4.1.2.1 Tela inicial

Foi desenvolvida uma logo marca própria com um *layout* de abertura do *software* onde tem o botão “iniciar” (Figura 17).

Figura 17 – *Layout* da tela inicial do TGS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2.2 Menu principal

Após a tela inicial, o usuário tem acesso ao menu principal onde estão contidas as opções: “perfil”, “iniciar terapia”, *free play*”, “configurações” e “créditos” (Figura 18).

Figura 18 – Menu de opções do TGS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2.3 Registro do paciente

Importante frisar que cada participante possuirá seu perfil com dados relativos a ele para fins comparativos inter-participantes e inter-grupos de participantes .

Para identificação de cada participante serão registradas informações de identificação (foto, número do perfil, nome, idade, cidade/estado, profissão, estado civil, altura, peso, contato, e-mail), queixa principal, história da doença atual (HDA), história da doença pregressa (HPP), déficit motor, déficit cognitivo. Será possível por meio dessa tela acessar números e gráficos referentes a coleta pelo próprio TGS e a possibilidade de anexar gráficos e arquivos de texto da evolução do EMG, EEG, sinais vitais (PA, FC e FR) e VFC (Figura 19).

Figura 19 – Criação do perfil do paciente no TGS.

The form contains the following fields:

NOME: _____

IDADE: _____ **CIDADE/ESTADO:** _____ **PROFISSÃO:** _____ **ESTADO CIVIL:** _____

ALTURA: _____ **PESO:** _____ **CONTATO:** _____ **E-MAIL:** _____

QUEIXA PRINCIPAL: _____

H.D.A.: _____

H.P.P.: _____

DÉFICIT MOTOR: _____

DÉFICIT COGNITIVO: _____

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2.4 Modos de intervenção

Serão implementados, também, os modos de jogo de acordo com a necessidade funcional do paciente como o “modo cadeirante” e o “modo MMII e MMSS” (Figura 20).

Figura 20 – Modos de intervenção no TGS.

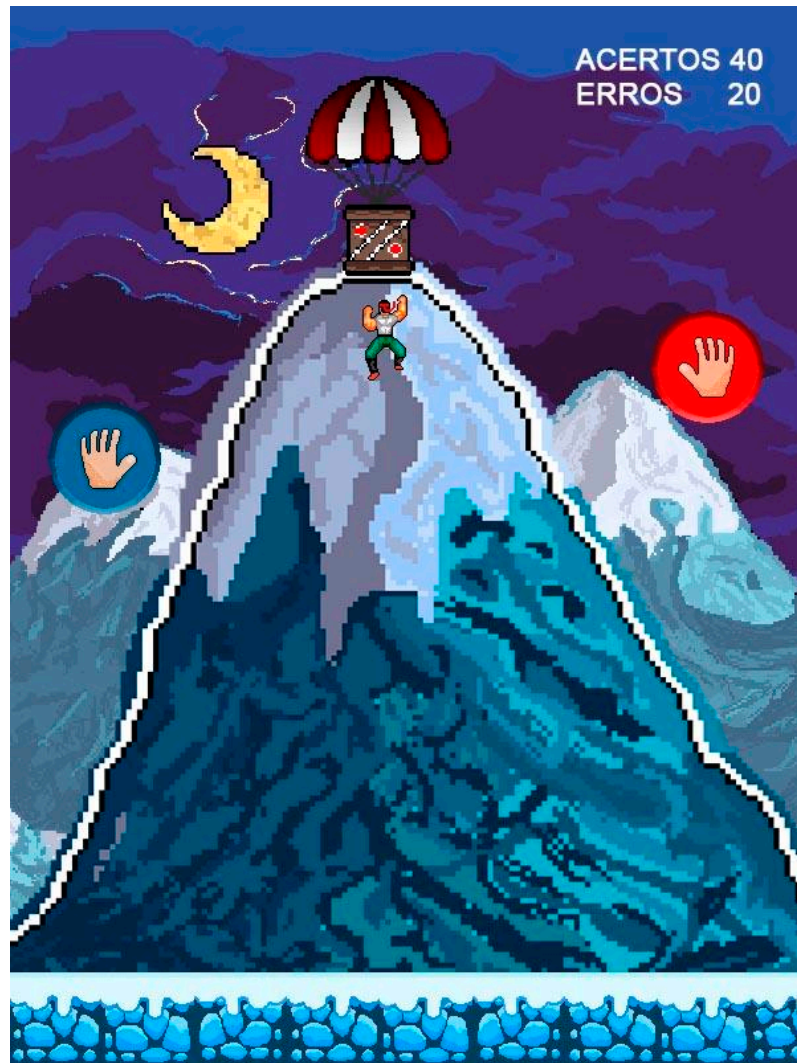


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2.5 O Alpinista

O primeiro jogo desenvolvido para o TGS se chama “O Alpinista”. O objetivo dele é fazer o alpinista subir uma montanha para alcançar os suprimentos no cume para que possa sobreviver a nevasca. Para o personagem escalar o participante precisa acionar os botões com os membros indicados na tela (Figura 21).

Figura 21 – Game “O Alpinista”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2.6 O Xerife

O segundo game foi denominado de “O Xerife”. O participante controla um xerife do velho oeste que precisa encontrar um bandido que está escondido dentro de barris (Figura 22).

Figura 22 – Game “O Xerife”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2.7 Fuga na Selva

“Fuga na Selva” é o nome do terceiro jogo. Nele o usuário controla um explorador que se vê perseguido por um felino de grande porte e precisa fugir e ao mesmo tempo se desvencilhar-se de obstáculos. Para o personagem pular e escapar dos percalços no caminho o participante precisa obedecer aos comandos que aparecem na tela correspondendo aos membros que devem ser utilizados (Figura 23).

Figura 23 – Game “Fuga na Selva”.

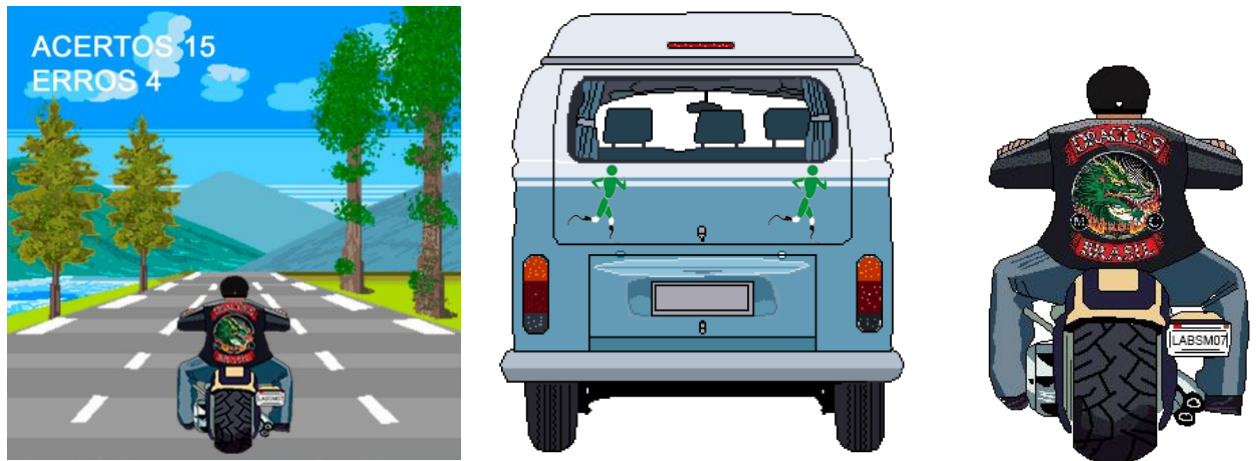


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2.8 O Motoqueiro

Neste jogo o jogador precisa desviar dos demais carros, e para isso terá que acionar os comandos que aparecerem na tela. Para o lado direito ou para o lado esquerdo (Figura 24).

Figura 24 – Game “O Motoqueiro”



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2.9 Maratona na UNIVAP

Para vencer a maratona dos outros competidores o jogador precisa estar atento e acionar de forma hábil quando o comando aparecer na tela. Quanto mais rápido acionar os comandos mais distantes dos oponentes o personagem fica. Esse jogo teve como o cenário a Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) (Figura 25).

Figura 25 – Game “Maratona na UNIVAP”



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2.10 Martelada

As lontras irão surgir pelos buracos e para acertar uma martelada nelas o personagem deve acionar o comando com o membro correspondente. Esse é o jogo mais rápido de todos os seis (Figura 26).

Figura 26 – Game “Martelada”

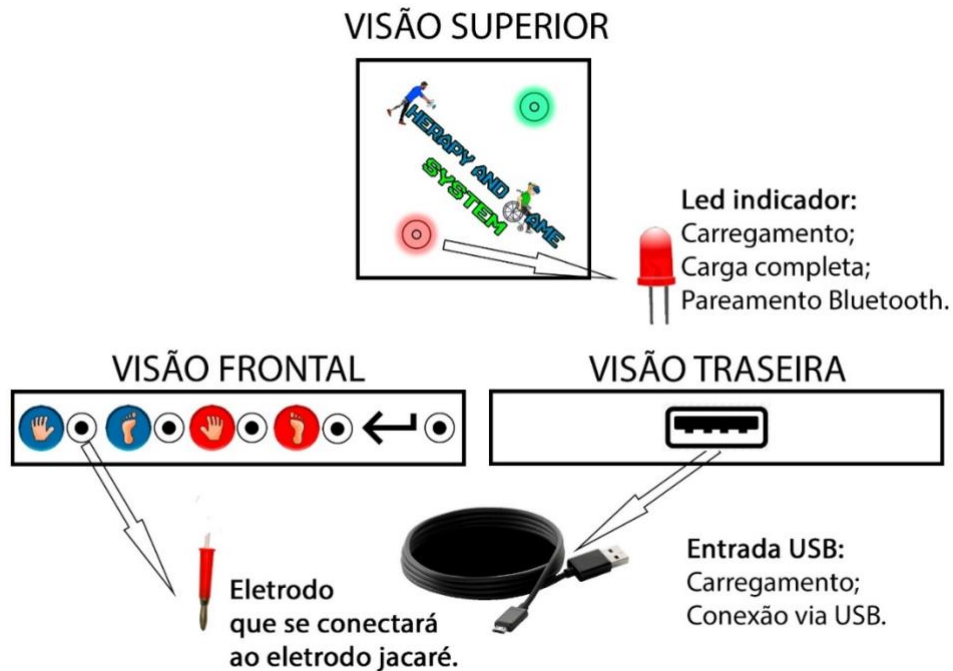


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 O Hardware

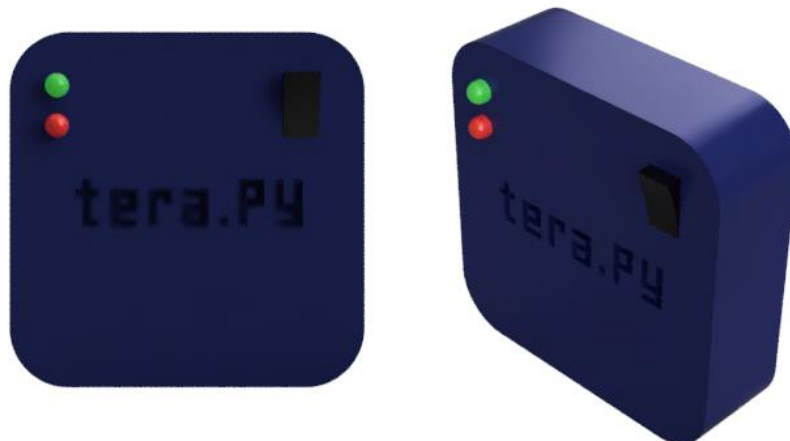
Foi projetada uma carcaça 2D e 3D que vai comportar futuramente o *hardware* Arduino (Figura 27 e Figura 28).

Figura 27 – Projeto esquemático da carcaça do *hardware*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28 – Protótipo em 3D da carcaça do *hardware*



Fonte: Elaborado pelo autor.

A placa apresentada abaixo (Figura 29) é composta por componentes discretos mesclados entre componentes SMD (Surface Mounted Device) ou traduzindo do português “Dispositivo de Montagem Superficial”, estão em menor escala em relação aos componentes PTH (Pin Through Hole), os quais estão ocupando uma área maior em torno da placa. O tamanho total da placa que ocupa é 69.59 mm de comprimento e 50.54 mm de largura com

cantos curvados e um furo de fixação ao centro da placa. Para identificação dos componentes foram adicionadas legendas na cor branca, em contraste a máscara de solda da cor preta, para facilitar a montagem do equipamento e para possíveis manutenções do atual estado da arte. Adicionalmente, desenvolveu-se uma placa eletrônica para aquisição dos biosinais (Figura 30) obtidos pelo eletromiógrafo (EMG) ou eletrocardiograma (ECG). As dimensões desta placa são de 60 mm de comprimento com 40 mm de largura, possuindo cantos curvados e predominante verde, vale destacar que todos os componentes são PTH, devido ao baixo nível de complexidade exigência do circuito projetado.

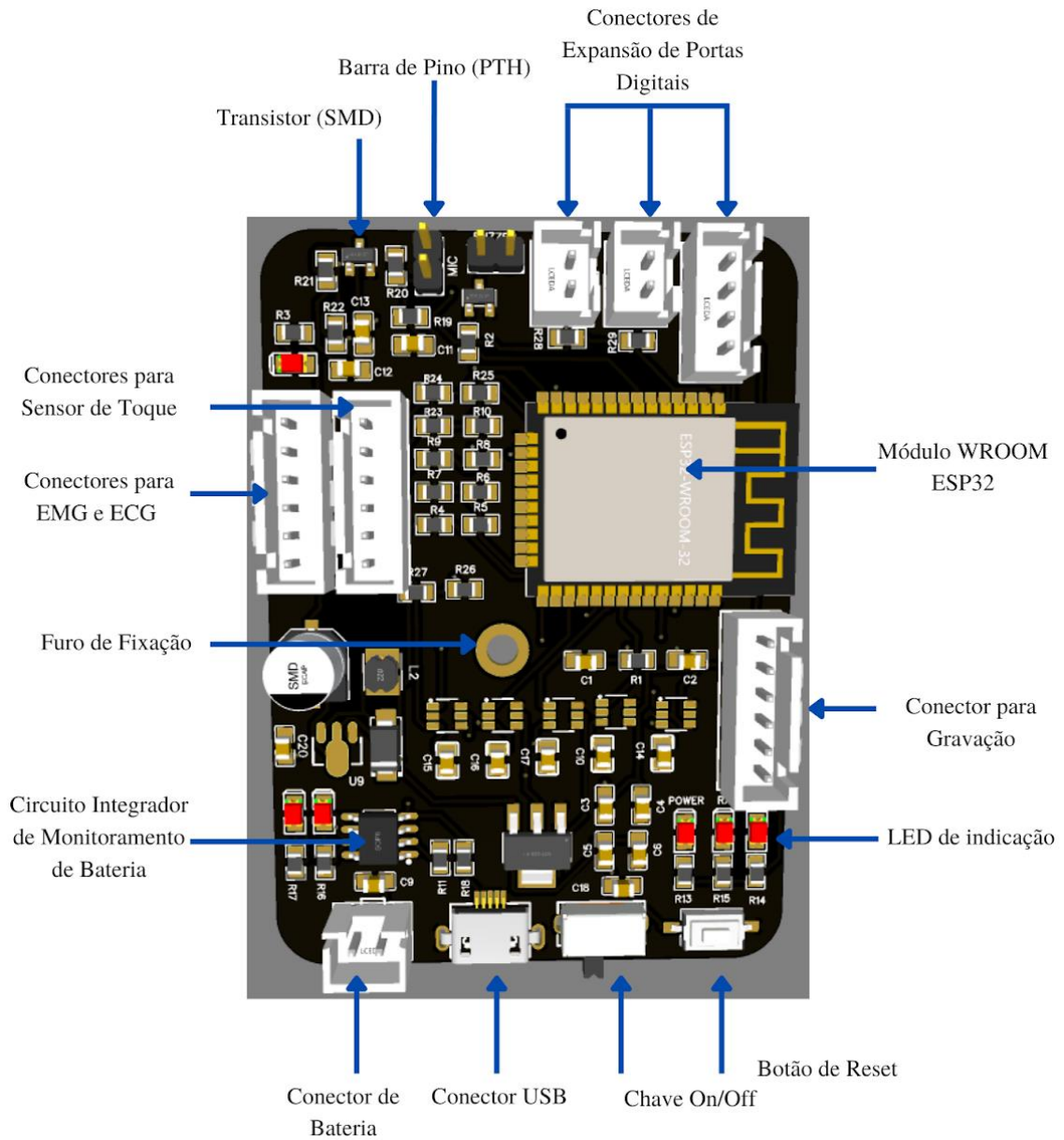
O dispositivo conta com potentes recursos de hardware para atender as diversas modalidades de comunicação wireless (Wi-Fi, *Classic Bluetooth* e *Bluetooth Low Energy*). Para interfacear as trocas de informações definiram-se utilizar o *Classic Bluetooth* devido a sua baixa latência para a aplicação com jogos e podendo integrar facilmente com outros dispositivos *mobile* (*smartphones* e *tablets*) para futuras melhorias no escopo do trabalho. Em contrapartida exige um consumo maior de bateria o que ocasionalmente pode ter recorrências no carregamento ao longo do uso.

Na camada de aplicação, firmware, o equipamento realiza a aquisição das leituras dos sensores de eletromiografia (EMG) e eletrocardiografia (ECG), de natureza analógica, instalado nos grupos musculares alvos do tratamento, as quais passam por filtros digitais de quarta ordem e atuando em bandas de frequência específica para assim garantir o sinal com o mínimo de ruído. Ao final desse processo o sinal tratado é enviado via Bluetooth durante o jogo em execução. Todo esse processamento ocorre em milésimos de segundos, ou seja, em pequenos intervalos de amostras dos sinais captados e gerando alertas, quando necessários, sobre o status atual do paciente. Outros sinais adquiridos são dos eletrodos instalados nos aparadores (peças 3D) que identificam os toques pelo paciente, os quais são tratados como uma tecla do teclado de computador transporta esta informação para integrar a dinâmica dos jogos e navegação e seleção de telas.

- **Barra de Pinos (PTH):** componente do tipo PTH, este pino fica disponível para adicionar eletreto, operando como captador de áudio;
- **Conectores de Expansão de Portas Digitais:** utilizado para adicionar mais sensores ou atuadores digitais caso seja necessário em futuras atualizações do trabalho;
- **Transistor (SMD):** componente eletrônico do tipo SMD utilizado para amplificar o sinal de entrada do eletreto;

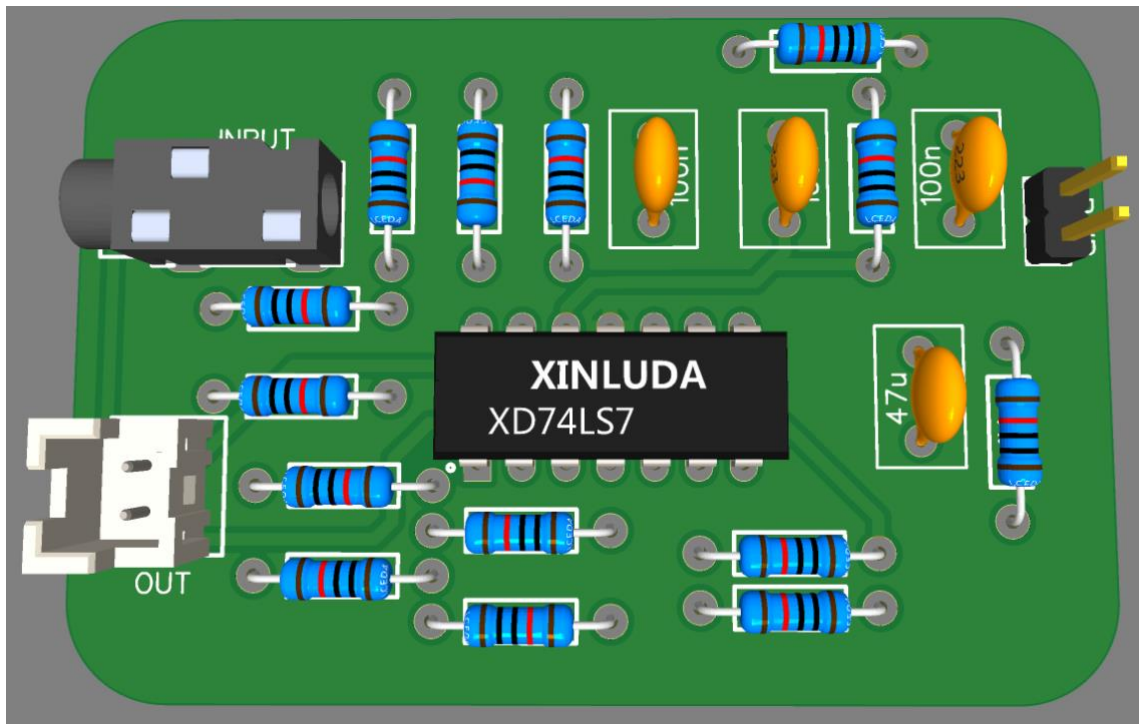
- **Conectores de Sensor de Toque:** conector de encaixe dos eletrodos instalados nos anteparos de plástico;
- **Conectores EMG e ECG:** conector de encaixe para as placas eletrônicas de aquisição dos biosinais;
- **Circuito Integrado de Monitoramento de Bateria:** chip para auxiliar no carregamento da bateria e monitorar o nível tensão da bateria durante o seu uso;
- **Conector de Bateria:** conector de encaixe para inserir a bateria;
- **Conector USB:** conector para carregamento da bateria;
- **Chave On/Off:** chave para ligar ou desligar o equipamento;
- **Botão de Reset:** componente eletrônico para reiniciar o dispositivo;
- **LED de indicação:** indica o status dos processos internos como gravação de um novo firmware, equipamento ligado, nível de bateria ou bateria processo de carregamento;
- **Conector para Gravação:** conector de encaixe para atualizar o firmware do projeto;
- **Módulo ESP WROOM 32:** módulo composto por um microprocessador dual-core fabricado pela *Xtensa*, com baixo consumo de energia, o ESP 32 foi desenvolvida e criada pela empresa chinesa *Espressif Systems* a qual oferece suporte no desenvolvimento de projetos.

Figura 29 - Descrição dos Componentes da Placa de Controle Principal



Fonte: Autor.

Figura 30 - Sensor Eletromiográfico (EMG) e Eletroencefalógrafo (ECG)



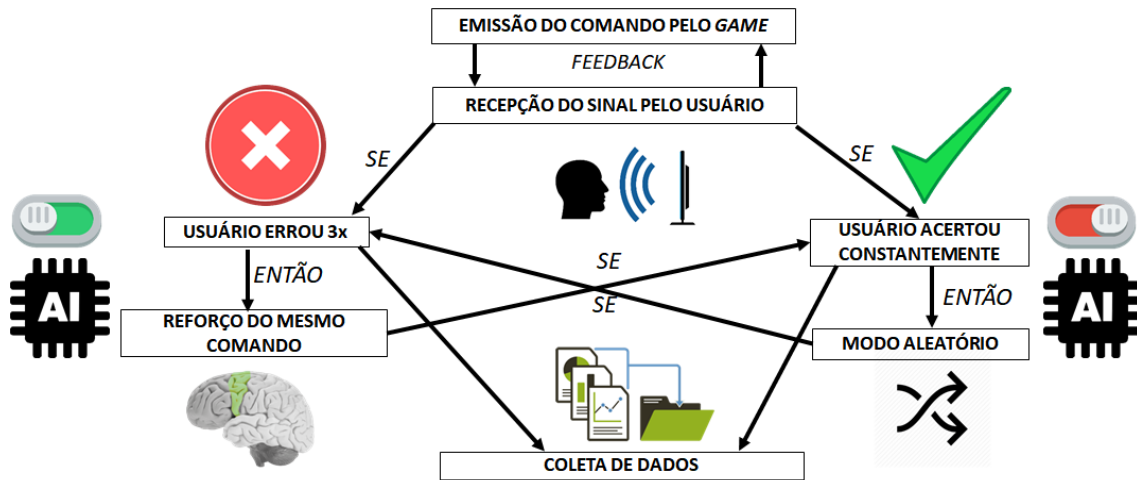
Fonte: Autor.

4.3 Panorâmica Visual do Funcionamento do TGS

A engenharia dos jogos respeitará uma cascata de eventos na qual o protagonismo fica por parte de um reforço *in game* que será desenvolvida para direcionar os participantes ao treino dos movimentos deficitários (Figura 31). Ela ocorre da seguinte forma:

- 1 O usuário visualiza o comando a ser feito em um sistema de feedback sensorial (visual e auditivo);
- 2 Ao tocar no sensor existem duas possibilidades: acerto e erro;
- 3 Se o usuário errar o comando, então, este será reforçado pela repetição do mesmo;
- 4 Se o usuário acertar constantemente este comando, então, será ativado o modo de comandos aleatórios;
- 5 Entretanto, se errar com certa frequência, haverá o retorno ao modo de reforço pela programação, para levar o usuário ao acerto e conseqüentemente ao modo aleatório;
- 6 Paralelamente ao funcionamento do sistema da programação todos os dados durante o *gameplay* serão coletados.

Figura 31 – Programação de reforço dos jogos do TGS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A criação do reforço *in game* foi a solução encontrada para o desenvolvimento de um sistema inteiramente terapêutico o qual se adapta às condições físicas dos participantes, por exemplo, se o indivíduo possuir uma hemiparesia no dimídio (um lado do corpo) esquerdo provavelmente os erros se concentrem mais nesse lado do corpo, conseqüentemente reforçando e exigindo uma atenção mais do lado deficiente para assim prosseguir na atividade.

4.4 Validação do Therapy and Game System (TGS)

4.4.1 Participantes do Estudo

Os participantes aceitos para ingressarem ao estudo foram pessoas de ambos os gêneros que passaram por alguma das seguintes afecções: acidente vascular encefálico (AVE), traumatismo crânio encefálico (TCE), síndrome de Parkinson, esclerose múltipla e lesão medular. Além de pessoas sem lesão neurológica para o grupo controle.

Inicialmente foram selecionados 50 voluntários para participarem da pesquisa, porém, posteriormente, restaram 18 voluntários que foram incluídos respeitando os critérios abaixo:

- **Crítérios de Inclusão:** Faixa etária de 18 a 55 anos de idade; Pós-lesão-neurológica de no mínimo 3 meses; Função cognitiva preservada; Acuidade visual suficiente para enxergar os jogos; Não possuir deficiência auditiva; Sem histórico de doença músculo esquelética severa; Sem contratura de punho e dedos com; Não utilizar medicamentos que alterem as funções vitais; Não possuir experiências anteriores com os equipamentos de intervenção deste estudo.

- **Critérios de Exclusão:** Contraturas e deformidades em MMSS e/ou MMII; Incapacidade de sentar por mais de 40 minutos; Sintomas de enjoo e náusea; Crise epilética ou blackout; Histórico de Epilepsia; Sintomas de Ansiedade e/ou Depressão; Vício em substâncias químicas; Comorbidades psiquiátricas; possuir dispositivos internos para manutenção fisiológica como marca-passo.

4.4.2 Protocolo de Intervenção

Cada *game* possui 5 minutos de atividade, totalizando 30 minutos de atividade. a atividade era interrompida quando fosse observado sinal de cansaço no participante.

Os participantes com lesão neurológica receberam uma atenção especial por sua condição e sempre que fosse preciso foram assistidos no momento que interagissem com os jogos do TGS. Além de adaptar o sistema para a sua necessidade, por exemplo: pacientes cadeirantes utilizaram os comandos que seriam acionados pelos pés por eletrodos localizados na altura da cintura para tocar com as mãos.

4.4.3 Ferramentas e Protocolo de Avaliação

O protocolo de avaliação aplicado para esse estudo respeitou as seguintes etapas:

- Avaliação pré-intervenção:
 - Avaliação dos sinais vitais (Frequência Cardíaca – FC, Pressão Arterial (PA), Frequência Respiratória – FR, Saturação de Oxigênio - SpO2);
 - EEG Mindwave Neurosky, com aferição por um minuto com os participantes sentados e de olhos fechados;
 - *Reaction Time Experiment*, aferição de 20 reações ao estímulo do programa de computador;
- Intervenção;
- Avaliação pós-intervenção
 - Foram repetidas as etapas de avaliação pré-intervenção.

A avaliação pré-intervenção realizou imediatamente antes do participante iniciar os jogos, e a avaliação pós-intervenção feita um minuto após o término da atividade. Todos os

participantes tiveram o mesmo tempo de atendimento, 50 minutos (com interrupção caso houvesse sinais de cansaço excessivo). Todos participantes foram avaliados apenas uma vez, exceto uma paciente a qual participou do estudo de caso acumulando ao todo 14 atendimentos, duas vezes por semana.

A nomenclatura adotada para os grupos foi a seguinte:

- Grupo dos alunos: GA (n=8);
- Grupo dos profissionais: GPR (n=6);
- Grupo dos pacientes: GPA (n=4).

Os grupos dos participantes sem lesão neurológica foram separados em GA e GPR por apresentarem faixa etária significativamente distintas. Tal característica, de forma hipotética, poderia levar a resultados destoantes.

O GPA foi composto por três cadeirantes: um com traumatismo raquimedular (TRM) com funcionalidade de membros superiores preservados e duas pós-sequela de traumatismo cranioencefálico (TCE) (um apresentando hemiparesia e outro diparesia de membros inferiores (MMII)) e um pós-sequelado de acidente vascular encefálico (AVE) com funcionalidade de MMII e membros superiores (MMSS) preservada.

Um dos participantes do GPA participou a parte de um estudo de caso onde foram realizadas quatorze (14) intervenções seguindo o mesmo protocolo dos demais participantes ao longo de sete meses.

4.4.3.1 Sinais Vitais

Para aferição da FC e da SpO2 foi utilizado o oxímetro de pulso da marca G-Tech por possuir registro na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) (Figura 32).

Figura 32 – Oxímetro de pulso utilizado no estudo



Fonte: Casas Bahia, 2023.

Para aferir a PA foi utilizado o esfigmomanômetro e estetoscópio da marca Rappaport Premium também com selo do INMETRO (Figura 33).

Figura 33 – Esfigmomanômetro e estetoscópio utilizado no estudo.



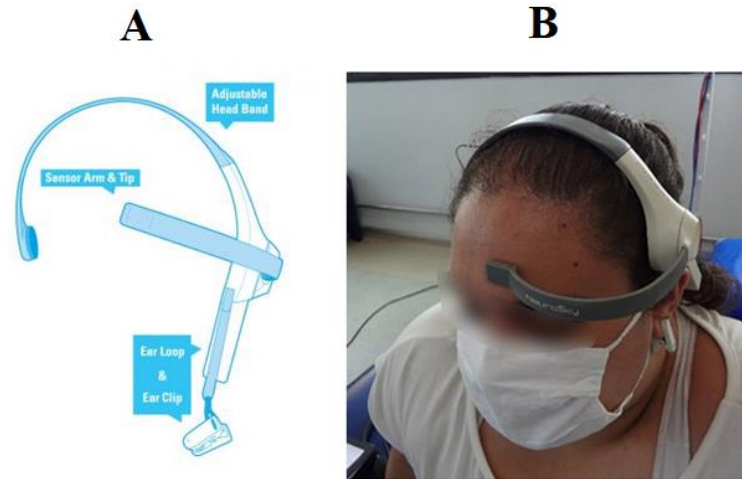
Fonte: Amazon, 2023.

4.3.3.2 Eletroencefalograma (EEG) Mindwave Neurosky

O equipamento é composto de um eletrodo que fica posicionado na testa do usuário com uma haste ajustável que contorna a cabeça e um clip que serve como fio terra no ouvido. Ele

capta os dados relativos a ondas cerebrais principalmente localizadas no lobo frontal (Figura 34).

Figura 34 – Eletroencefalograma (EEG) utilizado no estudo.

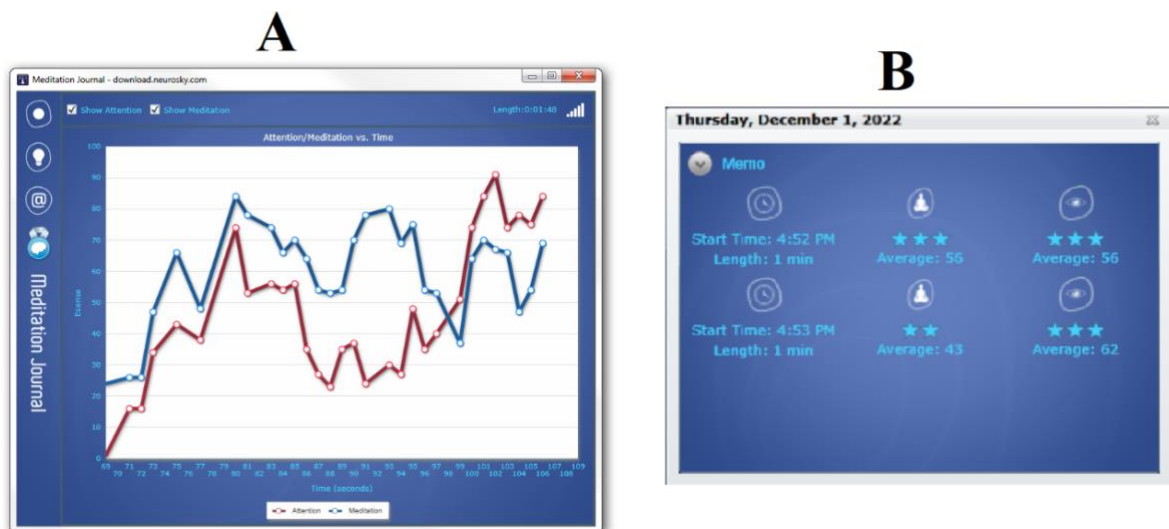


Legenda: A – esquematização do aparelho; B – participante utilizando.

Fonte: Adaptado pelo autor.

No momento da coleta de dados são mostrados dois gráficos, um vermelho que é referente a atenção/foco e o azul relacionado a meditação/relaxamento cerebral. Após a coleta o programa do aparelho fornece a média de ambos os dados (Figura 35).

Figura 35 – Dados coletados do EEG.



Legenda: A – gráfico de coleta da atenção/foco e meditação/relaxamento. B – médias de ambos os gráfico.

Fonte: autor.

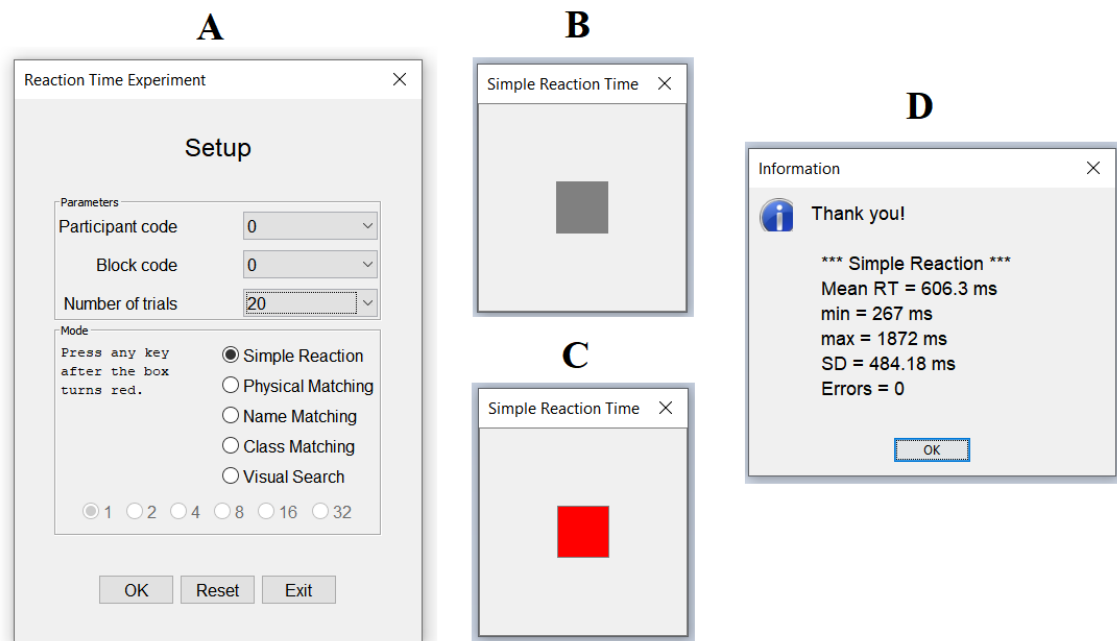
4.4.3.2 ReactionTime Experiment na modalidade ReactionTime

O *ReactionTimeExperiment* é um programa que possui uma bateria de avaliações que visa levantar dados de diferentes aspectos da agilidade de um sujeito. Quando acessa o programa o usuário escolhe qual teste o pesquisador que e quantas tentativas ele quer que o participante faça (Figura 36 A).

Quando o teste se inicia aparece no *display* um quadro cinza que fica vermelho, nesse momento participante deve reagir acionando o eletrodo do sistema para que seja registrado tempo que ele levou para essa ação (Figura 36 B e C).

Ao termino do teste são apresentados a média dos das 20 tentativas, o tempo máximo e mínimo que demorou para o participante tocar e o desvio padrão (DP) (Figura 36 D)

Figura 36 – Layouts do programa *ReactionTimeExperiment*.



Fonte: Autor.

4.3.3.3 Pontuação dos jogos do TGS

A pontuação dos jogos ocorre de maneira simples: se o participante errar um comando, por exemplo, a imagem que apareceu na tela foi para o membro inferior direito e ele utilizou o membro inferior esquerdo o software entende que isso foi um erro. E quando ele acerta, configura um acerto. Cada jogo possui uma quantidade própria de pontuação devido a mudança da mecânica de jogabilidade.

4.3.3.4 “SEU-Q – SeriousExergameUtility -Questionnaire”: Modificado Para o Grupo de Alunos e Profissionais

O questionário aplicado para os alunos (GA) e profissionais (GPR) foi o *SEU-Q – SeriousExergameUtility -Questionnaire* modificado é um teste com 13 perguntas objetivas e 4 perguntas subjetivas (o original havia apenas três, para esse estudo acrescentou-se mais uma) relacionadas a utilidade de um *exergame* desenvolvido para pesquisa científica (Anexo A). Cada questão possui 7 alternativas onde 1 representa o menor nível de entendimento, e 7 o maior nível de entendimento.

4.3.3.5 “System Usability Scale (SUS)”, Modificado. Para o Grupo de Pacientes

Para o grupo dos pacientes (GPA) foi empregado um teste mais simples e contendo apenas 10 questões objetivas que busca testar usabilidade de sistema por meio da opinião de usuários. Cada questão possui apenas 5 alternativas que vão de “discordo totalmente” à “concordo totalmente” (Anexo B).

4.5 Análise Estatística

Foi utilizado o software Past 4.03 onde foram verificadas as normalidades dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, e realizados os testes t pareados para dados normais e testes Wilcoxon para dados não normais. Foi adotada a significância de 0,05. Foi utilizada também a correlação de Pearson.

5 RESULTADOS

Para a apresentação dos resultados dos 18 voluntários, optou-se por categorizá-los de acordo com as variáveis que foram aferidas, incorporando os grupos em cada uma delas na seguinte ordem: avaliação fisiológica, eletroencefalografia, tempo de reação, pontuações dos jogos, e por fim, os questionários aplicados.

5.1 Resultados da Avaliação Fisiológica

Os resultados da avaliação fisiológica foram divididos em frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência respiratória (FR) e SpO₂, respectivamente.

5.1.1 Frequência Cardíaca (FC)

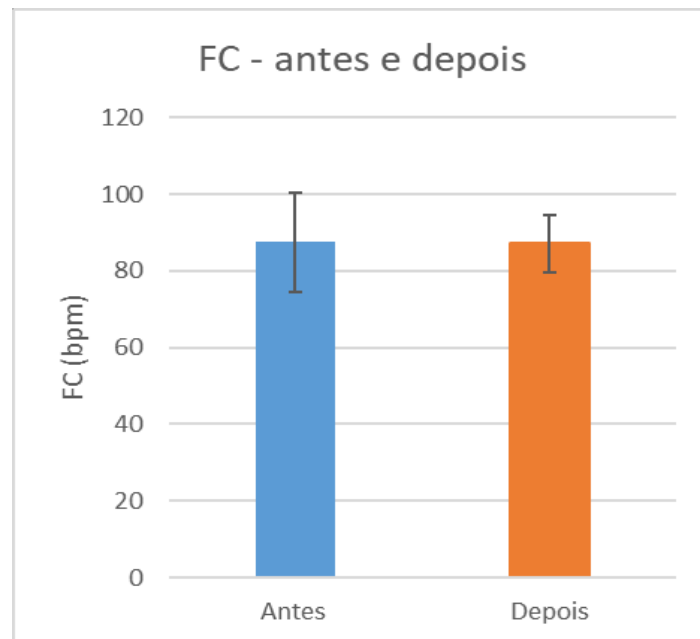
O grupo GA apresentou uma média de 87.5 bpm de FC antes de interagir com o TGS e 87,1 bpm na avaliação pós o último jogo. O desvio padrão respectivamente ficou 12,9 para antes e 7,5 para depois (Tabela 1 e Gráfico 1). Não foi atingindo o nível de significância ao aplicar os testes estatísticos.

Tabela 1– Frequência Cardíaca (FC) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GA

<i>Aluno #</i>	<i>FC (bpm)</i>	
	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
<i>1</i>	88	96
<i>2</i>	108	93
<i>3</i>	82	90
<i>4</i>	70	77
<i>5</i>	74	77
<i>6</i>	91	84
<i>7</i>	102	95
<i>8</i>	85	85
<i>MÉDIA</i>	87,5	87,1
<i>D.P.</i>	12,9	7,5

Fonte: Autor

Gráfico 1 – Média Frequência Cardíaca (FC) do Grupo GA.



Fonte: autor. * $p < 0.05$

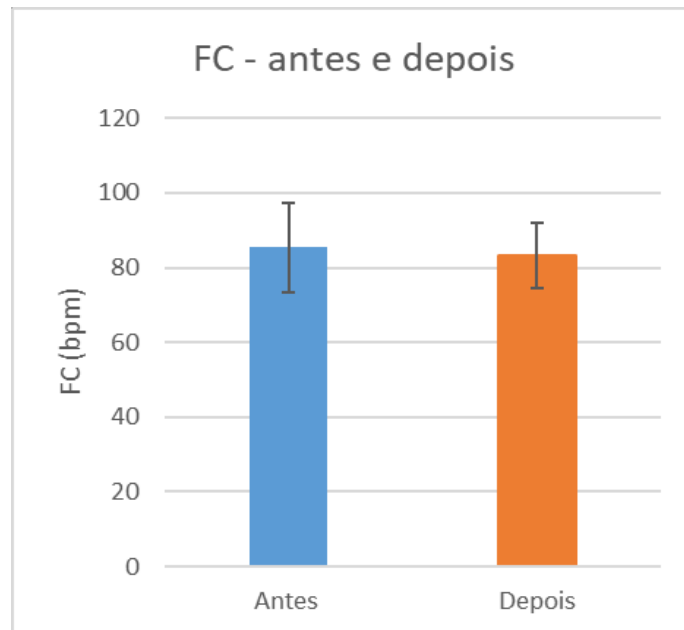
O grupo GPR apresentou um resultado menor que grupo GA com média de 85,3 bpm para avaliação pré-intervenção e 83,3 bpm para aferição pós-intervenção, com desvio padrão de 11,9 e 8,7, respectivamente. Da mesma forma, não foi atingido o nível de significância ao aplicar os testes estatísticos (Tabela 2 e Gráfico 2).

Tabela 2– Frequência Cardíaca (FC) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPR

<i>Profissional</i>	<i>FC (bpm)</i>	
	Antes	Depois
#		
1	72	76
2	86	90
3	77	83
4	86	74
5	107	97
6	84	80
MÉDIA	85,3	83,3
D.P.	11,9	8,7

Fonte Autor.

Gráfico 2 – Média Frequência Cardíaca (FC) do grupo GPR.



Fonte: autor *p<0.05

Teste-t: duas amostras em par para médias

	<i>FC antes</i>	<i>FC depois</i>
Média	85,333333	83,333333
Variância	143,866667	76,666667
Observações	6	6
Correlação de Pearson	0,7604702	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	5	
Stat t	0,6282809	
P(T<=t) uni-caudal	0,278699	
t crítico uni-caudal	2,0150484	
P(T<=t) bi-caudal	0,557398	
t crítico bi-caudal	2,5705818	

Fonte: Autor.

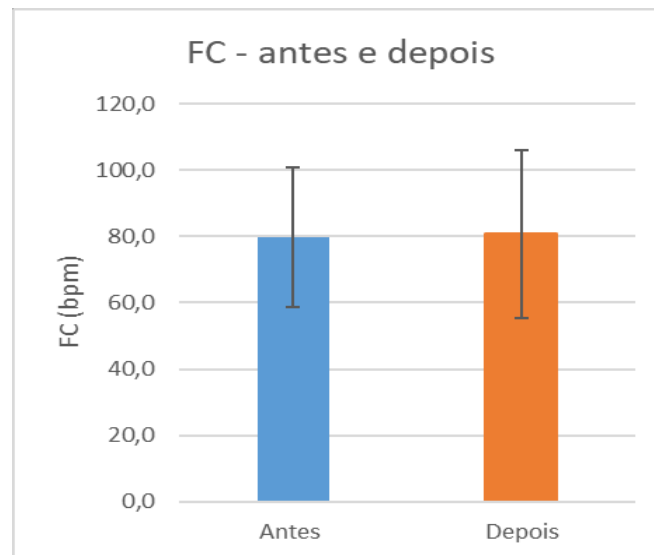
O grupo GPA apresentou média da avaliação pré-intervenção de 79,8 bpm e depois de 80,8 bpm. O desvio padrão respectivamente foi de 21,0 e 25,4. Também não foi atingido o nível de significância de 0,05 nos testes estatísticos (Tabela 3 e Gráfico 3).

Tabela 3 – Frequência Cardíaca (FC) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPA

<i>FC (bpm)</i>		
<i>Paciente #</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
<i>Pac. 1</i>	104	115
<i>Pac. 2</i>	72	67
<i>Pac. 3</i>	88	84
<i>Pac. 4</i>	55	57
MÉDIA	79,8	80,8
D.P.	21,0	25,4

Fonte: Autor.

Gráfico 3 - Média Frequência Cardíaca (FC) do grupo GPA



Fonte: autor. *p<0.05

Teste-t: duas amostras em par para médias

	<i>FC antes</i>	<i>FC depois</i>
Média	79,75	80,75
Variância	442,91667	645,583
Observações	4	4
Correlação de Pearson	0,9673048	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	-0,272166	
P(T<=t) uni-caudal	0,4015758	
t crítico uni-caudal	2,3533634	
P(T<=t) bi-caudal	0,8031515	
t crítico bi-caudal	3,1824463	

Fonte: Autor.

5.1.2 Pressão Arterial (PA)

Os dados referentes a PA foram divididos em PAS e PAD para todos os grupos para melhor análise estatística.

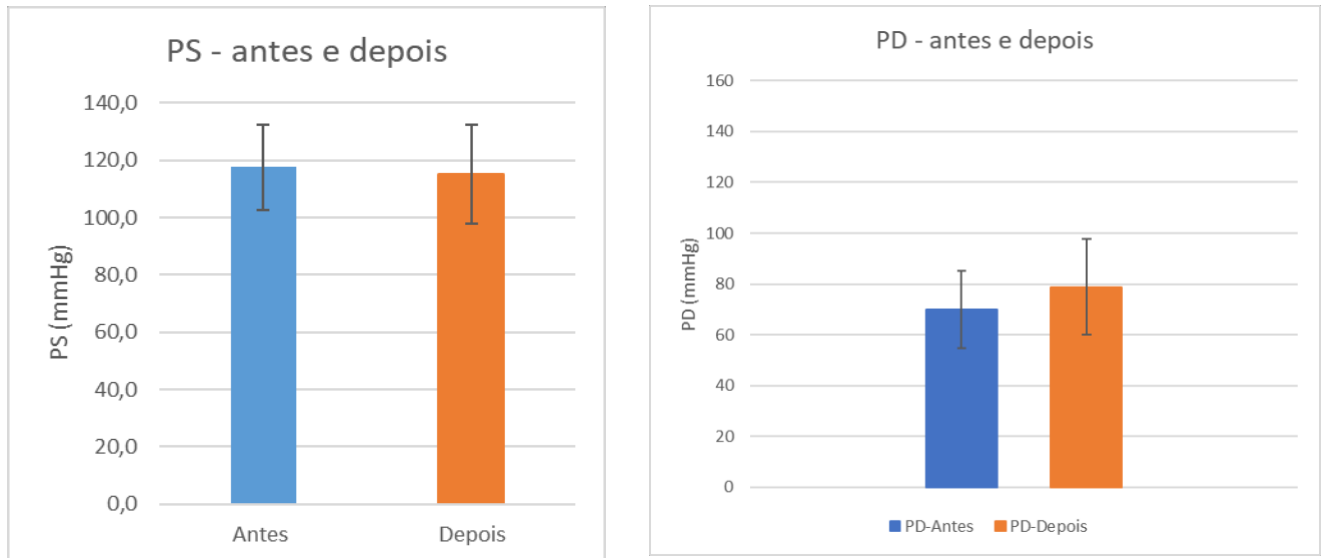
Para o grupo GA a média antes e depois para PAS foi de 121,25 mmHg e 121,25 mmHg, respectivamente, com DP de 14,5 e 24, 1. Para a PAD foi de 70 e 78,75 com DP de 15,1 e 18,8. Não atingiu o nível de significância adotado para os testes estatísticos. O participante 3 apresentou uma elevação significativa da PAS e PAD depois da atividade com o TGS (Tabela 4 e Gráfico 4).

Tabela 4 – Pressão Arterial (PA) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GA

<i>Paciente #</i>	<i>PA(mmHg)</i>			
	PS-Antes	PS-Depois	PD-Antes	PD-Depois
<i>Pac. 1</i>	120	110	80	80
<i>Pac. 2</i>	110	110	70	60
<i>Pac. 3</i>	140	180	90	120
<i>Pac. 4</i>	100	120	60	80
<i>Pac. 5</i>	120	110	60	80
<i>Pac. 6</i>	140	110	60	80
<i>Pac. 7</i>	130	120	90	70
<i>Pac. 8</i>	110	110	50	60
MÉDIA	121,25	121,25	70	78,75
D.P.	14,5	24,1	15,1	18,8

Fonte: Autor.

Gráfico 4 – Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão Arterial Diastólica (PAD) do grupo GA.



Fonte: autor *p<0.05

Fonte: O autor. *p<0.05

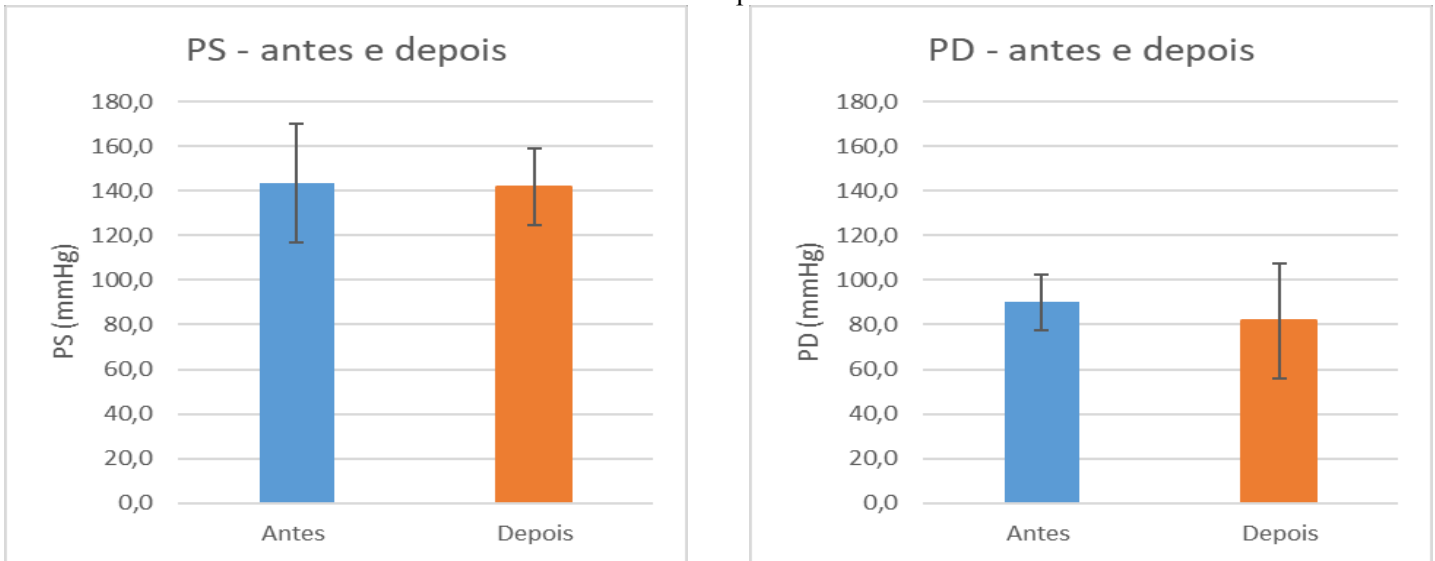
O grupo GPR apresentou médias PAS antes de depois de 143,3 mmHg e 141,7 mmHg com DP de 26,6 e 17,2 respectivamente. Para PAD, as médias foram 90,0 e 81,7 com DP de 12,2 e 25,6. Ao aplicar o teste estatístico não foi possível observar significância (Tabela 5 e Gráfico 5).

Tabela 5 - Pressão Arterial (PA) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPR

<i>PA (mmHg)</i>				
<i>Paciente #</i>	PS-Antes	PS-Depois	PD-Antes	PD-Depois
<i>Pac. 1</i>	120	130	80	80
<i>Pac. 2</i>	150	170	110	120
<i>Pac. 3</i>	150	150	100	40
<i>Pac. 4</i>	130	140	90	80
<i>Pac. 5</i>	190	140	80	90
<i>Pac. 6</i>	120	120	80	80
MÉDIA	143,3	141,7	90,0	81,7
D.P.	26,6	17,2	12,6	25,6

Fonte: Autor.

Gráfico 5 – Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão Arterial Diastólica (PAD) do Grupo GPR



Fonte: autor. * p<0.05

Fonte: autor. *p<0.05

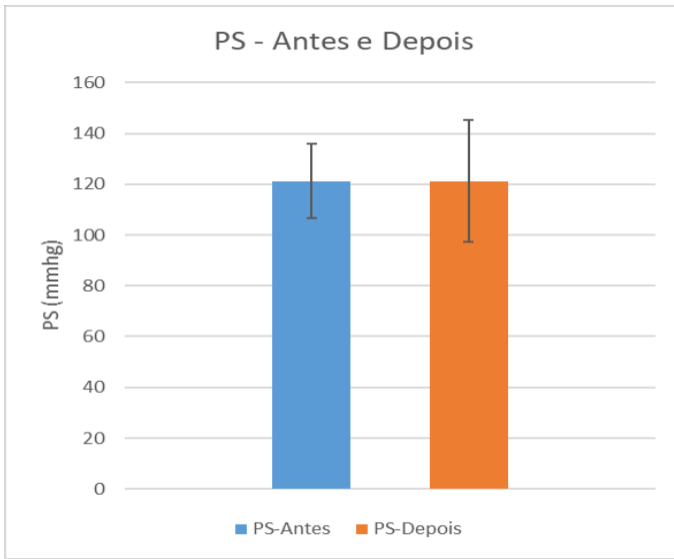
O Grupo GPA apresentou uma média de PAS antes e depois de 117,5 mmHg e 115,0 mmHg, com DP de 15,0 e 17,3. Para a PAD as médias foram 82,5 e 72,5 com DP de 12,6 e 9,6. Não foi identificada significância ao aplicar o teste estatístico. O participante 1 apresentou uma PAD elevada antes da intervenção, entretanto reduziu após a atividade (Tabela 6 e Gráfico 6).

Tabela 6 – Pressão Arterial (PA) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPA

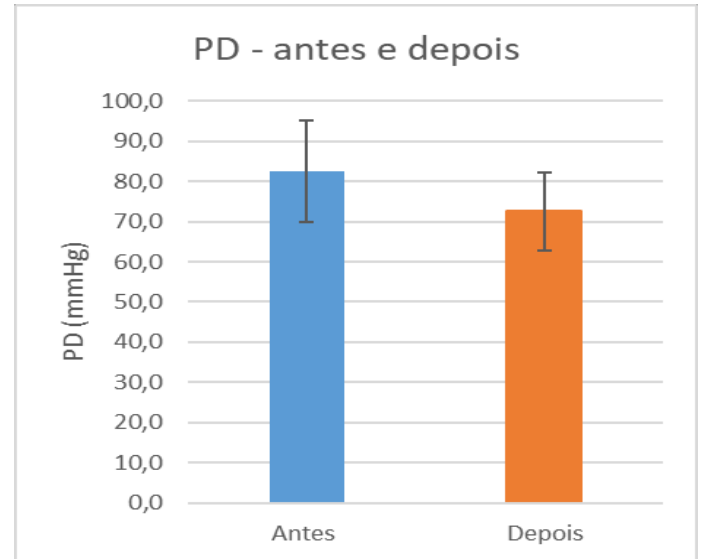
<i>Paciente #</i>	<i>PA (mmHg)</i>			
	PS- Antes	PS- Depois	PD- Antes	PD- Depois
<i>Pac. 1</i>	140	140	100	80
<i>Pac. 2</i>	110	110	70	60
<i>Pac. 3</i>	110	110	80	80
<i>Pac. 4</i>	110	100	80	70
MÉDIA	117,5	115,0	82,5	72,5
D.P.	15,0	17,3	12,6	9,6

Fonte: Autor.

Gráfico 6 – Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão Arterial Diastólica (PAD) do Grupo GPA



Fonte: autor. * $p < 0,05$



Fonte: autor. * $p < 0,05$

5.1.3 Frequência Respiratória (FR)

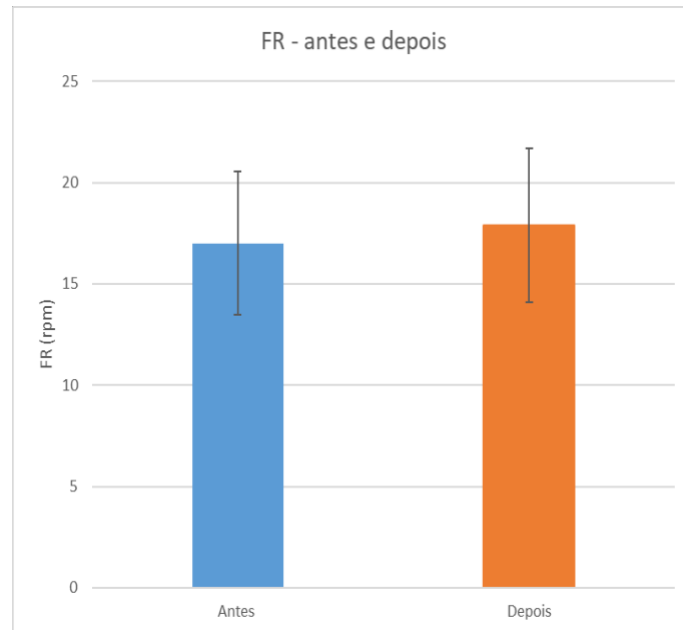
O Grupo GA apresentou as médias de 17,0 ipm e 17,8 ipm antes e depois da intervenção, respectivamente, com DP de 3,5 e 3,7. Os testes estatísticos aplicados demonstraram que ao comparar os momentos (pré e pós intervenção) não atingiu o nível de significância (Tabela 7 e Gráfico 7).

Tabela 7 – Frequência Respiratória (FR) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GA

<i>Aluno #</i>	<i>FR (rpm)</i>	
	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
<i>1</i>	20	20
<i>2</i>	12	16
<i>3</i>	16	16
<i>4</i>	12	12
<i>5</i>	20	24
<i>6</i>	16	20
<i>7</i>	20	15
<i>8</i>	20	20
MÉDIA	17	17,875
D.P.	3,5	3,8

Fonte: Autor.

Gráfico 7 – Frequência Respiratória (FR) do Grupo GA



Fonte: autor. * $p < 0.05$

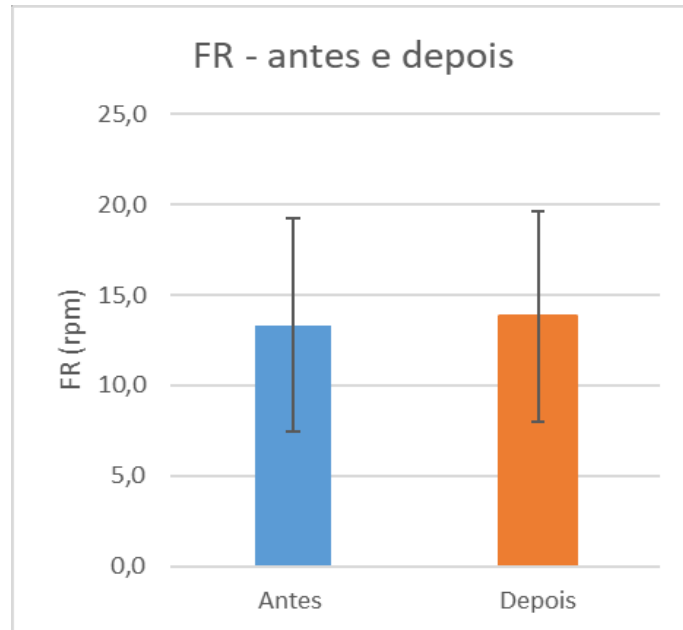
O Grupo PR apresentou os participantes com os menores números relativos a FR, ficando em destaque os $n=1$ com 6 antes e depois da intervenção e o $n=4$ com 6 antes e 9 após a intervenção. As médias pré e pós intervenção foram a mesmas, 15,3 ipm, com desvio padrão de 5,9 e 5,8 respectivamente. Ao teste comparativo não atingiu o nível de significância (Tabela 8 e Gráfico 8).

Tabela 8– Frequência Respiratória (FR) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPR

<i>Profissional #</i>	<i>FR (rpm)</i>	
	Antes	Depois
<i>1</i>	16	20
<i>2</i>	12	12
<i>3</i>	16	16
<i>4</i>	12	12
<i>5</i>	20	20
<i>6</i>	16	12
MÉDIA	15,3	15,3
D.P.	3,0	3,9

Fonte: Autor.

Gráfico 8 – Frequência Respiratória (FR) do Grupo GPR



Fonte: autor. * $p < 0.05$

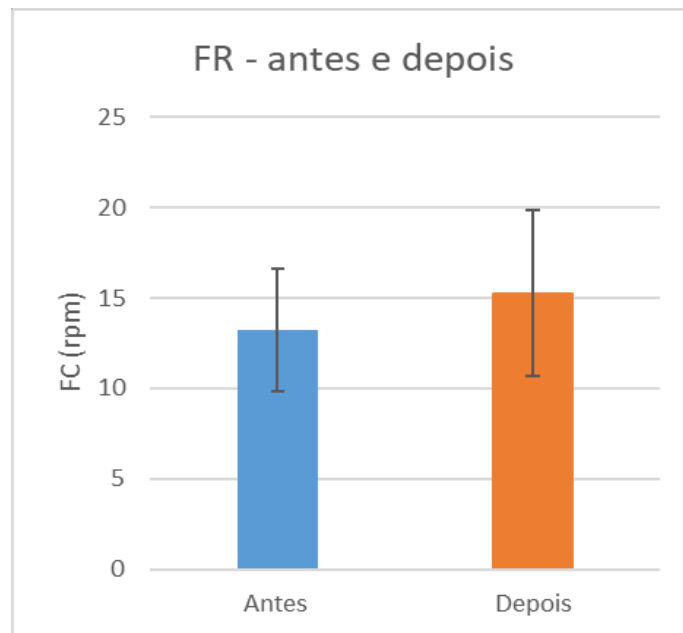
O Grupo GPA apresentou médias de pré e pós intervenção de 13,2% e 15,2% respectivamente, com DP de 3,4 e 3,5. Não foi atingido o nível de significância após o cálculo no teste estatístico (Figura 9 e Gráfico 9).

Tabela 9 – Frequência Respiratória (FR) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPA

<i>Paciente #</i>	<i>FR (rpm)</i>	
	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
<i>Pac. 1</i>	16	16
<i>Pac. 2</i>	9	9
<i>Pac. 3</i>	12	20
<i>Pac. 4</i>	16	16
<i>MÉDIA</i>	13,2	15,2
<i>D.P.</i>	3,4	4,5

Fonte: Autor.

Gráfico 9 – Frequência Respiratória (FR) do Grupo GPA



Fonte: autor. * $p < 0.05$

5.1.4 Saturação de SpO2

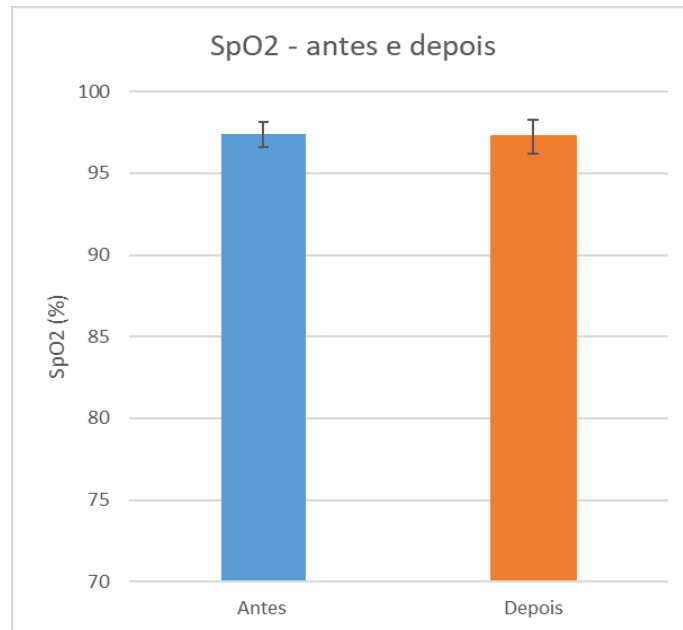
Todos participantes do Grupo GA apresentaram SpO2 dentro da normalidade com médias antes e após a intervenção de 97,3% e 97,2% respectivamente, com DP de 0,7 e 1,0. Ao aplicar o teste estatístico não foi atingido o nível de significância (Tabela 10 e Gráfico 10).

Tabela 10 – Saturação de Oxigênio (SpO2) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GA

<i>Aluno #</i>	<i>SpO2 (%)</i>	
	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
<i>1</i>	96	97
<i>2</i>	98	97
<i>3</i>	98	98
<i>4</i>	97	98
<i>5</i>	98	98
<i>6</i>	98	95
<i>7</i>	97	97
<i>8</i>	97	98
<i>MÉDIA</i>	97,3	97,2
<i>D.P.</i>	0,7	1,0

Fonte: Autor.

Gráfico 10 – Saturação de Oxigênio (SpO2) do Grupo GA



Fonte: autor. * $p < 0,05$

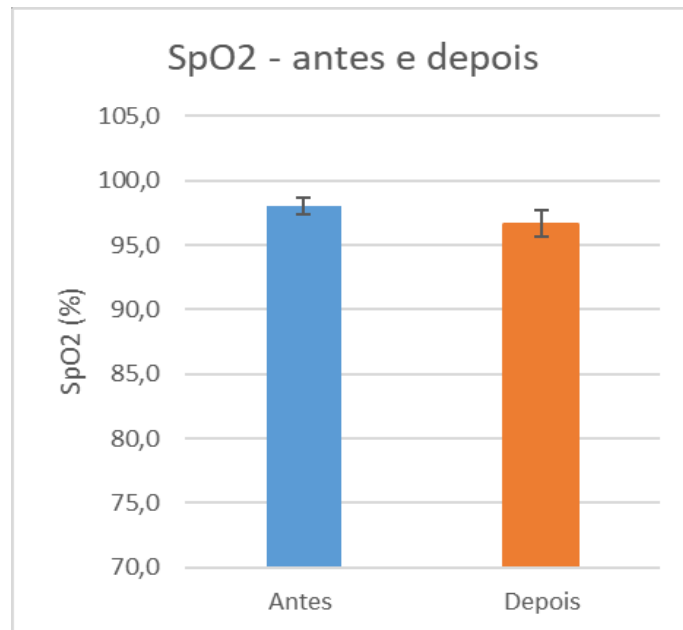
Para o Grupo GPR, a SpO2 foi compatível com a normalidade com médias antes e após a intervenção de 98,0% e 96,7%, respectivamente, e com DP de 0,6 e 1,0. No teste estatístico não se alcançou o nível de significância (Tabela 11 e Gráfico 11).

Tabela 11 – Saturação de Oxigênio (SpO2) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPR

<i>SpO2 (%)</i>		
<i>Profissional #</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
<i>1</i>	99	98
<i>2</i>	98	97
<i>3</i>	97	95
<i>4</i>	98	97
<i>5</i>	98	96
<i>6</i>	98	97
<i>MÉDIA</i>	98,0	96,7
<i>D.P.</i>	0,6	1,0

Fonte: Autor.

Gráfico 11 – Saturação de Oxigênio (SpO2) do Grupo GPR



Fonte: autor. *p<0.05

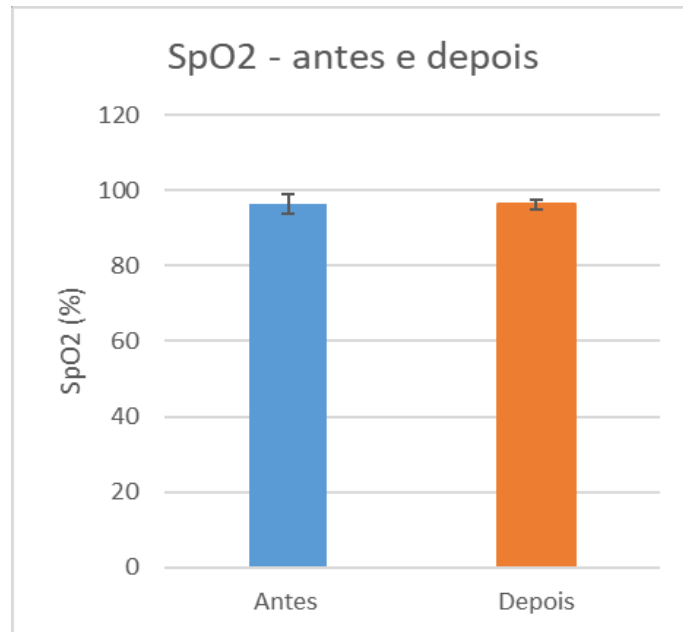
O Grupo GPA também apresentou SpO2 dentro da normalidade, com média de 96,5 para antes, e 96,2 para depois da intervenção. Os DP's foram 2,5 e 1,3 respectivamente. Não foi atingido o nível de significância após o teste estatístico (Tabela 12 e Gráfico 12).

Tabela 12 – Saturação de Oxigênio (SpO2) antes e depois da atividade com o TGS do Grupo GPA

<i>SpO2 (%)</i>		
<i>Paciente #</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
<i>Pac. 1</i>	97	96
<i>Pac. 2</i>	97	96
<i>Pac. 3</i>	99	98
<i>Pac. 4</i>	93	95
<i>MÉDIA</i>	96,5	96,25
<i>D.P.</i>	2,5	1,3

Fonte: Autor.

Gráfico 12 – Saturação de Oxigênio (SpO2) do Grupo GPA



Fonte: autor. * $p < 0.05$

5.2 Resultados do Eletroencefalograma *Mindwave*

O Grupo GA apresentou um aumento no nível de atenção maior após a interação com os jogos com exceção do Aluno 01, Aluno 02, Aluno 04 e Aluno 06. A médias desse parâmetro antes e após a intervenção foi 52,3% e 53,6% respectivamente, com DP de 12,8 e 11,4. Quanto a aferição do nível de meditação os alunos 02 e 03 apresentaram um aumento, entretanto quando comparado a média geral do grupo houve uma redução no nível de meditação de 65,4% antes da intervenção e 57,6% após, com DP de 9,0 e 12,5. Apesar desses resultados ao aplicar o teste estatístico não foi atingido o nível de significância (Tabela 13).

Tabela 13 – Níveis de “Atenção” e “Meditação” do Grupo GA

Nível de Atenção		
Aluno #	Antes	Depois
1	48	41
2	70	65
3	65	69
4	60	54
5	46	62
6	55	53
7	43	48
8	31	37
MÉDIA	52,3	53,6
D.P.	12,8	11,4

Fonte: autor.

Nível de Meditação		
Aluno #	Antes	Depois
1	75	55
2	47	71
3	63	69
4	70	40
5	72	69
6	69	62
7	59	40
8	68	55
MÉDIA	65,4	57,6
D.P.	9,0	12,5

Hipótese nula	$H_0: \text{diferença}_\mu = 0$
Hipótese alternativa	$H_1: \text{diferença}_\mu \neq 0$
Valor-T	Valor-p
<hr/>	<hr/>
-0,5	0,636

Fonte: Autor

Hipótese nula	$H_0: \text{diferença}_\mu = 0$
Hipótese alternativa	$H_1: \text{diferença}_\mu \neq 0$
Valor-T	Valor-p
<hr/>	<hr/>
1,29	0,238

No Grupo GPR o participante Profissional 03 foi o único que demonstrou uma redução no nível de atenção, entretanto quando calculada a média antes e após intervenção foi identificado um aumento de 43,4% para 58,4% respectivamente, com DP de 9,1 e 10,0. Para o nível de meditação, foi detectado que os profissionais 02, 03 e 06 reduziram na pós intervenção, porém, ao calcular a média houve uma elevação geral do nível de meditação de 49,0% para 53,8%, com DP de 8,5 e 10,9. Ao aplicar o teste estatístico não se alcançou o nível de significância (Tabela 14).

Tabela 14 – Níveis de Atenção e Meditação do Grupo GPR

Nível de Atenção			Nível de Meditação		
Profissional #	Antes	Depois	Profissional #	Antes	Depois
1	35	60	1	38	50
2	44	55	2	56	52
3	57	41	3	59	50
4	46	65	4	45	69
5	38	61	5	45	61
6	32	70	6	40	37
MÉDIA	43,4	58,4	MÉDIA	49,0	53,8
D.P.	9,1	10,0	D.P.	8,5	10,9

Hipótese nula	Ho: diferença_μ = 0
Hipótese alternativa	H1: diferença_μ ≠ 0
Valor-T	Valor-p
-2,23	0,076

Hipótese nula	Ho: diferença_μ = 0
Hipótese alternativa	H1: diferença_μ ≠ 0
Valor-T	Valor-p
-1,12	0,315

Fonte: Autor.

No Grupo GPA, o Paciente 04 foi o único que apresentou redução no nível de atenção antes e após a intervenção, entretanto, para a média geral houve um aumento de 44,3 para 48,0, com DP de 20,3 e 8,1, respectivamente. Para o nível de meditação apenas um participante, Paciente 04, apresentou uma redução do nível de meditação após a intervenção, ao contrário, a média geral para antes e após foi de 41,0 para 48, com DP de 7,0 e 9,0 respectivamente. Não foi atingindo o nível de significância para o teste estatístico (Tabela 15).

Tabela 15 – Níveis de Atenção e Meditação do Grupo GPA

Nível de Atenção			Nível de Meditação		
Paciente #	Antes	Depois	Paciente #	Antes	Depois
1	30	42	1	42	50
2	33	45	2	46	59
3	40	60	3	30	43
4	74	45	4	44	39
MÉDIA	44,3	48,0	MÉDIA	41	48
D.P.	20,3	8,1	D.P.	7	9

Hipótese nula	Ho: diferença_μ = 0
Hipótese alternativa	H1: diferença_μ ≠ 0
Valor-T	Valor-p
-0,34	0,757

Hipótese nula	Ho: diferença_μ = 0
Hipótese alternativa	H1: diferença_μ ≠ 0
Valor-T	Valor-p
-1,71	0,187

Fonte: Autor.

5.3 Resultados do *ReactionTime Experiment* na modalidade *ReactionTime*

No Grupo GA, o cálculo das médias antes e após o teste de reação demonstrou uma redução para esse parâmetro de 905,2 ms para 888,2 ms, respectivamente. Para o tempo máximo, foi registrado também um aumento de 1084,7 ms para 1349,1 ms. Em relação ao tempo mínimo, houve uma redução de 653 ms para 620 ms. As médias do DP foi de 58,7 para 122,02. Para o teste estatístico não houve diferença significativa entre os momentos aferidos (Tabela 16, Tabela 17 e Gráfico 13).

Tabela 16 – Dados do *Reaction Time* do Grupo GA

Aluno #	Tempo de Reação (ms)				Tempo de Reação (ms)			
	Antes				Depois			
	MÉDIA	DP	MAX	MIN	MÉDIA	DP	MAX	MIN
1	1055,1	77,26	1214,0	932,0	1078,3	229,43	1889,0	893,0
2	831,9	149,5	984,0	246,0	1104,5	242,34	1903,0	853,0
3	944,0	73,73	1124,0	841,0	953,3	176,48	1237,0	503,0
4	1085,5	150,54	1421,0	762,0	843,0	227,1	1305,0	350,0
5	1120,3	78,43	1321,0	1008,0	1002,9	119,03	1289,0	838,0
6	709,2	86,72	906,0	557,0	584,2	97,0	937,0	484,0
7	791,1	58,75	927,0	697,0	842,9	122,02	1254,0	693,0
8	704,9	42,37	781,0	653,0	697,1	79,35	979,0	620,0
Médias	905,25	89,66	1084,75	712,00	888,27	161,59	1349,12	654,25

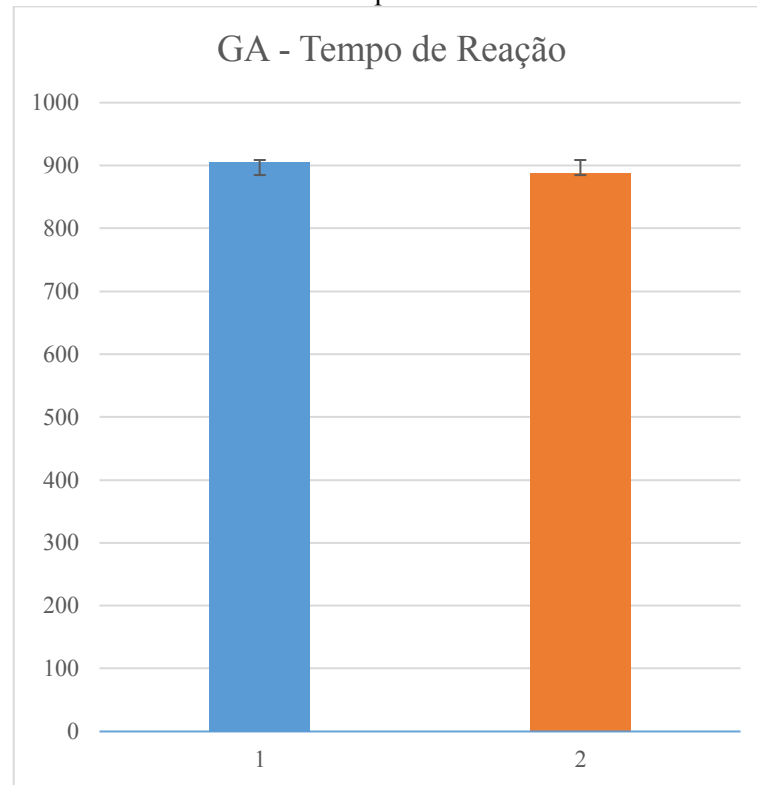
Fonte: Autor.

Tabela 17 – Teste-t: para dados do *Reaction Time* do Grupo GA

	<i>Média</i> <i>Antes</i>	<i>Média</i> <i>Depois</i>
Média	905,25	888,275
Variância	28525,6	33335,4
Observações	8	8
Correlação de Pearson	0,62411	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	7	
Stat t	0,31407	
P(T<=t) uni-caudal	0,38131	
t crítico uni-caudal	1,89458	
P(T<=t) bi-caudal	0,76262	
t crítico bi-caudal	2,36462	

Fonte: Autor

Gráfico 13 – Comparativo das médias em “ms” do *Reaction Time* antes (1) e após (2) a intervenção no Grupo GA



Fonte: Autor.

Para o Grupo PR, o cálculo das médias tempo de reação foi de 827,5 ms antes para 814,4 ms depois, ou seja, houve uma pequena redução. Para o tempo máximo, a média reduziu de 1282,0 ms para 1183,5 ms. Em relação ao tempo mínimo, houve um aumento de 562,7 ms para 607,0 ms. Ao aplicar-se o teste estatístico não foi obtido um nível de significante antes e após a intervenção (Tabela 18, Tabela 19 e Gráfico 14).

Tabela 18 – Dados do *Reaction Time* do Grupo PR

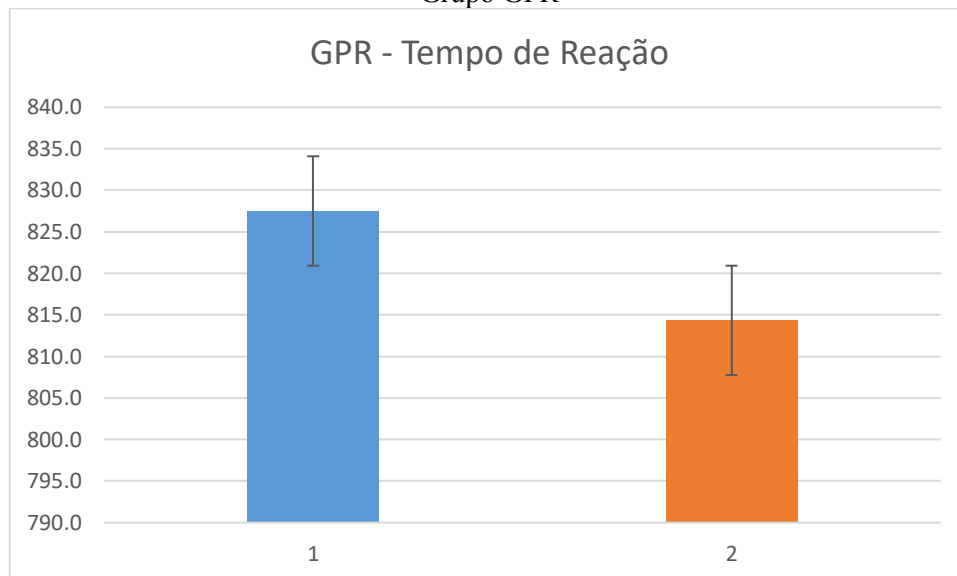
Profissional #	Antes				Depois			
	MÉDIA	DP	MAX	MIN	MÉDIA	DP	MAX	MIN
1	950,6	90,72	1110	780	941	1024,06	1137	799
2	694,5	96,94	1007	593	620	132,81	787	161
3	858,4	78,86	1071	776	940,2	121,06	1275	785
4	854,3	79,71	1118	757	855,6	111,8	1189	698
5	738,1	276,58	1433	94	645,7	155,42	1100	531
6	869,2	357,03	1953	376	883,6	271,98	1613	668
Médias	827,5	163,3	1282,0	562,7	814,4	149,2	1183,5	607,0

Fonte: Autor.

Tabela 19 – Teste-t: para dados do *Reaction Time* do Grupo GPR

	Média Antes	Média Depois
Média	827,517	814,35
Variância	8849,38	20918,1
Observações	6	6
Correlação de Pearson	0,94665	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	5	
Stat t	0,50943	
P(T<=t) uni-caudal	0,31607	
t crítico uni-caudal	2,01505	
P(T<=t) bi-caudal	0,63213	
t crítico bi-caudal	2,57058	

Fonte: Autor

Gráfico 14 – Comparativo das médias em “ms” do *Reaction Time* antes (1) e após (2) a intervenção no Grupo GPR

Fonte: Autor.

Ao se calcular as médias do Grupo PA observou-se uma redução do tempo de reação de 1014 ms para 965 ms. Para o tempo máximo houve também uma redução de 1626 ms para 1552 ms. Em relação ao tempo mínimo houve um aumento de 465 ms para 682 ms. Ao calcular a média do DP antes e depois chegou-se aos dados 276 e 206 respectivamente. Não foi atingindo o nível de relevância para o teste estatístico em ambos os grupos (Tabela 20, Tabela 21 e Gráfico 15).

Tabela 20 – Dados do *Reaction Time* do Grupo GPA

Paciente #	Antes				Depois			
	MÉDIA	DP	MAX	MIN	MÉDIA	DP	MAX	MIN
1	1053,9	234,43	1524	463	751,8	145,31	1339	658
2	1056,6	148,99	1379	867	997,4	131,85	1470	807
3	913,2	326,44	1875	280	1027,1	238,65	1721	617
4	1033,5	395,04	1724	251	1082,9	308,46	1676	646
Médias	1014	276	1626	465	965	206	1552	682

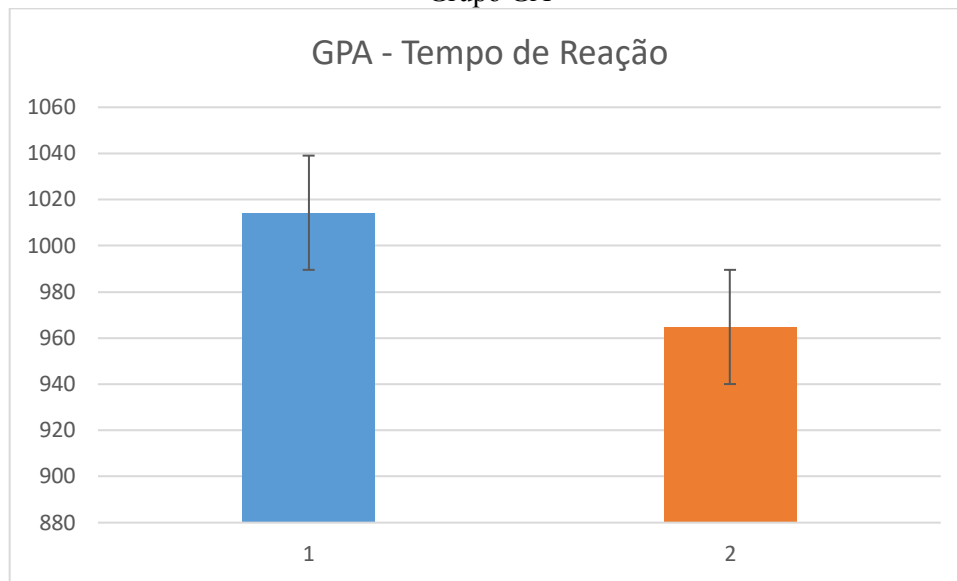
Fonte: Autor

Tabela 21 – Teste-t: para dados do *Reaction Time* do Grupo GPR

	<i>Média</i> <i>Antes</i>	<i>Média</i> <i>Depois</i>
Média	1014,3	964,8
Variância	4649,1	21420,2
Observações	4	4
Correlação de Pearson	-0,3703	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	0,54121	
P(T<=t) uni-caudal	0,31298	
t crítico uni-caudal	2,35336	
P(T<=t) bi-caudal	0,62597	
t crítico bi-caudal	3,18245	

Fonte: Autor.

Gráfico 15 – Comparativo das médias em “ms” do *Reaction Time* antes (1) e após (2) a intervenção no Grupo GA



Fonte: Autor.

5.4 Resultado da Pontuação dos Jogos do TGS

O Grupo GA apresentou as seguintes médias de acertos para: 302,9 pontos para o Jogo 1, com DP de 49,0; 24,6 pontos para o Jogo 2 com DP de 1,6; 266,3 pontos para o Jogo 3 com DP de 65,9; 31,8 pontos para o Jogo 4 com DP de 3,8; 276,9 pontos para o Jogo 5 com DP de 60,0; e 325,6 pontos para o Jogo 6 com DP 48,0 (Tabela 22).

Para as médias de erros, o Grupo GA apresentou: 15,9 erros para o Jogo 1 com DP de 18,2; 13,0 erros para o Jogo 2 com DP de 3,3; 14,0 erros para o Jogo 3 com DP de 24,0; 0,4 erros para o Jogo 4 com DP de 1,1; 11,4 erros para o Jogo 5 com DP de 7,2; 6,1 erros para o Jogo 6 com DP de 5,3 (Tabela 22).

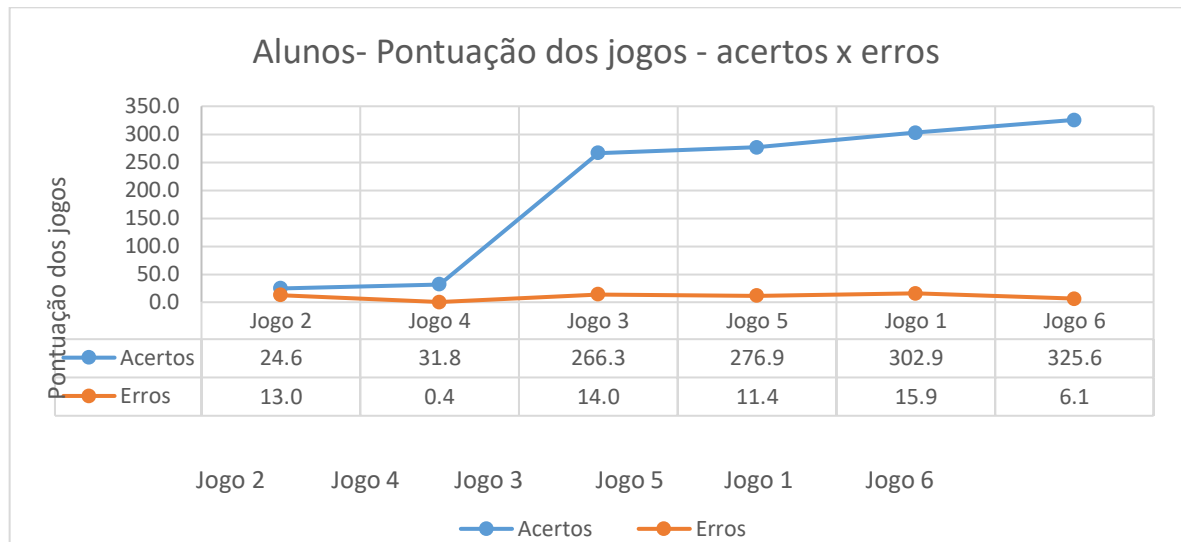
Tabela 22 – Pontuação dos jogos do TGS do Grupo GA

Aluno #	Jogo 1		Jogo 2		Jogo 3		Jogo 4		Jogo 5		Jogo 6	
	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros
1	289	7	24	16	308	0	36	0	280	4	312	3
2	300	12	22	13	210	5	30	3	198	18	334	3
3	297	15	24	10	193	7	25	0	249	13	300	15
4	316	13	26	9	275	5	28	0	310	19	325	5
5	196	8	26	14	178	7	33	0	190	6	234	4
6	343	7	23	11	352	11	35	0	353	4	401	4
7	356	5	26	12	335	4	33	0	333	6	350	1
8	326	60	26	19	279	73	34	0	302	21	349	14
MÉDIA	302,9	15,9	24,6	13,0	266,3	14,0	31,8	0,4	276,9	11,4	325,6	6,1
D.P.	49,0	18,2	1,6	3,3	65,9	24,0	3,8	1,1	60,0	7,2	48,0	5,3

Fonte: Autor.

O Gráfico 16 demonstra o comportamento dos participantes após a intervenção com os jogos em função de acertos e erros, sendo os acertos apresenta um perfil crescente. O Grupo GA demonstrou a sequência para os jogos 2, 4, 3, 5, 1 e 6.

Gráfico 16 – Comparativo das sequências de jogos em função dos acertos no grupo GA



Fonte: Autor.

Para o Grupo GPR as médias para os acertos em relação a cada jogo foram: 305,2 pontos para o Jogo 1 com DP de 93,7; 24,3 pontos para Jogo 2 com DP de 1,5; 266,2 pontos para o Jogo 3 com DP de 97,9; 29,0 pontos para o Jogo 4 com DP de 7,1; 279,2 pontos para o Jogo 5 com DP de 92,3; 308,3 pontos para o Jogo 6 com DP de 100,5 (Tabela 2).

Em relação as médias de erros para o GPR ficaram da seguinte forma: 10,3 erros para o Jogo 1 com DP de 7,4; 11,0 erros para o Jogos 2 com DP de 4,9; 5,0 erros para o Jogo 3 com DP 2,2; 0,2 erros para o Jogo 4 com DP de 0,4; 5,5 erros para o Jogo 5 com DP de 2,4; 4,0 erros para o Jogo 6 com DP de 3,3 (Tabela 23).

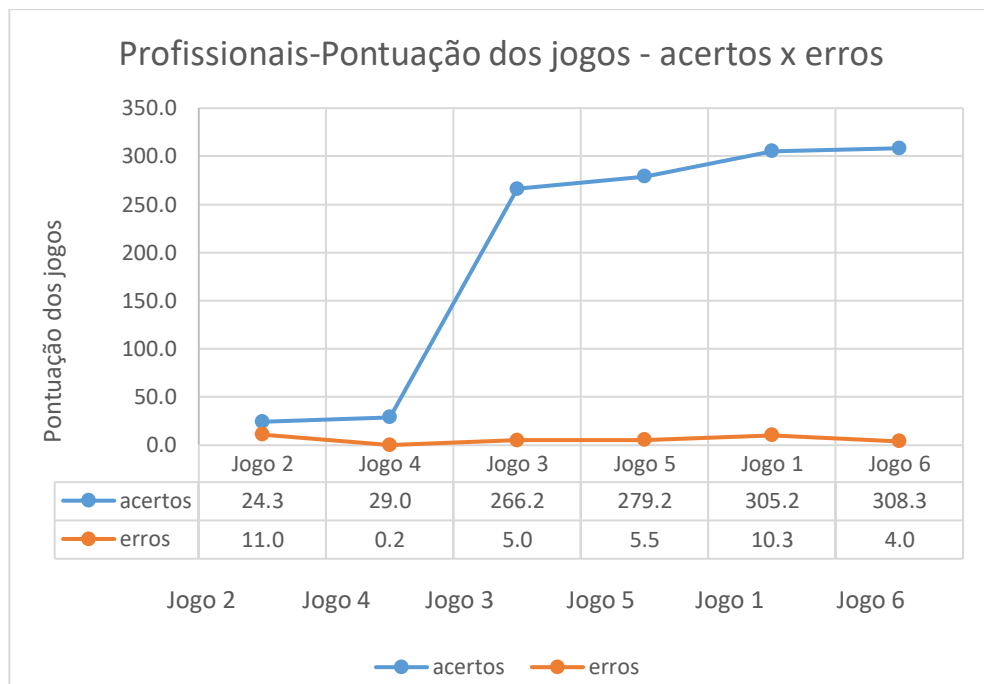
Tabela 23 – Pontuação dos jogos do TGS do Grupo GPR

	Jogo 1		Jogo 2		Jogo 3		Jogo 4		Jogo 5		Jogo 6	
Aluno #	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros
1	283	20	22	15	242	3	35	0	260	4	292	4
2	400	5	25	10	353	8	32	0	323	7	372	4
3	143	17	25	17	100	6	15	0	120	9	120	9
4	350	5	25	13	280	5	29	1	365	6	365	6
5	277	2	23	6	248	2	31	0	247	2	306	0
6	378	13	26	5	374	6	32	0	360	5	395	1
MÉDIA	305,2	10,3	24,3	11,0	266,2	5,0	29,0	0,2	279,2	5,5	308,3	4,0
D.P.	93,7	7,4	1,5	4,9	97,9	2,2	7,1	0,4	92,3	2,4	100,5	3,3

Fonte: Autor.

O Gráfico 17 expõe o comportamento dos participantes em relação a sequência dos jogos em função de acertos e erros, sendo os acertos expostos de forma crescente no Grupo GPR demonstrou uma sequência para os jogos 2, 4, 3, 5, 1 e 6.

Gráfico 17 – Comparativo das sequências de jogos em função dos acertos no grupo GPR



Fonte: Autor

No Grupo GPA, a média de acerto de pontos para os jogos foi: 165,8 pontos para o Jogo 1 com DP de 71,1; 20,3 pontos para o Jogo 2 com DP de 4,6; 203,3 pontos para o Jogo 3 com DP de 52,6; 28,5 pontos para o Jogo 4 com DP de 4,4; 155,3 pontos para o Jogo 4 com DP de 12,2; 216,5 pontos para o Jogo 6 com DP de 90,3 (Tabela 24).

Para a média de erros, o Grupo GPA apresentou as seguintes médias: 7,0 erros para o Jogo 1 com DP de 4,5; 11,8 erros para o Jogo 2 com DP de 8,3; 10,5 erros para o Jogo 3 com DP de 5,2; 8,7 erros para o Jogo 4 com DP de 6,0; 5,0; 5,0 erros para o Jogo 5 com DP de 3,8; 7,3 erros para o Jogo 6 com DP de 4,6 (Tabela 24).

Tabela 24 – Pontuação dos jogos do TGS do Grupo GPA

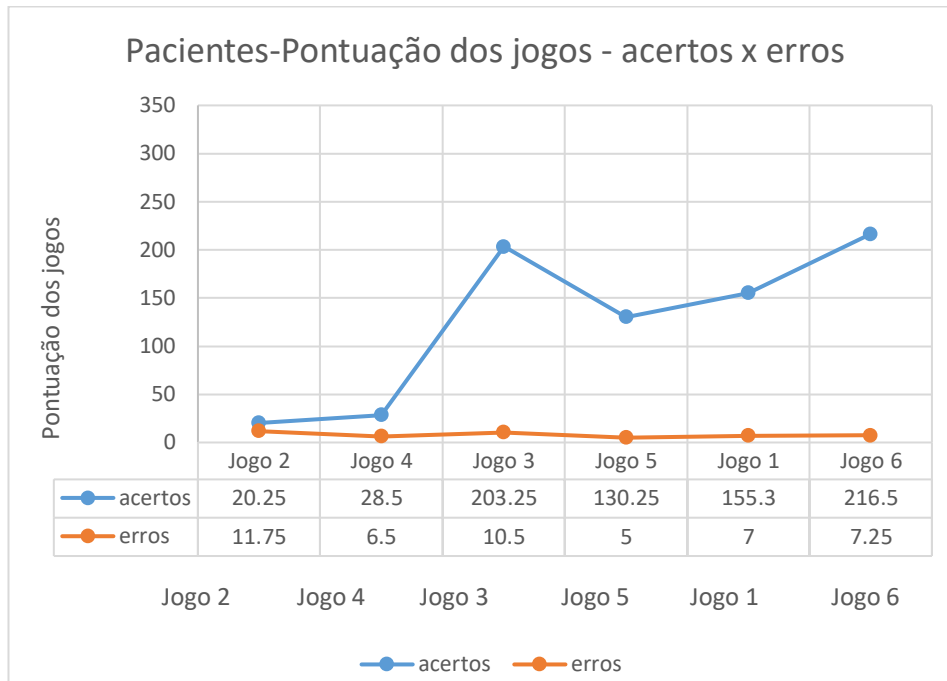
	Jogo 1		Jogo 2		Jogo 3		Jogo 4		Jogo 5		Jogo 6	
Aluno #	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros
1	263	13	23	24	270	17	31	4	137	0	347	13
2	129	3	15	6	143	12	22	14	160	4	160	4
3	100	8	18	10	210	8	31	8	162	8	207	9
4	171	4	25	7	190	5	30	0	162	8	152	3
MÉDIA	165,8	7,0	20,3	11,8	203,3	10,5	28,5	8,7	155,3	5,0	216,5	7,3
D.P.	71,1	4,5	4,6	8,3	52,6	5,2	4,4	6,0	12,2	3,8	90,3	4,6

Fonte: Autor.

Para o Grupo GPA, a ordem foi jogos em função dos acertos e erros foi 2, 4, 5, 1, 3, 6, sendo a mesma ordem para os dois primeiros jogos (Jogos 2 e 4) e o último (Jogo 6) demonstrados no Grupo GA e GPR (Gráfico 18).

Ainda fazendo correlação sobre esse dado verificou-se que a correlação de acerto e erros para o grupo profissionais e alunos, apresentou uma correlação forte sendo 0.999 e 0.841, respectivamente. Para o grupo pacientes, verificou-se uma diferenciação do comportamento para os quatro últimos jogos da sequência, sendo que a correlação de acertos e erros para o grupo paciente e alunos, foi muito fraca, com valores de 0.395 e 0.244, respectivamente.

Gráfico 18 – Comparativo das sequências de jogos em função dos acertos no grupo GPA



Fonte: Autor.

5.5 Resultado das Questões do “*SEU-Q – SeriousExergameUtility -Questionnaire*”: adaptado e do “*System Usability Scale (SUS)*”, adaptado

O questionário aplicado aos Grupo GA e ao Grupo PR possui 13 questões objetivas com escala de dificuldade entre 1 (baixa) até 7 (alta) e 4 questões descritivas. As questões de 1 a 8 aferem a perspectiva dos participantes em relação de mecânica dos jogos e aprendizagem com a interação. As questões 9 e 13 falam sobre a visão dos participantes a respeito da motivação e dificuldades dos *games*. E as quatro questões discursivas serviram para auxiliar na construção do tópico 14 deste trabalho “Implementações Posteriores” (ANEXO A).

O conhecimento de jogos digitais na reabilitação é menor que o conhecimento geral a respeito de jogos digitais apresentando mediana de 1,0 e 2,5 respectivamente. Apenas o Aluno 5 e o Aluno 6 apresentam pontuações acima da média. A média corrobora com esse resultado apresentando 3,38 para conhecimentos gerais sobre jogos digitais e 1,25 para jogos digitais na reabilitação (Tabela 25).

As respostas que atingiram mediana correspondente a pontuação total (n=7) foram as perguntas 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12.

A média total desse grupo ficou em 5,2, demonstrando um saldo positivo considerada a pontuação mínima e máxima para cada questão.

Tabela 25 – Respostas do “SEU-Q – *SeriousExergameUtility -Questionnaire*”: adaptado para o Grupo GA

Perguntas	Aluno #1	Aluno #2	Aluno #3	Aluno #4	Aluno #5	Aluno #6	Aluno #7	Aluno #8	Mediana/ Questão	Média/ Questão
Nível de Conhecimento sobre Jogos Digitais	1	1	2	5	7	6	3	2	2,5	3,38
Nível de Conhecimento para Jogos de Digitais na reabilitação	1	1	1	1	1	2	2	1	1,0	1,25
PG. 1	7	7	7	6	7	6	6	3	6,5	6,13
PG. 2	7	6	1	5	1	4	5	5	5,0	4,25
PG. 3	5	6	4	5	6	4	5	4	5,0	4,88
PG. 4	5	3	1	5	1	5	2	5	4,0	3,38
PG. 5	7	7	7	7	7	7	6	7	7,0	6,88
PG. 6	7	7	7	7	7	7	7	7	7,0	7,00
PG. 7	4	5	1	2	1	3	5	4	3,5	3,13
PG. 8	7	7	7	7	7	7	6	6	7,0	6,75
PG. 9	7	7	7	7	7	7	6	5	7,0	6,63
PG. 10	7	7	7	7	7	7	7	7	7,0	7,00
PG. 11	7	7	7	7	7	7	7	4	7,0	6,63
PG. 12	7	7	7	7	7	7	6	7	7,0	6,88
PG. 13	4	4	1	2	7	6	3	5	4,0	4,00
MEDIA	5,53	5,46	4,46	5,33	5,33	5,66	5,06	4,8		
MÉDIA TOTAL									5,208333	
VARIÂNCIA TOTAL									0,143819	
DESV. PADRÃO TOTAL									0,379235	

Fonte: Autor

O grupo GPR apresentou maior conhecimento quanto ao nível se refere a noção geral sobre jogos digitais e sua aplicação na reabilitação em relação ao Grupo GPA alcançando mediana de 4,5 e 1,5, respectivamente e 4,3 e 2,3 (Tabela 26).

Os escores que atingiram pontuação máxima na mediana foram relacionadas as perguntas 8, 9, 10 e 11. Quanto a média total das perguntas, o resultado foi semelhante ao Grupo GPA com 5,14.

Tabela 26 – Respostas do SEU-Q – SeriousExergameUtility -Questionnaire”: adaptado para o Grupo PR

Perguntas	PR #1	PR #2	PR #3	PR #4	PR #5	PR #6	Mediana/ Questão	Média/ Questão
Nível de Conhecimento sobre Jogos Digitais	4	5	1	4	5	7	4,5	4,33
Nível de Conhecimento para Jogos de Digitais na reabilitação	4	5	1	1	2	1	1,5	2,33
PG. 1	6	6	6	7	7	7	6,5	6,50
PG. 2	6	2	3	7	5	1	4,0	4,00
PG. 3	4	4	3	4	6	4	4,0	4,17
PG. 4	6	3	4	7	7	1	5,0	4,67
PG. 5	7	6	6	7	6	5	6,0	6,17
PG. 6	6	7	6	6	7	7	6,5	6,50
PG. 7	1	5	5	1	7	1	3,0	3,33
PG. 8	7	7	7	6	5	7	7,0	6,50
PG. 9	7	7	6	6	7	7	7,0	6,67
PG. 10	6	7	7	7	7	7	7,0	6,83
PG. 11	7	4	6	7	7	7	7,0	6,33
PG. 12	6	6	5	7	6	7	6,0	6,17
PG. 13	2	4	6	1	2	1	2,0	2,67
MEDIA	5,266 667	5,2	4,8	5,2	5,733 333	4,666 667		
MÉDIA TOTAL							5,144444	
VARIÂNCIA TOTAL							0,119136	
DESV. PADRÃO TOTAL							0,345161	

Fonte: Autor.

O *System Usability Scale (SUS)* foi aplicado ao Grupo PA de forma adaptada para avaliar o nível de usabilidade de um sistema. É formado por dez perguntas, as quais contém cinco respostas que vão de “concordo totalmente” a “discordo fortemente”. Os critérios avaliados por esta ferramenta são: afetividade (os usuários conseguem completar os objetivos?), eficiência (qual esforço despendido e recursos são suficientes para isso?) e satisfação (trata-se de uma atividade prazerosa ou satisfatória?) (BROOKE, 1996; SAURO, 2011).

As medianas e médias com maior pontuação foram: utilizar o game com frequência (Pergunta 1), com 4,5 e 4,0; funcionalidades do jogo bem integradas (Pergunta 5), com 4,5 e 4,25; as pessoas utilizarão esse jogo rapidamente (Pergunta 7), com 4,5 e 4,25; se sentir confiante em jogar (Pergunta 9), com 5,0 e 4,47 (Tabela 27).

Para esse questionário não foi considerada a média total da pontuação, pois algumas questões, como por exemplo a pergunta 6 (sobre as inconsistências do *software*) onde uma pontuação mais baixa representa um resultado favorável ao sistema e um número alto um

resultado desfavorável. Devido a isso essa pergunta apresentou a menor mediana com 1,0, demonstrando que os participantes acharam o sistema de jogos consistente.

Tabela 27 – Respostas do “*System Usability Scale (SUS)*”, adaptado para o Grupo PA

Pergunta	PA #1	PA #2	PA #3	PA #4	Mediana/ Questão	Média/ Questão
PG. 1	5	5	4	2	4,5	4,00
PG. 2	3	1	1	1	1,0	1,50
PG. 3	3	5	3	4	3,5	3,75
PG. 4	1	2	1	3	1,5	1,75
PG. 5	3	5	5	4	4,5	4,25
PG. 6	1	1	1	1	1,0	1,00
PG. 7	5	5	3	4	4,5	4,25
PG. 8	1	1	1	1	1,0	1,00
PG. 9	5	5	4	5	5,0	4,75
PG. 10	2	1	1	2	1,5	1,50
MEDIA	2,9	3,1	2,4	2,7		
MÉDIA TOTAL					2,8	
VARIÂNCIA TOTAL					0,086666667	
DESV. PADRÃO TOTAL					0,294392029	

Fonte: Autor

5.6 Resultados do estudo de caso

O estudo de caso serviu pra mostrar o impacto a longo prazo da intervenção do sistema em uma paciente pós lesão por TCE (traumatismo cranioencefálico) que possui também como sequela uma hemiparesia a esquerda ao longo de 14 atendimentos com base nas ferramentas de avaliação aplicadas nos grupos anteriores e respeitando o mesmo protocolo de intervenção.

Em relação aos sinais vitais houve uma redução na FC cardíaca, um pequeno aumento na PS e PD, um aumento da FR e um leve aumento na SpO2 (Tabela 28).

Pode-se verificar que o comportamento da FC e FR, antes e depois, é diferente estatisticamente ($p < 0.05$), sendo que os resultados mostram que a FC (Gráfico 19 e Tabela 29) e FR (Gráfico 22 e Tabela 32) do participante antes das atividades diminui ao longo dos testes realizados, em comparação com o depois.

Para PAS (Gráfico 20 e Tabela 30), PAD (Gráfico 21 e Tabela 31), SpO2 (Gráfico 23 e Tabela 33), não há evidência de que tenham comportamento diferente antes e depois dos testes.

Tabela 28 – Resultados da Avaliação Fisiológica Antes e Depois da Intervenção

#	FC		PS		PD		FR		SpO2	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
1	99	80	110	110	70	80	20	20	78	97
2	81	101	110	110	80	80	20	20	100	97
3	77	84	110	110	80	70	16	20	98	98
4	80	80	110	100	100	90	20	20	99	98
5	97	86	120	100	80	80	20	20	97	98
6	75	87	110	110	80	70	20	20	98	98
7	83	93	100	100	70	80	12	20	95	94
8	75	92	100	110	80	90	12	12	99	94
9	69	88	110	120	80	100	20	20	98	99
10	84	100	110	120	80	90	16	20	100	98
11	84	90	90	100	70	80	20	20	98	98
12	84	90	90	100	80	80	16	20	97	97
13	67	74	90	90	80	70	16	20	98	98
14	73	80	100	120	80	100	20	20	97	98
MÉD	80,6	87,5	104,3	107,1	79,3	82,9	17,7	19,4	96,6	97,3

Fonte: Autor

Gráfico 19 – Comportamento da Frequência Cardíaca (FC)

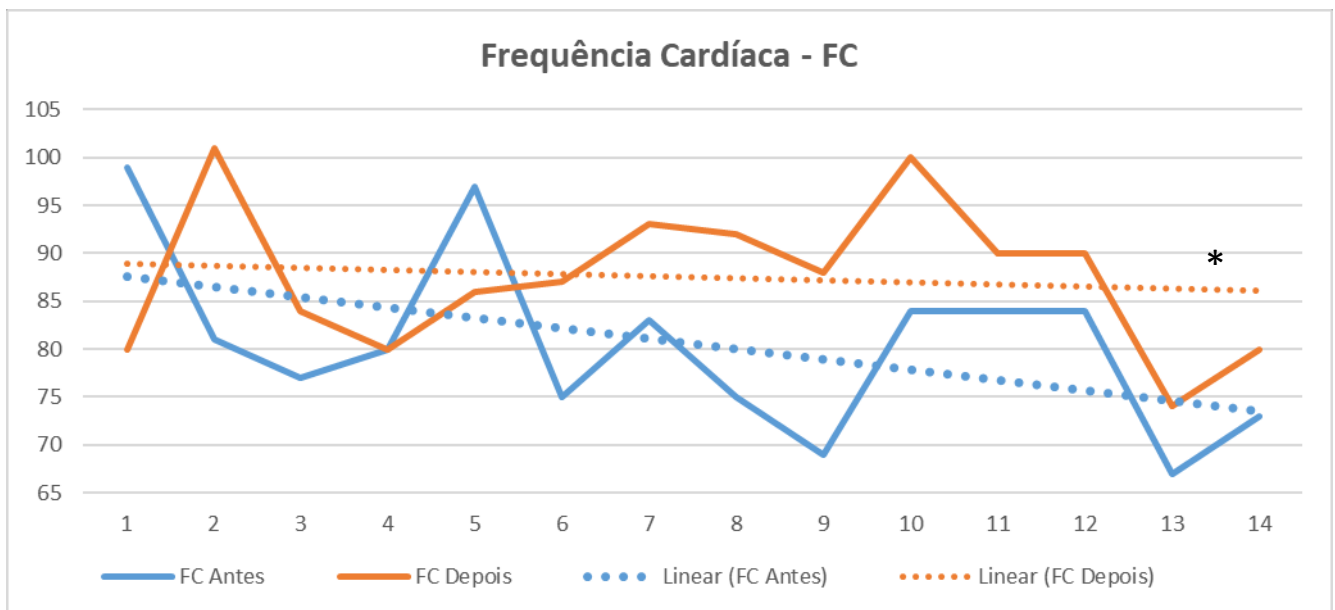


Tabela 29– Teste t para a Frequência Cardíaca (FC) antes e FC depois.

Teste t para amostras emparelhadas

			estatística	gl	p
FC - antes	FC depois	t de Student	-2.35	13.0	0.035

Nota. $H_0: \mu_{\text{Medida 1}} - \mu_{\text{Medida 2}} = 0$

Tests of Normality

			statistic	p
FC - antes	FC depois	Shapiro-Wilk	0.885	0.068

Fonte: Autor

Gráfico 20 – Comportamento da Pressão Arterial Sistólica (PAS)

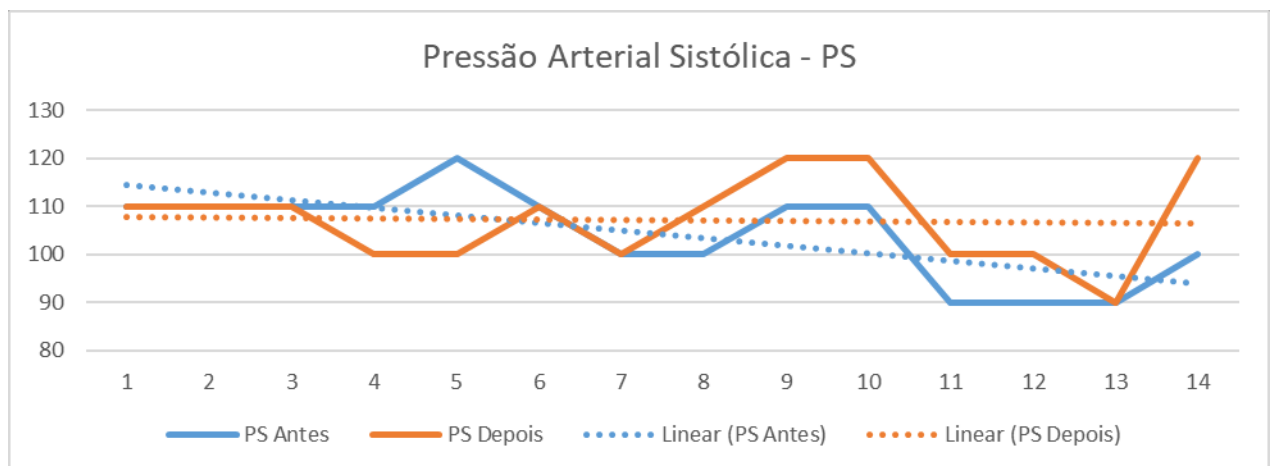
Fonte: Autor. * $p < 0.05$

Tabela 30 – Teste t para a Pressão Arterial Sistólica (PAS) antes e PAS depois.

Teste t para amostras emparelhadas

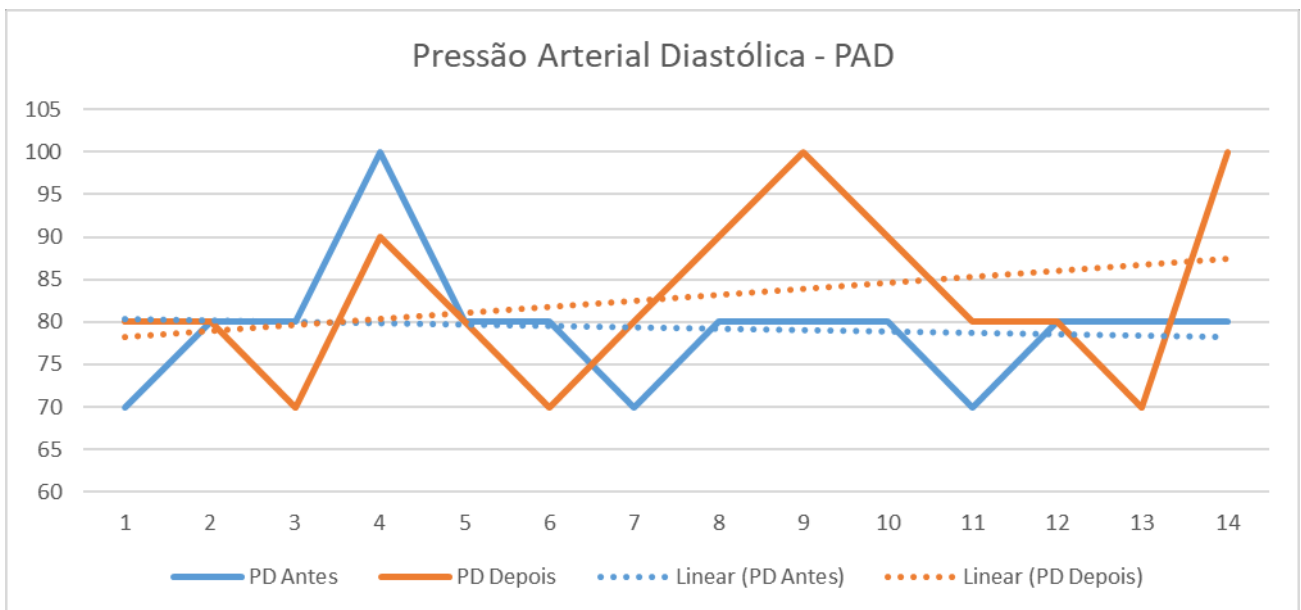
			estatística	gl	p
PS antes	PS depois	t de Student	-1.07	13.0	0.302

Nota. $H_a: \mu_{\text{Medida 1}} - \mu_{\text{Medida 2}} \neq 0$

Tests of Normality

			statistic	p
PS antes	PS depois	Shapiro-Wilk	0.892	0.087

Gráfico 21 – Comportamento da Pressão Arterial Diastólica (PAD)



Fonte: Autor. * $p < 0.05$

Tabela 31 – Teste t para a Pressão Arterial (PA) antes e PC depois.

Teste t para amostras emparelhadas

		Estatística	gl	p	
PD antes	PD depois	t de Student	-1.24	13.0	0.239
		W de Wilcoxon	20.0 ^a		0.236

^a 3 par(es) de valores empatados

Tests of Normality

			statistic	p
PD antes	PD depois	Shapiro-Wilk	0.873	0.046

Fonte: Autor.

Gráfico 22 – Comportamento da Frequência Respiratória (FR)

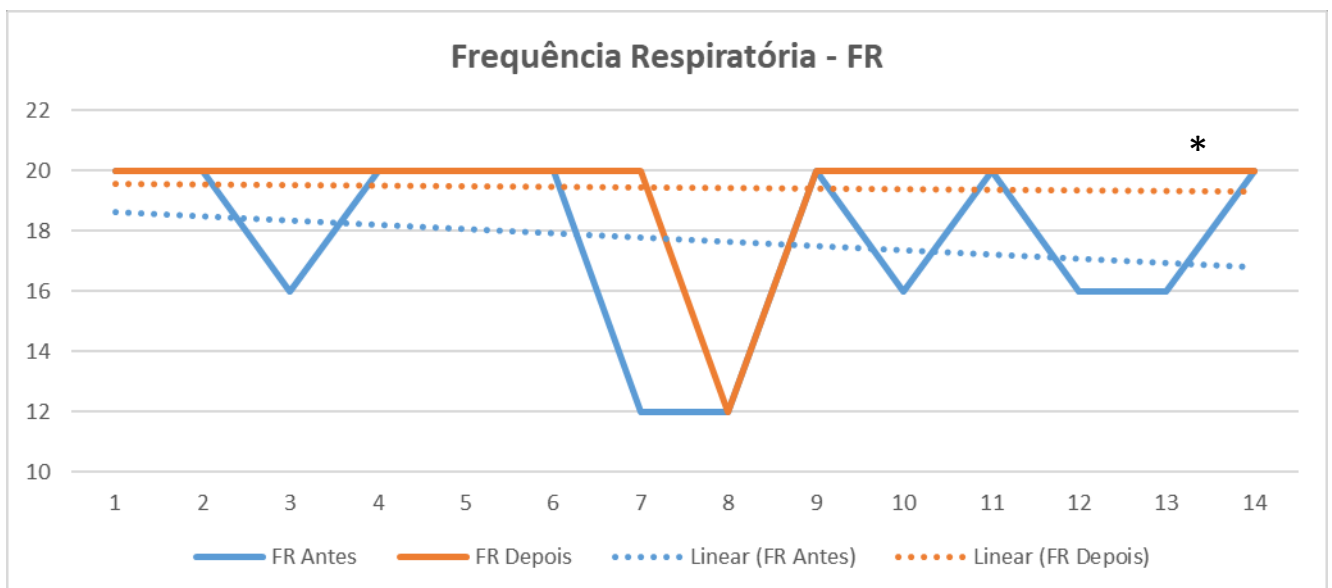


Tabela 32– Teste t para a Frequência Respiratória (FR) antes e FR depois.

Teste t para amostras emparelhadas

			Estatística	gl	p
FR antes	FR depois	t de Student	-2.48	13.0	0.028
		W de Wilcoxon	0.00*		0.048

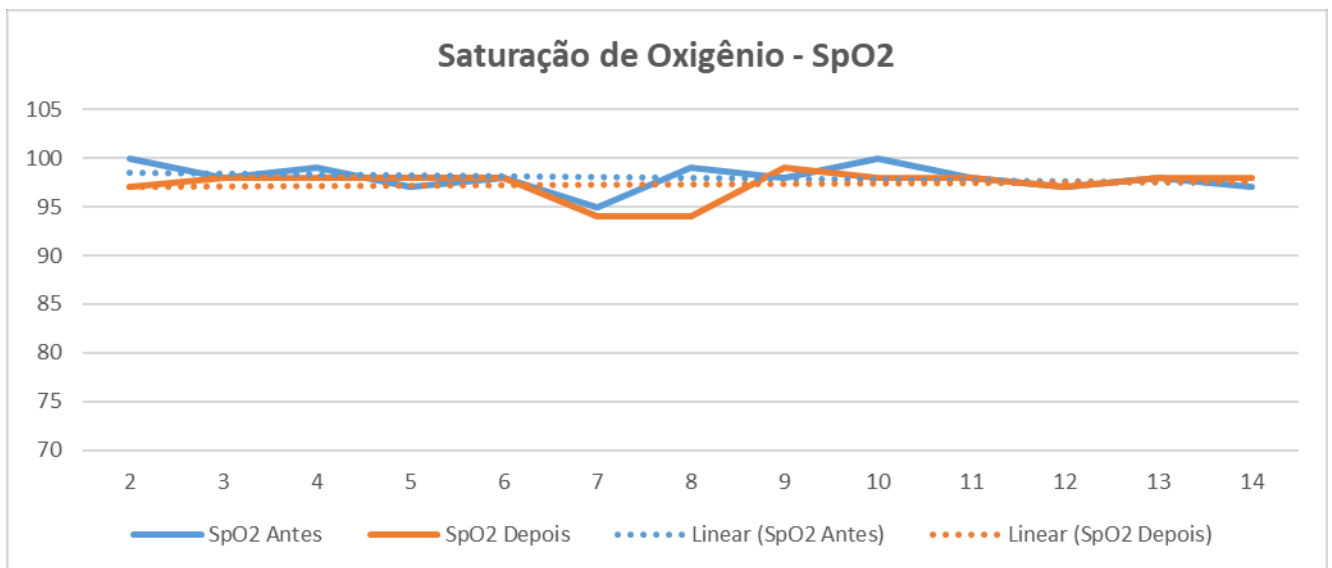
* 9 par(es) de valores empatados

Tests of Normality

			statistic	p
FR antes	FR depois	Shapiro-Wilk	0.688	< .001

Fonte: Autor.

Gráfico 23– Comportamento da Saturação de Oxigênio (SpO2)



Fonte: Autor. *p<0.05

Tabela 33 – Teste t para a Saturação de Oxigênio (SpO2) Antes e SpO2 Depois.

Teste t para amostras emparelhadas			Estadística	gl	p
SpO2 antes	SpO2 depois	t de Student	1.43	12.0	0.179
		W de Wilcoxon	27.0*		0.222

* 5 par(es) de valores empatados

Tests of Normality			statistic	p
SpO2 antes	SpO2 depois	Shapiro-Wilk	0.837	0.020

Fonte: Autor

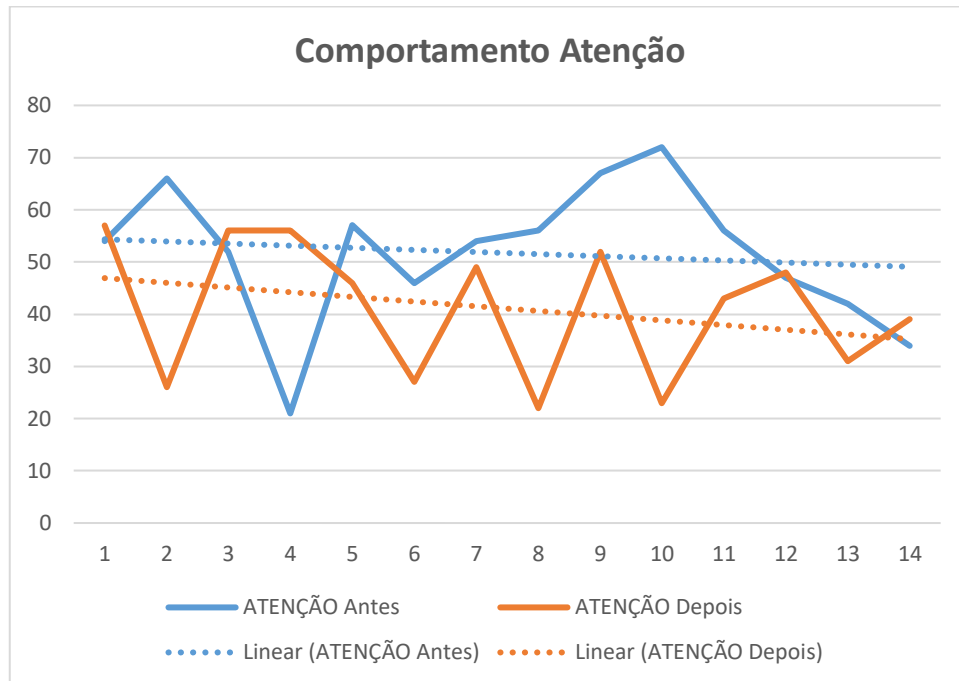
As médias relacionadas ao nível de atenção demonstram uma redução de antes para após o término das atividades com o resultado de 51,7% e 41,1% (Tabela 34 e Gráfico 24), respectivamente. Para as médias do nível de meditação mostrou-se um aumento de 50,7% para 53,2% (Tabela 34 e Gráfico 25).

Tabela 34 – Dados do Eletroencefalograma *Mindwave Neurosky*

#	ATENÇÃO		MEDITAÇÃO	
	Antes	Depois	Antes	Depois
1	54	57	49	63
2	66	26	47	39
3	52	56	49	51
4	21	56	37	51
5	57	46	66	49
6	46	27	46	49
7	54	49	44	52
8	56	22	33	40
9	67	52	63	63
10	72	23	49	49
11	56	43	56	62
12	47	48	75	74
13	42	31	46	62
14	34	39	50	41
MÉD	51,7	41,1	50,7	53,2

Fonte: Autor

Gráfico 24 – Comportamento do Nível de Atenção



Fonte: Autor.

Quando aplicado o Test para o nível de atenção antes e depois não foi alcançado o nível de significância (Tabela 35).

Tabela 35 – Teste t para a Nível de Atenção Antes e Nível de Atenção Depois.

Teste t para amostras emparelhadas

			Estatística	gl	p
EEG - atenção antes	EEG - atenção depois	t de Student	1.87	13.0	0.084
		W de Wilcoxon	82.5		0.064

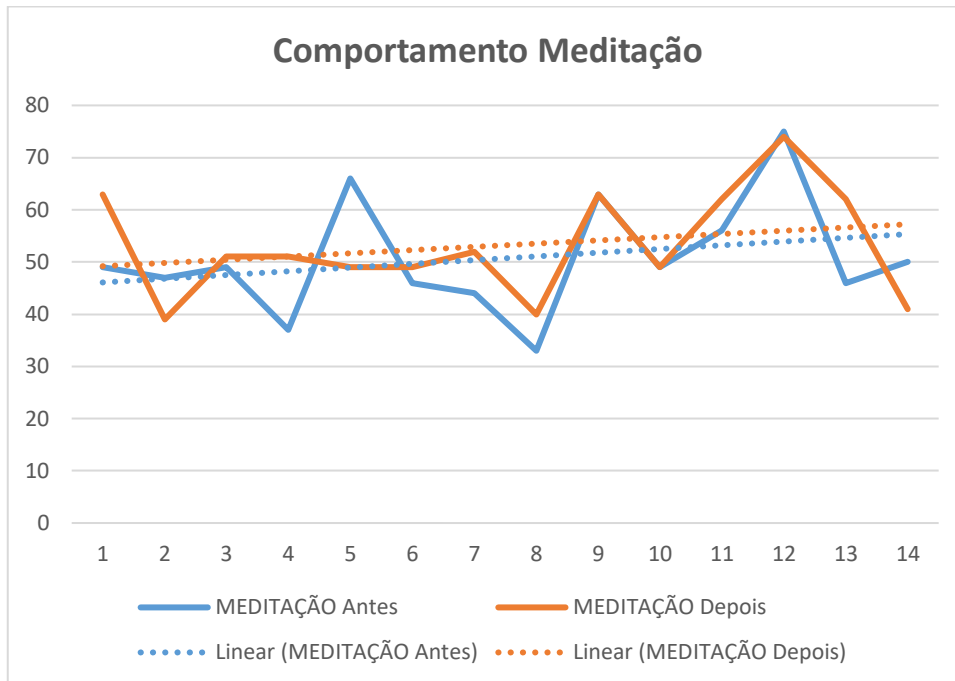
Nota. $H_1: \mu_{\text{Medida 1}} - \mu_{\text{Medida 2}} \neq 0$

Tests of Normality

			statistic	p
EEG - atenção antes	EEG - atenção depois	Shapiro-Wilk	0.956	0.658

Fonte: Autor.

Gráfico 25 – Comportamento do Nível de Meditação



Fonte: Autor.

O Test t ao calcular os níveis de meditação antes e após as intervenções, identificou que não foi possível alcançar o nível de significância (Tabela 36).

Tabela 36 – Teste t para a Nível de Meditação Antes e Nível de Meditação Depois.

Teste t para amostras emparelhadas

			Estatística	gl	p
EEG - meditação antes	EEG - meditação depois	t de Student	-0.991	13.0	0.340
		W de Wilcoxon	27.5*		0.388

Nota. $H_0: \mu \text{ Medida 1} - \text{Medida 2} \neq 0$

* 2 par(es) de valores empatados

Tests of Normality

			statistic	p
EEG - meditação antes	EEG - meditação depois	Shapiro-Wilk	0.959	0.707

Fonte: Autor.

Considerando o cálculo de todas as médias para apenas uma média, verificou-se uma redução da avaliação do tempo de reação de antes da intervenção para depois, com 959,01 ms para 921,7 ms. Também quando se tratou tempo máximo de reação observou-se uma redução

de 1293,6 ms para 1159,2 ms. Em relação ao tempo mínimo de reação, houve um aumento de 667,0 ms para 760,5 ms. O DP para antes e depois foi de 143,0 e 90,3 (Tabela 37 e Gráfico 28).

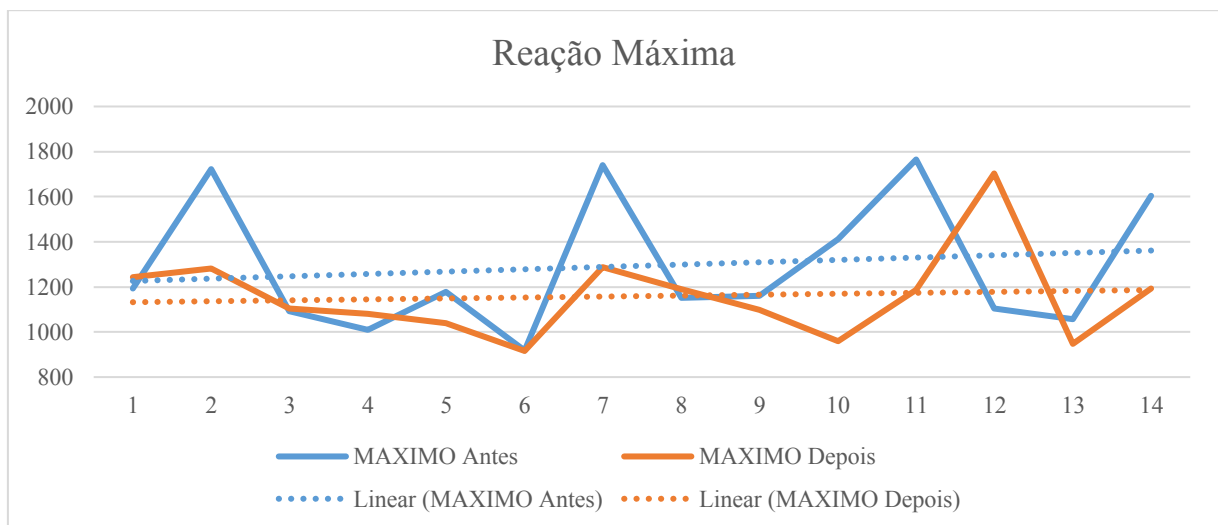
Tabela 37 – Comportamento do *Reaction Time*

#	MÉDIA		MAXIMO		MINIMO		DP	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
1	978,2	1053,2	1193	1243	791	885	93,56	99,97
2	1247,5	1070	1723	1281	988	871	155,92	87,11
3	852,1	934,8	1093	1105	391	822	130,14	64,6
4	880,3	963,2	1010	1079	470	881	122,6	51,24
5	991,6	955	1179	1039	823	863	84,92	53,14
6	853,5	833,8	918	916	791	760	40	39,55
7	1072,7	872,3	1741	1286	447	739	392,28	114,78
8	870,5	816,9	1150	1190	568	659	138,62	115,55
9	992,7	924,7	1160	1098	897	798	59,02	47,67
10	770,3	762,7	1412	960	646	570	162,21	76,27
11	1039,5	932,3	1765	1187	309,65	382	309,65	168,79
12	956	955	1104	1703	731	886	81,89	168,33
13	909,1	855,8	1058	948	777	745	66,01	54,79
14	1013,7	973,6	1605	1194	708	786	165,46	121,99
MÉD	959,1	921,7	1293,6	1159,2	667,0	760,5	143,0	90,3

Fonte: Autor.

O Teste t demonstrou que os dados não atingiram o nível de significância tanto para os valores máximos quanto mínimos (Tabela 26 e Tabela 38).

Gráfico 26 – Resultado do Tempo Máximo de Reação



Fonte: Autor.

Tabela 38– Teste t para a Reação Máxima Antes e Reação Máxima Depois.

Teste t para amostras emparelhadas			Estadística	gl	p
Max - antes	Max - depois	t de Student	1.62	13.0	0.130
		W de Wilcoxon	76.0		0.153

Nota. $H_0: \mu \text{ Medida 1} - \text{Medida 2} = 0$

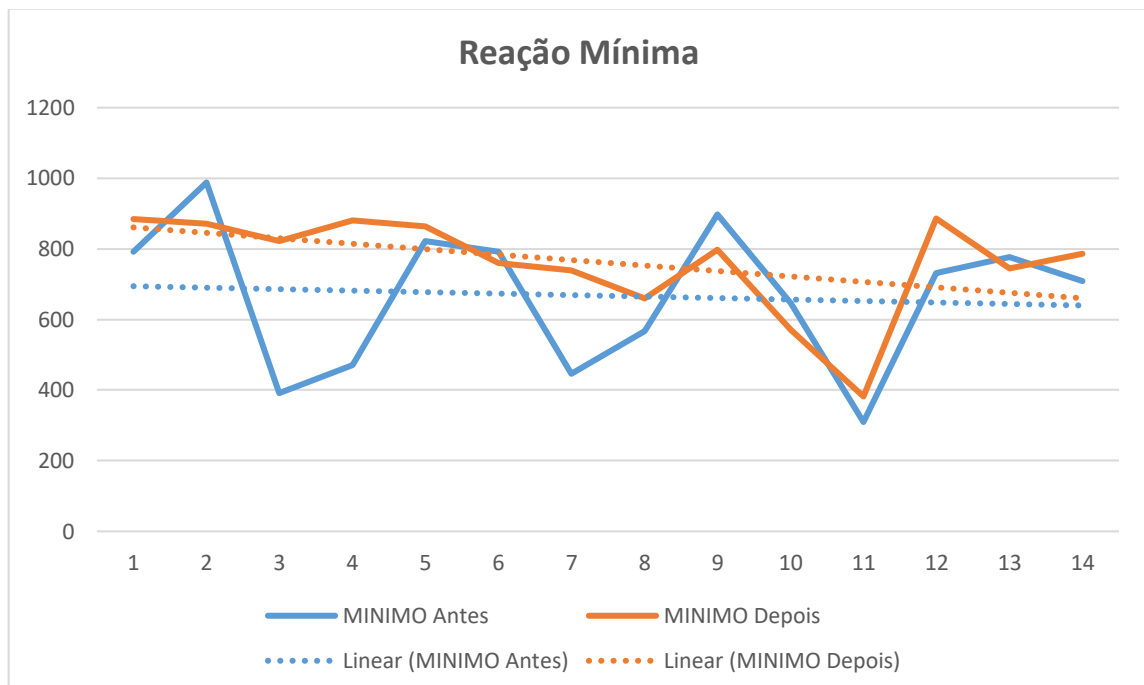
Tests of Normality

			statistic	p
Max - antes	Max - depois	Shapiro-Wilk	0.902	0.119

Fonte: Autor.

Os valores mínimos de reação também não apresentaram significância estatística quando comparados antes e após a intervenção (Gráfico 27 e Tabela 39).

Gráfico 27 – Resultado do Tempo de Mínimo de Reação



Fonte: Autor.

Tabela 39 – Teste t para a Reação Mínima Antes e Reação Mínima Depois.

Teste t para amostras emparelhadas			Estadística	gl	p
Min - antes	Min - depois	t de Student	-1.99	13.0	0.068
		W de Wilcoxon	27.0		0.119

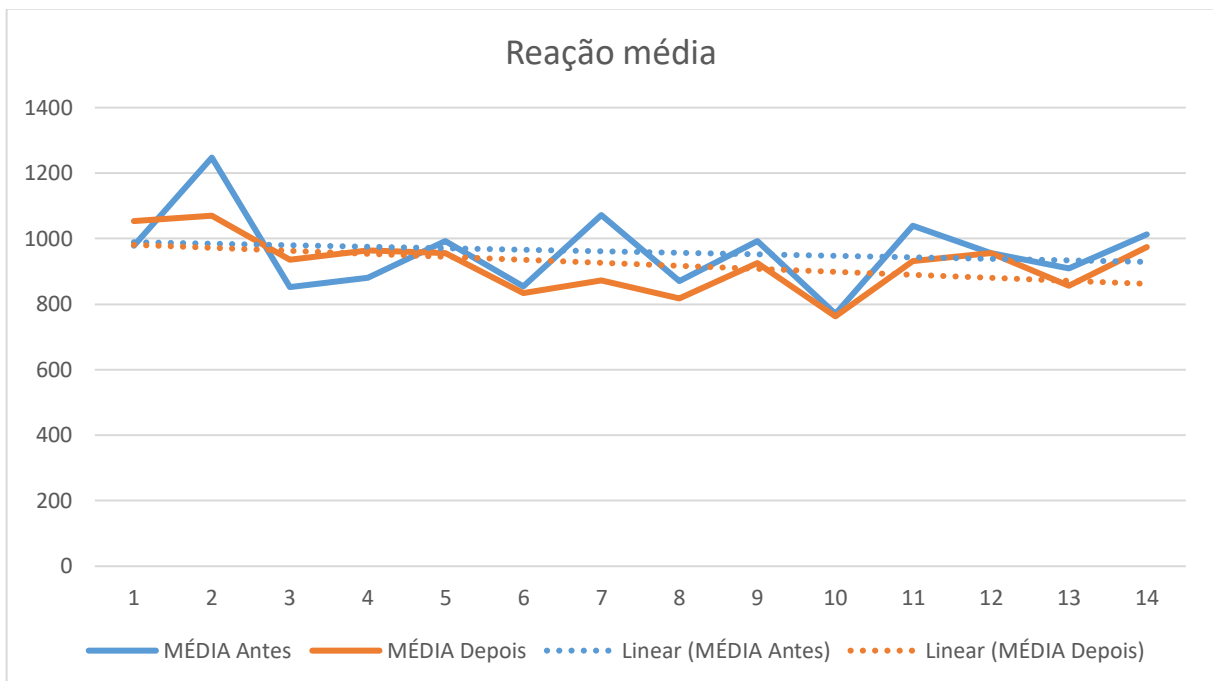
Nota. $H_0: \mu_{\text{Medida 1}} - \mu_{\text{Medida 2}} = 0$

Tests of Normality			statistic	p
Min - antes	Min - depois	Shapiro-Wilk	0.895	0.096

Fonte: Autor.

Quando se leva em consideração as médias do teste de reação, o resultado do Teste t ficou abaixo do nível de significância (Gráfico 28 e Tabela 40).

Gráfico 28 – Resultado das Médias de Reação



Fonte: Autor.

Tabela 40 – Teste t para a Média Reação Antes e Média Reação Depois.

	<i>Média Reação Antes</i>	<i>Média Reação Depois</i>
Média	959,121	921,664
Variância	14068,4	7460,41
Observações	14	14
Correlação de Pearson	0,68812	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	13	
Stat t	1,62598	
P(T<=t) uni-caudal	0,06397	
t crítico uni-caudal	1,77093	
P(T<=t) bi-caudal	0,12794	
t crítico bi-caudal	2,16037	

Fonte: Autor.

Respectivamente, as médias de acerto são: 219 pontos para o Jogo 1; 25,4 pontos para o Jogo 2; 232,9 pontos para o Jogo 3; 30,2 para o Jogo 4; 227,7 para o Jogo 5; e 264,2 para o Jogo 6 (Tabela 41).

As médias coletadas para os erros nos jogos foram: 0,5 ponto para o Jogo 1; 2,5 pontos para o Jogo 2; 0,6 para o Jogo 3; 0,1 ponto para o Jogo 4; 1,0 ponto para o Jogo 5; 0,9 para o Jogo 6.

Tabela 41 – Pontuação dos jogos antes e depois para o estudo de caso.

#	GAME 1		GAME 2		GAME 3		GAME 4		GAME 5		GAME 6	
	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros
1	166	0	17	12	156	3	23	1	177	3	141	3
2	101	2	23	10	142	4	32	0	176	1	207	3
3	204	1	22	3	192	1	32	0	199	2	266	2
4	245	0	26	1	230	1	33	0	215	2	249	1
5	154	0	25	3	248	0	33	0	222	3	294	1
6	224	2	28	0	262	0	28	0	246	2	284	1
7	212	1	26	0	219	0	29	0	218	0	250	0
8	200	1	27	0	234	0	29	0	226	0	264	0
9	201	0	29	0	218	0	32	0	195	0	264	0
10	260	0	25	0	282	0	32	0	287	0	312	0
11	293	0	25	1	265	0	29	1	250	0	249	0
12	294	0	26	2	259	0	28	0	252	0	296	0
13	231	0	28	2	265	0	36	0	252	1	290	0
14	283	0	29	1	289	0	27	0	273	0	333	0
MÉD	219,1	0,5	25,4	2,5	232,9	0,6	30,2	0,1	227,7	1,0	264,2	0,9

Fonte: Autor.

Pode-se verificar que o comportamento entre acertos e erros foi diferente para todos os jogos, onde todos os coeficientes de inclinação das regressões realizadas foram positivos e maior que zero para os acertos e negativos para os erros, mostrando que os acertos aumentaram do primeiro ao último teste, e os erros diminuíram, respectivamente. Estes resultados sugerem um aumento do desempenho do paciente, na execução dos jogos, ao longo dos testes realizados (Gráfico 29, Gráfico 30, Gráfico 31, Gráfico 32, Gráfico 33 e Gráfico 34).

Gráfico 29 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 1.

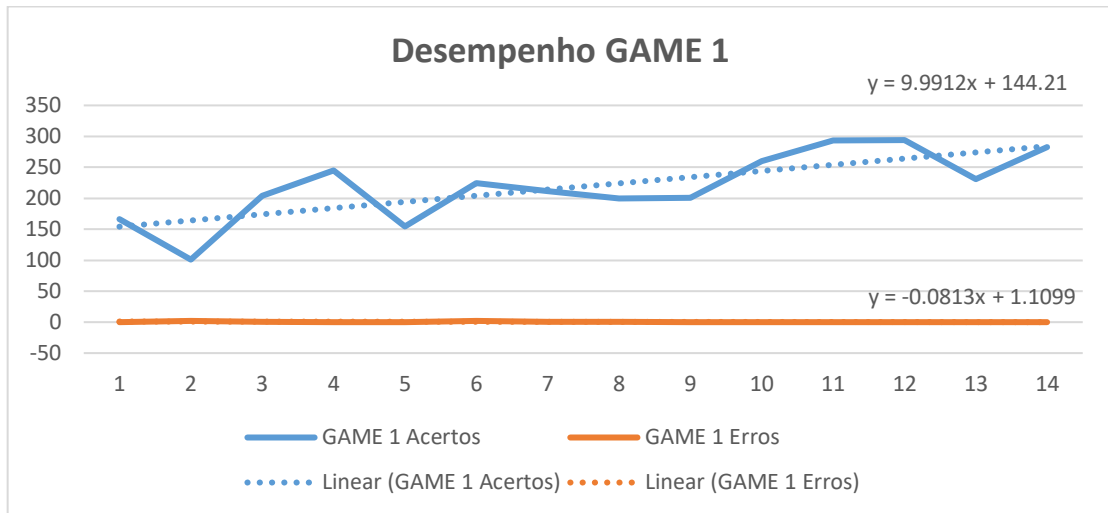


Gráfico 30 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 2.

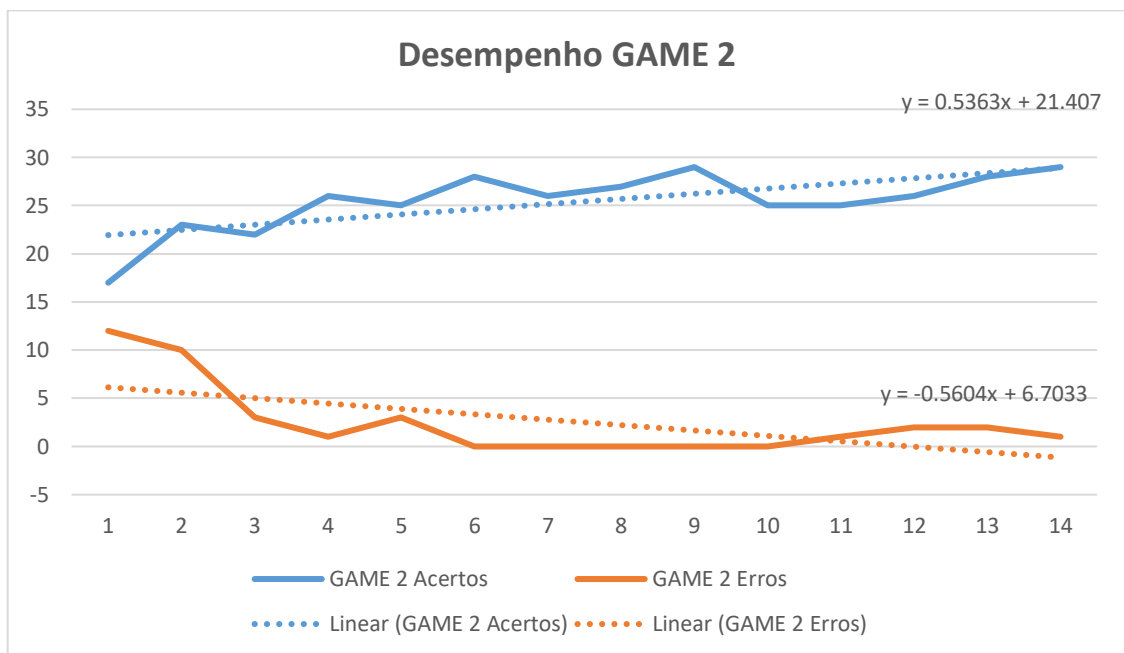


Gráfico 31 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 3.

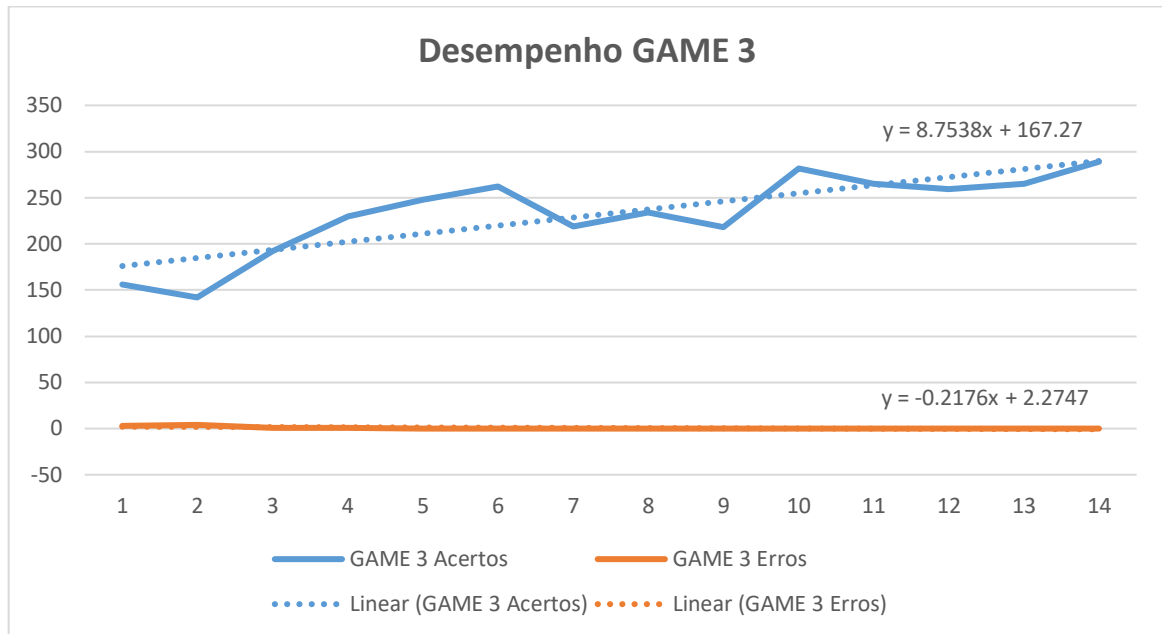


Gráfico 32 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 4.

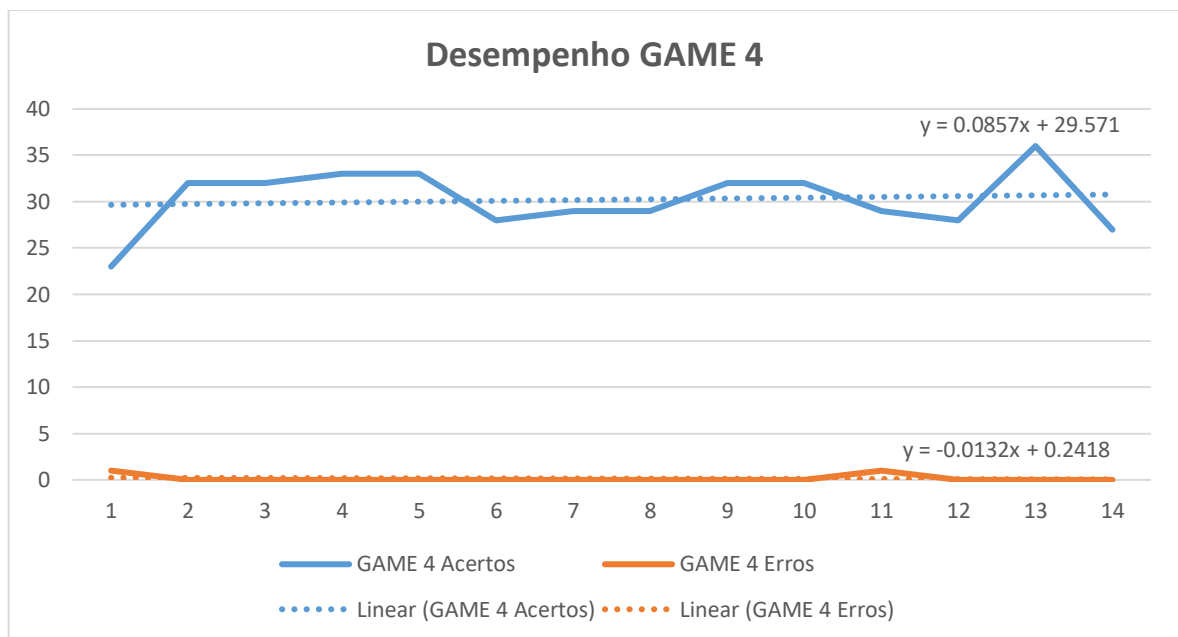


Gráfico 33 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 5.

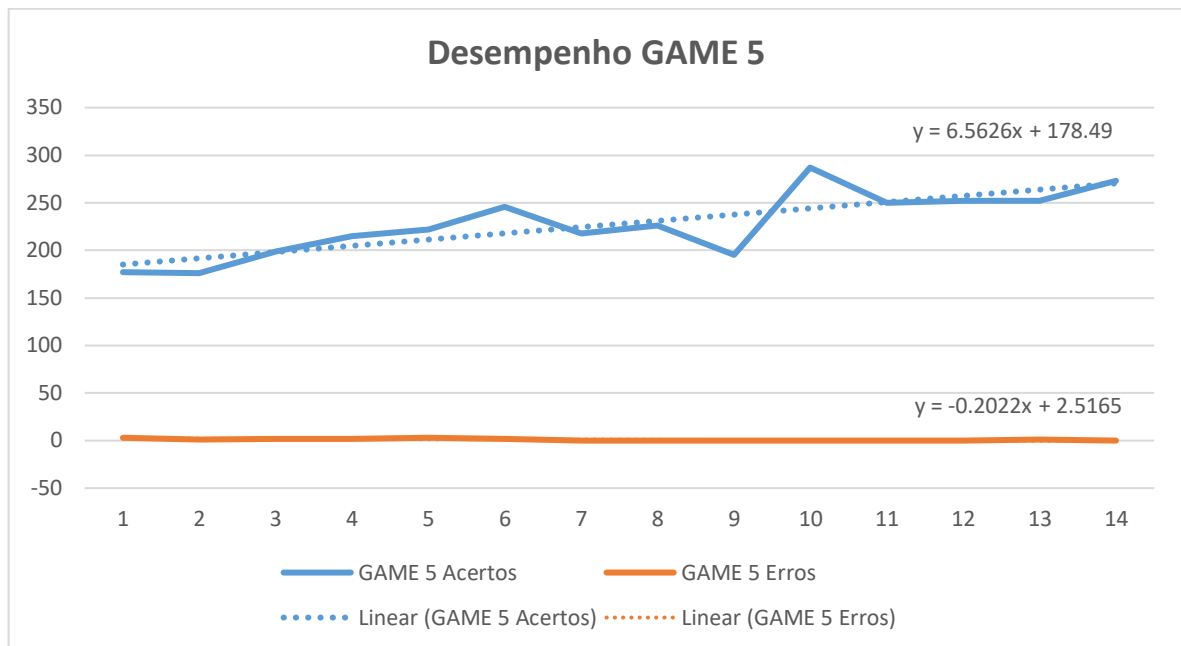
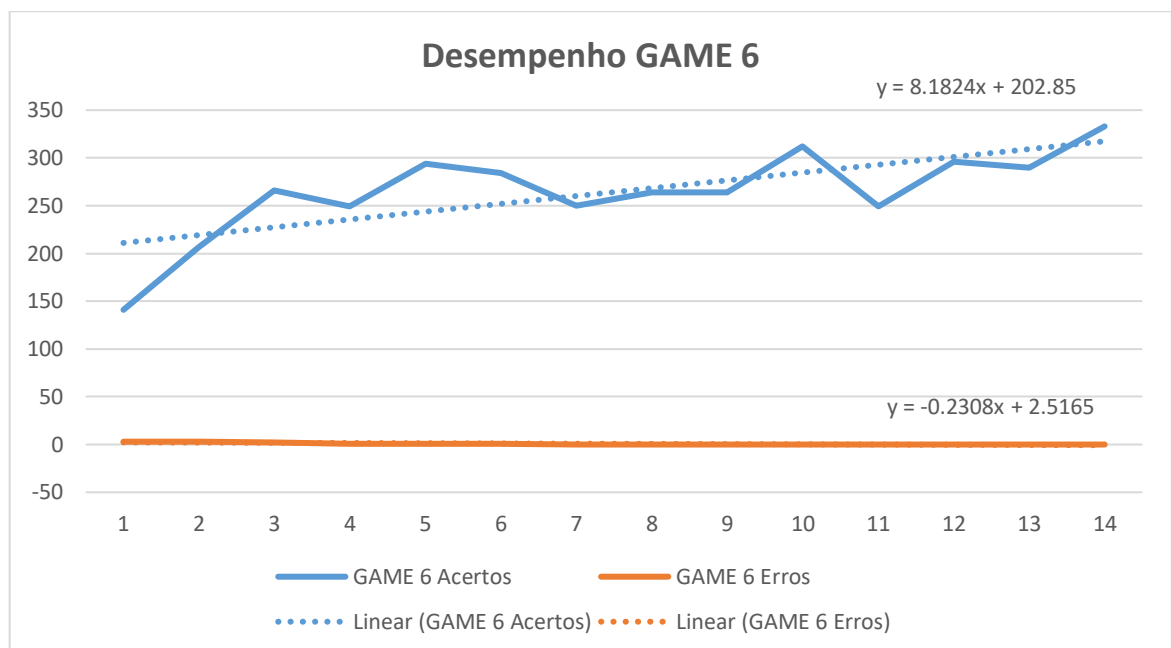


Gráfico 34 – Desempenho da paciente do estudo de caso no Jogo 6.



No tópico a seguir, todos os resultados aqui descritos serão discutidos e complementados com a literatura existente.

6 DISCUSSÃO

6.1 Discussão dos Grupos

Primeiramente, é importante que algumas considerações sejam feitas ao sistema proposto em relação aos participantes da pesquisa. Quando se tratou do grupo com participantes sem lesão neurológica (GA e GPR) os cuidados relacionados ao manuseio de todo o aparato para interação com os jogos era diferente do grupo com participantes com lesão neurológica (GPA). Três dos pacientes que participaram da pesquisa eram cadeirantes, sendo que um deles possuía hemiparesia de todo hemicorpo esquerdo. Tal fato demonstrou o poder de adaptabilidade do TGS tanto para pacientes cadeirantes, hemiparéticos, cadeirantes hemiparéticos ou participantes que possuam algum tipo de lesão neurológica, porém, sem grandes comprometimentos funcionais.

Para os participantes que faziam uso de cadeira de rodas os comandos que correspondiam aos pés eram substituídos por sensores localizados na altura da cintura para que todos os quatro comandos pudessem ser acessados de maneira intuitiva. É importante ressaltar que distância entre o eletrodo de acionamento e o paciente era customizado de acordo com a necessidade do mesmo, visto que, cada um possuía um grau de equilíbrio de tronco diferente, e também, sempre visando a segurança do mesmo.

Para o sujeito cadeirante com hemiparesia, a adaptação ainda era mais refinada, pois devido a essa limitação funcional, o paciente não conseguia acessar os eletrodos do lado limitado, assim, o fisioterapeuta pode assistir o paciente segurando em sua mão e estimulando a cada comando que aparecia para o lado em questão com o auxílio de ação verbal, pois no momento que a informação aparece na tela e o paciente tenta estender o membro essa informação é entendida pelo fisioterapeuta, o qual toca no eletrodo pelo paciente de forma assistida, dessa forma, o jogo entende que o paciente está interagindo com o sistema.

Outra informação preliminar a ser dada é que na discussão serão considerados, principalmente, às médias em consideração principalmente as médias e não os resultados de correlação pelo Teste t já que esse na grande maioria dos dados não atingiu o nível de significância $<0,05$ ($n=5\%$).

Feitas essas considerações a respeito da forma que o TGS pode se adaptar a diferentes pacientes com funcionalidades distintas e quais os dados serão levados em consideração principalmente, segue-se com a discussão dos dados dos resultados.

Os grupos de participantes saudáveis (GA e GPR) apresentaram uma leve queda da FC após a finalização do protocolo de intervenção. Estudos que utilizaram interfaces diferentes de *exergames* como o sistema *ExerClub*, onde os autores buscaram aferir a frequência cardíaca máxima (FCmax) de 21 participantes saudáveis nos quais não foram encontradas diferenças significativas para parâmetros de FC e esforço percebido (físico e cognitivo) (MARTIN-NIEDECKEN; SCHWARZ; SCHÄTTIN, 2021), dado que serve para complementar o obtido para esse estudo. Outros autores recrutaram um grupo de sessenta e estudantes de graduação para realizar 1 sessão em um game de bicicleta chamado *Greedy Rabbit (Vescape)*, e ao comparar o impacto do grupo controle com o grupo experimental, verificaram que houve uma alteração significativa na FC, concluindo que esse tipo de jogo pode ser benéfico para esse tipo de amostra (PASCO; ROURE, 2021).

Para o Grupo GPA, houve um aumento da FC após a interação com os jogos. Esse dado corrobora com estudo de Ogawa e colaboradores (2019) que utilizou o equipamento Microsoft Kinect em participantes com risco de queda, demonstrando que as atividades realizadas elevavam a FC, porém, dentro de um espectro de segurança para os participantes.

A PAS se manteve no GA e reduziu no GPR, já quando se tratou da PAD houve um aumento no GPA e uma redução PR, ao término das atividades. Esse dado pode ser relacionado ao vigor físico do GA devido a menor faixa etária em relação ao GPR, o qual houve uma redução. No GPA foi encontrado um resultado semelhante ao GPR com diminuição tanto da PAS quando da PAD. A redução da PAS e PAD já foi descrita em um estudo recente como consequência de exercício com games por 45 minutos em 13 mulheres saudáveis com média de faixa etária de 24 anos de idade (KIRCHER *et al.*, 2022).

Todos os grupos desses estudos apresentaram aumento da FR e redução ligeira da SpO₂. Tal dado naturalmente não oscila consideravelmente apenas quando a pessoa passa por exercícios físicos intensos ou devido alguma doença que afete diretamente o sistema respiratório, e para esse estudo mantiveram-se dentro da normalidade em todos participantes. Entretanto, foi encontrada uma pesquisa que citou a avaliação respiratória em pacientes com doença pulmonar ao realizarem atividades de *exergames* com o console Nintendo Wii, interrompendo a atividade se o participante apresentasse frequência respiratória acima de 30 ipm e SpO₂ abaixo de 90% (SUTANO *et al.*, 2019).

Para aferição do nível de atenção e nível de meditação por meio das ondas cerebrais, nesse estudo foi utilizado um EEG de baixo custo denominado *Mindwave*. Alguns estudos demonstraram que esse equipamento possui captação dos sinais cerebrais aceitável e apresenta vantagens como o seu baixo custo em relação aos equipamentos mais robustos. Entretanto, é

importante saber manuseá-lo de forma correta afim de evitar artefatos (RATTI, 2017; RIEIRO *et al.*, 2019).

Considerando os parâmetros atenção e meditação, aferidos simultaneamente, constatou-se que todos os grupos apresentaram um aumento da atenção após jogarem os *games*, e apenas o grupo GA apresentou uma redução da meditação/relaxamento cerebral. A hipótese é que, por tratar-se de um grupo de pessoas jovens, houve aumento da competitividade. Por outro lado, os demais grupos provavelmente sentiram mais prazer ao realizar as atividades sem se pressionarem em ter que competir.

Para aferir a agilidade dos participantes antes e após interagirem com o TGS, foi utilizado o *ReactionTimeExperiment*¹, método avaliativo e intuitivo criado por Scott MacKenzie baseando-se em suas obras “*The Psychology of Human-Computer Interaction*” publicada em 1983 e “*Human-Computer Interaction: An Empirical Research Perspective*” publicada em 2013. Trata-se de uma coletânea de ferramentas que avaliam atividade, no entanto, a utilizada para este estudo se chama “*Simple Reaction*”, com o número de 20 tentativas que cada participante deve tocar no eletrodo quando um sinal vermelho aparecer na tela da televisão. A término desses 20 *feedbacks* relativos a média, tempo máximo de reação, tempo mínimo e DP são expostos na tela em milissegundos (ms).

Quanto a média geral, apenas o GA reduziu sua velocidade quando comparado antes e depois do TGS. Já os demais grupos, aumentaram. Quanto ao tempo máximo, apenas o GA demorou mais, e quanto ao tempo mínimo, esse mesmo grupo apresentou redução e tocou mais rápido após as atividades. A partir desse dado, é possível visualizar a hipótese de que quanto maior a faixa etária o tempo mínimo de reação se elevará e o tempo máximo de reação reduzirá. Provavelmente, isso ocorre devido ao fato dos participantes mais jovens tentarem responder o estímulo com bastante ímpeto e errar o comando fazendo com que demore mais alguns milissegundos até acertá-lo.

Quando foi feita uma correlação dos erros e acertos feitos pela sequência de jogos que foram mais pontuados pelos grupos, observou-se que enquanto o GA e o GPR apresentaram uma sequência de Jogo 2, Jogo 4, Jogo 3, Jogo 5, Jogo 1 e Jogo 6; o GPA teve a ordem Jogo 2, Jogo 4, Jogo 5, Jogo 1, Jogo 3, Jogo 6. Isso é explicado pelos seguintes fatores:

1. Todos os grupos pontuaram inicialmente mais nos Jogos 2 e 4, pois esses possuem uma cadência menor facilitando o acerto, porém, estimulando mais a atenção;

¹ Fonte: <http://www.yorku.ca/mack/HCIbook/apps/ReactionTimeExperiment.html>

2. O GPA teve o Jogo 5 (Maratona na UNIVAP) como o terceiro jogo na progressão entre acertos e erros porque trata-se de um jogo que se passa em um local de bastante afinidade a eles, pois há anos fazem reabilitação na clínica escola da universidade e, graficamente, o jogo se passa no mesmo lugar, estimulando-os a serem mais assertivos;
3. O GPA, teve o Jogo 1 (O Alpinista) como o terceiro jogo na progressão entre acertos e redução de erros. A hipótese para tal fato ter ocorrido se dá por ser o contato inicial dos participantes com os jogos indicando que se sentiram entusiasmados por estarem fazendo uma atividade física diferente da convencional, e tal fato é reforçado pela falta de conhecimento dos mesmos em relação a aplicação de jogos digitais na reabilitação de pacientes.

Vale ressaltar, que uma amostra maior poderia ter tido maior impacto quando aplicados testes estatísticos.

6.2 Discussão do Estudo de Caso

Ao longo dos quatorze atendimentos, a paciente apresentou uma elevação de todos os sinais vitais (FC, PAS, PAD, FR, SpO₂) após o término das atividades, supostamente por estimular o sistema nervoso autônomo, além de estimular o âmbito neuromotor, porém, sem perigo de lesões.

Quanto ao tempo de reação, houve redução da média ao comparar antes e depois da intervenção. O tempo máximo de reação reduziu e o tempo mínimo aumentou.

Quanto aos dados do EEG, constatou-se a redução do nível de atenção e aumento do nível de meditação/relaxamento. Isso quer dizer que, ao longo das sessões, as atividades foram realizadas de forma mais fácil e sem exigir tanto foco pois a memória da realização do movimento necessário para interação com o sistema já estava consolidada em nível cerebral, além da paciente achar a interação com o TGS mais relaxante. Esse fato corrobora com as pontuações, considerando que a voluntária errou menos que todos os outros participantes e conseguiu pontuações até maiores que os participantes dos GA e GPR.

7 IMPLEMENTAÇÕES FUTURAS

Algumas considerações feitas com base nas respostas dos participantes nos questionários, bem como as observações dos pesquisadores envolvidos no projeto ao longo da pesquisa, sugerem que as seguintes alterações sejam realizadas visando aprimorar o funcionamento do TGS:

- Implementar dois tipos de erro: omissão (quando o usuário não chega a acionar o comando) e comissão (quando o usuário acessa um comando diferente do qual está sendo visualizado);
- Reforçar a estrutura trocando os braços feitos com filamento PLA por alumínio, assim reduz a possibilidade de quebra e deixa o braço fixo;
- Com a finalização do protótipo do *hardware*, têm-se a hipótese que os ruídos de sinal do sensor de toque diminuam evitando disparar mais de um comando ao toque do paciente, assim, não registrando erros que não foram cometidos pelo usuário;
- Implementar ranking de pontuação dos usuários;
- Desenvolver o registro de usuários;
- Aprimorar a parte gráfica dos jogos e posicionar melhor alguns elementos em tela para ficar mais claro o feedback visual;
- Inserir dificuldade selecionável: fácil, médio e difícil, que permitirá o uso do equipamento por pacientes com níveis de agilidade diferentes;
- Elaborar a transferência de dados do *Hardware* para o *Software* referentes a VFC, eletroencefalografia e eletromiografia;
- Incorporar no *software* um sistema de segurança que interrompe o jogo momentaneamente quando o usuário tiver o sistema cardiovascular sobrecarregado.

Com o passar dos anos, os *exergames* estão cada vez mais presentes em estudos científicos com pacientes neurológicos, entretanto, ainda são poucas as pesquisas que desenvolvem novas tecnologias para que sejam validadas para essa finalidade.

Esse estudo alcançou o objetivo de desenvolver um sistema de reabilitação com seis diferentes jogos e uma estrutura adaptável para pessoas com diferentes tipos de afecções neurológicas e condições funcionais.

Seria necessário um número mais expressivo da amostra em cada um dos grupos para assim ter-se maior impacto estatístico dos efeitos fisiológicos o que sistema promove, entretanto, com os dados obtidos foi possível notar uma clara influência a curto prazo no aspecto relacionado a aprendizagem quando se comparam os grupos que foram expostos a apenas uma intervenção, e a longo prazo, após quatorze intervenções.

O protocolo de avaliação e intervenção se tornou eficaz em avaliar as variáveis aqui consideradas, sendo necessária a realização de coletas posteriores com amostras maiores.

É necessário que os profissionais possuam cada vez mais conhecimento técnico para que possam desenvolver, adaptar e aplicar tecnologias, de preferência de baixo custo, para que os pacientes de realidades desfavoravelmente econômicas possam ter acesso.

8 CONCLUSÃO

Conclui-se que foi possível desenvolver um sistema com jogos sérios viável para estímulo sensoriomotor para pacientes neurológicos com diferentes afecções e limitações funcionais.

O processo de criação foi detalhado e exposto de forma gráfica demonstrando o funcionamento tanto do *software* quanto do *hardware*. Entretanto, o desenvolvimento deste último não foi finalizado até o final do estudo sendo utilizado um provisório como sensor de captação dos toques dos participantes. O *software* ainda passará por novas implementações afim de se tornar mais robusto quanto a aquisição dos dados e também na jogabilidade e *layout* gráfico.

O aporte das pesquisas encontradas foi providencial na hora de explicar os diversos dados coletados neste estudo. A repercussão fisiológica de cada paciente ao interagir com o sistema foi exposta de forma individual e nos três grupos de forma satisfatória.

Tanto os participantes cadeirantes quanto aos que conseguiram fazer as atividades em posição ortostática, ou até mesmo com hemiparesia, conseguiram fazer uso do sistema, o que denotou uma considerável adaptabilidade do sistema.

Alguns dados demonstraram que houve um impacto fisiológico como redução da frequência respiratória nos grupos de alunos e grupo de profissionais; uma redução da pressão arterial sistólica no grupo de profissionais; aumento da pressão arterial diastólica no grupo de pacientes e redução no grupo de profissionais. A respeito da avaliação do eletroencefalograma observou-se uma redução no nível de meditação/relaxamento cerebral no grupo de alunos. Esse mesmo grupo apresentou uma maior lentidão ao realizar a atividade em comparação aos outros grupos.

Com os resultados do estudo de caso foi possível analisar resultados diferentes como por exemplo um aumento de todos os sinais vitais, e um aumento na velocidade de reação durante as dez intervenções. E seu aprendizado motor pode hipoteticamente estar relacionado a redução do nível de atenção e aumento do nível de meditação/relaxamento durante a atividade.

Observou-se que os resultados foram diferentes para cada grupo devido suas diferentes constituições fisiológicas como idade, peso e tipo de lesão neurológica.

A maioria dos participantes não possuíam experiência considerável em relação as aplicações de tecnologias desse tipo na reabilitação de pacientes, entretanto, o *feedback* foi positivo e contribuirá para o aprimoramento posterior do TGS.

REFERÊNCIAS

- AMAZON. [Esfigmomanômetro e estetoscópio]. Disponível em: https://m.media-amazon.com/images/I/61I8BNydxXL._AC_SL1000_.jpg. Acesso em: 15 fev. 2023.
- AMINI, A; BANITSAS, K; YOUNG, W. R. Kinect4FOG: monitoring and improving mobility in people with Parkinson's using a novel system incorporating the Microsoft Kinect v2. **Disabil Rehabil Assist Technol.**, v. 14, n. 6, p. 566-573, 2019. DOI: 10.1080/17483107.2018.1467975.
- ARAUJO, A. *et al.* "Integrating Arduino-based Educational Mobile Robots in ROS". In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS ROBOT SYSTEMS, 13., 2013, Lisboa. **Proceedings...**, Lisboa, 2013..
- BACHMANN, D; WEICHERT, F. RINKENAUER, G. Review of Three-Dimensional Human-Computer Interaction with Focus on the Leap Motion Controller. **Sensors**, v. 18, 2018. DOI:10.3390/s18072194
- BARBERO, A. G. B. DEMO, G. B. "The art of programming in a Technical Institute after the Italian secondary school reform". In: ISSEP, 5., 2011, Bratislava. **Proceedings...**, Bratislava, 2011.
- BESSA, N. *et al.* Effects of exergames training on postural balance in patients who had a chronic stroke: study protocol for a randomised controlled trial. **BMJ open**, v. 10, n. 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-038593>.
- BONNECHÈRE, B. *et al.* Automated functional upper limb evaluation of patients with Friedreich ataxia using serious games rehabilitation exercises. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**. v. 15, n. 1, p. 87, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0430-7>.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. **Viver sem Limite – Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com deficiência**. Brasília: SDH; 2015.
- BROOK, J. **SUS**: a quick and dirty usability scale. In: Usability evaluation in industry, 1996. DOI:10.1002/hbm.20701.arXiv:arXiv:1001.1669v3.
- CASAS BAHIA. [Oxímetro]. Disponível em: <https://imgs.casasbahia.com.br/1509290780/1xg.jpg>. Acesso em: 16 fev. 2023.
- COLBY, R; COLBY, R. S. Game Design Documentation: Four Perspectives from independent game studios. **Communication Design Quarterly**, v. 7, n. 3, p. 5–15, 2019. <https://doi.org/10.1145/3321388.3321389>
- COSTA, M. T. C. *et al.* Virtual Reality-Based Exercise with Exergames as Medicine in Different Contexts: A Short Review. **Clinical Practice & Epidemiology in Mental Health**, v. 15, n. 17, 2019 DOI: 10.2174/1745017901915010015, 2019, 15, 15-20

DANTAS, I. *et al.* Epidemiologia do traumatismo crânio encefálico (TCE) no nordeste no ano de 2012. **Rev Bras Educ e Saúde**, v. 4, n. 1, p. 18–23, 2014. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBES/article/view/2573>. Acesso em: 13 jun. 2022.

DIAPER, D. **Task Analysis in Human Computer Interaction**. Chichester, U.K: Ellis Horwood,. 1989.

DOUMAS, I. *et al.* Serious games for upper limb rehabilitation after stroke: a meta-analysis. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**. v. 18, n. 1, p. 100, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00889-1>

ESTÉVEZ-PEDRAZA, A. G. *et al.* Sistema electrónico para reeducación postural estática en tiempo real. **Rev. mex. ing. Biomed.**, v. 38, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17488/rmib.38.1.35>.

GAUDÊNCIO, T.; LEÃO, G. A epidemiologia do Traumatismo Crânio-Encefálico: Um Levantamento bibliográfico no Brasil. **Rev Neuroc**, v. 21, p. 427-34, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4181/RNC.2013.21.814.8p>. Acesso em: 07 set. 2022

GALLEGO-DURÁN, F.J. *et al.* A Guide for Game-Design-Based Gamification. **Informatics**. v. 6, n. 49, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/informatics6040049>

GREVE, J. M. D. A.; CASALIS, M. E. P.; BARROS, T. E. P. F. **Avaliação Clínica e Funcional da Lesão Medular- Índices Motores e Sensitivos e Funcionais utilizados**. Diagnóstico e tratamento da Medula Espinhal. São Paulo: Roca; 2001.

GRIMES, R. H. *et al.* Sistema Biomédico com Jogo Sério e Dispositivo Especial para Reabilitação Respiratória. In: CONCURSO DE TESES E DISSERTAÇÕES - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO APLICADA À SAÚDE (SBCAS), 19., 2019, Niterói. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 49-54. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbcas.2019.6283>.

GUILLÉN-CLIMENT, S. *et al.* A usability study in patients with stroke using MERLIN, a robotic system based on serious games for upper limb rehabilitation in the home setting. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**. v. 18, n. 1, p. 41, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00837-z>.

HEWETT, T. *et al.* W. **ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction**. ACM: New York, 1992.

HILL, V. A; TOWFIGHI, A. Modifiable risk factors for stroke and strategies for stroke prevention. **Seminars in neurology**, v. 37, n. 3, p. 237-258, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0037-1603685>.

HUNG, J. W. Cognitive effects of weight-shifting controlled exergames in patients with chronic stroke: a pilot randomized comparison trial. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 53, n. 5, p. 694–702, 2017 <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04516-6>.

JAMESON, J. L. *et al.* **Harrison's principles of internal medicine**. 20th. ed. McGraw-Hill Education. 2020.

KIRCHER, E. A Game-Based Approach to Lower Blood Pressure? Comparing Acute Hemodynamic Responses to Endurance Exercise and Exergaming: A Randomized Crossover Trial. **Int J Environ Res Public Health**, v. 19, n. 3, 2022 DOI: 10.3390/ijerph19031349.

LAVIOLA, J. J. *et al.* **3D User Interfaces: Theory and Practice**. Boston: Addison-Wesley Professional, 2017.

LEITE, M. *et al.* Protótipo de um goniômetro digital: implementando ideias à luz da fisioterapia. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 3, 14 fev. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/87006>. Acesso em: 09 out. 2019.

LIANZA, S. **Medicina de reabilitação**. 4. ed. Rio de Janeiro: GuanabaraKoogan, 2011.

LIN, B. *et al.* Cumulative risk of stroke recurrence over the last 10 years: a systematic review and metanalysis. **Neurological sciences: official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology**, v. 42, n.1, p. 61-71, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10072-020-04797-5>.

LIN, C. Y; CHANG, Y. M. Increase in physical activities in kindergarten children with cerebral palsy by employing MaKey-MaKey-based task systems. **Research in developmental disabilities**, n. 35, v. 9, p. 1963–1969, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.04.028>.

MARTIN-NIEDECKEN, A.L; SCHWARZ, T.; SCHÄTTIN, A. Comparing the Impact of Heart Rate-Based In-Game Adaptations in an Exergame-Based Functional High-Intensity Interval Training on Training Intensity and Experience in Healthy Young Adults. **Front Psychol**, 2021. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.572877.

MASCARENHAS, M. *et al.* **Epidemiologia das causas externas no Brasil: morbidade por acidentes e violências**. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/cap_10_saude_brasil_2010.pdf. Acesso em: 18 abr. 2022.

MELO, P. L. *et al.* A microcontroller platform for the rapid prototyping of functional electrical stimulation-based gait neuroprostheses. **Artif Organs.**, v. 39, n. 5, p. 56-66, 2015. DOI: 10.1111/aor.12400.

MÉNDEZ-ELIZONDO, S.; MENDOZA-GUTIÉRREZ, M. O.; BONILLA-GUTIÉRREZ, I. Desarrollo de un Sistema Robótico para Rehabilitación de Lesiones de Tobillo. **Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 385–388, 2017.

MIRANDA, I. P. H. *et al.* Repeated Measures Models Applied to Cancer Patients Treated with Exergames. **Asian Pac J Cancer Prev.**, v. 19, n. 8, p. 2171–2176, 2018. DOI: 10.22034/APJCP.2018.19.8.2171

MURA, G. *et al.* Active exergames to improve cognitive functioning in neurological disabilities: a systematic review and meta-analysis. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 54, n. 3, p. 450–462, 2018. DOI: <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04680-9>.

NG, Y. Y; KHONG, C. W. K; NATHAN, R. J. Evaluating Affective User-Centered Design of Video Games Using Qualitative Methods. **International Journal of Computer Games Technology**, v. 2018, p. 13, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/3757083>.

NOVELETTO, F. *et al.* Biomedical Serious Game System for Lower Limb Motor Rehabilitation of Hemiparetic Stroke Patients. **IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, v. 28, n. 6, p. 1481–1487, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2020.2988362>.

OGAWA, E. *et al.* Physiological responses and enjoyment of Kinect-based exergames in older adults at risk for falls: A feasibility study. **Technol Health Care**, v. 27, n. 4, p. 353-362, 2019. DOI: 10.3233/THC-191634. PMID: 31033470.

ONG, D., WEIBIN, M. Z., & VALLABHAJOSYULA, R. Serious games as rehabilitation tools in neurological conditions: A comprehensive review. **Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine**. v. 29, n. 1, p. 15–31, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3233/THC-202333>.

OLIVEIRA, E. *et al.* Traumatismo crânio-encefálico: Abordagem integrada. **Acta Med Port**, v. 25, n. 3, p. 179–92, 2012. Disponível em: <https://actamedicaportuguesa.com/revista/index.php/amp/article/viewFile/43/45>. Acesso em: 25 maio 2022.

OZDOGAR, A. T. *et al.* Effect of video-based exergaming on arm and cognitive function in persons with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msard.2020.101966>.

PARK, E. C; KIM, S. G; LEE, C. W. The effects of virtual reality game exercise on balance and gait of the elderly. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 27, n. 4, p. 1157-1159, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1157>.

PASCO, D; ROURE, C. Situational interest impacts college students' physical activity in a design-based bike exergame. Situational interest impacts college students' physical activity in a design-based bike exergame. **J Sport Health Sci.**, v. 11, n. 2, p. 172-178, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.03.003>.

PASSOS, D. B. **O design da informação em interfaces de hipermídias**. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Interaction Design**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2002.

PRENSKY, M. **Digital Game-Based Learning**. [s.l.]: McGraw-Hill, 2001.

PRINS, M. *et al.* The pathophysiology of traumatic brain injury at a glance. **Dis Model Mech**, v. 6, p. 1307-1315, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1242/dmm.011585>. Acesso em: 07 set. 2022

PROSPERINI, L. *et al.* Exergames for balance dysfunction in neurological disability: a meta-analysis with meta-regression. **Journal of neurology**, v. 268, n. 9, p. 3223–3237, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00415-020-09918-w>.

RATTI, E. Comparison of Medical and Consumer Wireless EEG Systems for Use in Clinical Trials. **Front Hum Neurosci.** v. 11, n. 398, 2017. DOI: 10.3389/fnhum.2017.00398.

RIEIRO, H, *et al.* Validation of Electroencephalographic Recordings Obtained with a Consumer-Grade, Single Dry Electrode, Low-Cost Device: A Comparative Study. **Sensors (Basel)**, v. 19, n. 12, 2019. DOI: 10.3390/s19122808. PMID: 31234599; PMCID: PMC6630628.

SÁ, R. G. **Construindo uma DLS para reconhecimento de gestos utilizando Kinect.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SACCO, R. L. *et al.* Council on Nutrition, physical activity and metabolism. An updated definition of stroke for the 21st century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. **Stroke**, v. 44, n. 7, p. 2064-2089, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1191/0269215504cr763oa>.

SAURO, J. **A practical guide to the System Usability Scale (SUS).** 2011. ISBN 1461062705.

SCHAEFFER, E. *et al.* Effects of Exergaming on Attentional Deficits and Dual-Tasking in Parkinson's Disease. **Front Neurol.**, v. 10, p. 646, 2019. DOI: 10.3389/fneur.2019.00646

SILVA, G. A. *et al.* Desenvolvimento de um protótipo de degrau para avaliação da capacidade física de indivíduos saudáveis e portadores de doenças respiratórias e cardíacas. **Mundo saúde (Impr.)**. v. 41, n. 1, p. 98-106, 2017. DOI: 10.15343/0104-7809.2017410198106.

SILVER, J; SHAW, D. **Makey Makey: Improvising Tangible and Nature-Based User Interfaces.** In TEI '12 Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction, p. 367-370, 2012. Disponível em: <https://static1.squarespace.com/static/561c2019e4b0ee65a89cee14/t/580e416615d5db9dfb7c01f2/1477329256087/silver-makeymakey-TEI.pdf>. Acesso em: 09 out. 2016.

SMITH, W. S; JOHNSTON, S. C; HEMPHILL, J. C. Cerebrovascular diseases. *In:* KASPER, D. *et al.* **Harrison's principals of internal medicine.** McGraw Hill Education. v. 19. cap. 466. p. 1-160. 2016.

SOUSA, J. R. M. *et al.* Desenvolvimento de Uma Prótese Automática Por Comando de Sinal Eletromiográfico. *In:* TULLIO, F. B. M. **Engenharia na prática: importância teórica e tecnológica.** Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

SOKOL, S. L; KAPOOR, J. R; FROODY, J. M. Blood pressure reduction in the primary and secondary prevention of stroke. **Current vascular pharmacology**, v. 4, n. 2, p. 155-160, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2174/157016106776359862>.

STOJAN, R; VOELCKER-REHAGE, C. A Systematic Review on the Cognitive Benefits and Neurophysiological Correlates of Exergaming in Healthy Older Adults. **J. Clin. Med.**, v. 8, p. 734, 2019. DOI:10.3390/jcm8050734.

SUSI, T. *et al.* **Serious Games: An Overview.** [Online], 2007. Disponível em: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:2416/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2022.

SUTANO, Y. S. *et al.* Videogame assisted exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A preliminary study. **Pulmonology**, v. 25, n. 5, p. 275-282, 2019. DOI: 10.1016/j.pulmoe.2019.03.007.

VASCONCELOS, E. C. L. M; RIBERTO M. Caracterização clínica e das situações de fratura da coluna vertebral no município de ribeirão preto, propostas para um programa de prevenção do trauma raquimedular. **Coluna/Columna**, v. 10 n. 1, p. 40-43, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S1808-18512011000100007>.

VILLAFAINA, S. *et al.* Effects of Exergames on Brain Dynamics in Women with Fibromyalgia: A Randomized Controlled Trial. **Clin. Med.**, n. 8, 2019
DOI:10.3390/jcm8071015.

WINN, H. *et al.* Clinical Pathophysiology of Traumatic Brain Injury. *In*: Youmans. **Neurological Surgery**. Saunders: Elsevier, 2011. p. 3362-3379

**ANEXO A – “SEU-Q – SERIOUSEXERGAMEUTILITY -QUESTIONNAIRE”:
ADAPTADO PARA O GRUPO DE ALUNOS E PROFISSIONAIS.**

SEU-Q – SeriousExergameUtility - Questionnaire (ADAPTADO)							
Gênero: () M () F Idade: _____ Formação: _____ Experiência Acadêmica: Não () Sim () Qual? _____							
Questões (Por favor, quantifique seu grau de conhecimento numa escala de 1 a 7)	Baixo	Escala (marcar com um X)					Alto
Nível de conhecimento/uso em Jogos Digitais?	1	2	3	4	5	6	7
Nível de conhecimento/uso em Jogos Digitais na reabilitação de pacientes neurológicos?	1	2	3	4	5	6	7
Questões (Por favor, quantifique o nível da sua resposta numa escala de 1 a 7:)	Baixo	Escala (marcar com um X)					Alto
1) Como você avalia o nível de utilidade que jogadores (pacientes neurológicos) sentirão do feedback sonoro gerado pelo <i>Therapy Game and System</i> ?	1	2	3	4	5	6	7
2) Como você avalia o nível de dificuldade que os jogadores (pacientes neurológicos) sentirão para entenderem os desafios nas diversas fases do <i>Therapy Game and System</i> ?	1	2	3	4	5	6	7
3) Como você avalia o nível de dificuldade que os jogadores (pacientes neurológicos) sentirão para realizarem os desafios gerados pelo <i>Therapy Game and System</i> ?	1	2	3	4	5	6	7
4) Como você avalia o nível de dificuldade que os jogadores (pacientes neurológicos) sentirão para utilizar o <i>Therapy Game and System</i> ?	1	2	3	4	5	6	7
5) Como você avalia o nível de motivação que os jogadores (pacientes neurológicos) sentirão pela pontuação e estrelas do <i>Therapy Game and System</i> ?	1	2	3	4	5	6	7
6) Como você avalia o nível de divertimento que os jogadores (pacientes neurológicos) sentirão no <i>Therapy Game and System</i> ?	1	2	3	4	5	6	7
7) Como você avalia o nível de dificuldade que os jogadores (pacientes neurológicos) sentirão para verem os objetos, e perceberem as ações e movimentos destes no jogo?	1	2	3	4	5	6	7
8) Como você avalia o nível de qualidade do cenário (cores, número de objetos, beleza) que os jogadores (pacientes neurológicos) sentirão?	1	2	3	4	5	6	7
9) Como você avalia o nível utilidade do <i>Therapy Game and System</i> para a reabilitação dos jogadores (pacientes neurológicos)?	1	2	3	4	5	6	7
10) Como você avalia o nível de motivação que o <i>Therapy Game and System</i> trará para os pacientes jogadores (pacientes neurológicos) fazerem a reabilitação?	1	2	3	4	5	6	7
11) Como você avalia o nível de utilidade dos dados (pontos) providos pelo <i>Therapy Game and System</i> para a atividade profissional?	1	2	3	4	5	6	7
12) Como você avalia o nível de utilidade dos controles pelo <i>Therapy Game and System</i> para a atividade profissional?	1	2	3	4	5	6	7
13) Como você avalia o nível de dificuldade de adotar o <i>Therapy Game and System</i> no cotidiano da atividade profissional?	1	2	3	4	5	6	7

- 14) Na sua opinião quais os principais benefícios ou vantagens de se utilizar o *Therapy Game and System* para reabilitação de pacientes neurológicos?
- 15) Na sua opinião quais os principais dificuldades ou desvantagens de se utilizar o *Therapy Game and System* para reabilitação de pacientes neurológicos?
- 16) Você possui sugestões de melhoria para o *Therapy Game and System*? Explícite.
- 17) Quais os *games* que você mais gostou?

ANEXO B – “SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)”, ADAPTADO. PARA O GRUPO DE PACIENTES

	Discordo fortemente		Concordo fortemente		
1. Eu acho que gostaria de utilizar esse jogo com frequência.	1	2	3	4	5
2. Eu achei esse jogo desnecessariamente complexo.	1	2	3	4	5
3. Eu achei esse jogo fácil de jogar.	1	2	3	4	5
4. Eu acredito que eu precisaria do auxílio de um terapeuta para jogar.	1	2	3	4	5
5. Eu achei todas as funcionalidades do jogo bem integradas.	1	2	3	4	5
6. Eu acho que o jogo apresenta muitas inconsistências.	1	2	3	4	5
7. Eu acredito que as pessoas aprenderão a utilizar esse jogo rapidamente.	1	2	3	4	5
8. Eu achei o jogo muito complicado/incômodo de jogar.	1	2	3	4	5
9. Eu me senti confiante ao jogar.	1	2	3	4	5
10. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir jogar.	1	2	3	4	5

APÊNDICE A – REGISTROS DE PROGRAMA DE COMPUTADOR



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
 MINISTÉRIO DA ECONOMIA
 INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: BR512021000953-3

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 04/05/2021, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Therapy Game System Vol. 1

Data de publicação: 04/05/2021

Data de criação: 04/04/2021

Titular(es): ALESSANDRO CORRÊA MENDES; RASCIUS ENDRIGHO DE ALCÂNTARA UCHÔA BELFORT

Autor(es): MÁRIO OLIVEIRA LIMA; ALESSANDRO CORRÊA MENDES; FERNANDA PUPIO SILVA LIMA; RODRIGO ALVARO BRANDÃO LOPES MARTINS; RASCIUS ENDRIGHO DE ALCÂNTARA UCHÔA BELFORT; HALYSSON CARVALHO SILVA JUNIOR; HERNANDES ERICK DE SOUSA RODRIGUES; DANILO MARCIO LIMA DE CARVALHO

Linguagem: C#

Campo de aplicação: SD-06; SD-09

Tipo de programa: AP-01; CD-01; IT-01

Algoritmo hash: SHA-224

Resumo digital hash: 7b37ccac9009f5725f701cc47e7b73cb4041d890bb04bd5547f9917c

Expedido em: 18/05/2021

Aprovado por:
 Carlos Alexandre Fernandes Silva
 Chefe da DIPTO



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
 MINISTÉRIO DA ECONOMIA
 INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: BR512021000969-0

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 11/05/2021, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Therapy Game System Vol. 2

Data de publicação: 11/05/2021

Data de criação: 04/05/2021

Titular(es): MÁRIO OLIVEIRA LIMA; ALESSANDRO CORRÊA MENDES; FERNANDA PUPIO SILVA LIMA; RODRIGO ALVARO BRANDÃO LOPES MARTINS; HALYSSON CARVALHO SILVA JUNIOR; HERNANDES ERICK DE SOUSA RODRIGUES; DANILO MÁRCIO LIMA DE CARVALHO; RASCIUS ENDRIGHO DE ALCÂNTARA UCHÔA BELFORT

Autor(es): MÁRIO OLIVEIRA LIMA; ALESSANDRO CORRÊA MENDES; FERNANDA PUPIO SILVA LIMA; RODRIGO ALVARO BRANDÃO LOPES MARTINS; HALYSSON CARVALHO SILVA JUNIOR; HERNANDES ERICK DE SOUSA RODRIGUES; DANILO MÁRCIO LIMA DE CARVALHO; RASCIUS ENDRIGHO DE ALCÂNTARA UCHÔA BELFORT

Linguagem: C#

Campo de aplicação: EN-05; SD-06; SD-09

Tipo de programa: AP-01; CD-01; IT-01

Algoritmo hash: SHA-224

Resumo digital hash: f4a69138ac76bd6e595b08a150e903d2b53e01fd6f3976f93e0c7ed6

Expedido em: 18/05/2021

Aprovado por:
 Carlos Alexandre Fernandes Silva
 Chefe da DIPTO

APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO

Research, Society and Development, v. 11, n. 16, e25111637437, 2022
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i16.37437>

Desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação neurológica de pacientes

Development of serious games for neurological rehabilitation of patients

Desarrollo de juegos serios para la rehabilitación neurológica de pacientes

Recebido: 04/11/2022 | Revisado: 20/11/2022 | Aceitado: 22/11/2022 | Publicado: 28/11/2022

Rascius – Endrigho de Alcântara Uchôa Belfort

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7821-1893>

Universidade do Vale do Paraíba, Brasil

E-mail: endrigho@hotmail.com

Mario Oliveira Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9990-5296>

Universidade do Vale do Paraíba, Brasil

E-mail: mol@univap.br

Alessandro Corrêa Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2079-324X>

Universidade do Vale do Paraíba, Brasil

E-mail: alcomen@univap.br

Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4942-988X>

Universidade Evangélica de Goiás, Brasil

E-mail: ralopesmartins@gmail.com

Halysson Carvalho Silva Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1466-2879>

Universidade Federal do Piauí, Brasil

E-mail: halysson1007@gmail.com

Hernandes Erick de Sousa Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2234-6195>

Universidade Estadual do Piauí, País

E-mail: erickhemandes4@gmail.com

Daniilo Márcio Lima de Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1221-3719>

Universidade Federal do Piauí, Brasil

E-mail: daniilomlcarvalho@gmail.com

Rafaela da Silva Prado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3588-3627>

Universidade do Vale do Paraíba, Brasil

E-mail: faelaprado2014@gmail.com

Isabela Mieko Sakihara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4797-9706>

Universidade do Vale do Paraíba, Brasil

E-mail: isamieko@gmail.com

Marcos Vinicius Carvalho Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2267-2305>

Universidade do Vale do Paraíba, Brasil

E-mail: marcosmirandaero1802@gmail.com

Fernanda Pupio Silva Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-7800>

Universidade do Vale do Paraíba, Brasil

E-mail: fpupio@univap.br

Resumo

O objetivo desse artigo foi demonstrar o desenvolvimento de um a coletânea de *exergames* para reabilitação neurológica denominada de *Therapy Game and System* (TGS). Foi escrito a princípio um *Game Desing Document* (GDD) sobre todos os detalhes que foram desde divisão de cada membro da equipe até a própria mecânica dos jogos. A *engine* de desenvolvimento de jogos eletrônicos distribuída gratuitamente chamada de *UNITY 2018*, que utiliza a linguagem de programação *C#* foi utilizada para implementação de todo conceito do *software*, e com auxílio do programa *Photoshop 2020* foi possível desenhar o *layout* gráfico. Para a jogabilidade foi empregado o conceito de *Interface Humana do Usuário* com a utilização do dispositivo *Makey Makey*. Foram elaborados seis jogos divididos em duas coletâneas de três cada. Ambas foram registradas como programa de computador no NIP. Testes preliminares foram feitos as quais os jogos se mostraram funcionais, entretanto, futuros ajustes gráficos e de jogabilidade deverão ser executados. Trata-se de uma tecnologia de baixo custo e com o desenvolvimento alicerçado

**APÊNDICE C – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO E APROVAÇÃO DO
BANNER APRESENTADO NO INIC 2022.**

Verifique o código de autenticidade 1729490.86695729.470310.8.563431799325834510617 em <https://www.evei3.com.br/documentos>


Universidade do Vale do Paraíba

I Simpósio de Engenharia Biomédica do Vale do Paraíba

Avanços Tecnológicos na Área da Saúde

Certificamos que o trabalho intitulado **ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DE UMA COLETÂNEA DE JOGOS SÉRIOS COM BASE NO CONCEITO EXERGAMES PARA REABILITAÇÃO DE PACIENTES NEUROLÓGICOS** de autoria de **Rascius - Endrigho de Alcântara Uchôa Belfort, Mario Oliveira Lima, Danilo Márcio Lima Carvalho, Halysson Carvalho Silva Junior, Hernandes Erick e Fernanda Pupio Silva Lima**, foi aceito para apresentação e publicação nos anais do **I Simpósio de Engenharia Biomédica do Vale do Paraíba**, realizado na Universidade do Vale do Paraíba.

ISBN Nº 978-65-88226-08-7

São José dos Campos, 11 de Novembro de 2022


Prof. Dr.ª Maiara Lima Castilho
Coordenadora geral do I SEBVaP

APÊNDICE D – PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO

1. PRÉ-INTERVENÇÃO:

a. REPOUSO (SENTADO):

- i.FC: _____
- ii.PA: _____
- iii.FR: _____
- iv.EEG (MÉDIA/ 1 min): _____(ATENÇÃO) _____(MEDITAÇÃO).

b. REAÇÃO:

i.Reaction Time Experiment:

- Média (ms): _____
- Desvio Padrão (ms): _____
- Máximo (ms): _____
- Mínimo (ms): _____

2. INTERVENÇÃO

a. Pontuação (Atividade p/ Game: 5' (Total = 45'); Intervalo: 5'):

- i. O Alpinista: ERROS _____ ACERTOS _____
- ii. Fuga na Selva: ERROS _____ ACERTOS _____
- iii. O Pistoleiro: ERROS _____ ACERTOS _____
- iv. O Motoqueiro: ERROS _____ ACERTOS _____
- v. Maratona na UNIVAP: ERROS _____ ACERTOS _____
- vi. Martelada: ERROS _____ ACERTOS _____
- vii. _____: ERROS _____ ACERTOS _____
- viii. _____: ERROS _____ ACERTOS _____
- ix. _____: ERROS _____ ACERTOS _____

3. PÓS- INTERVENÇÃO:

a. REPOUSO (SENTADO):

- i.FC: _____
- ii.PA: _____
- iii.FR: _____
- iv.EEG (MÉDIA/ 1 min): _____ (ATENÇÃO) _____(MEDITAÇÃO).

b. REAÇÃO:

i.Reaction Time Experiment:

- Média (ms): _____
- Desvio Padrão (ms): _____
- Máximo (ms): _____
- Mínimo (ms): _____

APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados de identificação

Título do Projeto: THERAPY AND GAME SYSTEM: Sistema embarcado para avaliação e reabilitação por meio de uma interface humana do usuário (IHU) com *exergames*.

Pesquisador Responsável: Fernanda Pupio Silva Lima.

Equipe executora: Fernanda Pupio Silva Lima, Rascius – Endrigho de Alcântara Uchôa Belfort, Mario Oliveira Lima.

Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) – Laboratório de Biofotônica e Terapêutica Experimental

Telefones / E-mails para contato: (12) 3947-1000 ramal: 1103, tel. (12) 99770-0096; fpupio@univap.br.

Nome do participante: _____

Idade: _____ anos R.G. _____ Código: _____

O (A) Sr. (ª) está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa que tem como tema/título “*THERAPY AND GAME SYSTEM (TGS): Sistema embarcado para avaliação e reabilitação por meio de uma interface humana do usuário (IHU) com exergames*”, de responsabilidade do pesquisador Rascius – Endrigho de Alcântara Uchôa Belfort. Este estudo tem por objetivo desenvolver um equipamento de computador e seus jogos o quais são chamados de *Therapy and Game System (TGS)* para treino do corpo, atenção e do coração em participantes típicos e com afecções neurológicas.

Sua participação consiste em comparecer ao Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensorio Motora (bloco 9), na Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) onde será realizada uma avaliação, que serão feitas perguntas sobre seu estado de saúde, será explicado todas as fases do estudo, e, em caso de aceite, será autorizada sua participação por meio desse documento. Ao chegar ao setor será solicitado que a utilização de roupas que proporcionem liberdade de movimento para realização das atividades terapêuticas propostas com os equipamentos desenvolvidos para unir exercícios físicos com jogos de videogame. A duração da interação com os jogos ocorrerá em 40 minutos somados a mais 5 minutos de descanso. Os jogos serão projetados por uma televisão e o paciente terá que interagir com os comandos que serão transmitidos de forma visual e auditiva. Durante as atividades serão aferidos o nível de atenção, funcionamento do coração e dos músculos. Os dados coletados pelo software dos jogos também servirão como ferramenta avaliativa. Posteriormente serão coletados dados a respeito da experiência ao utilizar o equipamento.

As informações serão adquiridas tanto de pessoas sem quanto de pessoas com alguma afecção neurológica.

O trabalho tem como hipótese a melhora da coordenação motora, força, equilíbrio, agilidade e resistência do indivíduo aperfeiçoamento do sistema cardíaco, aprimoramento da funcionalidade, elevação da contração muscular, melhora da atenção, força e consequente aprimoramento das atividades de vida diária dos participantes.

Durante a interação com os jogos os pacientes podem, dependendo da sua condição, apresentar fadiga muscular e cansaço. Para minimizar tais riscos inserimos o tempo de 5 minutos de intervalo após completar 20 minutos de atividade. Entretanto, o participante possui total autonomia para dizer quando quer parar caso se sentir exausto.

Por meio da melhora fisiológica e dos movimentos possíveis por meio do *Therapy and Game System* pacientes neurológicos poderão desenvolver melhor suas atividades de vida diária e evitar problemas como falta de equilíbrio, além de iniciar uma vida mais saudável realizando exercícios físicos que envolvam um componente divertido. O estudo servirá para espalhar o conhecimento sobre a possibilidade de usar novas tecnologias para o tratamento de pessoas em

centros de reabilitação, hospitais e clínicas com equipes de diferentes tipos de profissionais, motivando outros pesquisadores a desenvolverem novas ferramentas que possibilitem ou utilizem este equipamento futuramente para coleta de dados em diferentes tipos de participantes.

Garantimos o sigilo e a confidencialidade das informações que você fornecer e a privacidade do participante da pesquisa. A qualquer momento, você pode se recusar a participar e se retirar da pesquisa, sem constrangimentos, penalidades ou qualquer prejuízo (caso esteja em acompanhamento ou tratamento, este permanece como está, nada muda). As informações e materiais obtidos nesta pesquisa não poderão ser utilizados para outras finalidades que não sejam a de meios científicos e acadêmicos (publicação de artigos científicos, apresentações em congressos, simpósios e aulas)

No caso de gastos decorrentes da participação nesta pesquisa (por exemplo, transporte e alimentação), você e o seu acompanhante serão imediatamente e integralmente ressarcidos de todos os gastos. No caso de algum dano, imediato ou tardio, decorrente desta pesquisa, você também tem direito de ser indenizado pelo pesquisador e/ou patrocinador desta pesquisa, bem como a ter assistência gratuita, integral e imediata.

Em caso de intercorrência o participante será socorrido e encaminhado para o atendimento médico hospitalar, onde receberá assistência. Os pesquisadores prestarão assistência integral a todos os participantes durante o período do estudo em relação às intercorrências causadas. O ocorrido será registrado em ata e os responsáveis pelo estudo notificarão o comitê de ética.

Sempre que desejar, você poderá entrar em contato para obter informações sobre este projeto de pesquisa, sobre sua participação ou outros assuntos relacionados à pesquisa, com o pesquisador responsável ou equipe executora pelos telefones (12) 3947-1000 ramal 1103 ou pelo (12) 99770-0096. Você também pode entrar em contato com o CEP – Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), corresponsável por garantir e zelar pelos direitos do participante da pesquisa, pelo telefone (12) 3947-1111, pelo e-mail cep@univap.br ou pessoalmente na Av. Shishima Hifumi, 2911, Urbanova – Bloco 11 – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento II, sala 19, de segunda a sexta-feira, das 08:00h às 12:00h e das 14:00h às 17:00h

Este termo está elaborado em duas vias, rubricadas em todas as suas páginas e assinadas, ao seu término, pelo participante da pesquisa e pelo pesquisador, sendo uma das vias entregue ao participante.

Eu, _____, fui informado e concordo em participar, voluntariamente, do projeto de pesquisa acima descrito.

São José dos Campos, _____ de _____ de _____

Nome e assinatura do participante

Nome e assinatura do pesquisador

Testemunha

Testemunha

APÊNDICE F – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA

UNIVERSIDADE DO VALE DO
PARAÍBA - UNIVAP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: THERAPY AND GAME SYSTEM:
Sistema embarcado para avaliação e reabilitação através de uma interface humana do usuário (IHU) com exergames.

Pesquisador: Fernanda Pupio Silva Lima

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 19708919.3.0000.5503

Instituição Proponente: Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.622.552

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um estudo clínico, com o propósito de desenvolver um sistema denominado de Therapy and Game System para reabilitação neurológica através da associação de exercício físico e jogos eletrônicos, avaliando-se a influência desta ferramenta na funcionalidade e nos sinais fisiológicos (são os objetivos secundários) dos participantes. A amostra será composta de Cinco grupos de 30 pacientes com afecções neurológicas (Acidente Vascular Encefálico, Traumatismo Cranioencefálico, Doença de Parkinson, Esclerose Múltipla e Lesão medular) e um grupo de 150 participantes normais, sendo o total de 300. Em todos os participantes serão aferidos antes, durante e depois dos atendimentos a variabilidade da frequência cardíaca, pressão arterial, nível de contração muscular, força muscular, nível de atenção e de satisfação de cada participante. Espera-se que ao término do estudo haja uma elevação do nível de contração, força muscular e variabilidade da frequência cardíaca de forma crônica, além do recrutamento muscular maior nos grupos de sujeitos com sequelas neurológicas que em sujeitos normais, e nível de satisfação considerável para todos os grupos.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Desenvolver um hardware com software específico denominado de Therapy and Game System (TGS) para treino funcional e de condicionamento físico em sujeitos normais e com afecções

Endereço: Av. Shishima Hifumi, 2911

Bairro: Urbanova

CEP: 12.244-000

UF: SP

Município: SAO JOSE DOS CAMPOS

Telefone: (12)3947-1111

Fax: (12)3947-1149

E-mail: cep@univap.br

UNIVERSIDADE DO VALE DO
PARAÍBA - UNIVAP



Continuação do Parecer: 3.622.552

neurológicas.

Objetivo Secundário:

Desenvolver os componentes do protótipo do TGS; Avaliar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), pressão arterial (PA), antes, durante e depois das intervenções; Mensurar equilíbrios estático e dinâmico dos voluntários; Aferir qual o nível de atenção da amostra antes, durante e depois das intervenções; Cruzar os dados aferidos pelo software avaliativo do TGS com as demais ferramentas avaliativas; Obter informações sobre a experiência da amostra com as atividades executadas nas interfaces computacionais.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos foram avaliados, assim como a forma de minimizá-los. Os benefícios também foram avaliados.

Riscos:

Durante a interação com os jogos os pacientes podem, dependendo da sua condição, apresentar fadiga muscular e cansaço. Para minimizar tais riscos inserimos o tempo de 5 minutos de intervalo após completar 20 minutos de atividade. Entretanto, o participante possui total autonomia para dizer quando quer parar caso se sentir exausto.

Benefícios:

Através do aprimoramento fisiológico e da funcionalidade propostos com o Therapy and Game System os sujeitos neurológicos poderão exercer melhor suas atividades de vida diária e evitar intercorrências relacionados a queda por desequilíbrio além de iniciar uma vida mais saudável realizando exercícios físicos que envolvam um componente lúdico. O estudo servirá para espalhar o conhecimento sobre a possibilidade de usar novas tecnologias para o tratamento de pessoas em centros de reabilitação, hospitais e clínicas com equipes de diferentes tipos de profissionais, motivando outros pesquisadores a desenvolverem novas ferramentas que possibilitem ou utilizem este equipamento futuramente para coleta de dados em diferentes tipos de participantes

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa possui relevância científico-social. A pesquisadora respondeu a todas as inadequações questionadas; as pendências que existiam foram solucionadas, estando o projeto de

Endereço: Av. Shishima Hifumi, 2911
Bairro: Urbanova **CEP:** 12.244-000
UF: SP **Município:** SAO JOSE DOS CAMPOS
Telefone: (12)3947-1111 **Fax:** (12)3947-1149 **E-mail:** cep@univap.br

UNIVERSIDADE DO VALE DO
PARAÍBA - UNIVAP



Continuação do Parecer: 3.622.552

pesquisa aprovado por este CEP.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A pesquisadora apresentou carta de anuncia da diretora da FCS/Univap autorizando a realização do estudo no bloco 9 no laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório Motora. A folha de rosto, TCLE e o questionário atendem as normas éticas.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Este CEP considera o projeto de pesquisa aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP-Univap alerta que, segundo a Resolução 466/12 (item XI), cabe ao pesquisador "elaborar e apresentar os relatórios parciais e final", sendo esta uma responsabilidade "indelével e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais". A Resolução 510/16, no art. 28, V, reforça que cabe ao pesquisador "apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção."

Segundo a carta circular n. 0226/CONEP/CNS, de 2010, o relatório final deve incluir:

- Dados do projeto: Registro CONEP e
- Título do Projeto e Dados dos participantes: total de participantes recrutados, incluídos, selecionados, excluídos, retirados/descontinuados, concluintes (em cada centro, se for o caso, e no total). Ocorrendo participantes retirados/descontinuados, indicar principais razões disto. Ocorrendo "eventos sérios", indicar as condutas adotadas. Se houve pedido de indenização por danos causados por este estudo, indicar qual o dano e conduta tomada.

CEP-Univap - (12) 3947-1111

<https://www.univap.br/universidade/instituto-de-pesquisa/comites/comissao-de-etica-em-pesquisa-cep.html>

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1420808.pdf	23/09/2019 13:34:15		Aceito
Parecer Anterior	PB_PARECER_CONSUBSTANCIADO_CEP_3552363.pdf	23/09/2019 13:33:48	Rascius Belfort	Aceito
Outros	QUESTIONARIO.docx	23/09/2019 13:33:19	Rascius Belfort	Aceito

Endereço: Av. Shishima Hifumi, 2911
Bairro: Urbanova **CEP:** 12.244-000
UF: SP **Município:** SAO JOSE DOS CAMPOS
Telefone: (12)3947-1111 **Fax:** (12)3947-1149 **E-mail:** cep@univap.br

UNIVERSIDADE DO VALE DO
PARAÍBA - UNIVAP



Continuação do Parecer: 3.622.552

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Rascius_Doutorado_PPGEBC_ORRIGIDO.docx	23/09/2019 13:32:02	Rascius Belfort	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Rascius_CORRIGIDO.docx	23/09/2019 13:31:27	Rascius Belfort	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA.docx	23/09/2019 13:28:41	Rascius Belfort	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Rascius_Doutorado_PPGEBC_ORRIGIDO_V2.docx	23/09/2019 13:24:25	Rascius Belfort	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Rascius_CORRIGIDO_V2.docx	23/09/2019 13:23:31	Rascius Belfort	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_PLATAFORMA_PREENCHIDA.pdf	23/08/2019 17:49:29	Rascius Belfort	Aceito
Outros	FICHA_DE_AVALIACAO.docx	23/08/2019 17:49:01	Rascius Belfort	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CARTA_DE_ANUENCIA_PREENCHIDA.pdf	23/08/2019 17:44:38	Rascius Belfort	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

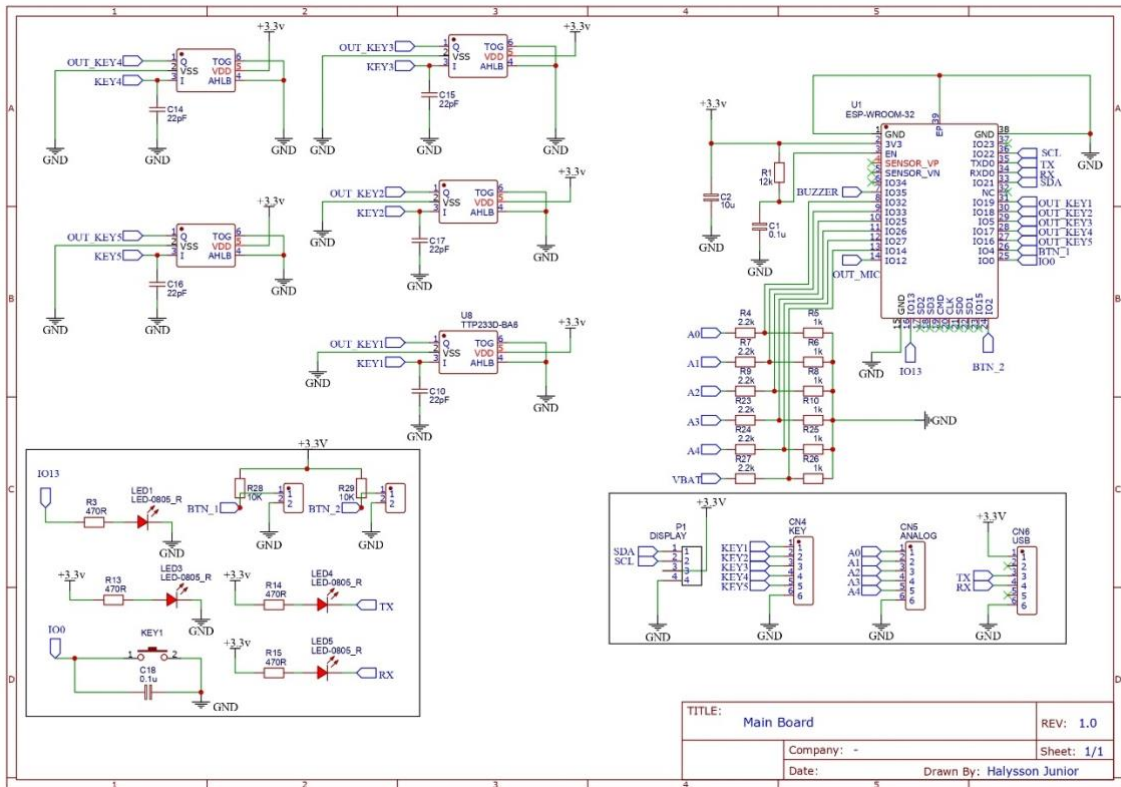
Não

SAO JOSE DOS CAMPOS, 04 de Outubro de 2019

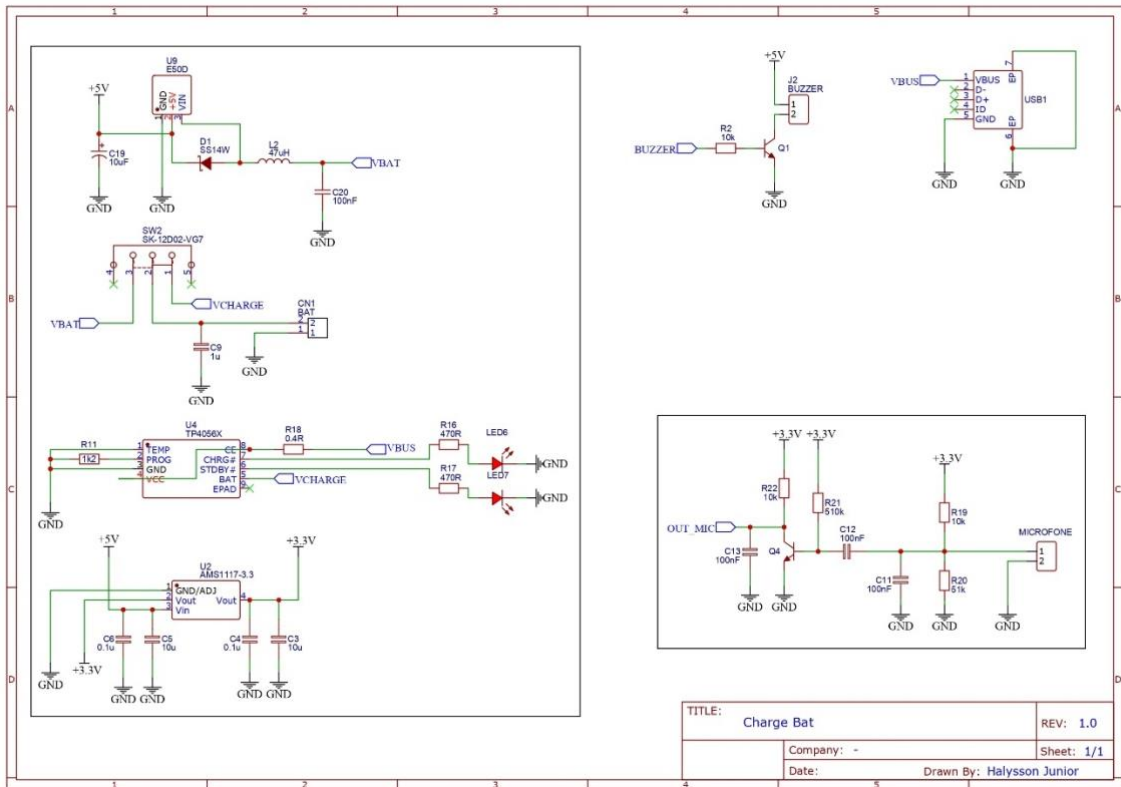
Assinado por:
Mauricio Martins Alves
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Shishima Hifumi, 2911
Bairro: Urbanova **CEP:** 12.244-000
UF: SP **Município:** SAO JOSE DOS CAMPOS
Telefone: (12)3947-1111 **Fax:** (12)3947-1149 **E-mail:** cep@univap.br

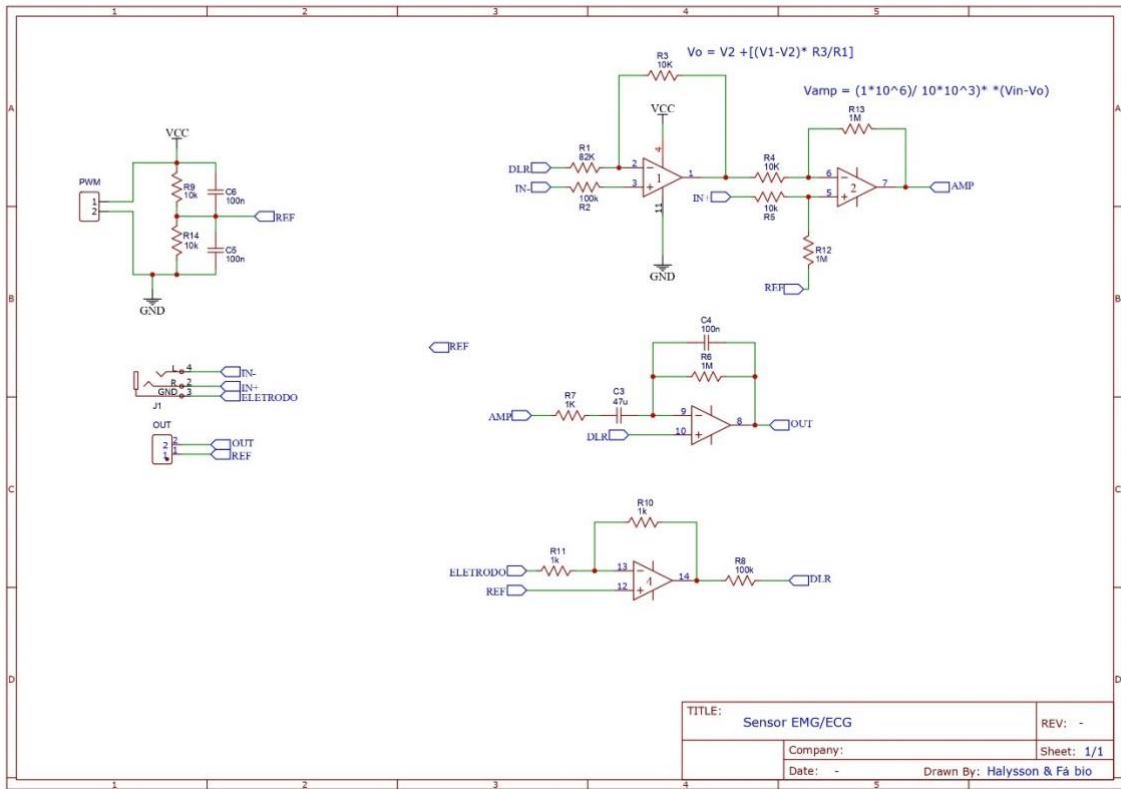
APÊNDICE G – CIRCUITOS DO HARDWARE



Fonte: Elaborado pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE H – LINKS DE ACESSO PARA MATÉRIAS REALIZADAS PARA MÍDIAS AUDIOVISUAIS

1. BELFORT, R. E. A. U.; LIMA, M. O. Fisioterapeutas Desenvolvem Jogos que Auxiliam Tratamento de Pacientes. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=HLxXluC_InM&list=PLloSS7A_X09PdEN3v7PUpkwvnA7gZFQIq&index=18
2. BELFORT, R. E. A. U.; LIMA, M. O. Fisioterapia 'Diferente' Através de Jogos Eletrônicos. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=EyonI5SAud8&list=PLloSS7A_X09PdEN3v7PUpkwvnA7gZFQIq&index=10
3. BELFORT, R. E. A. U.; LIMA, M. O. Jogos Auxiliam na Reabilitação de Pacientes em Clínica de Fisioterapia na UNIVAP. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=EY0zqo5clBA&list=PLloSS7A_X09PdEN3v7PUpkwvnA7gZFQIq&index=12
4. BELFORT, R. E. A. U.; LIMA, M. O. Fisioterapia: Games Usados Para Ajudar Pacientes. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=rfUgHa2Oh58&list=PLloSS7A_X09PdEN3v7PUpkwvnA7gZFQIq&index=13
5. BELFORT, R. E. A. U.; LIMA, M. O. Gameterapia Como Reabilitação em São José. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=j8RZ0FML800&list=PLloSS7A_X09PdEN3v7PUpkwvnA7gZFQIq&index=15
6. BELFORT, R. E. A. U.; LIMA, M. O. Jogos de Videogame Ajudam Pacientes de SJC. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=KDOTzVCVVoI&list=PLloSS7A_X09PdEN3v7PUpkwvnA7gZFQIq&index=16
7. BELFORT, R. E. A. U.; LIMA, M. O. Desenvolvimento de um Sistema de Fisioterapia para Reabilitação de Pacientes Neurológicos. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=nEZILh9N2mk&list=PLloSS7A_X09PdEN3v7PUpkwvnA7gZFQIq&index=16
8. BELFORT, R. E. A. U.; LIMA, M. O. Sanzé Inteligente - Jogos para Reabilitação de Pacientes Neurológico. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=trvMmcVsftg&list=PLloSS7A_X09PdEN3v7PUpkwvnA7gZFQIq&index=14