

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – COMPUTAÇÃO APLICADA**

**JHONATAN THALLISSON CABRAL NÉRY**

**ARQUITETURA DE SOFTWARE INTERATIVO MULTIMODAL DIRIGIDA A  
JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO**

**JOINVILLE**

**2021**

**JHONATAN THALLISSON CABRAL NÉRY**

**ARQUITETURA DE SOFTWARE INTERATIVO MULTIMODAL DIRIGIDA A  
JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Dr. Marcelo da Silva Hounsell

**JOINVILLE  
2021**

Cabral Néry, Jhonatan Thallisson  
Arquitetura de Software Interativo Multimodal  
dirigida a Jogos Sérios para Reabilitação / Jhonatan  
Thallisson Cabral Néry. - Joinville, 2021.  
200 p. : il. ; 30 cm.

Orientador: Marcelo da Silva Hounsell.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas,  
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada,  
Joinville, 2021.

1. arquitetura. 2. sistemas multimodais. 3. jogos  
sérios. 4. reabilitação. I. da Silva Hounsell, Marcelo.  
III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro  
de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em  
Computação Aplicada. IV. Título.

**JHONATAN THALLISSON CABRAL NÉRY**

**ARQUITETURA DE SOFTWARE INTERATIVO MULTIMODAL DIRIGIDA A  
JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Dr. Marcelo da Silva Hounsell

**BANCA EXAMINADORA:**

**Prof. Dr. Marcelo da Silva Hounsell**  
Presidente/Orientador, CCT / UDESC

Membros:

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daniela Gorski Trevisan**  
IC / UFF

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabela Gasparini**  
CCT / UDESC

Joinville, 27 de janeiro de 2021

## AGRADECIMENTOS

Todos somos feitos de pequenos pedaços de grandes pessoas que passam por nossa vida e deixam uma visão, um paradigma de vida, qualidades, receitas de pudim, etc. Eu hoje sou um ser com traços de inúmeras destas pessoas e gostaria de agradecê-las aqui.

Agradeço a minha mãe Maria Pereira do Carmo (in memorian), que me adotou com pouco mais de um ano de vida e me deu tudo que eu precisava, seu amor e cuidado; meu pai adotivo Lindomar Lara da Silva (in memorian), que mesmo sendo genioso, as vezes esboçava atos genuínos de bondade; minha irmã Maria de Fátima Pereira que sempre foi quem me ensinou, cobrou e é principalmente por ela que hoje sou quem sou; meu irmão Osório Marcos Pereira, que mesmo sem muitas palavras é um exemplo de irmão e ser humano; meu irmão Januzi José Pereira em quem me espelhei durante a infância, alguém muito cabeça dura, mas sempre bem humorado.

Meus professores do ensino fundamental e médio; padrinhos Maria Francisca e João Pereira (DIDI); padrinhos Érika Luíza e Relly Randes (quem despertou meu interesse para a Computação).

Agradeço aos professores da graduação em Computação (UFG), mas agradeço muito, muito, muito mesmo a minha orientadora na graduação, professora Dr<sup>a</sup>. Joslaine Cristina Jeske de Freitas, que acreditou em mim e me deu força pra continuar, mesmo em um período turbulento da minha vida e ainda me impulsionou para o mestrado, algo que eu nunca imaginei ser capaz.

A meu companheiro, amor e melhor amigo Flávio Ferreira Moraes, um nerd super inteligente e amável, que tanto me ajudou, ajuda, incentiva, inspira, torna meus dias muito mais felizes e aceitou essa jornada insana pelo país junto a mim.

Agradeço imensamente ao meu orientador de mestrado, professor Dr. Marcelo da Silva Hounsell, por ter me escolhido como “filho”, pelo acolhimento, conversas instigantes sobre a pesquisa e sobre a vida, direcionamento mais que excelente e pelos exemplos como pessoa, professor e pesquisador, alguém em quem me espelharei para a vida.

A todos os professores da pós-graduação em Computação Aplicada, em especial ao professor Dr. Maurício Aronne Pillon pelo dinamismo brilhante na aulas (sempre muito divertidas) e por ser um dos professores mais extraordinários que tive o prazer de conhecer.

Agradeço aos colegas do grupo de pesquisas LARVA, pela parceria, em especial ao companheiro de projeto Yuri Andreas May Henrique, pelas contribuições a este trabalho e pelas várias conversas, também ao colega Rudieri Dietrich Bauer, um ótimo estudante e *game developer* com quem pude trabalhar algumas vezes e considero hoje um amigo; aos colegas do grupo de ensino Alpha (vinculado ao PET Engenharia Elétrica da UDESC) pela parceria e partilha de conhecimentos. Aos alunos da Escola Municipal Padre Valente Simioni, a quem lecionei voluntariamente programação e prototipação em arduino durante alguns meses, dentro do período do mestrado e que me mostraram o quanto é gratificante propagar o conhecimento.

Aos professores Helton Eckermann da Silva, Antônio Vinícius Soares e aos demais

Fisioterapeutas e Fonoaudiólogos parceiros neste trabalho; agradeço ao professor Fabricio Noveletto pela ajuda durante as dúvidas em eletrônica e; também ao professor William Castaneda, pelo auxílio com os dispositivos e pela melhor aula de solda que já tive.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES-Brasil) - Código de Financiamento 001 - pela bolsa de Mestrado, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brasil) pelas bolsas de produtividade DT2 e PIBITI (Iniciação Tecnológica) e, à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC-Brasil) pelo financiamento parcial ao laboratório LARVA, T.O. No.: 2019TR712. E agradeço à Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) por ter me acolhido e se tornado meu segundo lar.

“Temos que falar sobre libertar mentes tanto  
quanto sobre libertar a sociedade.”

(Angela Davis)

## RESUMO

Encontram-se nos jogos digitais diferentes benefícios para a área da reabilitação física, em especial nos Jogos Sérios (JS). Todavia, nota-se que estes JS têm se preocupado pouco com algumas funcionalidades que a área demanda, como: flexibilidade/equivalência (mais de uma opção de controle), complementariedade (informações mais completas sobre o tratamento) e monitoramento (acompanhar as condições fisiológicas dos pacientes durante o jogo). Para entender melhor a área, foram realizados um mapeamento sistemático e uma revisão sistemática da literatura, que juntos constataram que nenhum JS, ou arquitetura para criação destes, contemplam as três funcionalidades destacadas anteriormente. Deste modo, a presente pesquisa desenvolveu uma nova arquitetura de *software* para criação de JS que é adequada às necessidades dos profissionais e pacientes da área da reabilitação, usando conceitos de Sistemas de Interação Multimodal para conseguir tais funcionalidades. Esta arquitetura foi chamada de 123-SGR e foi construída levando em consideração os conceitos das demais arquiteturas encontradas na literatura. Como prova de conceito da arquitetura construída, um JS para reabilitação respiratória, o JS *I Blue It*, foi adaptado. Para proporcionar as interações multimodais no JS citado, foram construídos dispositivos incentivadores à terapia (Mano-BD, cinta de pressão e um oxímetro de pulso) para monitorar o paciente durante o uso do jogo. Ocorreram testes funcionais do JS resultante (*I Blue It* 4.0). Como forma de avaliação do *I Blue It* 4.0 um questionário foi submetido a avaliadores, sendo estes da área da saúde e da área tecnológica. As respostas levantaram questões de *design* de jogo, de usabilidade dos dispositivos, mas também constataram que o *I Blue It* 4.0 possui benefícios substanciais para a reabilitação respiratória, que conseguiu adquirir as funcionalidades de flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento e que estas são realmente funcionalidades importantes e necessárias. A arquitetura 123-SGR, além de enfatizar as propriedades multimodais, permite as mais variadas formas de combinação possíveis, com e sem fusão (como exemplo: seleção, função, ponderação, soma, subtração, etc) e as combinações são possíveis tanto para sinais conscientes, quanto inconscientes vindos do paciente. A 123-SGR mostra que isso é possível, que é relevante nos JS para reabilitação física e, mostra como pode ser feito.

**Palavras-chaves:** arquitetura de *software*, sistemas multimodais, jogos sérios, reabilitação.

## ABSTRACT

There are various benefits in digital games for the physical rehabilitation area, particularly in the Serious Games (SG). However these games have been little concerned with some functionalities that the area demands, such as: flexibility/equivalence (more than one control option); complementarity (more complete information on the treatment), and; monitoring (monitoring physiological conditions during the game play). In order to better understand the area, a systematic literature mapping and a systematic literature review were performed which together found that no SG, or architecture for creating these, promote all three functionalities previously highlighted. In this way, this research has developed a new software architecture for creating SG that fulfills the needs of professionals and patients in the rehabilitation area using concepts from Multimodal Interaction Systems to achieve such functionalities. This architecture was called 123-SGR and was built taking into consideration the concepts of the other architectures found in the literature. As a proof of concept, a SG for respiratory rehabilitation, called I Blue It, was adapted. In order to provide multimodal interactions in the game, incentive devices such as Mano-BD, Pressure belt and a pulse oximeter, were built to monitor the patient while using the game. Functional tests of the resulting SG (I Blue It 4.0) were performed. A questionnaire was submitted to evaluators, from the health and technological areas. The answers raised questions on game design, devices usability, but also found that I Blue It 4.0 has substantial benefits for respiratory rehabilitation, that it has managed to get the flexibility/equivalence, complementarity and monitoring functionalities, and; that these are really important and necessary functionalities. The 123-SGR architecture, in addition to emphasize multimodal properties, allows a great variety of combination with and without fusion (such as: selection, function, weighting, addition, subtraction, etc.) and these combinations are possible for both conscious as well as unconscious signals from the patient. 123-SGR shows that this is possible; that it is relevant in SG for physical rehabilitation, and; shows how it can be done.

**Key-words:** software architecture, multimodal systems, serious games, rehabilitation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de telas do Cubricon . . . . .	22
Figura 2 – Exemplo de telas do <i>Fall Prevention</i> . . . . .	23
Figura 3 – Sistema <i>Put-That-There</i> . . . . .	27
Figura 4 – Funcionamento da Arquitetura de Interação Multimodal. . . . .	28
Figura 5 – Componentes de <i>software</i> do “Comitê de integração”. . . . .	29
Figura 6 – Níveis de fusão de modalidades de entrada. . . . .	32
Figura 7 – A Hidra de 3 cabeças ao lidar com fusões de entrada em SMM. . . . .	33
Figura 8 – Áreas de aplicação de reabilitação vistas em JS. . . . .	38
Figura 9 – Alteração ventilatória nas doenças respiratórias. . . . .	40
Figura 10 – Respiração abdomino-diafragmática. . . . .	41
Figura 11 – Espirometria de incentivo. . . . .	42
Figura 12 – DI PITACO . . . . .	43
Figura 13 – JS <i>I Blue It</i> 1.0. . . . .	43
Figura 14 – Plataforma <i>I Blue It</i> 1.0. . . . .	44
Figura 15 – Curva de trabalhos na área de JSMM para reabilitação. . . . .	47
Figura 16 – Nomenclaturas citadas nos trabalhos. . . . .	48
Figura 17 – Informações extraídas dos pacientes . . . . .	48
Figura 18 – Dispositivos e sensores usados nos trabalhos . . . . .	49
Figura 19 – Ações necessárias para jogar . . . . .	50
Figura 20 – Uso consciente da multimodalidade de interações. . . . .	50
Figura 21 – Ações feitas pelos personagens . . . . .	51
Figura 22 – Objetivo do uso da multimodalidade. . . . .	52
Figura 23 – Arquiteturas usadas/criadas durante os trabalhos. . . . .	52
Figura 24 – Conceitos de Fusão e Fissão de modalidades. . . . .	53
Figura 25 – Objetivo para a criação de JSMM para reabilitação. . . . .	53
Figura 26 – Arquitetura WSPC. . . . .	57
Figura 27 – Arquitetura CAC. . . . .	58
Figura 28 – Arquitetura para JS com adaptação através da excitação do jogador. . . . .	59
Figura 29 – Arquitetura para transformar jogos de prateleira em jogos de exercício. . . . .	61
Figura 30 – Arquitetura para JS focados em Tele-reabilitação Motora . . . . .	62
Figura 31 – Arquitetura para JS focados na prevenção e reabilitação de quedas. . . . .	63
Figura 32 – Arquitetura PERGAMON. . . . .	64
Figura 33 – Arquitetura MyoKit. . . . .	65
Figura 34 – Arquitetura para manejo do diabetes baseado em JS. . . . .	66
Figura 35 – Arquitetura para criação de JS em nuvem focados no tratamento da obesidade. . . . .	67
Figura 36 – Arquitetura para JSMM para reabilitação Motora. . . . .	69
Figura 37 – Arquitetura para JSMM focados em Reabilitação Neuromuscular. . . . .	70

Figura 38 – Arquitetura para JSMM para Reabilitação.	72
Figura 39 – Arquitetura 123-SGR - Fluxo Consciente.	78
Figura 40 – Arquitetura 123-SGR - Fluxo Inconsciente.	80
Figura 41 – Arquitetura 123-SGR - Fluxo de Retroalimentação.	81
Figura 42 – Arquitetura 123-SGR.	81
Figura 43 – Posicionamento dos DI no jogador.	85
Figura 44 – 123-SGR aplicada ao <i>I Blue It 4.0 Multimodal</i> .	86
Figura 45 – Desagregador de Sinais - Oxímetro	88
Figura 46 – Combinação - Individual.	90
Figura 47 – Combinação - Flexibilidade/Equivalência.	90
Figura 48 – Combinação - Atribuição (exemplo 1).	91
Figura 49 – Combinação - Atribuição (exemplo 2).	91
Figura 50 – Combinação - Complementariedade.	92
Figura 51 – Complementariedade - Parte/Função diferente para cada sinal.	93
Figura 52 – Combinação - Redundância.	93
Figura 53 – DI PITACO	96
Figura 54 – DI MANO-BD.	96
Figura 55 – DI Cinta de Pressão.	97
Figura 56 – DI Oxímetro de Pulso Digital.	98
Figura 57 – <i>I Blue It 4.0 Multimodal</i> : Tratamento de sinais.	100
Figura 58 – Arquivo _parametersList.	100
Figura 59 – <i>I Blue It 4.0 Multimodal</i> : _parametersList - Fusões.	101
Figura 60 – <i>I Blue It 4.0 Multimodal</i> : _parametersList - Adaptações.	103
Figura 61 – Flexibilidade/Equivalência - Troca de DI em execução.	107
Figura 62 – Questão 1. País de residência.	113
Figura 63 – Questão 2. Estado de residência.	113
Figura 64 – Questão 3. Área de atuação.	114
Figura 65 – Questão 4. Experiência em RR (em anos).	114
Figura 66 – Questão 5. Contato com JS.	115
Figura 67 – Questão 13. Impressões a respeito das interações.	120
Figura 68 – Questão 14. O <i>I Blue It 4.0 Multimodal</i> beneficia terapeutas respiratórios e pacientes.	121
Figura 69 – Alertas iniciais de conexão.	154
Figura 70 – Ícones de conexão.	154
Figura 71 – Ícones de opções.	155
Figura 72 – Tela inicial.	155
Figura 73 – Novos cadastros.	156
Figura 74 – Seleção de perfis.	157
Figura 75 – Menu de modos de jogo.	158

Figura 76 – <i>I Blue It</i> 4.0: Modo Medição. . . . .	159
Figura 77 – Exercícios de Medição. . . . .	160
Figura 78 – Execução da Medição. . . . .	161
Figura 79 – Seleção de Fases/Níveis. . . . .	162
Figura 80 – Seleção de Minigames. . . . .	163
Figura 81 – Minigames. . . . .	164
Figura 82 – Informações do Jogador. . . . .	165
Figura 83 – Plataforma. . . . .	166

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferenças entre as propriedades CARE . . . . .	31
Tabela 2 – Linguagens de modelagem para Diálogos Multimodais . . . . .	34
Tabela 3 – Tabela de Ferramentas para desenvolvimento de SMM . . . . .	34
Tabela 4 – Artigos resultantes da pesquisa em busca de arquiteturas . . . . .	55
Tabela 5 – Comparação entre arquiteturas encontradas . . . . .	73
Tabela 6 – Relação entre dispositivos digitais e ações respiratórias Conscientes . . . . .	83
Tabela 7 – Relação entre dispositivos digitais e ações respiratórias Inconscientes . . . . .	84
Tabela 8 – Lista de dispositivos que podem funcionar como Flexibilidade/Equivalência.	84
Tabela 9 – Combinações de dispositivos para Complementariedade. . . . .	84
Tabela 10 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR. . . . .	116
Tabela 11 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR. Avaliadores da área da Saúde. . . . .	117
Tabela 12 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR. Avaliadores da área Tecnológica. . . . .	117
Tabela 13 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR. Avaliadores COM experiência em RR. . . . .	118
Tabela 14 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR. Avaliadores SEM experiência em RR. . . . .	119
Tabela 15 – Pontos Positivos/Vantagens - Questão 15 . . . . .	122
Tabela 16 – Pontos Negativos/Desvantagens - Questão 16 . . . . .	123
Tabela 17 – Tabela de Critérios Objetivos e Subjetivos . . . . .	152
Tabela 18 – Artigos resultantes do mapeamento . . . . .	152

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVC	Acidente Vascular Cerebral
AWC	<i>Application-specific WBASN Communication</i>
CAC	<i>Controller Application Communication</i>
CARE	Complementaridade, Atribuição, Redundância e Equivalência
COM	<i>Communication Port</i>
CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
DAF	<i>Data Analysis and Feedback</i>
DI	Dispositivo Incentivador
DRC	Doenças Respiratórias Crônicas
ECG	Eletrocardiograma
EDA	Atividade eletrodérmica
EEG	Eletroencefalografia
EMG	Eletromiografia
FC	Frequência Cardíaca
FSR	<i>Force-Sensing Resistor</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
JS	Jogos Sérios
JSMM	Jogos Sérios Multimodais
LARVA	<i>Laboratory for Research on Visual Applications</i>
MM	Multimodalidade
MSL	Mapeamento Sistemático da Literatura
SMM	Sistemas Multimodais
PERGAMON	<i>Pervasive Serious Games Supported by Virtual Coaching</i>
PdC	Prova de Conceito
PVC	Poli Cloreto de Polivinila
RR	Reabilitação Respiratória
SAP	<i>Sensing And Preprocessing</i>
TDAH	Transtorno do déficit de atenção com hiperatividade
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina

VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
WBASN	<i>Wireless Body Area Sensor Networks</i>
WSPC	<i>Wireless body area sensor networks Signal Processing and Communication</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>20</b>
1.1	OBJETIVOS . . . . .	23
1.1.1	Objetivo Geral . . . . .	24
1.1.2	Objetivos Específicos . . . . .	24
1.1.3	Escopo . . . . .	24
1.1.4	Metodologia . . . . .	25
1.1.5	Estrutura . . . . .	25
<b>2</b>	<b>CONCEITOS FUNDAMENTAIS . . . . .</b>	<b>26</b>
2.1	SISTEMAS MULTIMODAIS . . . . .	26
2.1.1	Níveis de fusão de modalidades de entrada . . . . .	31
2.1.2	Instrumentos para SMM . . . . .	33
2.1.2.1	<i>Instrumentos para Fusão</i> . . . . .	33
2.1.2.2	<i>Ferramentas para criação de SMM</i> . . . . .	34
2.1.3	Desvantagens e Vantagens em se utilizar SMM . . . . .	35
2.2	JOGOS SÉRIOS . . . . .	37
2.2.1	JS para reabilitação física ( <i>exergames</i> ) . . . . .	37
2.3	REABILITAÇÃO . . . . .	38
2.3.1	Reabilitação Respiratória . . . . .	39
2.3.1.1	<i>Patologias Respiratórias</i> . . . . .	39
2.3.1.2	<i>Outras Patologias que afetam a respiração</i> . . . . .	40
2.3.1.3	<i>Formas de Reabilitação Respiratória</i> . . . . .	41
2.3.1.4	<i>O Sistema Biomédico I Blue It e PITACO</i> . . . . .	42
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO . . . . .	45
<b>3</b>	<b>ESTADO DA ARTE . . . . .</b>	<b>46</b>
3.1	MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA . . . . .	46
3.1.1	Extração dos dados . . . . .	46
3.1.2	Resultados . . . . .	47
3.1.3	Discussão sobre o Mapeamento . . . . .	54
3.2	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA . . . . .	54
3.2.1	Arquiteturas resultantes da busca . . . . .	56
3.2.1.1	<i>Arquitetura para SMM</i> . . . . .	56
3.2.1.2	<i>Arquitetura WSPC</i> . . . . .	57
3.2.1.3	<i>Arquitetura CAC</i> . . . . .	58
3.2.1.4	<i>Arquitetura para JS com adaptação através da excitação do jogador</i> . . . . .	59
3.2.1.5	<i>Arquitetura para transformar jogos de prateleira em jogos de exercício</i> . . . . .	60

3.2.1.6	<i>Arquitetura para JS focados em Tele-reabilitação Motora</i>	61
3.2.1.7	<i>Arquitetura para JS focados na prevenção e reabilitação de quedas</i>	62
3.2.1.8	<i>Arquitetura PERGAMON</i>	63
3.2.1.9	<i>Arquitetura MyoKit</i>	64
3.2.1.10	<i>Arquitetura para manejo do diabetes baseado em JS</i>	66
3.2.1.11	<i>Arquitetura para criação de JS em nuvem focados no tratamento da obesidade</i>	67
3.2.1.12	<i>Arquitetura para JSMM para reabilitação Motora</i>	68
3.2.1.13	<i>Arquitetura para JSMM focados em Reabilitação Neuromuscular</i>	69
3.2.1.14	<i>Arquitetura para JSMM para Reabilitação</i>	71
<b>3.2.2</b>	<b>Comparação entre Arquiteturas</b>	72
3.3	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO</b>	74
3.3.0.1	<i>Considerações sobre o Mapeamento Sistemático</i>	74
3.3.0.2	<i>Considerações sobre a Revisão Sistemática</i>	74
<b>4</b>	<b>A ARQUITETURA 123-SGR</b>	75
4.1	<b>COMPOSIÇÃO DA ARQUITETURA 123-SGR</b>	75
4.2	<b>A ARQUITETURA</b>	76
<b>4.2.1</b>	<b>FLUXO CONSCIENTE</b>	77
<b>4.2.2</b>	<b>FLUXO INCONSCIENTE</b>	78
<b>4.2.3</b>	<b>FLUXO DE RETROALIMENTAÇÃO</b>	80
4.3	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO</b>	82
<b>5</b>	<b>ARQUITETURA 123-SGR APLICADA</b>	83
5.1	<b>LEVANTAMENTO DE CANAIS MULTIMODAIS POSSÍVEIS PARA O I BLUE IT 4.0 MULTIMODAL</b>	83
5.2	<b>A ARQUITETURA 123-SGR APLICADA AO JS I BLUE IT 4.0 MULTIMODAL</b>	85
<b>5.2.1</b>	<b>FLUXO CONSCIENTE</b>	85
<b>5.2.2</b>	<b>FLUXO INCONSCIENTE</b>	87
<b>5.2.3</b>	<b>FLUXO DE RETROALIMENTAÇÃO</b>	89
<b>5.2.4</b>	<b>Processos de Combinação no I Blue It 4.0 Multimodal</b>	89
5.2.4.1	<i>Individual</i>	89
5.2.4.2	<i>Flexibilidade/Equivalência</i>	90
5.2.4.3	<i>Atribuição</i>	90
5.2.4.4	<i>Complementariedade</i>	91
5.2.4.5	<i>Redundância</i>	93
<b>5.2.5</b>	<b>Processo de Fissão para o I Blue It 4.0 Multimodal</b>	94
5.3	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO</b>	94
<b>6</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO</b>	95

6.1	DISPOSITIVOS INCENTIVADORES (DI) . . . . .	95
6.1.1	<b>DI MANO-BD</b> . . . . .	95
6.1.2	<b>DI Cinta de Pressão</b> . . . . .	97
6.1.3	<b>DI Oxímetro de Pulso Digital</b> . . . . .	97
6.2	COMUNICAÇÃO . . . . .	98
6.3	ARMAZENAMENTO DE DADOS . . . . .	99
6.4	PLANILHA DE TRATAMENTO DE SINAIS . . . . .	99
6.5	PLANILHA DE PARÂMETROS . . . . .	100
6.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO . . . . .	103
7	<b>TESTES DO <i>I BLUE IT 4.0 MULTIMODAL</i></b> . . . . .	104
7.1	FASES DO TESTE DE <i>SOFTWARE</i> . . . . .	104
7.2	EXECUÇÃO DOS TESTES DE <i>SOFTWARE</i> . . . . .	104
7.2.1	<i>I Blue It 4.0 Multimodal</i> - Teste de unidade . . . . .	105
7.2.2	<i>I Blue It 4.0 Multimodal</i> - Teste de integração . . . . .	105
7.2.3	<i>I Blue It 4.0 Multimodal</i> - Teste de sistema . . . . .	105
7.3	ROTEIRO DOS TESTES FUNCIONAIS . . . . .	105
7.3.1	<b>ETAPA 01: Quanto a Flexibilidade/Equivalência</b> . . . . .	105
7.3.1.1	<i>I Blue It 4.0 Multimodal + PITACO</i> . . . . .	105
7.3.1.2	<i>I Blue It 4.0 Multimodal + MANO-BD</i> . . . . .	106
7.3.1.3	<i>I Blue It 4.0 Multimodal + Cinta de Pressão</i> . . . . .	106
7.3.1.4	<i>Trocas de DI</i> . . . . .	107
7.3.2	<b>ETAPA 02: Quanto a Complementariedade</b> . . . . .	107
7.3.2.1	<i>I Blue It 4.0 Multimodal + PITACO + Cinta de Pressão</i> . . . . .	107
7.3.2.2	<i>I Blue It 4.0 Multimodal + MANO-BD + Cinta de Pressão</i> . . . . .	108
7.3.3	<b>ETAPA 03: Quanto ao Monitoramento</b> . . . . .	108
7.3.3.1	<i>I Blue It 4.0 Multimodal + MANO-BD + Oxímetro</i> . . . . .	108
7.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO . . . . .	109
8	<b>AVALIAÇÃO DO JS <i>I BLUE IT 4.0 MULTIMODAL</i></b> . . . . .	110
8.1	MÉTODO . . . . .	110
8.1.1	<b>Questionário Piloto</b> . . . . .	110
8.1.2	<b>Questionário Final</b> . . . . .	111
8.1.3	<b>Estrutura do Questionário</b> . . . . .	111
8.1.4	<b>Questões Objetivas e Discursivas</b> . . . . .	112
8.2	RESULTADOS . . . . .	113
8.2.1	<b>Resultados das Questões Objetivas</b> . . . . .	113
8.2.2	<b>Resultados das Questões Discursivas</b> . . . . .	121
8.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO . . . . .	125

<b>9</b>	<b>DISCUSSÕES . . . . .</b>	<b>126</b>
9.1	SOBRE O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA (MSL) . . .	126
9.2	SOBRE OS TESTES DO <i>I BLUE IT</i> 4.0 MULTIMODAL . . . . .	127
9.3	SOBRE A ARQUITETURA 123-SGR . . . . .	128
9.4	SOBRE O <i>I BLUE IT</i> 4.0 MULTIMODAL . . . . .	129
9.5	SOBRE A AVALIAÇÃO . . . . .	130
<b>10</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS . . . . .</b>	<b>134</b>
10.1	TRABALHOS FUTUROS . . . . .	136
<b>10.1.1</b>	<b>Melhoramentos . . . . .</b>	<b>136</b>
<b>10.1.2</b>	<b>Desdobramentos . . . . .</b>	<b>137</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>139</b>
	<b>APÊNDICE A – MAPEAMENTO SISTEMÁTICO (CONTINUAÇÃO)</b>	<b>149</b>
A.1	PESQUISAS SECUNDÁRIAS . . . . .	149
A.2	PLANEJAMENTO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO . . . . .	149
<b>A.2.1</b>	<b>Questões de pesquisa . . . . .</b>	<b>150</b>
<b>A.2.2</b>	<b>Definições de busca . . . . .</b>	<b>150</b>
<b>A.2.3</b>	<b>Critérios Objetivos e Subjetivos (definição/triagem) . . . . .</b>	<b>150</b>
	<b>APÊNDICE B – ALTERAÇÕES GRÁFICAS REALIZADAS NO <i>I BLUE IT</i> 4.0 . . . . .</b>	<b>154</b>
	<b>APÊNDICE C – <i>I BLUE IT</i> 4.0 - ERROS CAPTADOS NOS TESTES DE SOFTWARE . . . . .</b>	<b>167</b>
	<b>APÊNDICE D – CONVITES PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA <i>I BLUE IT</i> 4.0: MULTIMODAL . . . . .</b>	<b>168</b>
D.1	<i>E-MAIL</i> CONVITE PARA AVALIAÇÃO PILOTO . . . . .	168
D.2	<i>E-MAIL</i> CONVITE PARA AVALIAÇÃO FINAL . . . . .	169
	<b>APÊNDICE E – AVALIAÇÃO DO SISTEMA <i>I BLUE IT</i> 4.0: MULTIMODAL . . . . .</b>	<b>170</b>
E.1	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 01 . . . . .	170
E.2	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 02 . . . . .	171
E.3	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 03 . . . . .	172
E.4	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 04 . . . . .	174
E.5	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 05 . . . . .	175
E.6	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 06 . . . . .	176
E.7	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 07 . . . . .	178
E.8	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 08 . . . . .	181
E.9	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 09 . . . . .	183
E.10	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 10 . . . . .	185

E.11	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 11 . . . . .	186
E.12	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 12 . . . . .	187
E.13	QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 13 . . . . .	188
	<b>APÊNDICE F – MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO MANO-BD . . . . .</b>	<b>189</b>
	<b>APÊNDICE G – MANUAL DE CONSTRUÇÃO DA CINTA DE PRES- SÃO . . . . .</b>	<b>196</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A primeira definição de Jogo Sério (JS) foi feita em um livro (ABT, 1987), décadas atrás e diz que esses jogos têm um propósito educacional explícito, cuidadosamente pensado e não se destinam a ser jogados principalmente para diversão, o que não significa que não sejam, ou não devam ser, divertidos. A partir de seu surgimento, o conceito veio se aprimorando com a consolidação dos jogos digitais (DJAOUTI et al., 2011). Embora o termo JS conte em jogos analógicos e digitais, atualmente esse termo é usado quase que exclusivamente para jogos digitais (TOLKS; DADACZYNSKI; HORSTMANN, 2018).

Na atualidade, a definição mais difundida de JS alega que são jogos que surgem desde seu projeto com um propósito específico que vai além do entretenimento (BOYLE; CONNOLLY; HAINES, 2011), podendo ser dividido em vários tipos, como por exemplo jogos para o aprendizado, para treinamento, político/sociais, para a saúde, dentre outros. A saúde é um dos campos de aplicação relevantes para JS e isto se reflete no grande número de jogos produzidos para o setor, um total de 1743 “Jogos de Saúde” foram desenvolvidos em 23 países até 2016 (LU; KHARAZI, 2018).

Uma das vertentes da saúde é a reabilitação, que visa recuperar habilidades perdidas de pacientes. Nas últimas décadas surgiram trabalhos que promovem esta reabilitação através da utilização de JS como ferramenta impulsionadora, dentre eles se encontram por exemplo JS para Reabilitação Motora, que aliviam sintomas gerados pelo Acidente Vascular Cerebral ((NOVELETTO, 2018), (SCHROEDER, 2017), (SAURAV et al., 2018)), pela doença de Parkinson (CARPINELLA et al., 2017), pela Esclerose Lateral Amiotrófica (TREVIZAN et al., 2018) e também reabilitando idosos frágeis ((SANTOS et al., 2015), (GSCHWIND et al., 2014)). Existem ainda JS que auxiliam na Reabilitação de Distúrbios da Voz (KING et al., 2012); do Diabetes (KAHOL, 2011); da Obesidade ((ALAMRI et al., 2014), (SALEH, 2015)); e também JS para Reabilitação Respiratória, que aliviam os sintomas da Fibrose Cística ((BINGHAM; LAHIRI; ASHIKAGA, 2012), (O'DONOVAN et al., 2014), (OIKONOMOU; DAY, 2012)), Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica ((PARENT et al., 2018), (QIN et al., 2014)), Asma ((GOMES et al., 2015), (KLAASSEN et al., 2017)), ou pode-se encontrar ainda JS que ofereçam suporte ao tratamento de vários distúrbios respiratórios ((BUTLER et al., 2019), (GRIMES, 2018)).

O uso de JS tem se mostrado uma alternativa potencializadora para técnicas de reabilitação, pois as aplica por meio de mecanismos lúdicos e mais imersivos que outros métodos convencionais. No entanto, tendo em vista os exemplos citados, juntamente com conversas com usuários finais entendidos (UFE) da área, profissionais em fisioterapia (motora, neurológica, respiratória) e fonoaudiólogos que já possuem contato com JS, foi observado que não se tem visto nos JS atuais menção a algumas funcionalidades importantes em jogos para reabilitação, tais como:

- Flexibilidade/Equivalência: Sem a qual a execução de um JS para reabilitação se vê limitada ao uso de apenas um único dispositivo controlador e isto restringe o alcance

do JS e, por consequência da terapia. Para corrigir este cenário, uma possibilidade é a disponibilização de múltiplas modalidades (formas de controle para o JS) possibilitando ao terapeuta escolher a melhor forma de utilização do JS conforme a patologia e/ou paciente (REGO; MOREIRA; REIS, 2014) (REEVES et al., 2004);

- Complementariedade (informações mais completas): Através da combinação de diferentes fontes de informação sobre um fenômeno, se pode chegar ao melhor entendimento sobre este (COUTAZ et al., 1995). Ao executar movimentos para reabilitação física, por exemplo, o paciente pode utilizar movimentos compensatórios para atingir os objetivos dos exercícios, mascarando a eficiência do tratamento. Ao jogar um jogo, o paciente está focado na atividade do jogo e sua atenção para a correção do movimento pode ser diminuída, resultando em um aumento do número de movimentos incorretos ou ações compensatórias (REGO; MOREIRA; REIS, 2018). A complementariedade traz uma maior clareza de informações sobre a atuação do paciente durante a terapia o que pode fazer com que sejam detectados e corrigidos estes padrões incorretos de exercícios terapêuticos (REGO; MOREIRA; REIS, 2014);
- Monitoramento(): Ao se usar um JS para reabilitação, ou para promoção da saúde em geral em que seja requerido algum tipo de esforço físico, é possível que ocorra excesso de esforço, ou outro fator que provoque no paciente desconforto, ou ainda algo mais prejudicial que atrapalhe sua terapia. Como exemplo, durante, ou após exercícios prolongados é possível passar por um quadro de hiperventilação, que é uma condição na qual se começa a respirar muito rápido. Uma Hiperventilação grave pode levar à perda de consciência, ou resultar em problemas subjacentes (SULLIVAN, 2019). Outro exemplo é quando em vez de respirar rapidamente, deixa-se inconscientemente de respirar durante o exercício. Isto pode produzir um aumento acentuado da pressão arterial, seguido de queda repentina e provocar também tontura ou desmaio (HACKETT; CHOW, 2013). Ainda, quando ocorre compensação do exercício, cujo paciente não está corrigindo e podem levar a lesões, então isto deve ser assinalado se chegar a um certo limiar de repetições. Para que consequências indesejadas não ocorram é importante monitorar possíveis efeitos colaterais durante o uso do JS e criar mecanismos para reverter a situação, seja diminuindo o ritmo ou até interrompendo a terapia. Grimes (2018) faz um alerta a respeito destes casos e salienta a necessidade do monitoramento de um possível esforço excessivo. O monitoramento de parâmetros físicos, como saturação do oxigênio e frequência cardíaca, podem ajudar a prover segurança ao paciente durante o uso de um JS para reabilitação (WARDINI et al., 2013) (PARENT et al., 2018).

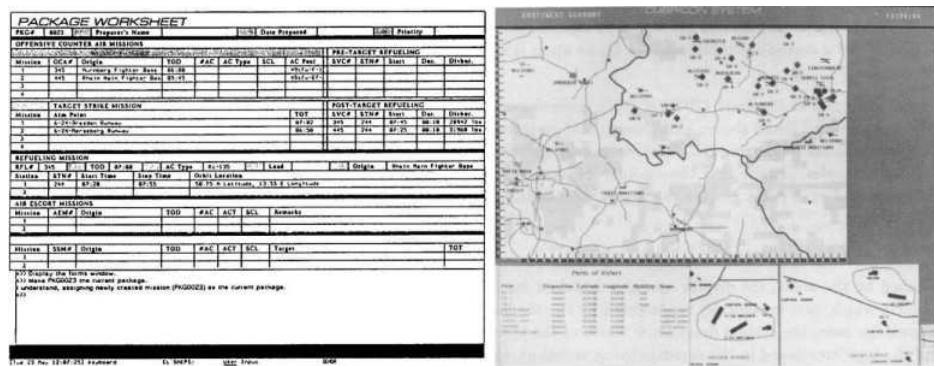
Para resolver estas questões do ponto de vista de entrada/saída de dados, para o *software* JS, foi identificado o conceito de sistemas de interação multimodal (SMM) que, em resumo, são sistemas que usam pelo menos duas modalidades diferentes de entrada e/ou saída (TZOVARAS, 2008) e têm o potencial de proporcionar as funcionalidades já citadas.

Os SMM necessitam de mecanismos para o gerenciamento de interações, sendo que os principais são (DUMAS; LALANNE; OVIATT, 2009): mecanismo de “fusão”, que é o responsável pela aglomeração de sinais advindos das modalidades (dispositivos) iguais, ou distintas e; o mecanismo de “fissão”, que determina as modalidades que levarão as respostas do sistema ao usuário.

O conceito de SMM não é novo e vem evoluindo e sendo aplicado a diversas áreas como pode ser visto nos exemplos a seguir.

O *Cubricon* (NEAL et al., 1989): é um sistema de manipulação de mapas geográficos, tabelas e gráficos, de modo que três dispositivos de entrada são aceitos, sendo eles, dispositivo de entrada para a fala, teclado e mouse, e produz saída para três dispositivos, tela gráfica colorida de alta resolução, tela monocromática de alta resolução e dispositivo de produção de fala, criando assim diálogos interativos entre humanos e computadores, a Figura 1 mostra uma tabela e um mapa do sistema, controlados pelos modos de interação citados.

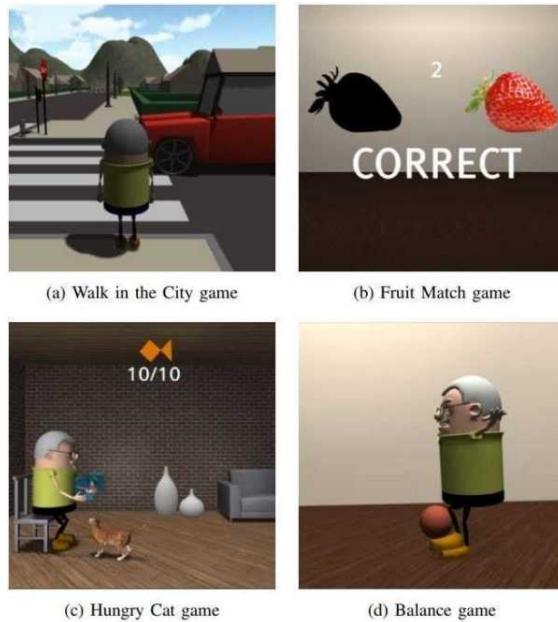
Figura 1 – Exemplo de telas do Cubricon.



Fonte: Neal et al. (1989, p. 415)

O *Fall Prevention* (SANTOS et al., 2015): é uma coleção de JS de Computador criados para prevenir quedas e reabilitar dificuldades motoras em idosos. A plataforma coleta dados de dispositivos *Kinect®*, *Orbotix Sphero®*, *Leap Motion®* e celular, o que permite aos jogadores interagirem com os elementos dos jogos. A Figura 2 mostra alguns dos jogos, onde o jogador precisa simular uma caminhada (2,a), selecionar objetos em um *quiz* (2,b), levantar/abaixar um aquário com o movimento das mãos (2,c) e equilibrar uma bola estando apoiado por apenas uma perna (2,d).

Figura 2 – Exemplo de telas do *Fall Prevention*.



Fonte: Santos et al. (2015, p. 68)

Apesar da evidente importância destas funcionalidades, em especial no contexto de JS para a área da saúde, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura (NÉRY; HENRIQUE; HUNSELL, 2020), onde foi possível constatar que nenhum trabalho encontrado (JS para saúde com uso de vários dispositivos) empregou as três funcionalidades levantadas aqui (flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento), o que indica a pertinência deste trabalho.

Portanto, este trabalho foca na seguinte questão de pesquisa: “Como criar JS aderentes às necessidades da reabilitação física com vários dispositivos de interação?”

### 1.1 OBJETIVOS

No contexto de JS para reabilitação, os conceitos de SMM podem ser aplicados para prover “flexibilidade/equivalência”, “complementariedade” e “monitoramento” por meio da adaptação do JS conforme as condições parametrizadas pelo terapeuta, de modo que o jogo se ajuste automaticamente aos dispositivos usados e às leituras obtidas dos pacientes, alterando assim aspectos do jogo como mecânica, dinâmica e estética, principalmente, elementos do *level design* que se remetem a parâmetros objetivos da experiência do jogo, como por exemplo, altura de alvos, tamanho de obstáculos, espaço entre objetos e velocidade do jogo.

A seguir, são apresentados os objetivos geral e específicos relativos a pesquisa.

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Teve-se como objetivo geral da pesquisa desenvolver uma arquitetura multimodal para JS aderente às necessidades de terapeutas e pacientes da área da reabilitação física quanto a flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento no sensoriamento de pacientes em processo de reabilitação.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Para chegar ao objetivo geral da pesquisa têm-se como objetivos específicos:

1. Investigar a literatura e construir uma arquitetura que auxilie a criação de Jogos Sérios Multimodais (JSMM) para a Reabilitação;
2. Desenvolver uma Prova de Conceito (PdC) da arquitetura através da adaptação de um JS para a Reabilitação Respiratória (RR), contemplando novos dispositivos incentivadores (DI) para o sensoriamento deste processo de reabilitação;
3. Testar e Avaliar um JSMM desenvolvido com a arquitetura quanto a presença e relevância das funcionalidades multimodais.

### **1.1.3 Escopo**

O presente trabalho não desenvolveu novos sensores, somente dispositivos compostos por sensores já existentes, nem comparou os dispositivos envolvidos na pesquisa com equipamentos de mercado, pois os mesmos serão equivalentes a incentivadores e não têm o propósito de gerar medidas exatas, apenas incentivar o exercício.

Apesar de se almejar que a proposta de arquitetura seja genérica e válida para qualquer reabilitação física, a mesma está influenciada pela aplicação na reabilitação respiratória.

Neste estudo não foram utilizadas ferramentas para SMM, pois as ferramentas se focam em linguagens de diálogo multimodal e um respectivo interpretador pra facilitar a modelagem e o desenvolvimento de uma aplicação. As combinações multimodais foram codificadas no *software* resultante (*I Blue It 4.0 Multimodal*) usando como guia a arquitetura criada (123-SGR). Todas as ações tomadas pelo JS foram previamente parametrizadas. Com a parametrização definida, o jogo identifica a combinação de DI conectada no momento do jogo e consegue se comportar da maneira escolhida.

A arquitetura criada não buscou explicar, nem modelar as relações que permeiam a carga cognitiva dos jogadores (como exemplos a atenção, memória, raciocínio e tomada de decisão) ou ainda, se envolveu com os processos de tradução das intenções/objetivos psicológicos do jogador em ações físicas no JS. A arquitetura pressupõe que o jogador decide uma ação e a executa e, assim que o JS realiza o *feedback* da interação, o jogador percebe a mensagem e a interpreta. A arquitetura não se aprofunda em como estes processos são realizados do ponto de vista do

jogador. Esta análise deve ser feita antes, no projeto de interação do JS, etapa que antecede o desenvolvimento/codificação (quando a arquitetura de *software* é usada).

#### **1.1.4 Metodologia**

No que se refere ao tipo de objetivo geral, a pesquisa se mostra do tipo Exploratória, porque têm como principal finalidade esclarecer, modificar e desenvolver conhecimentos (GIL, 2010). Estas pesquisas proporcionam uma visão geral sobre determinado fato e é feita sobre um tema que é pouco explorado.

De acordo com o *checklist* de Gelain et al. (2014), esta pesquisa se encaixa predominantemente dentro do paradigma Tecnocrático descrito inicialmente por Eden (2007) como uma pesquisa em que o conhecimento é adquirido a *Posteriori*, após desenvolvimento e experimentos. O conhecimento é o resultado empírico obtido ao final da pesquisa por meio de testes de *software*, sendo que esta solução resolve um problema específico, mas não garante a solução de um problema macro, ou generalizado.

Este trabalho utilizará elementos das ciências Exatas e Da Vida (WAZLAWICK, 2009), contemplando a Ciência da Computação como principal ciência para construção deste projeto; se utilizará da grande área das Engenharias, mais especificamente a Engenharia Elétrica empregada na construção de dispositivos para interação multimodal e; por último serão também utilizados conceitos das Ciências da Saúde.

Quanto aos procedimentos, será realizado:

- Revisão da literatura através de um mapeamento sistemático e uma revisão sistemática;
- Desenvolvimento experimental de *software* como prova de conceito da arquitetura criada;
- Pesquisa Empírica com análise quali-quantitativa baseada em questionário.

#### **1.1.5 Estrutura**

O texto foi dividido em 11 capítulos, na seguinte ordem: Capítulo 2 são os conceitos que formam o alicerce da pesquisa; Capítulo 3 mostra o mapeamento sistemático da literatura sobre JSMM para reabilitação e a revisão sistemática sobre arquiteturas de *software* para JSMM e SMM; conhecimentos que auxiliaram diretamente na criação da arquitetura descrita no Capítulo 4; o Capítulo 5 descreve a aplicação da arquitetura criada em um JS já existente; Capítulo 6 mostra como foi feita a implementação desta nova versão do JS, com detalhamento da construção dos Dispositivos Incentivadores e demais descrições; O Capítulo 7 apresenta os testes de *software* realizados nesta nova versão do JS; Capítulo 8 apresenta uma avaliação da nova versão do JS; Capítulo 9 a discussão sobre as descobertas da pesquisa e; por fim o Capítulo 10, com a conclusão e trabalhos futuros.

## 2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Os conceitos fundamentais que apoiam a pesquisa foram divididos em três tópicos: Sistemas Multimodais, Jogos Sérios e Reabilitação Respiratória.

### 2.1 SISTEMAS MULTIMODAIS

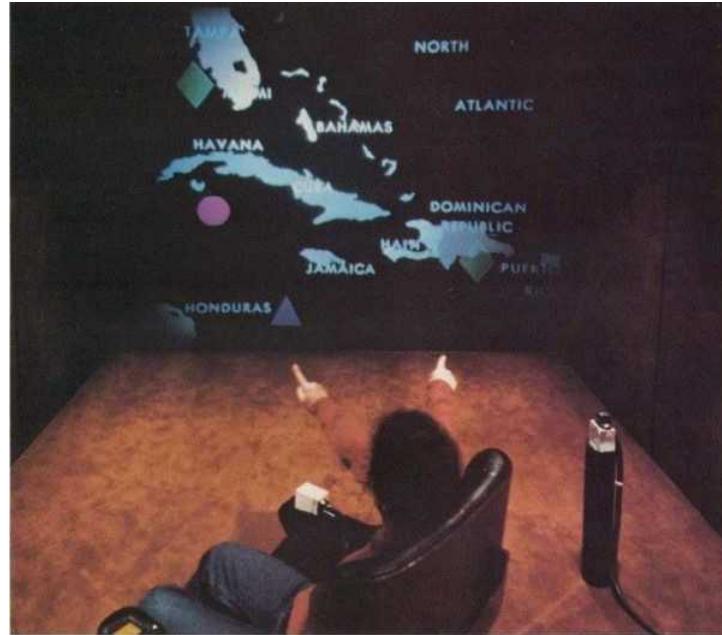
Os seres humanos conseguem perceber o ambiente ao seu redor através dos sentidos de audição, visão, olfato, tato e paladar, e a percepção isolada, ou a junção de alguns deles os proporciona a capacidade de interagir com outras pessoas e com o mundo de forma eficiente. Esta interação que muitas vezes é multissensorial, ou seja, usa múltiplos sentidos ao mesmo tempo, pode ser aplicada a comunicação não só entre humanos, mas entre humanos e máquinas, para que esta comunicação também se torne fluida, assim como os diálogos humanos (INACIO Jr., 2007).

A Interação Humano-Computador (IHC) tem procurado por décadas dotar os computadores de capacidades semelhantes às humanas, a fim de proporcionar experiências interativas mais *naturais, poderosas e atraentes* (TURK, 2014) e, para proporcionar estas interações, se faz necessário o uso de interfaces.

Segundo Prates e Barbosa (2003), interface é todo fragmento de sistema que o usuário mantém contato, tanto ativa quanto passivamente. O termo interface engloba tanto *software* quanto *hardware* (dispositivos de entrada e saída, tais como: teclados, *mouse*, *tablets*, monitores, impressoras e etc.). Definindo a interação como o processo de comunicação (humano-computador), a interface pode ser vista como o sistema de comunicação utilizado nesta interação. Atualmente existe uma diversidade de interfaces muito maior que a de uma década atrás, incluindo *softwares* e dispositivos de várias espécies, o que altera consideravelmente a dinâmica de interação.

No começo do estudo sobre interações e interfaces multimodais, no início da década de 1980, surgiu um sistema computacional chamado *Put-That-There*, que foi um dos primeiros a explorar este tipo de interação. Este sistema recebia comandos de voz ao mesmo tempo que apontamentos com as mãos e isto permitia que objetos 2D de uma projeção fossem movidos, ou retirados do quadro (Figura 3). Foram usados comandos como o próprio nome do sistema (*Put-That-There*), onde o comando era realizado através da voz, de modo que as palavras *That* (isto) e *There* (lá) acionavam o reconhecimento das coordenadas do local apontado pelo usuário e a partir daí a ação era realizada (BOLT, 1980).

Figura 3 – Sistema *Put-That-There*.



Fonte: Bolt (1980, p. 267)

Nas últimas décadas as pesquisas se focaram na integração das interfaces multimodais. Sendo que Reeves et al. (2004) criou as “diretrizes para a criação de sistemas com interface multimodal”, vistas a seguir:

- Os SMM devem ser projetados para a mais ampla gama de usuários e contextos de uso, uma vez que a disponibilidade de múltiplas modalidades pode suportar flexibilidade/equivalência. Por exemplo, o mesmo usuário pode se beneficiar da entrada de sistema por fala estando em um carro, mas pode usar a entrada via caneta em um ambiente barulhento;
- Os *designers* devem ter o cuidado de abordar questões de privacidade ao criar SMM: fala, por exemplo, não deve ser usada como uma modalidade para transmitir informações privadas ou pessoais em contextos públicos<sup>1</sup>;
- Modalidades devem ser integradas de maneira compatível com as preferências e capacidades do usuário. Por exemplo, combinando modos de interação que os usuários podem co-processar mais facilmente, como fala e gestos;
- SMM devem ser projetados para se adaptarem facilmente a diferentes contextos, perfis e necessidades de aplicação;

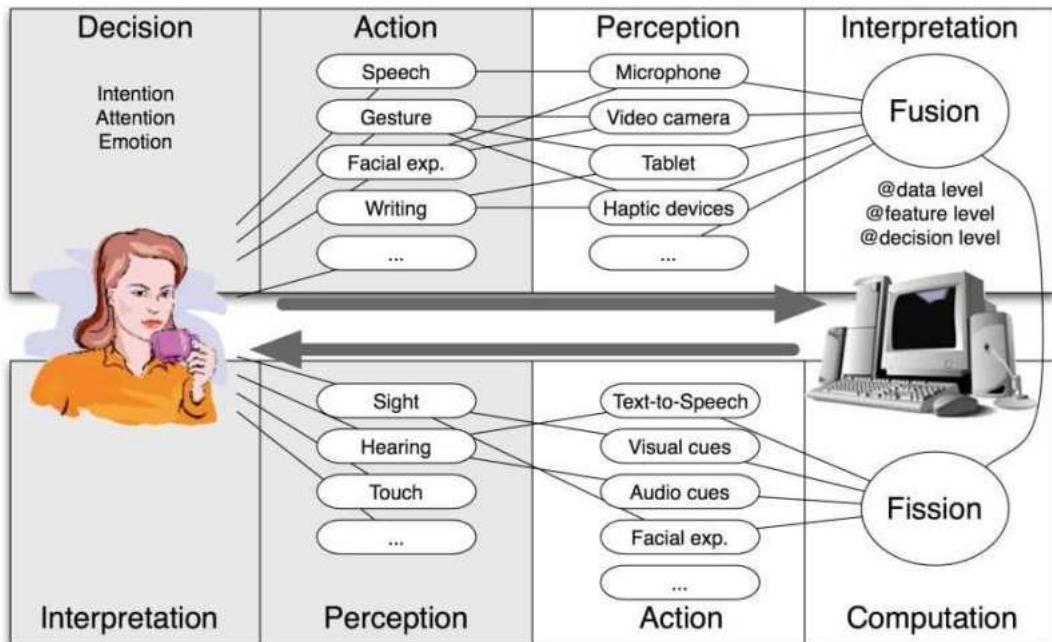
<sup>1</sup> o que não foi considerado nesta pesquisa, pois não foram observadas questões de privacidade relevantes no contexto de JS para reabilitação física.

- A prevenção de erros pode possuir grande vantagem com o *design* de interfaces multimodais, pois a integração de modalidades complementares pode aumentar a robustez do sistema, dando aos usuários melhor controle sobre a interação e menor probabilidade de erros.

Dumas, Lalanne e Oviatt (2009) citam que os conceitos de fusão e fissão são aceitos amplamente em estudos sobre multimodalidade; sendo a “fusão” a integração dos sinais multimodais e a “fissão” o planejamento da resposta ao usuário da máquina.

Dumas, Lalanne e Oviatt (2009) definem também um modelo de comunicação multimodal humano-máquina (arquitetura) que serve de guia para a criação de sistemas deste tipo, expondo os conceitos fundamentais a serem levados em conta (Figura 4).

Figura 4 – Funcionamento da Arquitetura de Interação Multimodal.



Fonte: Dumas, Lalanne e Oviatt (2009, p. 10)

A arquitetura começa dividindo a comunicação em quatro estados possíveis:

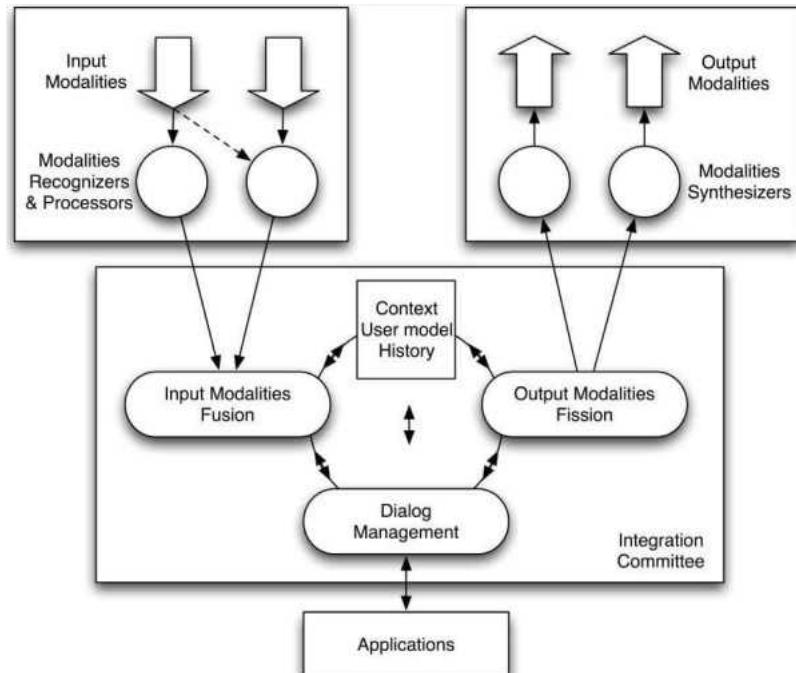
- *Decisão*: Quando o ser humano cria conscientemente a mensagem a ser passada;
- *Ação*: Onde são selecionados os meios que criaram a comunicação (fala, gestos, expressões faciais, etc.);
- *Percepção*: As mensagens são percebidas por um, ou vários dispositivos/sensores;
- *Interpretação*: O sistema multimodal no computador tentará interpretar as informações e significados que chegaram através da percepção. Normalmente etapa em que ocorre a fusão.

Fazendo o caminho inverso da interação tem-se três dos estados originais, e um adicional que é o de Computação:

- *Computação*: Este estado é quanto o gerenciador de diálogo criado pelo desenvolvedor decide como proceder com uma resposta, diante da interpretação feita anteriormente e executa a fissão. O mecanismo de fissão do estado de Computação decide os melhores dispositivos para transmitir uma resposta, o que depende do contexto de uso (carro, casa, escritório, etc. (referente a disponibilidade e privacidade)) e do perfil do usuário (idoso, com deficiência visual, etc.);
- *Ação*: A resposta é então transmitida;
- *Percepção*: A percepção é feita agora por algum dos sentidos humanos;
- *Interpretação*: Por fim o usuário interpreta o significado da resposta dada pela máquina.

No estado de Interpretação/Computação, onde está alojado o sistema, existe ainda alguns componentes de *software* essenciais para um sistema multimodal, que juntos formam o “Comitê de integração” (Figura 5), são eles:

Figura 5 – Componentes de *software* do “Comitê de integração”.



Fonte: Dumas, Lalanne e Oviatt (2009, p. 11)

- *Mecanismo de fusão*: As modalidades são percebidas e entregues a este mecanismo, que chega a uma interpretação e comunica ao Gerenciador de diálogo;

- *Gerenciador de diálogo:* É encarregado de identificar o estado do diálogo e a ação/mensagem que deve ser transmitida ao componente de fissão;
- *Módulo de fissão:* Devolve a resposta ao usuário por meio da modalidade, ou das modalidades mais adequadas, dependendo do perfil do usuário e do contexto de uso.
- *Gerenciador de contexto:* Devido ao Módulo de fissão precisar enxergar o perfil do usuário e o contexto, se faz necessário este componente, capaz de determinar itens como localização, meio de locomoção, e o perfil do usuário, se comunicando então com os demais componentes do Comitê de integração, para que eles adaptem suas interpretações.

Segundo (TZOVARAS, 2008) uma modalidade, é uma forma de representação de uma informação em algum meio físico. Deste modo, uma modalidade pode ser definida por seu meio físico e pelo seu caminho de representação. Não necessariamente os seres humanos precisam enxergar as modalidades e por este motivo elas não precisam estar em meios físicos tangíveis aos humanos. O mesmo autor ainda determina que é possível definir sistema interativo unimodal e sistema interativo multimodal da seguinte maneira:

- *Sistema interativo unimodal:* é um sistema que usa a mesma modalidade para entrada e saída, e;
- *Sistema interativo multimodal:* é um sistema que utiliza pelo menos duas modalidades (uma para entrada e uma diferente para saída)<sup>2</sup>.

De acordo com Trevisan et al. (2010), pode-se usar cada modalidade de modo independente. No entanto, com a disponibilidade de várias modalidades, começa a surgir questões (vantagens e desvantagens) da combinação de algumas delas. Os mecanismos de fusão de modalidades determinam a forma como as mesmas devem ser combinadas, para que isto produza informações relevantes para a aplicação. A combinação de várias modalidades produz inúmeras possibilidades de formulação do *design* de interação multimodal. Deste modo, as propriedades CARE (Complementariedade, Atribuição, Redundância e Equivalência) foram propostas para auxiliar nesta tarefa.

A seguir são descritas as quatro propriedades do *design* multimodal CARE de Coutaz et al. (1995), descritos em ordem de semelhança, não na mesma ordem de seu acrônimo:

- **Equivalência:** Um conjunto M de modalidades, pode possuir duas ou mais modalidades que são equiparadas entre si e podem se substituir caso haja alguma indisponibilidade, gerando assim *flexibilidade* nas interações, dando possibilidade de escolha entre modalidades;

---

<sup>2</sup> para conseguir as funcionalidades desejadas, esta pesquisa se focou em multimodalidade de entrada, quando o sistema utiliza pelo menos duas modalidades já na entrada de dados.

- Atribuição: A atribuição expressa a total ausência de escolha, podendo caracterizar a inexistência de escolha para ir de um estado a outro, ou a existência de escolha, porém o controlador sempre escolhe a mesma modalidade para fazer a atividade.

Equivalência e Atribuição medem a disponibilidade de uma escolha em algum momento da interação. Redundância e Complementariedade consideram a possibilidade de combinação de modalidades (Fusão), com o auxílio de intervalos temporais que determinam se a combinação pode ou não ser feita de acordo com as restrições de tempo de cada modalidade:

- Redundância: Caso duas modalidades sejam equivalentes e sejam usadas durante o mesmo intervalo de tempo, aumentando suas repetições, mas sem aumentar seu poder de expressão (dados iguais), estas modalidades são usadas de forma redundante. Esta propriedade pode ocorrer de forma sequencial, ou paralela;
- Complementariedade: Esta propriedade diz que uma modalidade pode ser combinada com outra para que se chegue a um determinado estado desejado, que não é conseguido individualmente. Como na redundância, a complementariedade pode ocorrer em paralelo ou sequencialmente dentro de um intervalo temporal. Um agravante para a implementação desta propriedade é que não necessariamente duas modalidades diferentes executando no mesmo espaço de tempo são complementares e nestas situações a fusão não deve ser realizada.

A Tabela 1 mostra de forma resumida as diferenças entre as propriedades CARE. Modalidades diferentes são descritas como “uma” e “outra”.

Tabela 1 – Diferenças entre as propriedades CARE

Combinações Multimodais	Propriedades CARE
<b>uma OU outra</b> faz tarefa <b>A</b>	Equivalentia
<b>uma</b> faz tarefa <b>A</b> , <b>outra</b> faz tarefa <b>B</b>	Atribuição
<b>uma E uma</b> fazem tarefa <b>A</b> (fusão de modalidades iguais)	Redundância
<b>uma E outra</b> fazem tarefa <b>A</b> (fusão de modalidades diferentes)	Complementariedade

Fonte: O próprio autor.

Ainda sobre fusões de modalidades, especificamente sobre modalidades de entrada, são descritos níveis possíveis de integração destas modalidades, vistos a seguir.

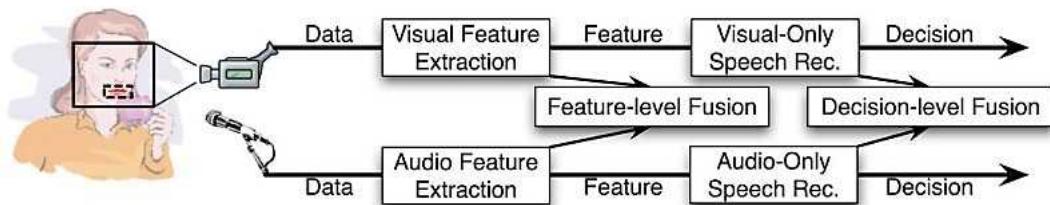
### 2.1.1 Níveis de fusão de modalidades de entrada

Sharma, Pavlović e Huang (1998) consideram a existência de níveis de integração diferentes em cada modalidade e, de forma geral a fusão é possível apenas entre níveis iguais, são eles: Nível de dados; Nível de recursos e; Nível de decisão.

Dumas (2010) explica cada um dos níveis de fusão possíveis, o que também é mostrado na Figura 6.

- Fusão em nível de dados: é o nível mais baixo, usada ao lidar com vários sinais vindos de fontes de dados muito semelhantes (por exemplo, duas *webcams* gravando a mesma cena de diferentes pontos de vista). Com este esquema de fusão, nenhuma perda de informação ocorre, pois o sinal é processado diretamente (dados brutos). Esse benefício também é a principal deficiência da fusão em nível de dados: devido à ausência de pré-processamento, é altamente suscetível a ruídos, característica específica de sensores individuais, é suscetível também a falhas e alinhamento do sensor(es).
- Fusão em nível de característica: é um tipo comum de fusão quando modalidades fortemente acopladas e sincronizadas no tempo precisam ser fundidas. O exemplo padrão é a fusão da fala com os movimentos dos lábios. A fusão em nível de característica é suscetível à perda de informações de baixo nível, embora trate melhor o ruído. Esta fusão demanda custos computacionais elevados, pois, os conjuntos de características podem ser bastante grandes. Para realizar este tipo de fusão são comumente usados sistemas adaptativos como redes neurais artificiais, modelos de mistura gaussiana ou modelos de Markov ocultos, o que significa também que os sistemas de fusão em nível de característica precisam de vários conjuntos de treinamento de dados antes que possam atingir um desempenho satisfatório.
- Fusão em nível de decisão: é o tipo mais comum de fusão em aplicações multimodais interativas e é baseada na fusão de decisões ou interpretações individuais. O principal motivo de ser a mais comumente encontrada é por sua capacidade de gerenciar modalidades fracamente acopladas, como, por exemplo, interação por caneta e fala. Por exemplo, uma vez que um movimento é interpretado como um gesto de apontamento (caneta) e uma frase falada é reconhecida como “Torne este quadrado azul”, os dois podem ser fundidos para interpretar que um determinado objeto (quadrado) precisa ser pintado de azul. A sensibilidade a falhas e ruídos é baixa no nível de decisão, já que os dados já estão pré-processados.

Figura 6 – Níveis de fusão de modalidades de entrada.



Fonte: tradução de Dumas (2010, p. 96)

Com as dificuldade de construção dos SMM, provenientes do tratamento das diversas modalidades e formas de combinação, surgiram instrumentos computacionais capazes de simplificar o processo.

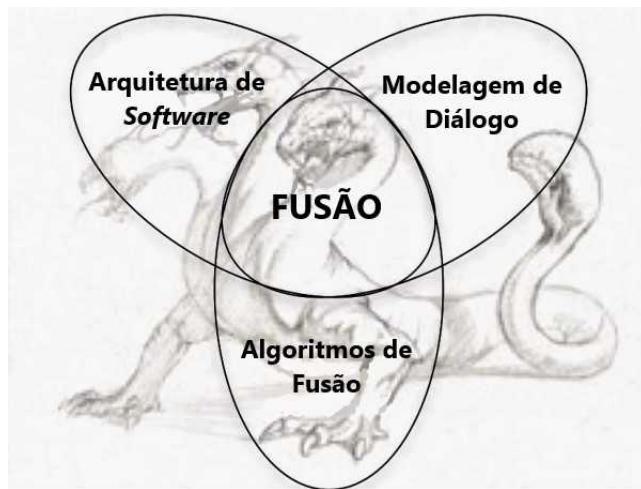
### 2.1.2 Instrumentos para SMM

Alguns instrumentos computacionais podem ser empregados na criação de SMM. A seguir são descritos instrumentos específicos para auxiliar a fusão e ferramentas para criação geral de SMM.

#### 2.1.2.1 Instrumentos para Fusão

A fusão de entrada ou simplesmente fusão, é a essência dos SMM e Dumas (2010) revela a existência de uma hidra de três cabeças que precisa ser dominada ao lidar com fusões (tipos e níveis variados), as cabeças são mostradas abaixo na Figura 7 e suas descrições são feitas em seguida:

Figura 7 – A Hidra de 3 cabeças ao lidar com fusões de entrada em SMM.



Fonte: tradução da imagem de Dumas (2010, p. 138)

- 1<sup>a</sup> Cabeça: Arquitetura de Software

Os SMM solicitam arquiteturas de software capazes de gerenciar múltiplas fontes de entrada simultâneas. Definir uma arquitetura válida (como a proposta neste trabalho) é o primeiro passo em direção ao gerenciamento meticoloso dos dados de entrada. Considerar as primeiras descobertas, como as propriedades CARE, ajuda a facilitar a integração de esquemas de fusão avançados.

- 2<sup>a</sup> Cabeça: Modelagem de Diálogo da Interação Multimodal

O segundo tema é a modelagem do diálogo. O diálogo de interação multimodal (Humano-Máquina) e a fusão estão profundamente ligados, de modo que a modelagem deste diálogo de interação multimodal deve levar em consideração os atributos de fusão para ter sucesso. Uma lista de linguagens projetadas para o diálogo multimodal é vista na Tabela 2.

Tabela 2 – Linguagens de modelagem para Diálogos Multimodais

<b>Linguagens de modelagem para Diálogos Multimodais</b>		
<b>Ano</b>	<b>Referência</b>	<b>Nome</b>
2002	Figueroa, Green e Hoover (2002)	<i>InTml</i>
2004	Vanderdonckt et al. (2004)	<i>USIXML</i>
2009	Johnston (2009)	<i>EMMA</i>
2010	Dumas (2010)	<i>SMUIML</i>
2016	Peters, Johanssen e Bruegge (2016)	<i>MiboML</i>

Fontes: Adaptado de Dumas (2010).

- 3<sup>a</sup> Cabeça: Algoritmos de Fusão

No centro do comitê de integração de um SMM, está um algoritmo de fusão. Esse algoritmo tem a tarefa de integrar os dados de entrada e extrair deles uma interpretação adequada para o sistema. Um exemplo de algoritmo de fusão é descrito em Dumas, Signer e Lalanne (2012).

Pensando nestas três cabeças da fusão e nos demais elementos dos SMM, foram criadas ferramentas para possibilitar a rápida criação de SMM, abstraindo dos desenvolvedores a complexidade envolvida no processo.

#### 2.1.2.2 *Ferramentas para criação de SMM*

A partir de relatos em Dumas (2010), em conjunto com uma pesquisa tradicional da literatura, foram encontradas algumas destas ferramentas, aqui dispostas na Tabela 3 (*Toolkits, Frameworks, User Interfaces Development Environments (UIDEs) e User interfaces Management Systems (UIMS)*). Estas ferramentas de apoio, normalmente são construídas a partir de arquiteturas de *software* conceituais detalhadas; são capazes de interpretar linguagens de diálogo multimodal e; realizar fusões de dados através de algoritmos de fusão nelas embutidos.

Tabela 3 – Tabela de Ferramentas para desenvolvimento de SMM

<b>Ferramentas para desenvolvimento multimodal (Toolkits, Frameworks, UIDEs e UIMS)</b>		
<b>Ano</b>	<b>Referência</b>	<b>Nome</b>
1997	Cohen et al. (1997)	<i>Quickset</i>
2002	Krahnstoever et al. (2002)	<i>Framework for speech and gestures</i>
2002	Bourguet (2002)	<i>MEngine e IMBuilder</i>
2003	Sinha e Landay (2003)	<i>Crossweaver</i>
2003	Flippo, Krebs e Marsic (2003)	<i>Multimodal framework</i>
2004	Coyette et al. (2004)	<i>SketchiXML</i>
2004	Dragicevic e Fekete (2004)	<i>ICon</i>
2004	Bouchet, Nigay e Ganille (2004)	<i>ICARE</i>
2008	Michotte e Vanderdonckt (2008)	<i>GrafiXML</i>
2008	Serrano et al. (2008)	<i>OpenInterface</i>
2009	Wagner, André e Jung (2009)	<i>SSI</i>
2009	Ladry, Navarre e Palanque (2009)	<i>PetShop</i>
2009	König, Rädle e Reiterer (2009)	<i>Squidy</i>
2010	Dumas (2010)	<i>HephaisTK</i>
2011	Campos e Mendes (2011)	<i>FlexiXML</i>
2011	Hoste, Dumas e Signer (2011)	<i>Mudra</i>
2012	Cutugno et al. (2012)	<i>Framework for mobile interaction</i>
2013	Feuerstack e Pizzolato (2013)	<i>MINT</i>
2013	Cuenca (2013)	<i>CoGenIVE</i>
2015	Cuenca et al. (2015)	<i>Hasselt UIMS</i>
2016	Peters, Johanssen e Bruegge (2016)	<i>MIBO IDE</i>

Fontes: Adaptado de Dumas (2010).

### 2.1.3 Desvantagens e Vantagens em se utilizar SMM

A seguir estão algumas desvantagens e vantagens de se utilizar um SMM. Segundo Obrenović, Starčević e Jovanov (2006) e Dumas, Lalanne e Oviatt (2009) a modelagem de interações multimodais não é uma tarefa trivial (desvantagens) devido:

- A seleção de modalidades usadas, pois a tarefa de seleção, se não analisada corretamente, pode resultar em modalidades ou combinações inadequadas ao fim desejado;
- A análise de dados redundantes e seu tratamento, devido ao fato de que modalidades diferentes podem possuir informações semelhantes, o que pode gerar redundância de

informação;

- A alternância entre múltiplos canais de entrada e saída, que é o direcionamento dos dados por vias diferentes ao longo da interação, baseada no contexto e perfil do usuário;
- A combinação de dados provenientes de diferentes fontes (modos), para resultar em uma informação desejada;
- Atraso devido à tecnologia, que pode possuir alta latência (tempo de reação prolongado), ou atrasar devido a alguma intempérie;
- Atraso devido à arquitetura do sistema multimodal, que pode conter interrupções, barreiras para que uma modalidade aguarde um dado de outra, entre outros mecanismos que tornam a interação demorada;
- Atraso devido a usuário com comportamento diferente da interação multimodal habitual, pois o sistema pode estar habituado a um tipo de usuário e se deparar com outro, ou até o mesmo usuário pode passar a ter limitação/ampliação de sua expressão interativa, momento em que o sistema pode ter dificuldade de se adequar.

Por outro lado, ao se falar em saúde Obrenović, Starčević e Jovanov (2006) relata que existem algumas vantagens a serem destacadas ao se utilizar SMM:

- Facilita o diagnóstico médico, onde a apresentação multimodal é usada para permitir uma exploração mais eficiente de conjuntos de dados biomédicos, a fim de simplificar o diagnóstico de várias doenças;
- Facilita a educação (mais informações e correlações) e o treinamento médicos, onde a interação multimodal é usada para simular a natureza multimodal dos procedimentos médicos padrão;
- Utilização em procedimentos cirúrgicos, onde as interfaces multimodais são usadas na preparação e no planejamento da cirurgia, bem como em algumas operações;
- Reabilitação: Interfaces multimodais podem ser apresentadas a pacientes para potencializar sua recuperação. As mesmas são frequentemente usadas como, por exemplo, através de *biofeedback*. Sistemas de *biofeedback* são sistemas que detectam alterações biomédicas e normalmente as apresenta de volta ao paciente em tempo real, o que pode incentivar os pacientes a persistir com o tratamento quando ocorre uma resposta física à terapia que geralmente não é visível sem o *biofeedback*. As atividades variam desde tarefas gráficas 2D interativas, com sinais às vezes amplificados para a manipulação de objetos virtuais, até tarefas físicas no mundo real, como controlar um objeto através de sinais biológicos.

Inacio Jr. (2007) cita ainda razões práticas, biológicas e matemáticas para se usar interações multimodais:

- *Razões Práticas:* As interfaces mais comuns como mouse e teclado não são apropriadas ao ser humano em alguns ambientes como os de realidade virtual imersiva. Alguns estudos inclusive confirmam que as pessoas preferem manusear objetos virtuais através de interações multimodais.
- *Razões Biológicas:* Para interação com o ambiente, o ser humano usa vários sentidos que inicialmente são captados por regiões isoladas do cérebro, depois a captação muda para apenas uma região no colículo superior e forma um sinal único resultante, sendo que cerca de 75% dos neurônios desta região são multissensoriais, isto mostra que a multimodalidade é fortemente indicada para criar interações mais completas (complementares).
- *Razões Matemáticas:* Dentro da fusão, a propriedade que estuda a integração de dados de fontes distintas (complementariedade), descreve que podem ocorrer complicações ao se utilizar apenas um canal de informação, como medidas incorretas, ou incompletas, gerando incerteza para uma tomada de decisão, em contrapartida, ao se realizar uma fusão de modos de interação diferentes ganha-se um aumento da precisão das informações e por consequência da precisão do sistema.

O tipo de sistema específico abordado nesta pesquisa são os JS digitais, descritos na seção seguinte.

## 2.2 JOGOS SÉRIOS

Hoje o termo “*Serious Games*” (Jogos Sérios) está se tornando cada vez mais popular. Uma pesquisa no buscador Google® com este termo em 2007 (03-01-2007) retornava aproximadamente 10.000.000 resultados (SUSI; JOHANNESSON; BACKLUND, 2007), recentemente (08-12-2020) foram retornados cerca de 811.000.000 resultados, um aumento de 8010% nestes treze anos. O interesse de muitos pesquisadores se voltou para os JS devido ao fato destes jogos utilizarem técnicas que os torna eficazes para envolver os usuários e manter sua motivação, para que estes não deixem de cumprir o objetivo proposto (REGO, 2017), que aqui se trata da reabilitação física.

### 2.2.1 JS para reabilitação física (*exergames*)

O gênero *exergame* pode ser entendido mais como um “gênero de propósito” e não necessariamente deve ser comparado com outros gêneros que por sua vez são melhor caracterizados como “gêneros de conteúdo”, como plataforma, *puzzle*, etc. (REGO, 2017). Os *exergames* são jogos que envolvem atividades físicas como controle dos jogos, o que acaba por motivar os

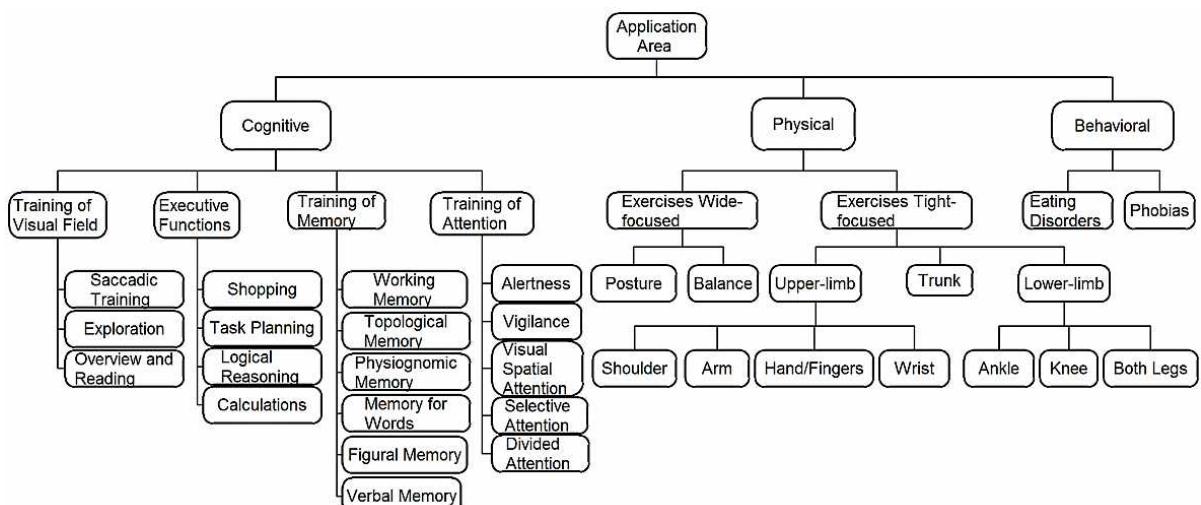
jogadores ainda mais que os jogos convencionais (SONG; PENG; LEE, 2011), no entanto estes ainda podem ser classificados pelos “gêneros de conteúdo”.

Um dos principais problemas nos programas de reabilitação física está relacionado com a falta de motivação e engajamento dos pacientes, submetidos a diversas sessões compostas de exercícios repetitivos, oferecidas através de métodos tradicionais de reabilitação. Ao se sentir desmotivado, os pacientes acabam interrompendo as sessões, o que diminui a efetividade do tratamento (REGO, 2017).

## 2.3 REABILITAÇÃO

Parte da revisão da literatura de Rego (2017) descreveu os focos de reabilitação contemplados em JS nos últimos anos. A Figura 8 mostra que dentre os trabalhos encontrados, a reabilitação foi separada em três categorias: reabilitação cognitiva, física e comportamental. Esta pesquisa tem como alvo os JS para reabilitação física, no entanto, nesta categoria detalhada pela autora, não são vistos focos internos da reabilitação física, como a reabilitação Respiratória, reabilitação Cardiovascular, dentre outras.

Figura 8 – Áreas de aplicação de reabilitação vistas em JS.



Fonte: Rego (2017, p. 107)

Apesar desta pesquisa tratar de uma arquitetura focada em JS para reabilitação física, sua PdC será a partir de um JS para reabilitação Respiratória (RR), deste modo, levando em conta que a reabilitação física envolve diversos focos (Figura 8), como um exemplo, serão descritas a seguir somente algumas patologias direta, ou indiretamente ligadas a respiração e alguns métodos de reabilitação que são levados em consideração na construção da PdC.

### 2.3.1 Reabilitação Respiratória

As doenças respiratórias são responsáveis por 5 das 30 causas mais comuns de morte pelo mundo. Mais de 1 bilhão de pessoas sofrem de problemas respiratórios agudos ou crônicos (SOCIETIES, 2017) . A cada ano, 4 milhões de pessoas morrem pelas doenças respiratórias crônicas (DRC). Outro agravante é a grande diminuição da qualidade de vida que um indivíduo com estas enfermidades sofre.

O trabalho de Branco et al. (2012) promove um sistema de RR que provê a otimização da capacidade física e a autonomia do indivíduo, com objetivo preventivo, curativo e/ou reparador. Segundo o autor, a RR é uma prática que pode se adaptar a qualquer indivíduo com DRC, para que este volte a ter sua capacidade funcional máxima, com otimização da ventilação e diminuição das crises respiratórias.

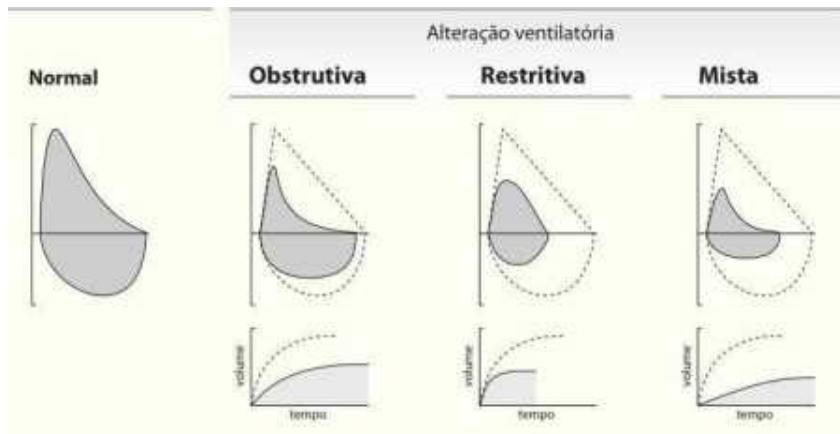
#### 2.3.1.1 *Patologias Respiratórias*

Existe uma gama de patologias respiratórias, elas podem ser caracterizadas como doenças restritivas, obstrutivas, ou mistas. As obstrutivas são caracterizadas pela redução do fluxo respiratório devido a obstruções que se formam no canal respiratório e que prejudicam os fluxos expiratórios. A doença obstrutiva crônica (DPOC), uma das doenças obstrutivas, é resultado do agravamento da bronquite crônica, do enfisema pulmonar, ou de uma junção dos dois. É previsto que em 2020 a DPOC se torne a terceira maior causa de morte no mundo (BRANCO et al., 2012). Outros exemplos de doenças obstrutivas são a Asma, a Bronquiectasia e a Bronquiolite (LEADER, 2020). As doenças restritivas, como a tuberculose, a pneumonia e a síndrome do desconforto respiratório do adulto (SDRA) (LEADER, 2020), são definidas pelo enfraquecimento dos músculos respiratórios e diminuição da expansão pulmonar, o que diminui a quantidade de ar inalado (BRANCO et al., 2012).

A Figura 9 mostra as alterações detectadas nas curvas débito/volume pulmonar, o que permite diferenciar uma disfunção pulmonar entre restritiva, obstrutiva ou mista.

Além das patologias citadas, existe grande foco no momento presente na COVID-19, esta é uma doença respiratória viral causada pelo coronavírus e segundo Chesak (2020) a necessidade de reabilitação após uma doença respiratória prolongada não é um fenômeno novo. Em especial os pacientes que estão se recuperando da COVID-19 precisam de reabilitação com maior frequência e extensão do que com outros vírus respiratórios, de modo que precisam tanto de reabilitação respiratória, quanto motora, pois, dos pacientes indicados à reabilitação, a maioria ficou sob ventilação mecânica por um tempo prolongado e com isto passaram a ter dificuldade não só para respirar, mas para caminhar e fazer outras tarefas básicas. Pacientes sob ventilação mecânica também são comumente afetados pela patologia restritiva SDRA.

Figura 9 – Alteração ventilatória nas doenças respiratórias.



Fonte: Branco et al. (2012, p. 31)

### 2.3.1.2 Outras Patologias que afetam a respiração

Existem enfermidades periféricas, que não são diretamente relacionadas ao aparelho respiratório, mas que de alguma forma acabam afetando as capacidades respiratórias de seus portadores, alguns exemplos são:

**Acidente Vascular Cerebral (AVC):** O AVC é uma enfermidade muscular, que compromete toda a musculatura de um lado do corpo do indivíduo, o que acaba afetando também a respiração do lado comprometido.

**Síndrome de Down:** Uma das características da Síndrome de Down é que o indivíduo sofre de fraqueza em todos os músculos do corpo, afetando braços, pernas, maxilar e também os pulmões, o que dificulta a expiração e pode causar consequências graves.

**Pós operados:** Em algumas cirurgias invasivas, de peito aberto, os pacientes não conseguem respirar por conta própria e são colocados em respiração mecânica, após a recuperação os equipamentos são retirados e o paciente nota a perda de boa parte de sua capacidade respiratória, sendo que a reabilitação respiratória pode ser indicada para que o paciente volte a ter suas capacidades restabelecidas.

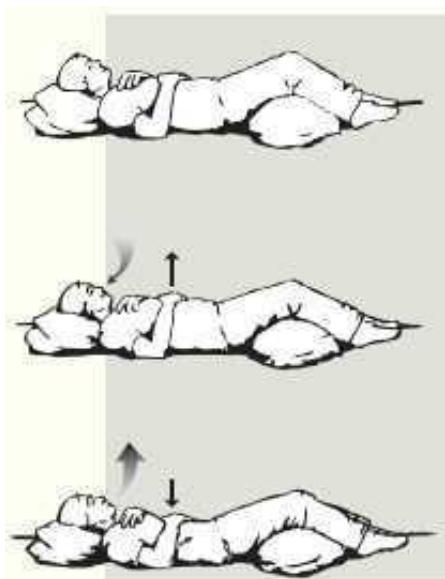
**Pré operados:** Sabendo das atrofias causadas pela respiração mecânica, alguns profissionais da saúde recomendam procedimentos de reabilitação respiratória antes mesmo das cirurgias amplas, para que o paciente eleve suas capacidades e ao fazer a cirurgia, volte as mesmas condições respiratórias de antes dos treinamentos respiratórios.

**Atletas de alto desempenho:** Não se trata de uma patologias, mas assim como os pré operados, os atletas de alto desempenho criam rotinas de treinamento respiratório, para que otimizem sua respiração, fôlego e consigam superar suas realizações esportivas. Além dos casos citados, existem outros exemplos de situações que podem afetar a respiração, como o Stress, problemas cardíacos, problemas vocais, alergias, etc.

### 2.3.1.3 Formas de Reabilitação Respiratória

Algumas das técnicas citadas por (BRANCO et al., 2012) para melhorar as funções respiratórias são a *respiração abdomino-diafragmática* e a *espirometria de incentivo*. A respiração abdomino-diafragmática ou respiração controlada (Figura 10) consiste de inspiração usando exclusivamente o diafragma, seguida de expiração lenta. Esta técnica contribui para a melhora do movimento da parede torácica e para a distribuição da ventilação, o que faz com que a dispneia (falta de ar) seja suavizada.

Figura 10 – Respiração abdomino-diafragmática.



Fonte: Branco et al. (2012, p. 57)

Já a espirometria de incentivo (Figura 11) é uma técnica inspiratória que se utiliza de respiração lenta (cerca de 5 segundos), possibilitada através do uso de um espirômetro de incentivo, que mostra visualmente para o paciente o seu retorno respiratório. Neste exercício procura-se obter a maior inspiração possível, isto para melhorar o desempenho dos músculos inspiratórios.

MACHADO (2007) mostra os principais indicadores da eficiência da reabilitação, sendo eles:

- Melhora na qualidade de vida (e.g.: redução da dispneia);
- Melhora no desempenho das atividades;
- Aumento da tolerância ao exercício (tolerância ao esforço);
- Redução das manifestações clínicas (frequência das crises);

- Maior conhecimento da sua doença;
- Redução da necessidade dos serviços médicos e hospitalares (como internações).

Figura 11 – Espirometria de incentivo.



Fonte: Branco et al. (2012, p. 60)

Atualmente a RR é uma prática conceituada, no entanto é necessária uma forma mais envolvente de se praticar os exercícios de RR, pois por meios tradicionais, com exercícios repetitivos, exaustivos e pouco convidativos, a RR se torna algo mais inalcançável devido ao desinteresse dos indivíduos. Esta motivação pode ser alcançada através dos JS de exercício (*exergames*).

#### 2.3.1.4 O Sistema Biomédico *I Blue It* e PITACO

Grimes (2018) criou um sistema biomédico composto por um JS chamado “*I Blue It*” e um Dispositivo Incentivador (DI) de sopro, de nome “PITACO” que controla o jogo.

- PITACO: Um pneumotacógrafo é o dispositivo médico padrão entre os diversos tipos de aparelhos medidores de fluxo e volume respiratório, o mesmo captura valores de pressão diferencial e com isto consegue estimar o fluxo de ar (expiração, ou inspiração) e também o volume de ar que o paciente consegue manipular. O PITACO (Figura 12) por sua vez também possui estas capacidades, com medidas coerentes a diferentes fluxos e volumes respiratórios, porém, suas medições não foram comparadas (nem se teve intenção) com as obtidas pelo pneumotacógrafo e por este motivo o PITACO se denomina como um dispositivo incentivador).

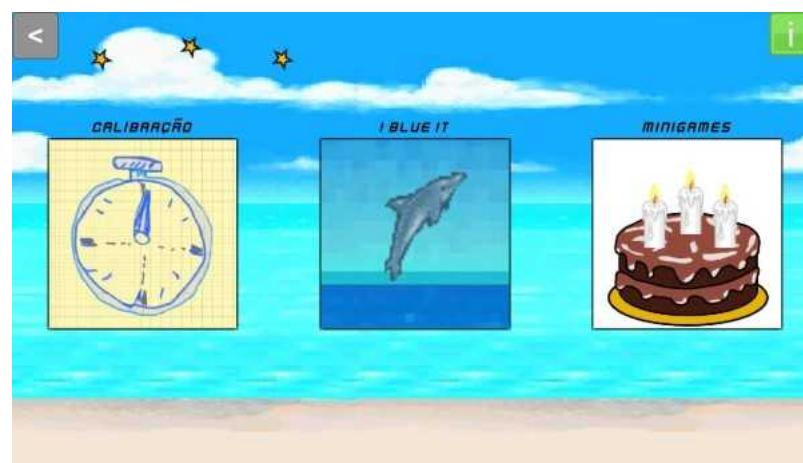
Figura 12 – DI PITACO



Fonte: (GRIMES, 2018)

- *I Blue It*: O JS “*I Blue It*” é dividido em modo “calibração” (avaliação), “plataforma” (diversão) e “minigames” (treinamento). O primeiro apresenta um meio de calibrar as capacidades respiratórias do jogador. O segundo, diversos níveis em progressão de dificuldade, com mistura de ações respiratórias, em diferentes fases. O terceiro traz jogos rápidos com experiências e mecânicas únicas, a tela com as três opções é vista na Figura 13.

Figura 13 – JS *I Blue It* 1.0.



Fonte: Captura de tela do Jogo *I Blue It* 1.0 (GRIMES, 2018)

Primeiramente é realizada uma calibração dos valores que serão utilizados na plataforma e minigames. A calibração consiste em realizar 5 ações respiratórias, 3 vezes cada uma, obtendo

o melhor valor entre elas: 1) pico de fluxo expiratório; 2) pico de fluxo inspiratório; 3) duração do fluxo expiratório; 4) duração do fluxo inspiratório e; 5) frequência respiratória basal (normal). Terminada a calibração, o jogador libera a plataforma e os minigames.

A plataforma é o principal modo de jogo e consiste em coletar os alvos e se desviar de obstáculos. As ações do golfinho são controladas pela respiração do jogador detectada pelo dispositivo PITACO, onde fluxos expiratórios fazem o golfinho *Blue* mergulhar e inspiratórios, saltar da água (Figura 14). A plataforma é dividida em 3 fases, cada uma contendo 9 níveis com diferentes abordagens de alvos, obstáculos, tempo e velocidade. É possível que os terapeutas criem novos níveis (na Fase 4), conforme a necessidade para definir sessões de terapia personalizadas (GRIMES, 2018).

Figura 14 – Plataforma *I Blue It* 1.0.



Fonte: Captura de tela da plataforma *I Blue It* 1.0 (GRIMES, 2018)

O resultado final do trabalho de Grimes (2018) é um produto reconhecidamente eficiente para o auxílio a terapia de RR, tendo isto comprovado através de experimentos e avaliações, ainda assim, existem limitações na solução (conclusão observada através da análise da pesquisa de Grimes (2018); do JS *I Blue It* 1.0 e seu DI PITACO; além de conversas com o autor), limitações semelhantes as observadas em outros JS para reabilitação<sup>3</sup>. A seguir são detalhadas as limitações observadas:

- O JS *I Blue It* somente funciona através do DI PITACO e caso o terapeuta não tenha possibilidade de construir um DI como este, não será possível utilizar o *software*, deste modo é desejável que se tenha “Flexibilidade/Equivalência” para o controle do JS.

<sup>3</sup> Para rever os JS citados anteriormente, voltar ao início do Capítulo 1.

- Somente se tem informação do fluxo e volume respiratórios, não se tem informações completas sobre como cada exercício respiratório está sendo realizado, por exemplo se o jogador está realizando respiração abdomino-diafragmática, que é uma das práticas reconhecidas para melhorar as funções respiratórias, ou seja, faltam informações que venham de uma fonte “Complementar” e mostre o todo do processo de reabilitação.
- Ao se jogar o jogo, não se tem informações sobre o estado atual do jogador, se o mesmo está apto a continuar o exercício sem que isto lhe traga algum efeito colateral nocivo, durante, ou após a sessão de RR. Falta alguma forma de “Monitoramento” do jogador, como o próprio autor descreve ao comentar que deve ocorrer monitoramento para evitar sobrecargas de esforço (GRIMES, 2018).

## 2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Foram observadas neste capítulo características das interações multimodais, vantagens que reforçam a hipótese de que as mesmas podem trazer grandes diferenciais aos JS para reabilitação e algumas dificuldades que são estudadas a anos e por este motivo foram construídos instrumentos computacionais para auxiliar a construção dos SMM. Foram vistas também (direcionadas a PdC da pesquisa), algumas patologias que afetam direta ou indiretamente a respiração eficiente, o que reforça a importância da reabilitação.

A seguir serão mostradas as pesquisas relacionadas a esta, de modo a se compreender o estado da arte, as fórmulas de construção e tendências atuais.

### 3 ESTADO DA ARTE

Com o intuito de entender o estado das publicações sobre JSMM para reabilitação foi realizado um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL). Em sequência foi conduzida uma Revisão sistemática, para desta vez compreender as arquiteturas propostas para criação destes jogos e para criação de SMM em geral.

#### 3.1 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

Optou-se por um mapeamento sistemático, pois este fornece um resumo (mapa) da área, de forma a mostrar quantitativamente as respostas desejadas (PETERSEN et al., 2008).

As pesquisas secundárias encontradas antes da realização deste mapeamento, assim como o planejamento do mapeamento, foram publicados em Néry et al. (2019) e dispostos também aqui no Apêndice A. A seguir são mostrados apenas os dados que foram extraídos e os resultados obtidos.

##### 3.1.1 Extração dos dados

Os dados extraídos das publicações, de modo a permitir a análise e dar uma visão ampla do estado da arte foram divididos em três tipos: dados inerentes a "Publicação", a "Técnica" e ao "Resultado" de cada estudo, são eles:

**Publicação:** Caracterização das publicações da área.

D01: Qual a curva da quantidade de publicações?

D02: Qual a nomenclatura usada, “Game”, “Serious Game”, etc.?

**Técnica:** Dados sobre a construção dos jogos multimodais.

D03: Quais os dispositivos/sensores usados?

D04: Quais os dados/informações extraídos (Sinais)?

D05: Quais são as ações que os pacientes manifestam para controlar o jogo/personagem?

D06: Quais são as ações do personagem no jogo (pular, correr, etc...)?

D07: Cita o uso intencional da multimodalidade (sinônimos: *multimodal, multi-sensor, multi-modality, modality, modal, multi-modal, multiple devices, multiple sensory, multiple sources of device*)?

D08: Usa a multimodalidade para atingir qual objetivo?

D09: Quais as Arquiteturas usadas?

D10: Descreve os conceitos de Fusão ou Fissão de sinais?

**Resultado:** Motivação e prova de conceito.

D11: Quais os objetivos almejados (aplicação)?

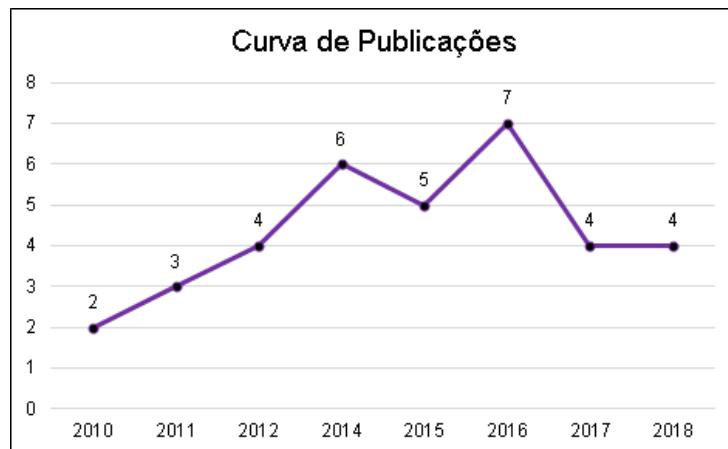
D12: Ocorre experimento do dispositivo ou do sistema multimodal?

### 3.1.2 Resultados

As buscas e análises foram realizadas de fevereiro a julho de 2019. Como toda pesquisa possui fatores de risco, os riscos associados a esta incluem a falta de algum termo chave na busca, que pode deixar de fora trabalhos importantes; os Mecanismos de Busca Acadêmica (MBA) podem não ser os melhores para o tema, mesmo havendo indícios do contrário e; podem ocorrer equívocos na aplicação dos critérios de seleção (CO, CE e CI, vistos na subseção A.2.3).

Ao analisar os artigos, foi observado que as publicações da área tiveram crescimento até o ano de 2016 (D01), seguida de uma queda nos anos de 2017 e 2018, e não houve publicação no último ano buscado (2019), o que pode ser observado na Figura 15.

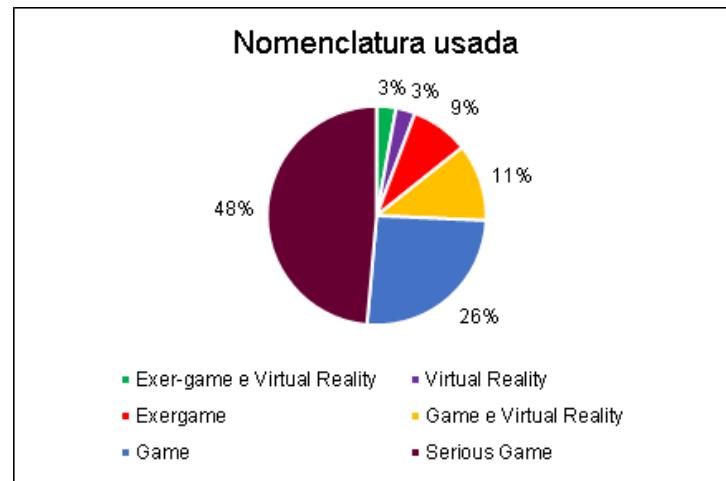
Figura 15 – Curva de trabalhos na área de JSMM para reabilitação.



Fonte: O próprio autor.

Outro fator importante é a nomenclatura usada para descrever os jogos citados nos artigos (Figura 16), em sua maioria foram descritos como *Serious Games*, mas outros termos também apareceram, como *Game*, *Exergame*, *Virtual Reality* e ainda mais de um termo na mesma obra fazendo referência ao jogo, sendo eles *Game/Virtual Reality* e também *Exer-game/Virtual Reality* (D02).

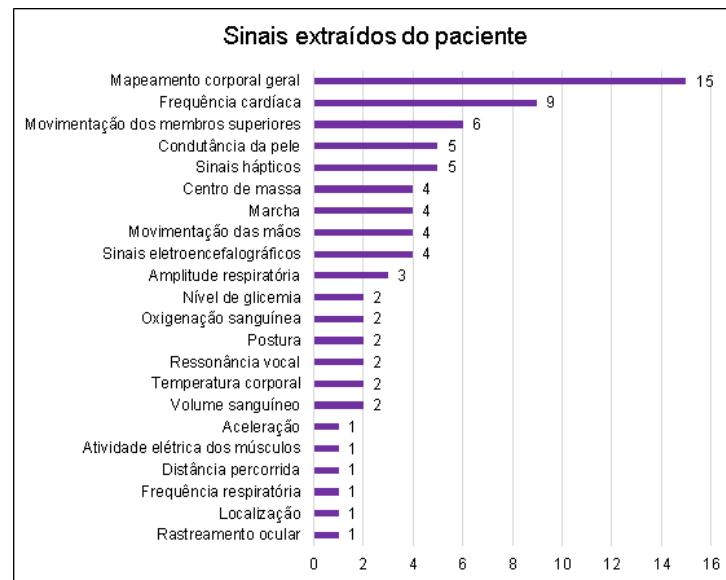
Figura 16 – Nomenclaturas citadas nos trabalhos.



Fonte: O próprio autor.

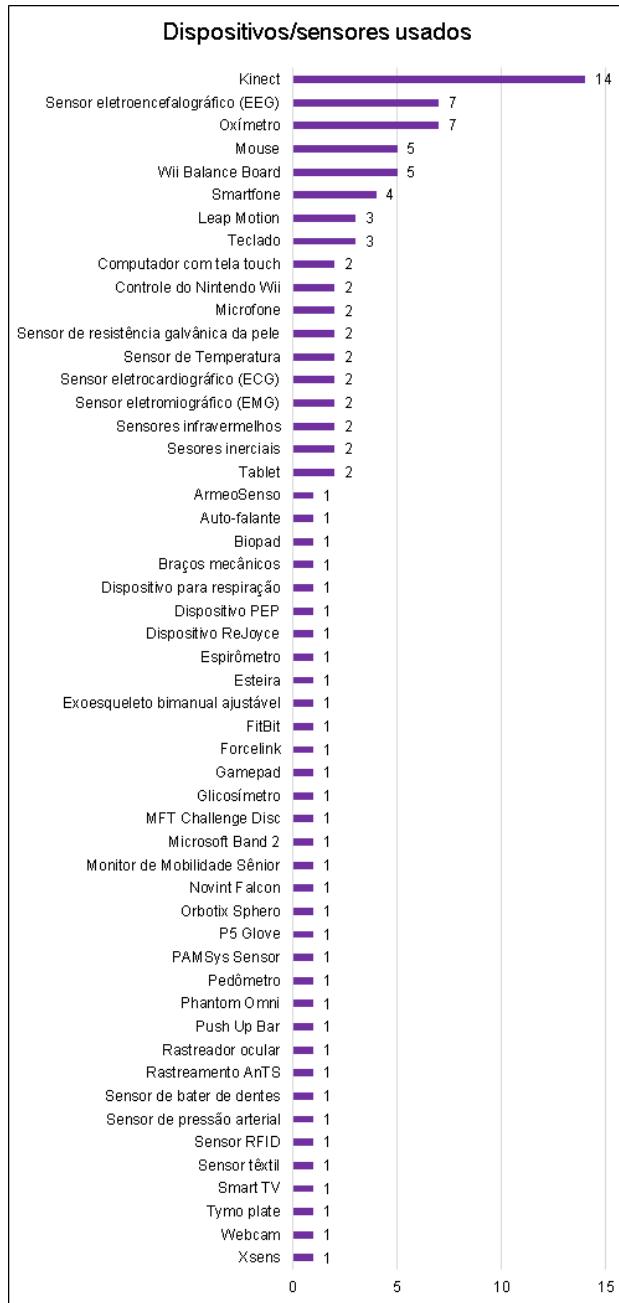
Dentre os dispositivos/sensores usados como interface, o dispositivo *Kinect* foi o mais usado, seguido de sensores eletroencefalográficos, oxímetro, mouse e o *Wii Balance Board* (Nintendo<sup>®</sup>) (D03), como pode ser visto na Figura 18.

Figura 17 – Informações extraídas dos pacientes



Fonte: O próprio autor.

Figura 18 – Dispositivos e sensores usados nos trabalhos



Fonte: O próprio autor.

A Figura 17 expõe os dados/informações que foram extraídos dos pacientes durante o uso dos JS (D04), onde pode ser percebido que o que mais foi capturado nos jogos foram o mapeamento corporal por inteiro, a frequência cardíaca e a movimentação isolada de membros superiores.

As ações que os jogadores precisavam fazer para que os personagens efetuassem suas tarefas foram em sua maioria movimentos de corpo inteiro, movimentos apenas com os membros superiores e a simulação de caminhada (D05), estas e as demais ações estão expostas na Figura 19.

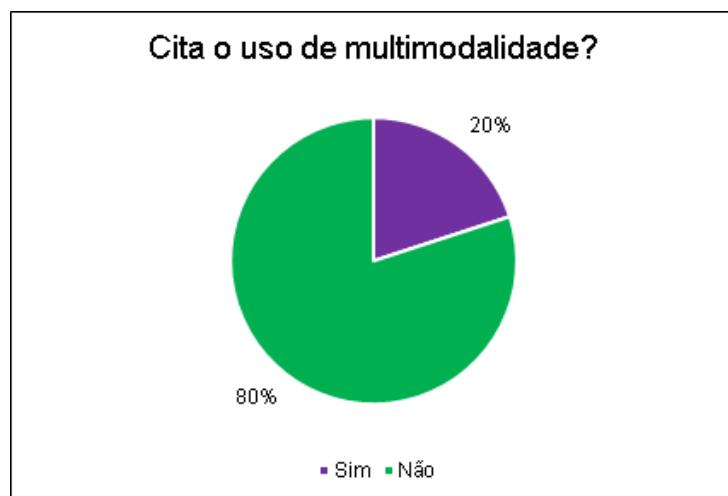
Figura 19 – Ações necessárias para jogar



Fonte: O próprio autor.

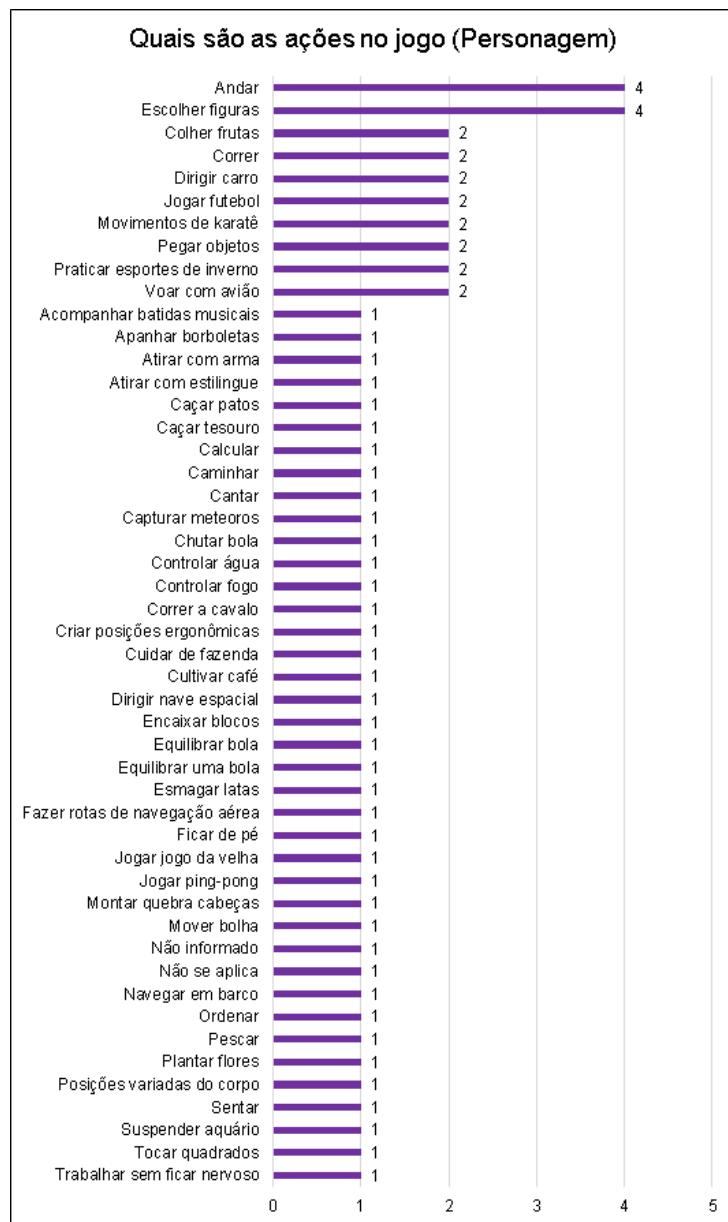
As ações mais recorrentes (Figura 21) feitas pelos personagens nos jogos foram a de “escolher figuras” (para o jogador memorizar) e a de “andar” pelos cenários (D06).

Figura 20 – Uso consciente da multimodalidade de interações.



Fonte: O próprio autor.

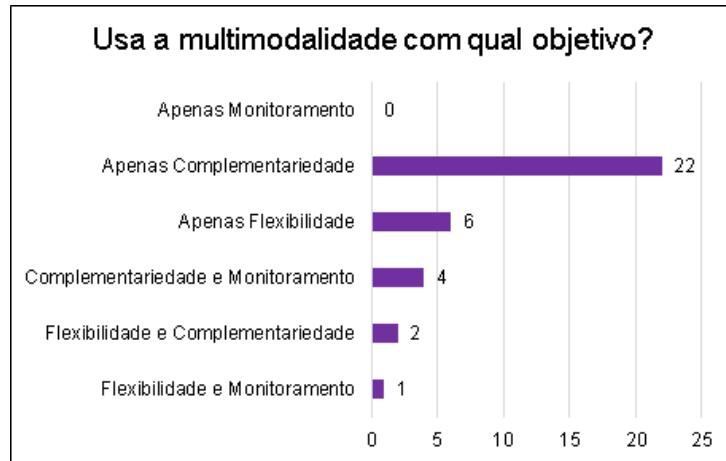
Figura 21 – Ações feitas pelos personagens



Fonte: O próprio autor.

Dos trabalhos observados, 20% descreveram utilizar propositalmente a multimodalidade como ferramenta (Figura 20), isto é, 7 dos 35 trabalhos (A04, A08, A11, A12, A17, A19 e A24) (D07), sendo que é visto na Figura 22 que a mesma foi utilizada na maioria dos trabalhos com o objetivo de gerar complementariedade, ou seja, juntar dados de fontes diversas para obter informações mais completas, seguida do objetivo de criar flexibilidade/equivaleência de controle para os jogos (proporcionando funcionamento através de dispositivos diferentes) e ainda usando a multimodalidade com mais de um objetivo (D08).

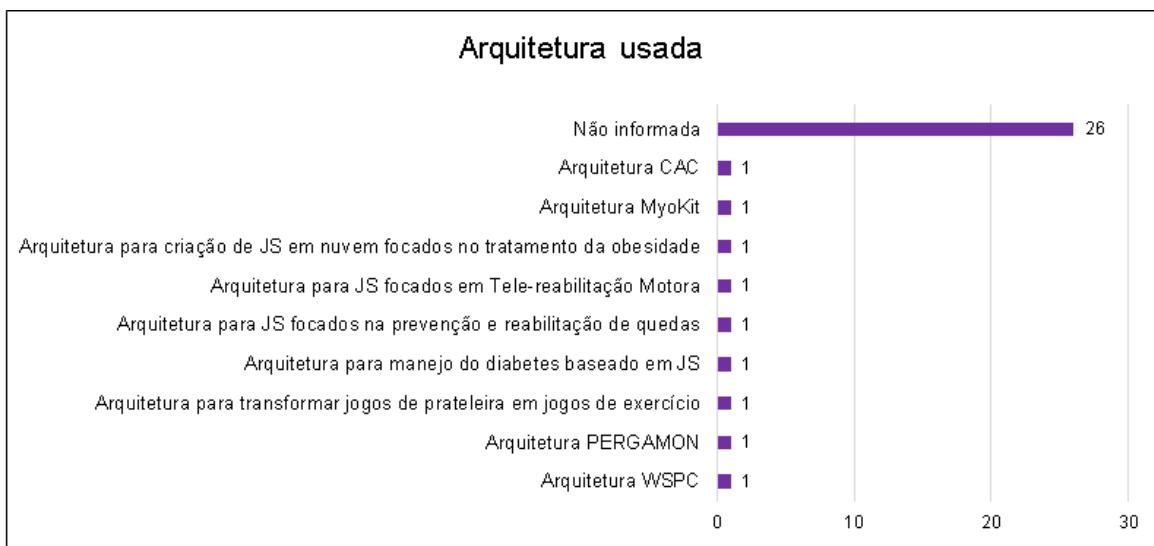
Figura 22 – Objetivo do uso da multimodalidade.



Fonte: O próprio autor.

A Figura 23 mostra a lista de arquiteturas utilizadas, ou desenvolvidas no decorrer dos trabalhos, com propósito de manipular interfaces multimodais e/ou criar jogos. 26 dos artigos não fizeram uso de arquiteturas, já os 9 restantes usaram arquiteturas variadas (D09).

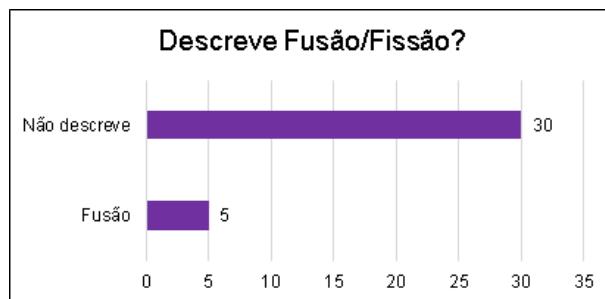
Figura 23 – Arquiteturas usadas/criadas durante os trabalhos.



Fonte: O próprio autor.

A maioria dos artigos (Figura 24) não descrevem nenhum tipo de fusão ou fissão de modalidades, todavia 5 deles (A1, A7, A12, A19 e A24) citam arranjos que podem ser entendidos como fusões (D10).

Figura 24 – Conceitos de Fusão e Fissão de modalidades.



Fonte: O próprio autor.

Figura 25 – Objetivo para a criação de JSMM para reabilitação.



Fonte: O próprio autor.

Quanto ao objetivo de cada artigo (D11), o mais recorrente foi a reabilitação de membros superiores de pacientes hemiplégicos, seguido de reabilitação do equilíbrio e criação de estímulo para uma vida mais ativa através de exercícios físicos (Figura 25).

Por fim, outro quesito relevante quando se envolve jogos para reabilitação é a experimentação (D12), para saber se um trabalho realmente está desempenhando o objetivo para o qual foi criado. Dos trabalhos observados, 89% realizaram experimentos (dentre eles testes de sistema funcionais e/ou utilização com pacientes), ao passo que 11% não citam nada sobre a aplicação prática dos JSMM criados, são eles (A04, A10, A13 e A32).

### **3.1.3 Discussão sobre o Mapeamento**

Os dados deste mapeamento mostram que a área está em ascensão. A nomenclatura mais usada para descrever os JSMM para reabilitação é "*Serious Game*", ou “Jogos Sérios” em Língua Portuguesa.

Existe uma gama de dispositivos e sensores que comprovadamente podem compor um JSMM para reabilitação, sendo o *kinect* o dispositivo mais usado. Vários sinais podem ser extraídos dos pacientes, alguns como controles de jogo e outros para monitoramento da saúde dos pacientes.

Para jogar os JSMM para reabilitação foram encontrados trabalhos que exigiam movimentos dos membros, da voz, da respiração e ainda uma série de outros meios com jogabilidades incomuns (diferentes de *mouse* e teclado).

Foi observado também que apenas uma pequena parte dos artigos cita o uso intencional de interações multimodais, o que pode ser devido a indiferença ao termo, ou indiferença ao potencial que os SMM representam. Na análise feita dos estudos, todos carregam a multimodalidade consigo, no entanto nenhum deles aproveita todo o potencial destacado neste trabalho (flexibilidade/ equivalência, complementariedade e monitoramento), para que se tenha um JSMM mais completo.

Foram encontradas algumas arquiteturas que podem ajudar na manipulação de dispositivos, junção de informações e criação de jogos com foco em reabilitação.

## **3.2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

A partir da análise do MSL descrito anteriormente (NÉRY et al., 2019), iniciou-se uma busca por arquiteturas que auxiliem na criação de JSMM para reabilitação ou que sirvam de guia para a criação de SMM.

Dos 9 artigos que descrevem o uso de uma arquitetura (obtidos do MSL, Tabela 18 do Apêndice A), apenas **6** deles foram selecionados para estudo de revisão, sendo eles A06, A07, A11, A20, A23 e A33. Os 3 artigos restantes, A03, A12 e A13 citam superficialmente o uso de arquiteturas e, para complementar a análise foi realizada uma busca por entorno (*Snowballing*), que retornou os artigos que originaram as arquiteturas citadas nestes 3 (A03, A12

e A13). Esta busca foi feita considerando apenas um nível de expansão e obteve no total mais 4 artigos relevantes. Ao final foram adicionadas também mais 4 obras (encontradas durante a fundamentação teórica deste trabalho), de forma *ad-hoc*, pois estas também mostraram exemplos de arquitetura pertinentes a análise, formando um total de 14 arquiteturas a serem estudadas. As obras onde foram encontradas as arquiteturas estão expostas na Tabela 4.

Tabela 4 – Artigos resultantes da pesquisa em busca de arquiteturas

Origem	Referência	Arquitetura
MSL	Afyouni et al. (2016)	Arquitetura para JS focados em Tele-reabilitação Motora
MSL	Santos et al. (2015)	Arquitetura para JS focados na prevenção e reabilitação de quedas
MSL	Wang, Parnandi e Gutierrez-Osuna (2018)	Arquitetura para transformar jogos de prateleira em jogos de exercício
MSL	Klaassen et al. (2018)	Arquitetura PERGAMON
MSL	Lopez-Samaniego e Garcia-Zapirain (2016)	Arquitetura MyoKit
MSL	Kahol (2011)	Arquitetura para manejo do diabetes baseado em JS
Entorno	Hassan et al. (2012)	Arquitetura para criação de JS em nuvem focados no tratamento da obesidade
Entorno	Al-Saud, Mahmuddin e Mohamed (2012)	Arquitetura WSPC
Entorno	Parnandi e Gutierrez-Osuna (2015)	Arquitetura para JS com adaptação através da excitação do jogador
Entorno	Konstantinidis et al. (2015)	Arquitetura CAC
<i>Ad-hoc</i>	Ma e Bechkoum (2008)	Arquitetura para JSMM para reabilitação Motora
<i>Ad-hoc</i>	Omelina et al. (2012)	Arquitetura para JSMM focados em Reabilitação Neuromuscular
<i>Ad-hoc</i>	Dumas, Lalanne e Oviatt (2009)	Arquitetura para SMM
<i>Ad-hoc</i>	Rego (2017)	Arquitetura para JSMM para Reabilitação

Fonte: O próprio autor.

Foram formuladas algumas perguntas pertinentes à pesquisa, a serem respondidas para

critério de análise das arquiteturas, são elas:

- a) Qual seu foco de ação (a que se destina a arquitetura)?
- b) Quais dispositivos suporta?
- c) Funcionalidades importantes além da saúde?
- d) Funcionalidades focadas em saúde?
- e) Comporta flexibilidade/equivalecia?
- f) Comporta Fusão para Complementariedade?
- g) Comporta Fusão para Redundância?
- h) Captura sinais involuntários?
- i) Captura sinais involuntários como monitoramento?
- j) Possui componente de Fissão?
- k) Contempla jogos?
- l) Realiza a experimentação/Prova de Conceito (PdC) da arquitetura?
- m) Caso realizada uma PdC. O(s) *software(s)* desenvolvido(s) passa(m) por etapas estruturadas de teste de *Software* (por exemplo, testes de unidade, integração e/ou de sistema (funcionais ou não funcionais)?
- n) Avaliação: Se um método de avaliação foi aplicado (por exemplo, questionário, formulário, comparação entre semelhantes, inferência matemática, etc.)

### **3.2.1 Arquiteturas resultantes da busca**

As arquiteturas resultantes da busca são descritas a seguir, em ordem crescente de similaridade com o tema JSMM para reabilitação, sendo as últimas as mais semelhantes. Entretanto não são explicados todos os detalhes e módulos, somente os considerados diferenciais, ou decisivos para explicar o funcionamento de cada arquitetura, respondendo as perguntas destacadas acima.

#### *3.2.1.1 Arquitetura para SMM*

Esta se trata da arquitetura de Dumas, Lalanne e Oviatt (2009) e não será descrita aqui, pois a mesma já foi explicada em detalhes na seção 2.1 do trabalho (c), devido a se tratar de uma arquitetura clássica com relação a SMM (a) e por este motivo auxiliou na construção dos conceitos fundamentais. O modelo prevê flexibilidade/equivalecia (e), fusão para complementariedade (f), fusão para redundância (g), fissão (j) e aceita qualquer modo de interação/dispositivo (b), por

ser um modelo genérico de arquitetura, mas não mostra captura de sinais involuntários (h, i), porém, não é destinada a criação de jogos (k) e não possui características focadas em saúde (d).

Não foi relatada experimentação da arquitetura para PdC (l), não ocorreram testes de *software* (m) e não foi descrito nenhum processo de avaliação (n).

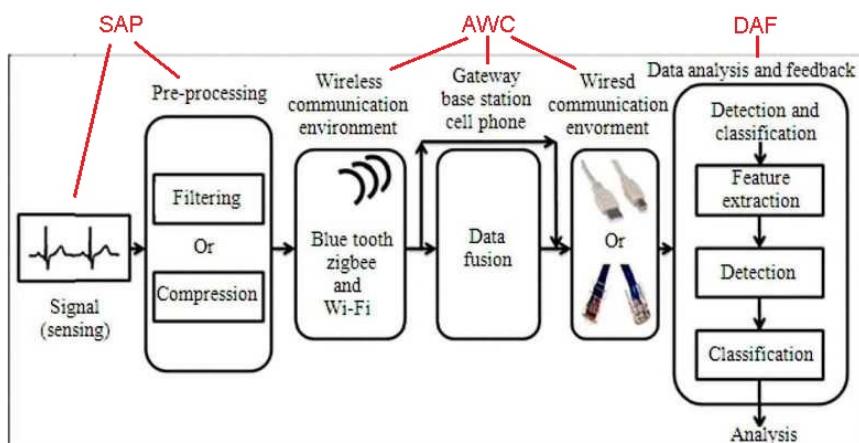
### 3.2.1.2 Arquitetura WSPC

A arquitetura WSPC (*Wireless body area sensor networks signal processing and communication*), de Al-Saud, Mahmuddin e Mohamed (2012) (Figura 26), se objetiva a construir sistemas que recebam um, ou mais sinais corporais, não especificamente criação de jogos (a, k). Os dispositivos suportados são: Sensores eletrocardiográficos (ECG), eletroencefalográficos (EEG), eletromiográficos (EMG) (para monitorar atividades cardíacas, atividade cerebral e músculos respectivamente); oxímetro de pulso; glicosímetro e sensor de temperatura corporal (b, h), no entanto não tem preocupação com monitoramento, pois não envolve nenhum jogo, ou processo de reabilitação que exija esforço (i).

Esta arquitetura consiste em três componentes principais: Sensoriamento e Pré-processamento (SAP); Comunicação (AWC) e; Análise de dados e *Feedback* (DAF) para o paciente. O SAP possui módulos de filtragem e compressão (c). O componente DAF faz detecção e classificação de anomalias médicas para diagnóstico proativo (d).

As leituras dos sensores geralmente são processadas juntas para gerar dados mais precisos (g). Nesse caso, cada sensor pode ter seu próprio canal de comunicação ou todos podem ser combinados e sincronizados em um único canal. É descrito que pode haver um único tipo de sensor ou vários tipos (e), o que gera fusão para complementariedade (f). Não foi mencionado um mecanismo de fissão (j) e não houve experimentação no decorrer do trabalho (l). Também não foram descritos testes de *software* (m) e processo de avaliação (n).

Figura 26 – Arquitetura WSPC.



Fonte: (AL-SAUD; MAHMUDDIN; MOHAMED, 2012)

### 3.2.1.3 Arquitetura CAC

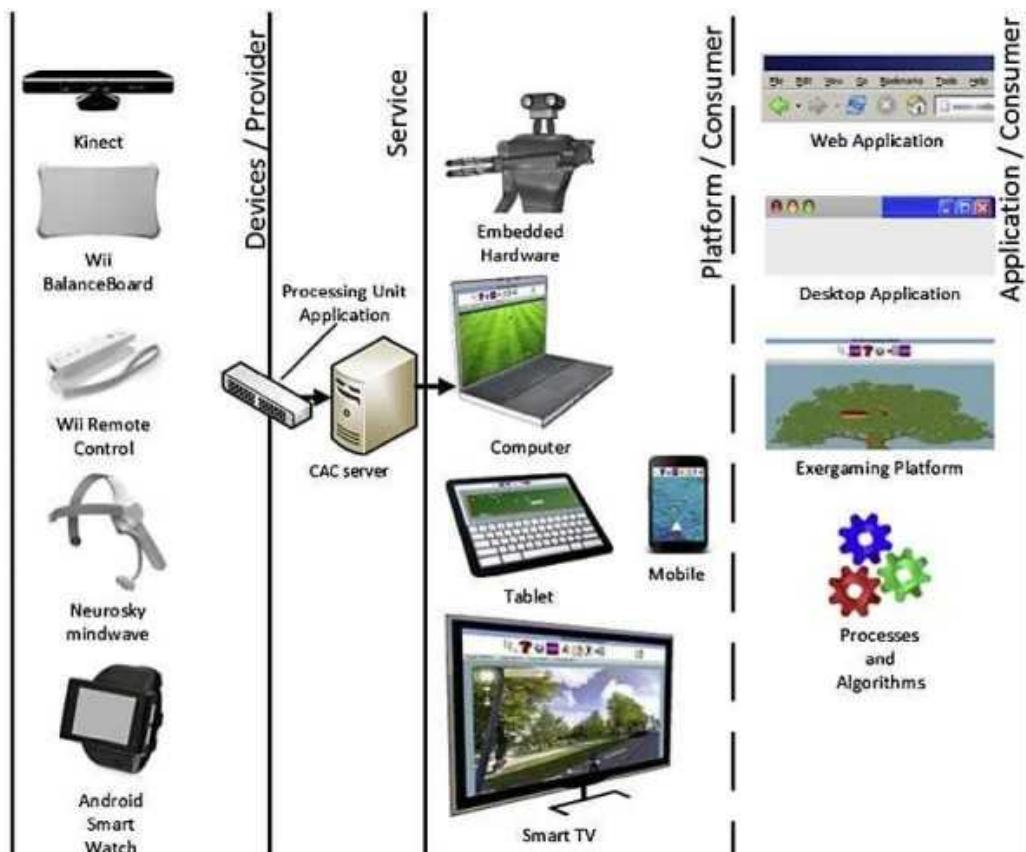
A arquitetura CAC (*Controller Application Communication*) de Konstantinidis et al. (2015) funciona como um intermediário, facilitando a conexão entre uma série de dispositivos e quaisquer aplicativos que solicitem dados dos mesmos (a).

É mostrado na arquitetura (Figura 27) o uso dos dispositivos *Kinect*<sup>®</sup>, *Wii Balance Board*<sup>®</sup>, *Wii Remote Control*<sup>®</sup>, *Neurosky mindware*<sup>®</sup> e *Android Smart Watch*<sup>®</sup> (b).

A arquitetura encapsula informações brutas do dispositivo de uma forma estruturada; juntando dados dos dispositivos com a sua respectiva solicitação feita por uma aplicação (c). Não são citadas funcionalidades ligadas explicitamente à saúde (d).

Um projeto chamado *USEFIL* utilizou a arquitetura CAC na construção de uma aplicação (l) que foi capaz de identificar trocas de roupa de um usuário idoso (Atividade da vida diária). A arquitetura CAC foi utilizada para juntar a captação de esqueleto e de vídeo do sensor *Kinect*<sup>®</sup> para tal identificação, o que denota fusão para complementariedade (f), no entanto, fusão para redundância não é descrita (g) e, a arquitetura não relata componente de fissão (j) e nenhuma flexibilidade/ equivalência(e) de controles.

Figura 27 – Arquitetura CAC.



Fonte: (KONSTANTINIDIS et al., 2015)

O dispositivo *Android Smart Watch<sup>®</sup>* pode medir pressão arterial, entretanto nada foi descrito que mostre sua utilização para monitoramento (h, i). Um dos exemplos mostrados é um jogo, mas só é relatado como uma possível aplicação, pois a arquitetura não é especializada em criação de jogos (k).

Foram realizados testes de sistema funcionais com usuários idosos (m). Além disso, uma avaliação preliminar da implementação e da usabilidade do serviço foi conduzida na presença de desenvolvedores (n).

### 3.2.1.4 Arquitetura para JS com adaptação através da excitação do jogador

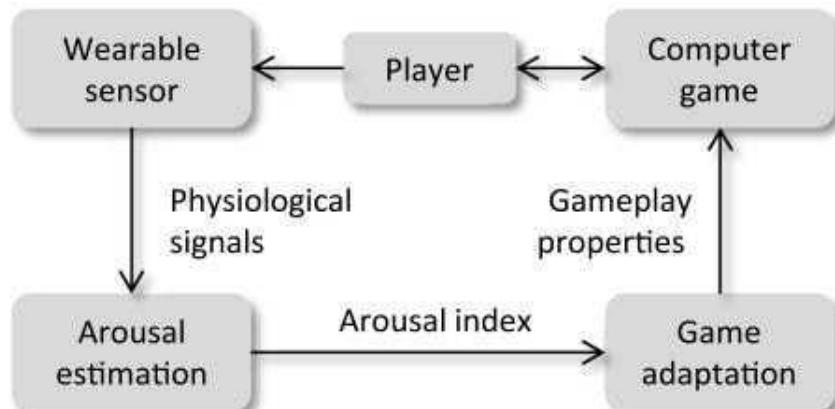
Esta arquitetura (PARNANDI; GUTIERREZ-OSUNA, 2015), mostrada na Figura 28, utiliza conceitos da teoria clássica de controle para criar adaptações de jogo em resposta à excitação do jogador (a, h), entretanto não foca em monitoramento vital, somente em excitação (i).

A descrição da arquitetura cita as possibilidades de uso de mouse, teclado, volante e sensor de atividade eletrodérmica (EDA) (b).

Os componentes básicos desta arquitetura são: *Player*, que controla o jogo através de algum dispositivo de controle; *Arousal estimation*, que determina a taxa de excitação através do EDA em uma janela temporal. *Game adaption*: o mecanismo de adaptação ao jogo calcula a diferença entre os níveis de excitação desejados e o que foi medido e altera os parâmetros do jogo para reduzir o erro entre os dois. *Computer game*: O jogo em si, que recebe os comandos de controle e os ajustes de parâmetros provenientes da análise de excitação (c, d).

A arquitetura não suporta flexibilidade/equivalecia (e), fusão para complementariedade (f), fusão para redundância (g), ou fissão (j). Em contrapartida possui foco na criação de jogos (k).

Figura 28 – Arquitetura para JS com adaptação através da excitação do jogador.



Fonte: (PARNANDI; GUTIERREZ-OSUNA, 2015)

Como PdC, foi criado um jogo de corrida de carros que implementou três tipos de adaptação de acordo com a excitação do jogador: clima, direção e velocidade. Clima: visibilidade alterada entre 50, 10 e 2 metros; Direção: alteração do controle direcional entre 0, 45 e 90 graus; Velocidade: variando de 40 a 80 metros por segundo (l).

Foram realizados testes funcionais em que o sistema foi calibrado para cada jogador individualmente (m) e foi avaliada a eficácia de cada mecânica de jogo para provocar uma mudança na fisiologia do jogador, o que não foi descrito em detalhes (n).

### 3.2.1.5 Arquitetura para transformar jogos de prateleira em jogos de exercício

Esta arquitetura (Figura 29) tem por premissa transformar jogos comerciais em jogos de exercícios (*exergames*), no intuito de tratar estresse e Transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (TDAH) (a). Com o auxílio arquitetura são integrados acelerômetros, sensor eletroencefalográfico (EEG), sensor de frequência cardíaca e dispositivo para respiração (b).

O componente BioPad é focado em detecção e manipulação de sinais e possui dois módulos principais, o *Interceptor* e o *Adaptor*.

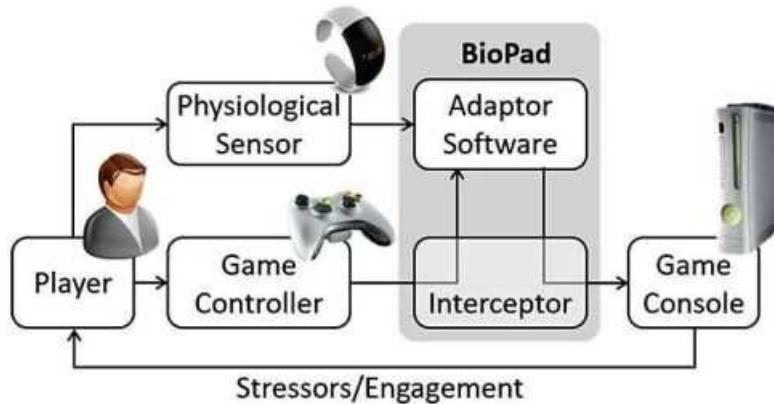
*Interceptor*: É um dispositivo de hardware que captura os sinais do *Game Controller* antes que eles atinjam o jogo. O *Interceptor* então fornece estes sinais ao *Adaptor*.

*Adaptor*: É o módulo que recebe os sinais do *Game Controller* e os sinais fisiológicos do jogador como entradas, modifica os sinais do *Game Controller* de acordo com uma função de adaptação e, os envia de volta ao *Interceptor*, que os retransmite para o console do jogo (c). A função de adaptação altera os sinais do *Game Controller* em resposta aos sinais fisiológicos do jogador, o que, por sua vez, altera a mecânica do jogo (d).

A arquitetura não provê flexibilidade/ equivalência de controles (e), ou fusão para complementariedade (os sinais dos dispositivos não se juntam, caracterizam atribuições diferentes) (f), também não possui fusão para redundância (g) e captura dados involuntários do jogador, tanto como forma de monitoramento para promover a segurança física do jogador (por exemplo: diminuindo a velocidade do jogo quando a taxa respiratória estiver muito alta), como para moldar os exercícios terapêuticos, que são baseados nas respostas fisiológicas do jogador (h, i).

A arquitetura não descreve componente de fissão (j), é própria para Jogos (k) e fez uma PdC criando um jogo adaptativo de corrida de carros ao longo do artigo onde é citada (l). Não foram realizados testes de *software* (m). O método de avaliação consistiu em alguns participantes designados aleatoriamente a um de três grupos experimentais: *BioPad*, *Overlay* ou *Control*. Uma avaliação experimental mostrou que é possível promover a respiração profunda com o uso do jogo e também durante uma tarefa subsequente, uma vez que o *biofeedback* é removido. Os resultados também indicam que entregar *biofeedback* por meio de mudanças sutis na jogabilidade pode ser tão eficaz quanto entregá-lo diretamente por meio de uma exibição visual (n).

Figura 29 – Arquitetura para transformar jogos de prateleira em jogos de exercício.



Fonte: (WANG; PARNANDI; GUTIERREZ-OSUNA, 2018)

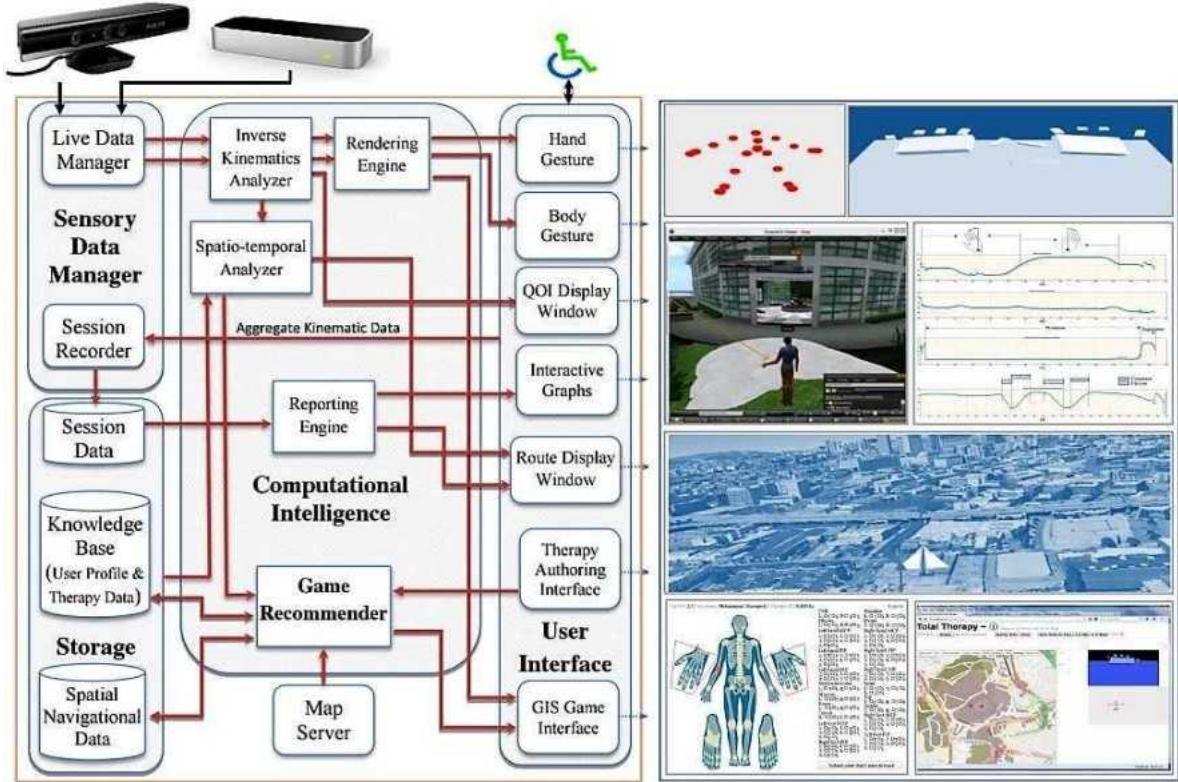
### 3.2.1.6 Arquitetura para JS focados em Tele-reabilitação Motorra

Esta arquitetura (AFYOUNI et al., 2016) (Figura 30) é focada em auxiliar na construção de JS para reabilitar pessoas com debilidades motoras, como as resultantes do Acidente Vascular Cerebral (AVC), de modo de elas possam se reabilitar remotamente (tele-reabilitação) através de um sistema online (a). Esta arquitetura suporta um dispositivo *Leap Motion®* e um *Kinect®* (b).

Possui camada de armazenamento, de processamento de informações/inteligência computacional e de interface com o usuário (c), além de uma base de conhecimento sobre a terapia, perfis dos pacientes com seus dados iniciais e terapias adaptadas às restrições dos usuários. Outras características é que existem três tipos de usuários, o paciente, o terapeuta e o cuidador. O terapeuta tem a possibilidade de projetar novas terapias e salvar na base de dados (d).

Não implementa flexibilidade/equivalência (e), ou fusão para complementariedade (f), também não realiza fusão para redundância (g), ou faz leitura de sinais involuntários (h, i). Esta arquitetura não possui componente de fissão (j), mas é própria para a criação de JS (k) e realizou uma PDC para validar o potencial da arquitetura em que criou um *Intelligent Game Recommendation* para gerar rotas de navegação otimizadas com base em gestos terapêuticos. O experimento consistiu em uma terapia de quatro movimentos (radial / ulnar e flexão / extensão). Uma série de movimentos foram realizados, conforme o paciente precisou seguir a rota recomendada (l). Não ocorreram testes de software estruturados (m) e não foi descrito nenhum processo de avaliação (n).

Figura 30 – Arquitetura para JS focados em Tele-reabilitação Motora



Fonte: (AFYOUNI et al., 2016)

### 3.2.1.7 Arquitetura para JS focados na prevenção e reabilitação de quedas

Esta arquitetura (SANTOS et al., 2015) (Figura 31) consegue gerar JS que se utilizam de equipamentos de detecção de movimentos, para a prevenção contra quedas e reabilitação (a). Comporta os dispositivos *Kinect®*, celular, *Leap Motion®* e *Orbotix Sphero®* (b). A mesma foi construída com *design modular* para que possa ser atualizada com as novas tecnologias emergentes sem grandes dificuldades. Fornece uma separação clara entre as camadas mais altas de aplicativos (interfaces, lógica do jogo e componentes interativos) e camadas inferiores (suporte e comunicação com sensores) (c). Vários sensores (inclusive do mesmo tipo) podem ser conectados e usados ao mesmo tempo (d, g). Comporta flexibilidade/equivalência (e), podendo-se variar entre controles, realiza fusão para complementariedade, entre *Kinect®* e celular, por exemplo (f) e não captura dados involuntários (h, i).

A arquitetura possui também componente de fissão (j) e é indicada para a criação de jogos (k). Foram desenvolvidos e testados jogos centrados na reabilitação dos membros superiores e das mãos. Esses jogos foram baseados no *framework* mencionado. Para cada exercício, um jogo individual diferente foi criado. Um jogo *multiplayer* também foi criado. Isso resultou em um total de cinco jogos (l). Não ocorreram testes estruturados de *software* (m) e foram feitas medições para entender se os idosos conseguem ou não interagir com sucesso com os jogos

desenvolvidos. Para isso, três fatores críticos foram avaliados, incluindo a capacidade de usar o *smartphone* como um dispositivo apontador, a usabilidade dos menus do aplicativo atual e a jogabilidade de cada jogo. Simultaneamente, os dados dos sensores e vídeo foram gravados para tirar algumas conclusões sobre o desempenho dos algoritmos desenvolvidos na avaliação do movimento e desempenho do jogo (n).

Figura 31 – Arquitetura para JS focados na prevenção e reabilitação de quedas.



Fonte: (SANTOS et al., 2015)

### 3.2.1.8 Arquitetura PERGAMON

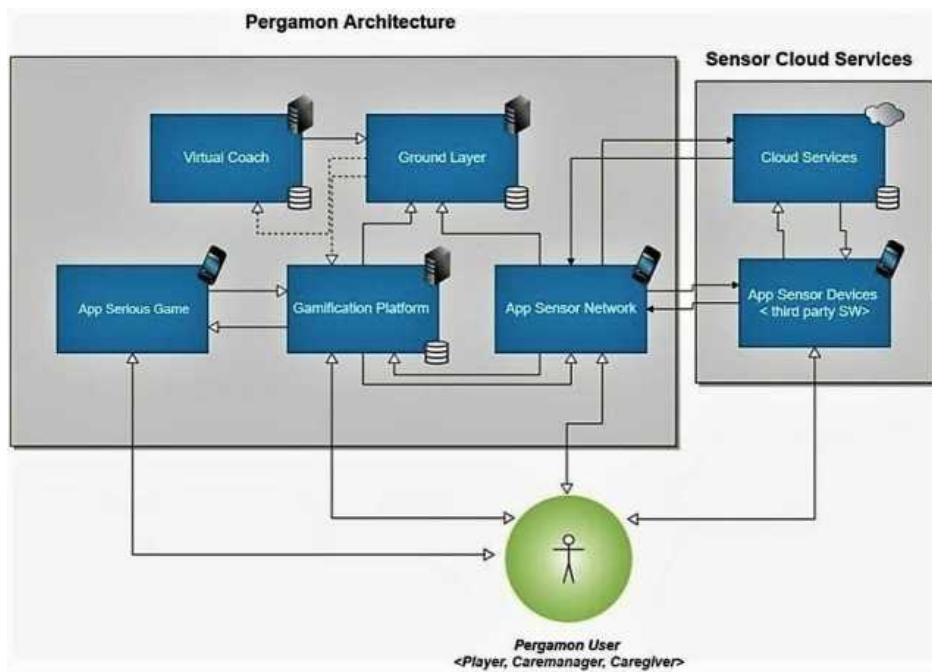
A arquitetura PERGAMON (*Pervasive Serious Games supported by Virtual Coaching*) (Figura 32) de Klaassen et al. (2018) é focada na criação de JS apoiados por sensores (a). No artigo são citados os dispositivos pedômetro e glicosímetro, mas a arquitetura permite a adição de mais dispositivos de forma modular (b, c). É possível inserir dados manualmente para aumentar a gama de dados, como ingestão de alimentos, humor e sono e ainda possui um treinador virtual para dar sugestões (d).

A arquitetura não oferece flexibilidade/equivalência (e), ou fusão para complementariedade (f), ou ainda fusão para redundância (g), entretanto captura dados involuntários com o glicosímetro (medida que o usuário não controla diretamente) (h), e este monitoramento é feito para gerar bônus de jogo (i) caso a glicose esteja em níveis aceitáveis. Um jogo para gerenciamento do diabetes foi criado com o auxílio da arquitetura, esse é um jogo de aventura /

quebra-cabeça (k, l). Não é descrito componente de fissão (j).

Ao fim da pesquisa ocorreram testes funcionais. Após um teste piloto de 2 semanas com sete pacientes com diabetes tipo 1, outro grupo com quatorze pacientes do hospital participante testou o sistema durante 6–8 semanas (m). Avaliações dos pacientes sob supervisão pediátrica revelaram que o uso de tecnologia móvel em combinação com elementos baseados na web é viável, mas algumas suposições feitas sobre como os usuários se conectariam à plataforma não foram satisfeitas na realidade, resultando em experiências de usuário menos do que ideais. O objetivo da avaliação era ver se os pacientes tinham problemas ao usar o sistema e como eles avaliavam os jogos e o treinamento. Essas avaliações de usabilidade e experiência foram tomados como pré-requisito para futuras avaliações que medirão o impacto da plataforma em termos de resultados médicos (n).

Figura 32 – Arquitetura PERGAMON.



Fonte: (KLAASSEN et al., 2018)

### 3.2.1.9 Arquitetura MyoKit

A arquitetura de Lopez-Samaniego e Garcia-Zapirain (2016) (Figura 33) é um molde para a criação de jogos para reabilitação física e cognitiva de idosos usando *biofeedback*, com adicional da incorporação de um robô que reproduz os movimentos dos usuários (a).

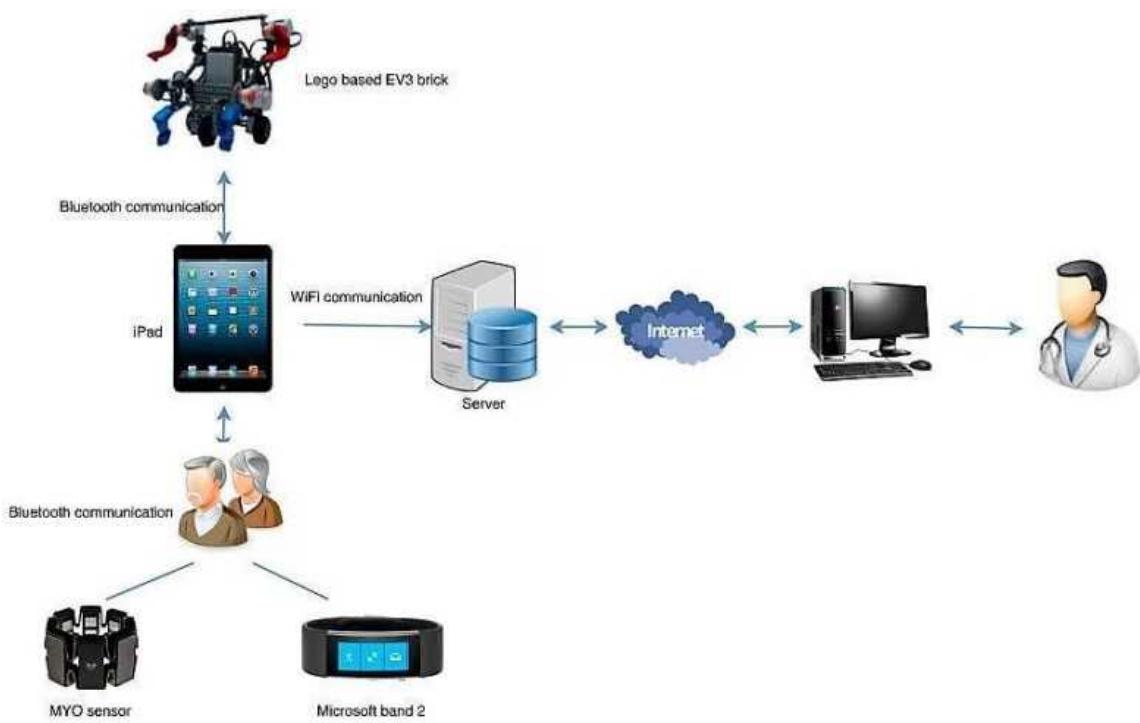
São usados, um dispositivo *Microsoft Band2®* para detectar a frequência cardíaca do usuário e um *MYO Sensor®* para detectar o movimento do braço do mesmo. O jogo resultante é controlado conscientemente pela movimentação dos braços (b).

Um jogo feito com esta arquitetura é capaz de medir a frequência cardíaca, a fim de

reduzir ou aumentar o nível de dificuldade de um jogo dependendo do estado fisiológico do paciente (c, d), ou seja, realiza o monitoramento de sinais involuntários (h, i). Não possui flexibilidade/equivalência (e), ou fusão para complementariedade (f), também não promove fusão para redundância (g) e não se atenta a possibilidade de fissão (j). São feitas experimentações ao fim do artigo (PdC) em que ocorre a criação de um jogo sério com aquisição de dados de sensores biológicos (k, l).

O jogo foi testado (testes de sistema funcionais) com 7 idosos (m). Foram selecionados três questionários diferentes. Primeiro, um questionário de uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), a fim de determinar até que ponto os usuários estavam acostumados a usar dispositivos de TIC; este questionário foi construído pelo *DeustoTech-Life Department* e baseia-se no questionário padrão *Questionnaire for User Interaction Satisfaction* (QUIS). Em segundo lugar, um questionário de qualidade de vida (WHOQOL-BREF), com o objetivo de fazer uma avaliação da qualidade de vida, a fim de comparar este sistema entre diferentes situações sociais. Por último, o *System Usability Scale* (SUS) foi utilizado, que consiste em 10 itens com 5 opções de resposta, variando de “concordo totalmente” até “discordo totalmente” e é capaz de medir a usabilidade do desenvolvimento (n). A avaliação estatística mostrou que os usuários ficaram satisfeitos com a usabilidade do sistema, com pontuação média de 79,29 no questionário SUS.

Figura 33 – Arquitetura MyoKit.



Fonte: (LOPEZ-SAMANIEGO; GARCIA-ZAPIRAIN, 2016)

### 3.2.1.10 Arquitetura para manejo do diabetes baseado em JS

O artigo que descreve a presente arquitetura (KAHOL, 2011) (Figura 34) não criou um esquema com fluxos para demonstrar seu funcionamento, mas o descreveu em texto. A mesma é composta por uma estrutura com diversos módulos de *hardware* que compõem uma solução robusta para o gerenciamento do diabetes através de JS (a, k).

São usados sensores de movimento (acelerômetro sem fio, giroscópios e magnetômetros) e outros controles diversos (dispositivos hapticos, esteira, etc.), além de um oxímetro (para medir frequência cardíaca e oxigenação sanguínea) (b).

A arquitetura pode oferecer personalização através de três mecanismos: primeiro cada aparelho usado pode ser facilmente adaptado a diferentes tipos de exercícios. Segundo, existe uma estrutura adaptável que monitora o progresso de um paciente nos jogos e depois adapta o nível de dificuldade do jogo para o nível de habilidade atual do paciente. E o terceiro mecanismo fornece ao paciente/terapeuta a possibilidade de escolha do nível de dificuldade nos jogos (c, d).

A arquitetura não comporta flexibilidade/equivalencia (e), também não descreve fusão para complementariedade (f), ou para redundância (g).

Um exemplo de adaptação possível na arquitetura, é que uma boa pontuação de glicose pode fornecer um bônus de jogo ao usuário, ou equipamentos virtuais melhores. Sensores no paciente ou no equipamento do exercício registram o movimento (h), a frequência cardíaca, os níveis de oxigenação, etc., e conduzem os jogos (adaptações através de monitoramento) (i). A arquitetura não informa se utiliza componente para fissão (j). Segundo o artigo foi criado um protótipo de exercício (equipamentos e jogos) (l). Não ocorreram testes de *software* (m) e não foi descrito nenhum processo de avaliação (n).

Figura 34 – Arquitetura para manejo do diabetes baseado em JS.



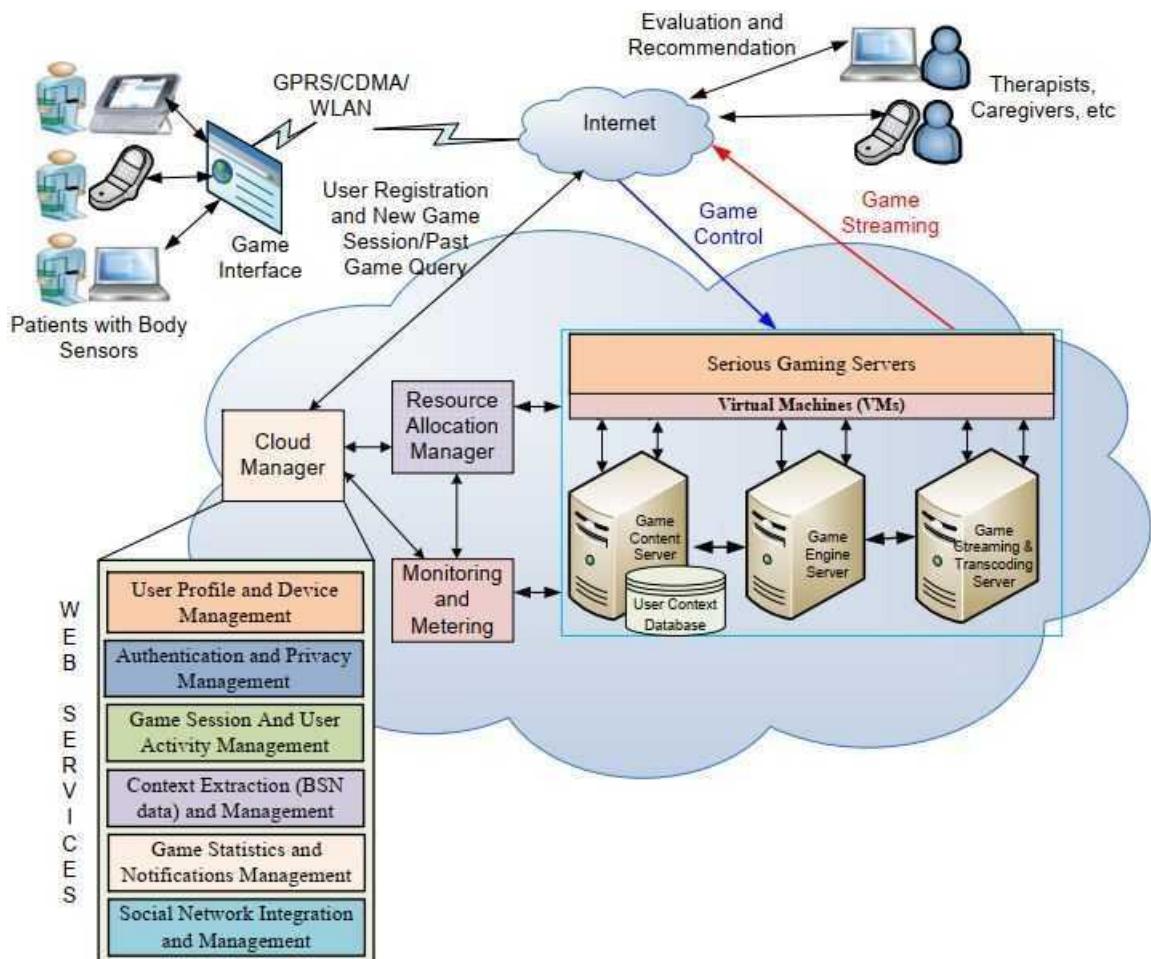
Fonte: (KAHOL, 2011)

### 3.2.1.11 Arquitetura para criação de JS em nuvem focados no tratamento da obesidade

A arquitetura de Hassan et al. (2012) é uma arquitetura para criação de JS em nuvem com foco em atender pacientes obesos, terapeutas e cuidadores (a) e é apresentada na Figura 35. Computadores, *tablets*, celulares e sensores corporais são suportados (b).

Comporta o cadastro do perfil de pacientes obesos, autenticação de usuários, recomendações, possibilidade de acompanhamento e avaliação das atividades por um terapeuta e, gerenciamento de contexto do usuário (c, d). Os sinais vitais do paciente são armazenados no elemento chamado “contexto do usuário”, com base nos dados deste contexto, somados aos dados armazenados no perfil do jogador, o nível do jogo é definido, o que mostra captação de sinais involuntários e uso para definição do nível adequado de jogo (o que caracteriza uma adaptação feita através de monitoramento, apesar do texto não evidenciar este ponto) (h, i).

Figura 35 – Arquitetura para criação de JS em nuvem focados no tratamento da obesidade.



Fonte: (HASSAN et al., 2012)

A arquitetura descreve flexibilidade/equivalência, pois é possível jogar isoladamente com qualquer um dos três dispositivos com tela (e), mas não existe fusão para complementariedade

(f), ou para redundância (g). Não é descrito mecanismo de fissão (j) e para mostrar as capacidades da arquitetura, um jogo protótipo foi desenvolvido (k, l).

Após o primeiro lançamento do jogo sério *Treasure Hunting*, um teste foi feito com diferentes pacientes obesos com diferentes idades. Três crianças de 8-15 anos, quatro homens de 16-24 anos, três homens de 25-34 anos e dois homens de 35-44 anos participaram. Após testar o jogo sério *Treasure Hunting* na nuvem, os participantes mostraram boas impressões sobre a atração do jogo, os gráficos 3D e sua ideia de combate à obesidade (m).

Em seguida aos testes, um questionário avaliativo foi preenchido pelos participantes. Este questionário incluiu algumas informações demográficas, além de questões de avaliação sobre os gráficos do jogo, realidade, acurácia de controle, dispositivos utilizados e informações sobre alimentação saudável e problemas de saúde causados pela obesidade, este último durante o jogo para aumentar a conscientização dos jogadores. Surgiram dúvidas relacionadas a problemas de rede, como desempenho de envio e recebimento de dados e se há alguma perda durante o jogo. Uma escala de 0 a 5 foi utilizada no questionário (0 foi considerado ruim e 5 foi considerado excelente) (n).

### 3.2.1.12 Arquitetura para JSMM para reabilitação Motora

Esta arquitetura (Figura 36) permite que os usuários interajam com objetos virtuais em tempo real em um JS, através de múltiplas modalidades e pratiquem habilidades motoras específicas (a). A arquitetura comporta os dispositivos *Data Glove 5DT®*, *Mouse*, teclado e *Tracking MotionStar Wireless®* (b).

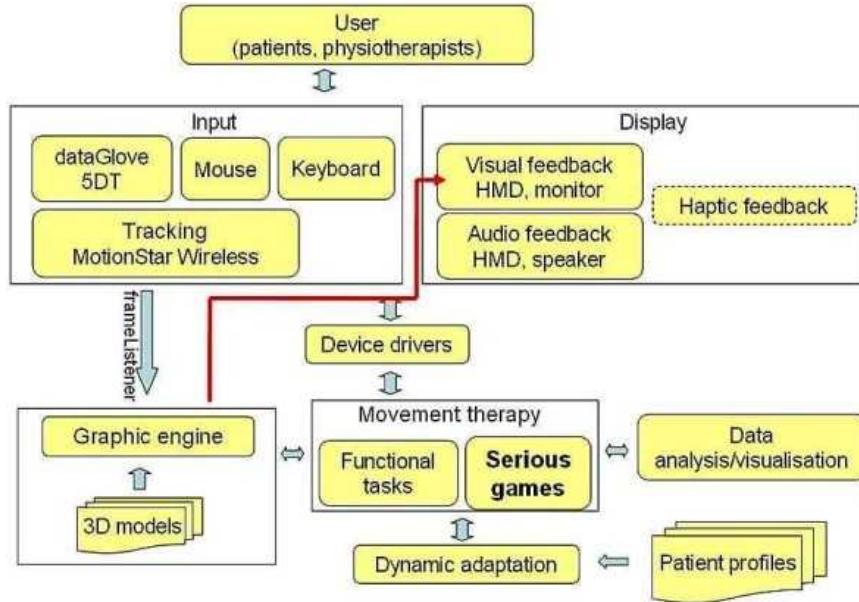
Como diferenciais, a arquitetura possui: Perfil de pacientes e Adaptação dinâmica que analisa o perfil do paciente, seus dados de progresso e define o nível de dificuldade das tarefas físicas e dos jogos, sendo que a adaptação é feita no início e durante o jogo e pode afetar, por exemplo, o intervalo entre o surgimento de objetos virtuais, ou o tamanho destes objetos (c, d).

Esta arquitetura não aceita flexibilidade/ equivalência de modos/controles (e), não realiza fusão para complementariedade (f), ou redundância (g), mas mostra *feedbacks* em vários dispositivos, onde é sugerida a existência de um componente de fissão (j). Também nenhum sinal involuntário é capturado (h, i).

Esta arquitetura foi projetada para JS (k) e é descrita uma estrutura para terapia de movimento, que consiste em uma série de jogos sérios projetados para encorajar a atividade física dos pacientes em atividades (l).

Ocorreram testes de sistema funcionais realizados por oito participantes que sofrem de distúrbios motores dos membros superiores pós-AVC (m). Por motivo do tamanho das amostras terem sido pequenas, foi usado um teste t pareado em cada grupo para comparar o efeito da intervenção com JS (Grupo A) com a intervenção com treinamento funcional (Grupo B) (n).

Figura 36 – Arquitetura para JSMM para reabilitação Motora.



Fonte: (MA; BECHKOUM, 2008)

### 3.2.1.13 Arquitetura para JSMM focados em Reabilitação Neuromuscular

Esta arquitetura (Figura 37) é uma arquitetura configurável especializada para jogos com foco em reabilitação neuromuscular (a, k). A arquitetura comporta os dispositivos *Kinect®*, outras câmeras 3D, acelerômetro, prancha de equilíbrio, teclado e mouse (b).

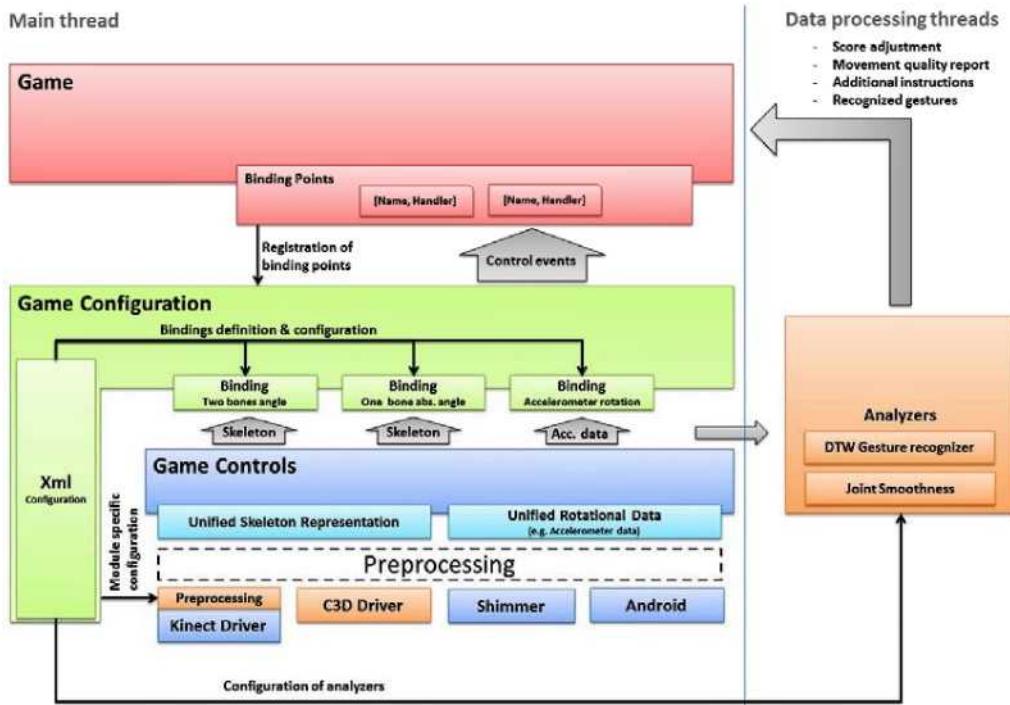
A arquitetura consiste em três camadas principais: *Game controls layer*, *Game configuration layer* e *Game*.

*Game controls layer*: abstrai os dispositivos de hardware para o resto do sistema. Cada dispositivo de entrada é representado como um módulo e pode ser conectado ao sistema por meio da interface unificada baseada em eventos. Os módulos convertem os sinais de entrada para o formato uniforme usado no resto do sistema. Esses módulos são carregados dinamicamente em tempo de execução e podem ser alterados sem modificar o jogo, mesmo durante o *gameplay* (c).

*Game configuration layer*: envia os sinais dos módulos de entrada para o jogo de acordo com a configuração. Esta configuração permite uma grande variedade de possibilidades para controle do jogo, caracterizando flexibilidade/equivalencia (e), no entanto, não permite fusão de sinais para complementariedade (f), ou para redundância (g). Além disso, cada conexão entre jogo e um módulo de entrada pode ser monitorada por um ou mais analisadores. Esses analisadores podem (i) realizar a correção das ações físicas do paciente, (ii) influenciar a pontuação em um jogo, (iii) relatar para o médico dados medidos em módulos de entrada (ou armazená-los para avaliação posterior) (d).

*Game*: possui um ponto de ligação com a camada de configuração. Cada jogo desenvolvido deve definir quais elementos virtuais de jogo são controlados pelo usuário.

Figura 37 – Arquitetura para JSMM focados em Reabilitação Neuromuscular.



Fonte: (OMELINA et al., 2012)

Ao iniciar um jogo criado pela arquitetura, o mesmo carrega uma configuração (parâmetros) armazenada em um arquivo do tipo *eXtensible Markup Language* (XML). A configuração é criada pelo terapeuta com base nas necessidades do paciente. O arquivo contém informações sobre o sensor que o paciente deve usar para jogar, a configuração deste sensor, ligações do jogo (associações entre os valores de entrada fornecidos pelos sensores e os controles do jogo) e contém também os analisadores que devem observar os valores de entrada dos sensores. Quando o arquivo de configuração é carregado, o sistema carrega um módulo de entrada externo que fornece informações sobre o estado dos sensores (conectado/desconectado) e cria ligações com o jogo.

Esta arquitetura não captura sinais involuntários (h, i), também não se preocupa com o retorno da interação, neste modo não possui componente de fissão (j). A mesma foi projetada especificamente para criação de JS (k) e ao fim da pesquisa foram implementados quatro JS atendendo a arquitetura, como PdC (l).

Esses jogos foram testados com crianças com paralisia cerebral e com seus terapeutas (testes funcionais) (m). Durante os testes, foi observado um potencial significativo da arquitetura para a construção de JS, conclusão obtida a partir dos *feedbacks* positivos de pacientes e terapeutas (n).

### 3.2.1.14 Arquitetura para JSMM para Reabilitação

A arquitetura de Rego (2017) é proposta para o desenvolvimento de JS (k) para reabilitação que se utilizem de vários dispositivos (a). A mesma aceita qualquer dispositivo/sensor que reproduza algum sinal digital, seja de expressões faciais, voz, *biofeedback*, rastreamento corporal, força, etc (b).

A Figura 38 descreve uma camada de reconhecimento primário, através de sensores (coleta de sinais), uma camada de reconhecimento intermediário, para determinar que modo de interação está sendo estabelecido (fala, toque, *biofeedback*, etc.) e, uma camada de reconhecimento em alto nível, que realiza reconhecimentos mais complexos (como o de emoções, ou gestos). Falando-se em componentes de jogo, a arquitetura provê a possibilidade de jogo com múltiplos jogadores, em modos colaborativo e competitivo, jogadores virtuais para que se possa jogar sem a necessidade de duas ou mais pessoas e, a resposta do jogo (*feedback*) também pode ocorrer de forma multimodal (c).

Esta arquitetura fornece muitas possibilidades de implementação, mas uma vez implementada um JSMM, o mesmo fica estático, retirando a possibilidade de flexibilidade/equivalencia (e), ou seja, o jogo sempre funcionará através do uso obrigatório de todos os dispositivos implementados. Esta arquitetura possibilita fusão para complementariedade (f) e para redundância (g). Existem também módulos para Gerenciamento de Perfis de pacientes e Gerenciamento da Terapia (d).

As entradas do paciente podem ser fornecidas por diferentes dispositivos e são mediadas pelo componente *Input Modality Manager* que faz uma abstração para suportar múltiplos dispositivos (iguais, ou diferentes) e é responsável pela fusão de sinais/interações. Nesta arquitetura é possível afirmar que o componente *Input Modality Manager* se assemelha a um *mixer*, que vai analisando os sinais/dados e distribuindo para seus locais devidos, havendo inúmeras possibilidades de caminho e combinações (c).

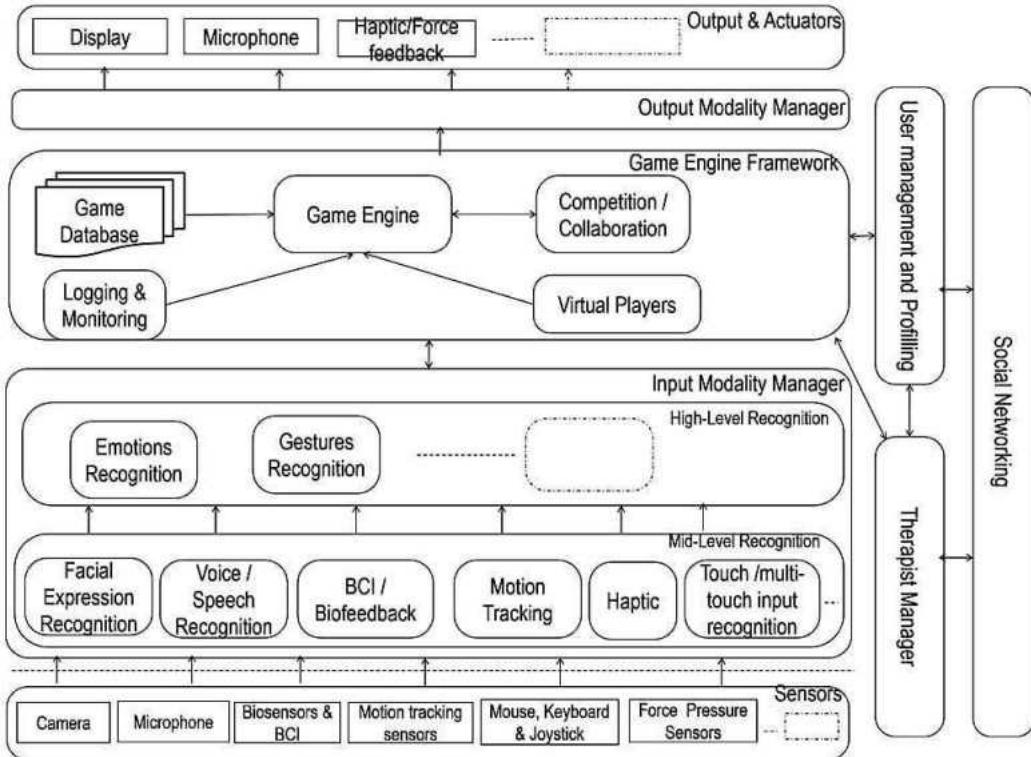
O módulo de *Logging & monitoring* salva os dados rastreados em arquivos locais.

O componente *Output Modality Manager* é o responsável pela fissão de sinais (j). O jogo é mostrado ao paciente através de um sistema de saída, como um monitor, pode-se usar também dispositivos de resposta háptica/força, etc.

Existe captura de dados involuntários (h), porém não é descrito o uso para monitoramento (i). Rego (2017) ainda criou jogos utilizando a arquitetura como forma de expôr a aplicabilidade de seu modelo (PdC) (l).

Os jogos foram testados por pessoas saudáveis e idosos (testes funcionais) (m). Após os testes foram aplicados os seguintes métodos avaliativos: *Core Elements of the Gaming Experience Questionnaire* (CEGEQ); *System Usability Scale* (SUS) e; *Intrinsic Motivation Inventory* (IMI) (n). Os resultados foram considerados bons, com ênfase nos associados à usabilidade e motivação.

Figura 38 – Arquitetura para JSMM para Reabilitação.



Fonte: (REGO, 2017)

### 3.2.2 Comparação entre Arquiteturas

As perguntas quantificáveis feitas na subseção anterior foram transformadas em tópicos de comparação e foi então possível comparar as arquiteturas. Os tópicos são vistos a seguir:

- Captura de dados involuntários: Dados que são captados do usuário sem que este os esteja manipulando conscientemente;
- Captura de dados involuntários (Monitoramento): Dados que são captados do usuário sem que este os esteja manipulando conscientemente e que estejam sendo usados para monitorá-lo;
- Flexibilidade/Equivalência: Possibilidade de escolha entre mais de um dispositivo para controle do jogo/sistema;
- Módulo de Fusão (Complementariedade): Responsável pela aglomeração de sinais advindos de modalidades (dispositivos) distintas.
- Módulo de Fusão (Redundância): Responsável pela aglomeração de sinais advindos de modalidades iguais.

- Módulo de Fissão: Determina as modalidades que levarão a resposta ao usuário;
- Contempla Jogos: Se a arquitetura foi pensada para a criação de jogos;
- Experimentação: Se foi apresentada uma PdC da arquitetura, produzindo-se um produto que mostre sua eficácia;
- Teste de *Software*: Se foi realizado algum teste estruturado de *software*, como testes de unidades, integração e/ou de sistema(funcionais ou não funcionais).
- Avaliação: Se um método de avaliação foi aplicado (por exemplo, questionário, formulário, comparação entre semelhantes, inferência matemática, etc.)
- Total: Soma dos tópicos atendidos.

Como resultado da comparação, tem-se a Tabela 5, que mostra todas as arquiteturas encontradas, onde se observa que a arquitetura de Afyouni et al. (2016) é a que menos preenche os tópicos de comparação; 8 das arquiteturas capturam dados involuntários (Kahol (2011), Al-Saud, Mahmuddin e Mohamed (2012), Klaassen et al. (2018), Parnandi e Gutierrez-Osuna (2015), Lopez-Samaniego e Garcia-Zapirain (2016), Wang, Parnandi e Gutierrez-Osuna (2018), Hassan et al. (2012) e Rego (2017)), mas somente 4 com o intuito de monitorar o jogador (Kahol (2011), Lopez-Samaniego e Garcia-Zapirain (2016), Wang, Parnandi e Gutierrez-Osuna (2018) e Hassan et al. (2012)); a preocupação com a fissão de modalidades foi vista apenas em 3 arquiteturas (Dumas, Lalanne e Oviatt (2009), Ma e Bechkoum (2008) e Rego (2017)) e; a maior quantidade de tópicos atendidos foi obtida pela arquitetura de Rego (2017), totalizando 8 tópicos de um total de 10.

Nenhuma das arquiteturas preencheu todos os itens da tabela, e nenhuma delas contempla as funcionalidades de flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento juntos.

Tabela 5 – Comparação entre arquiteturas encontradas

Referência	Captura de dados involuntários	Captura de dados involuntários (Monitoramento)	Flexibilidade/Equivalência	Fusão (Complementariedade)	Fusão (Redundância)	Fissão	Jogo	Experimentação (PdC)	Testes de Software	Avaliação	Total
Afyouni et al. (2016)			x			x	x				3
Dumas, Lalanne e Oviatt (2009)		x	x	x	x	x					4
Kahol (2011)	x	x				x	x				4
Konstantinidis et al. (2015)			x					x	x	x	4
Al-Saud, Mahmuddin e Mohamed (2012)	x		x	x	x	x					5
Klaassen et al. (2018)	x					x	x	x	x	x	5
Ma e Bechkoum (2008)						x	x	x	x	x	5
Omelina et al. (2012)			x			x	x	x	x	x	5
Parnandi e Gutierrez-Osuna (2015)	x					x	x	x	x	x	5
Lopez-Samaniego e Garcia-Zapirain (2016)	x	x				x	x	x	x	x	6
Santos et al. (2015)			x	x	x	x	x	x		x	6
Wang, Parnandi e Gutierrez-Osuna (2018)	x	x		x		x	x			x	6
Hassan et al. (2012)	x	x	x			x	x	x	x	x	7
Rego (2017)	x			x	x	x	x	x	x	x	8
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	
<b>123-SGR (Proposta deste trabalho)</b> Néry, Henrique e Hounsell (2020)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10

Fonte: O próprio autor.

### 3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A seguir são feitas considerações sobre o que foi visto neste capítulo e o que vem a seguir.

#### 3.3.0.1 *Considerações sobre o Mapeamento Sistemático*

Como visto na subseção 3.1.2, foram respondidas as Perguntas Secundárias (PS), vistas na subseção A.2.1, sendo que a área de JSMM para reabilitação cresceu e ainda parece possuir certo grau de pertinência (PS1). O foco das pesquisas da área se dá em aspectos de reabilitação de pacientes debilitados por hemiparesia, obesidade, falta de equilíbrio, etc. (PS2). Por fim, quanto aos recursos envolvidos com JSMM para reabilitação, apareceram algumas arquiteturas que foram utilizadas no estudo de revisão e foi respondido também os sensores mais usados (*Kinect, EEG e oxímetro*) (PS3).

O objetivo principal deste mapeamento era saber como os JSMM para reabilitação estão sendo construídos (PP), pode se dizer que várias respostas foram conseguidas e agora ao criar JSMM para reabilitação já se tem um mapa que pode auxiliar neste desafio.

#### 3.3.0.2 *Considerações sobre a Revisão Sistemática*

Em conclusão, não foi encontrada nenhuma arquitetura que auxilie na construção de JSMM para reabilitação de forma completa, contemplando as funcionalidades de flexibilidade/equivalência, complementariedade e monitoramento. Portanto, suportar estes aspectos neste contexto (JSMM) é então uma necessidade e oportunidade de pesquisa. Deste modo, a seguir é detalhada a construção de uma nova arquitetura.

## 4 A ARQUITETURA 123-SGR

Como nenhuma das arquiteturas preencheu todos os itens da tabela, foi então desenvolvida uma arquitetura multimodal própria, para JS aderente às necessidades da área de reabilitação, em especial quanto a flexibilidade/equivaleência, complementariedade e monitoramento; a arquitetura 123-SGR.

Este capítulo apresenta a arquitetura 123-SGR, assim denominada devido a caracterizar-se por ser uma - 1 - arquitetura de *software* interativo multimodal, que contempla dupla - 2 - direcionalidade do fluxo de interação e dois fluxos distintos de informação (consciente/voluntário e inconsciente/involuntário) para alcançar três - 3 - funcionalidades (flexibilidade/equivalença, complementariedade e monitoramento) importantes para um JS para reabilitação (SGR - *Serious Games for Rehabilitation*).

### 4.1 COMPOSIÇÃO DA ARQUITETURA 123-SGR

A arquitetura foi desenvolvida para possibilitar sua utilização nas várias áreas da reabilitação física. Foram também incorporados alguns conceitos adquiridos a partir do estudo das arquiteturas. Os conceitos utilizados são mostrados a seguir:

- Os estados de *Decisão*, *Ação*, *Percepção* e *Interpretação* foram utilizados (DUMAS; LALANNE; OVIATT, 2009);
- Foi incorporado um módulo para estruturação e armazenamento de dados, que é significativo ao se trabalhar com inúmeras modalidades (AFYOUNI et al., 2016);
- Objetivou-se a leitura de vários sensores (do mesmo tipo, ou não) com possibilidade de conexão e utilização ao mesmo tempo (SANTOS et al., 2015);
- Deve-se interceptar sinais dos controladores de jogo antes que eles atinjam o jogo, receber sinais fisiológicos do jogador como entradas, então adaptar os sinais dos controladores de acordo com estes sinais fisiológicos do jogador, de modo a promover a motivação do paciente para permanência no tratamento (princípio do *Flow*) (WANG; PARNANDI; GUTIERREZ-OSUNA, 2018). Monitorar o progresso do jogador nos jogos em vários usos e adaptar o nível de dificuldade em consonância com o nível de habilidade atual do jogador (*Flow*) (KAHOL, 2011) (MA; BECHKOUUM, 2008);
- Deve-se medir dados fisiológicos (por exemplo, frequência cardíaca), a fim de reduzir ou aumentar o nível de dificuldade do jogo, de modo que através de monitoramento se ajude a promover a segurança do paciente (LOPEZ-SAMANIEGO; GARCIA-ZAPIRAIN, 2016);

- É necessário adaptar elementos do jogo (mecânicas, *level design*, parâmetros) para que afetem, por exemplo, o intervalo entre o surgimento de objetos virtuais, ou o tamanho destes objetos (MA; BECHKOU, 2008);
- É preciso incorporar fusão, fissão, flexibilidade/equivalência e complementariedade (DUMAS; LALANNE; OVIATT, 2009);
- Deve-se mediar sinais com um componente que tem por papel gerenciar os caminhos de cada sinal/modalidade (REGO, 2017);
- Deve-se permitir que modalidades sejam trocadas, retiradas e adicionadas dinamicamente em tempo de execução (*gameplay*) (OMELINA et al., 2012);
- Deve-se permitir que o sistema carregue uma parametrização armazenada (por exemplo: em arquivo). Parametrização esta, preenchida pelo terapeuta, definindo os controles de jogo e as configurações destes controles com base nas necessidades do paciente (OMELINA et al., 2012);

Além de conceitos adquiridos nos estudo de arquiteturas, conceitos de outras fontes foram incorporados:

- As quatro propriedades do *design* multimodal CARE<sup>1</sup> (COUTAZ et al., 1995) foram incorporadas na forma das funcionalidades de flexibilidade/equivalência, complementariedade, atribuição e redundância;
- A funcionalidade de monitoramento<sup>2</sup> também foi incorporada;
- E como se trata de uma arquitetura para jogos digitais, foram utilizados elementos conceituais de *Game Design*, são eles (HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK, 2004): *Mecânica*: Representa os algoritmos, regras, ações e outros componentes do jogo; *Dinâmica*: Resultante da interação entre jogador e as mecânicas; e *Estética*: Representa como o jogo se parece, ou ainda a resposta subjetiva emocional do jogador perante o jogo ((HUNICKE; LEBLANC; ZUBEK, 2004), (SCHELL, 2008)).

## 4.2 A ARQUITETURA

As funcionalidades de flexibilidade/equivalência e complementariedade (destacadas como importantes para a reabilitação física) contempladas na arquitetura foram derivadas do modelo CARE (Equivalência e Complementariedade respectivamente) e as demais propriedades do modelo (Atribuição e Redundância) também são contempladas pela 123-SGR, apesar de não

<sup>1</sup> Ver seção 2.1 para mais detalhes sobre as propriedades CARE.

<sup>2</sup> Ver Capítulo 1 para mais detalhes sobre a funcionalidade de monitoramento.

destacadas. A funcionalidade de monitoramento pode ser atingida através de qualquer uma das quatro propriedades CARE.

A seguir é descrita a arquitetura 123-SGR para criação de JSMM para reabilitação física. Esta arquitetura é composta por três fluxos de interação: Fluxo Consciente, Fluxo Inconsciente e Fluxo de Retroalimentação.

#### 4.2.1 FLUXO CONSCIENTE

O Fluxo Consciente é o que caracteriza a manipulação proposital de modalidades, feita pelo jogador para gerar um resultado no jogo.

- *Decisão:* Jogador cria conscientemente a mensagem;
- *Ação:* Jogador executa a ação que representa a mensagem pensada;
- *Percepção:* As mensagens são percebidas por um, ou vários dispositivos;
- *Jogo Sério:* O JSMM interpreta os dados e significados que chegaram através da percepção. Dentro desta etapa tem-se os módulos Mixer e Interação:
  - Módulo Mixer: Módulo de gerenciamento de sinais que é composto por cinco núcleos: Desagregador de Sinais, Tratamento de Sinais, Combinação, Grade de Adaptação e Fissão (este último utilizado apenas no Fluxo de Retroalimentação):
 

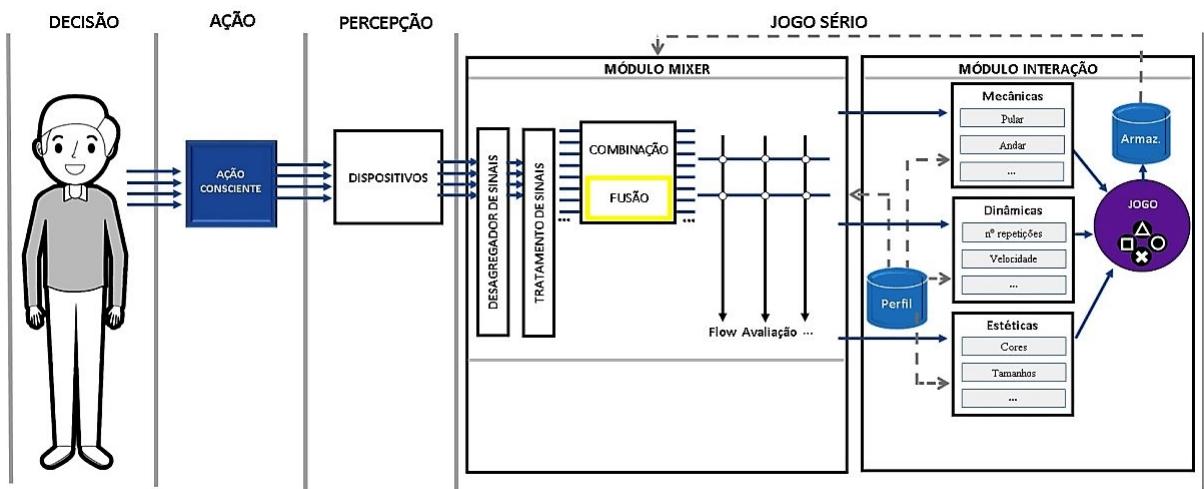
*Desagregador de Sinais:* O sinal de alguns dispositivos é a junção de inúmeras informações. Este componente realiza a separação destas informações para que sejam usadas no jogo. *Tratamento de Sinais:* Componente que determina como o sinal é coletado, se existe necessidade de amplificação do sinal via *software*, como são extraídos dados viáveis e como estes dados viáveis são usados no jogo. *Combinação:* Recebe os sinais dos dispositivos e determina como cada um deles irá prosseguir. Se de forma flexível (um OU outro); com atribuições diferentes (um faz A, outro faz B); como uma fusão de modalidades redundantes (um E um); como uma fusão de modalidades complementares (um E outro); ou ainda de forma direta (quando existe apenas um sinal). Ao terminar a combinação dos sinais, os mesmos são enviados para o núcleo *Grade de Adaptação*, responsável por realizar os testes parametrizados por um terapeuta para gerar adaptações que podem afetar mecânica, dinâmica e estética do JS. Como exemplo, analisar o progresso do jogador e caso este progresso esteja muito abaixo do esperado, o núcleo Dinâmica pode ajustar o sinal de controle consciente para que os objetivos sejam alcançados mais facilmente. A Grade de Adaptação mostra apenas adaptações para fins de *flow* (manter interesse do jogador) e para Avaliação física (monitoramento), mas este núcleo permite a adição de quantos testes e adaptações necessárias,

respeitando possíveis conflitos entre gatilhos (disparadores de adaptações a partir de determinados resultados nos testes).

- Módulo Interação: Responsável pela aplicação das adaptações e da interação de fato com o JS. Este módulo possui 6 núcleos distintos:

*Mecânica*: Núcleo responsável pela ação a ser executada, como pular, ou andar, em decorrência das informações recebidas da Grade de Adaptação; *Dinâmica*: É o núcleo responsável pela dificuldade do jogo; controla parâmetros como velocidade, número de repetições, tamanho da área de colisão dos obstáculos, altura de colisão dos alvos, fórmula do *score*, etc, alterando a dinâmica de jogo; *Estética*: Núcleo que determina os aspectos visuais do jogo, como cores e tamanho visual dos objetos; *Jogo*: Onde de fato mecânica, dinâmica e estética de jogo são aplicadas. *Armazenamento*: Componente onde os dados do jogo são armazenados, assim como os sinais colhidos pelos dispositivos, todos em registros separados por jogador e cronologia. *Perfil*: Armazenamento separado que serve de consulta para os núcleos Grade de Adaptação, Mecânica, Dinâmica e Estética, para que as adaptações efetuadas estejam de acordo com as capacidades e patologias descritas neste perfil de jogador.

Figura 39 – Arquitetura 123-SGR - Fluxo Consciente.



Fonte: O próprio autor

#### 4.2.2 FLUXO INCONSCIENTE

A realização do Fluxo Consciente produz, para o paciente e para o JS, informações inconscientes, ou não intencionais, relacionadas com efeitos fisiológicos (algumas vezes acima do limite desejável). Por exemplo, um JS que exija movimentação dos braços, pode levar a

movimentação do tronco (compensação), ou possivelmente a um esforço (rápido e/ou intenso) que pode levar o jogador a ficar ofegante, tonto, etc. Este fluxo de interação representa a funcionalidade de monitoramento e é descrito a seguir.

- Decisão: Neste fluxo não existe uma decisão sendo tomada de forma proposital, mas uma reação provocada pelas ações conscientes do primeiro fluxo, por este motivo o estado “Decisão” não é evidenciado neste fluxo;
- Ação: Este estado representa agora uma reação expressa pelo jogador de forma involuntária, o que ajuda a caracterizar o estado físico do paciente durante o uso do jogo;
- Percepção: Mesmo comportamento do fluxo consciente, entretanto os sinais (mensagens) podem ser captados agora por dispositivos específicos para avaliação física e dos sinais vitais;
- Jogo Sério:

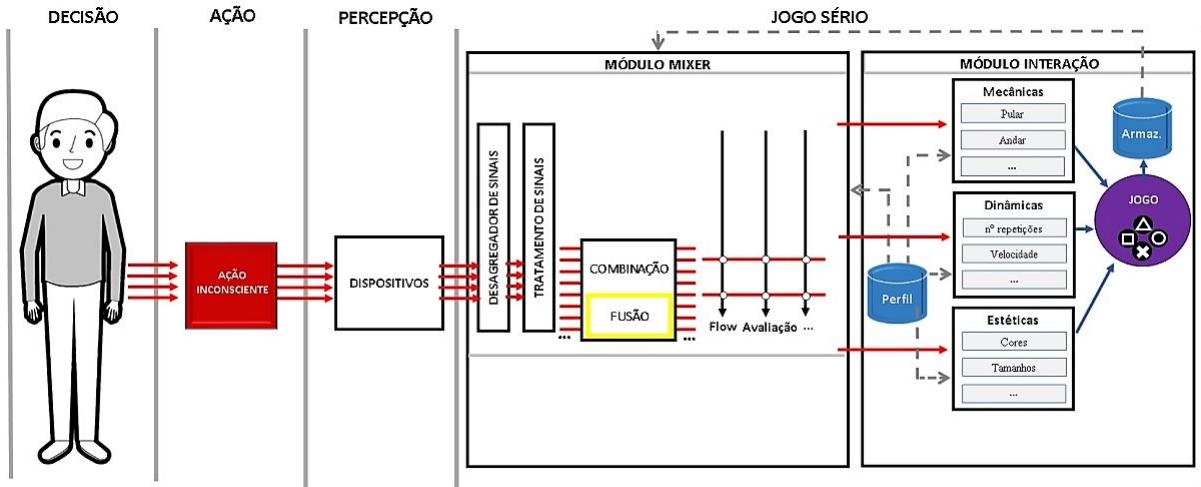
- Módulo Mixer: Os sinais chegam ao módulo Mixer, que neste fluxo contém os núcleos Desagregador de Sinais, Tratamento de Sinais, Combinação e Grade de Adaptação:

*Desagregador de Sinais*: Neste fluxo o núcleo também realiza a separação de informações quando mescladas, para que estas sejam usados no jogo, assim como ocorre no “Fluxo Consciente”; *Tratamento de Sinais*: Mesma função desempenhada no “Fluxo Consciente”; *Combinação*: Realiza a mesma combinação de sinais do primeiro fluxo e entrega os sinais resultantes para a Grade de Adaptação; *Grade de Adaptação*: Dentro do Fluxo Inconsciente, esta é caracterizada como a responsável pela avaliação física do jogador (monitoramento), através de testes de Avaliação em seus sinais involuntários, entretanto estes sinais involuntários também podem passar por testes e adaptações para outros propósitos, como *Flow*, etc.

- Módulo Interação:

*Mecânica*: Determina as ações no jogo, como pular, voar, etc, como descrito anteriormente; *Dinâmica*: O núcleo que ajusta a dinâmica de jogo, alterando parâmetros conforme as requisições da Grade de Adaptação; *Estética*: Determina os aspectos visuais do jogo; *Jogo*: Executa o jogo de acordo com os ajustes de mecânica, dinâmica e estética; *Armazenamento*: Armazena dados do jogo e sinais coletados, inclusive índices alarmantes que possam ser analisados por um terapeuta posteriormente; *Perfil*: O perfil do jogador, que serve de consulta para que os componentes Grade de Adaptação, Mecânica, Dinâmica e Estética se adaptem conforme as características do jogador.

Figura 40 – Arquitetura 123-SGR - Fluxo Inconsciente.



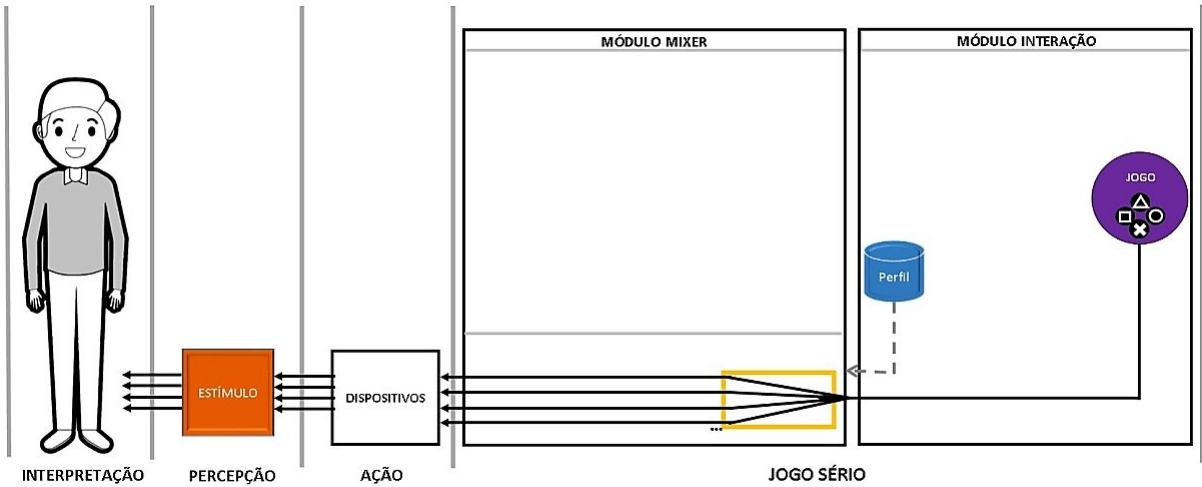
Fonte: O próprio autor

#### 4.2.3 FLUXO DE RETROALIMENTAÇÃO

Ao receber sinais dos fluxos Consciente e Inconsciente, são aplicadas as modificações devidas ao jogo e, para completar o ciclo de interação, o jogo retorna uma resposta, mostrando ao paciente no que sua interação resultou no jogo. O fluxo de Retroalimentação é descrito a seguir.

- Jogo Sério: Que neste fluxo é responsável pela análise das ocorrências de jogo e retorno ao jogador:
  - Jogo: Envia uma mensagem de resposta ao módulo Mixer;
  - Perfil: Componente que auxilia o módulo Mixer a enviar mensagens coerentes com o perfil do jogador como, por exemplo, avisando que o jogador possui quadro de deficiência auditiva e por isto o módulo Mixer não deve enviar resposta em um canal de áudio, ou enviar em uma frequência audível específica;
  - Módulo Mixer: Aciona agora o seu terceiro núcleo, Fissão, usado apenas no Fluxo de Retroalimentação:
    - \* Fissão: Analisa as possibilidades e seleciona os dispositivos a serem usados na entrega da resposta do Jogo;
- Ação: A resposta fissionada é então passada através dos dispositivos disponíveis;
- Percepção: Os sentidos do jogador captam a resposta;
- Interpretação: O jogador interpreta o que significou a resposta dada pelo jogo e o ciclo de interação multimodal se repete até o fim da execução do jogo.

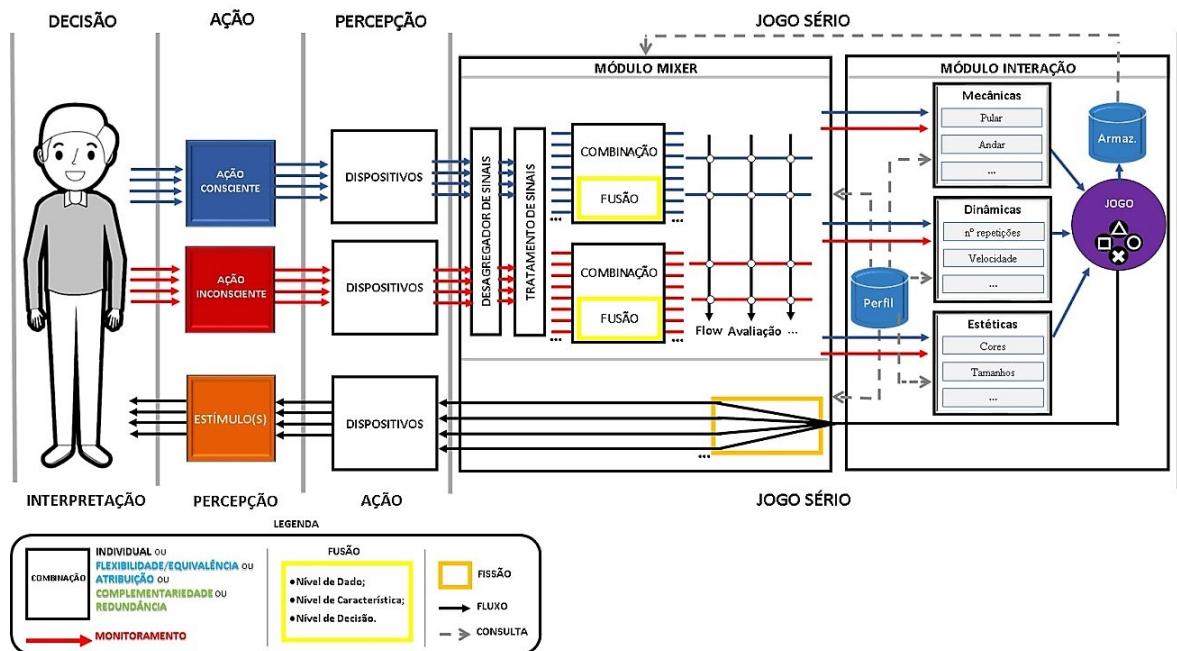
Figura 41 – Arquitetura 123-SGR - Fluxo de Retroalimentação.



Fonte: O próprio autor

A Figura 42 mostra a visão completa da Arquitetura 123-SGR, fruto da junção dos três fluxos descritos anteriormente.

Figura 42 – Arquitetura 123-SGR.



Fonte: O próprio autor

#### 4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi descrita a criação da arquitetura 123-SGR, a qual permite a criação/adaptação de JS com foco em reabilitação.

Esta arquitetura serve como um guia, um *checklist* de elementos a serem planejados e desenvolvidos, levando sempre em conta as necessidades do grupo foco da reabilitação.

Existem diversos cenários para aplicação da arquitetura 123-SGR: como para criação de novos jogos multimodais para reabilitação física; ou ainda, em jogos que já existem, adaptando-os para os três fluxos de interação e desenvolvendo os elementos da arquitetura ainda não abordados.

A seguir é mostrada a aplicação desta arquitetura para adaptar um JS para RR já existente.

## 5 ARQUITETURA 123-SGR APLICADA

A prova de conceito (PdC) da arquitetura foi realizada a partir da adaptação de um JS chamado *I Blue It* (GRIMES, 2018). O *I Blue It* é um JS para reabilitação respiratória criado em linguagem C#, com o auxílio da *engine Unity*<sup>®</sup>. O jogador controla o golfinho *Blue* pelas fases do jogo. Este JS possui apenas um fluxo de interação, o Fluxo Consciente, onde o único controle é um DI chamado PITACO, que permite a captura do fluxo respiratório do jogador. Os movimentos do *Blue* são controlados pelas ações respiratórias (inspiração e expiração). Como o jogo *I Blue It* é de código aberto, foi possível ter acesso ao mesmo e modificar seu código para aplicar a arquitetura 123-SGR.

### 5.1 LEVANTAMENTO DE CANAIS MULTIMODAIS POSSÍVEIS PARA O *I BLUE IT* 4.0 MULTIMODAL

A estratégia de aplicação da arquitetura levou em conta uma lista de dispositivos selecionados como possíveis adições ao JS *I Blue It* 4.0 Multimodal (dispositivos levantados a partir de reuniões com profissionais em reabilitação) e levou também em conta seus focos de mensuração, que podem ser interpretados como captura de ações conscientes do jogador (Tabela 6), ou de suas ações inconscientes (Tabela 7). Os DI<sup>1</sup> para ações conscientes podem ser descritos como provedores das funcionalidades de Flexibilidade/Equivalência ou de Complementariedade e os DI para captura de ações inconscientes podem ser descritos como atores de Monitoramento, pois podem mostrar indiretamente indicações de cansaço e tontura.

Tabela 6 – Relação entre dispositivos digitais e ações respiratórias Conscientes

Dispositivos	Ações Conscientes					
	Inspiração	Expiração	Duração	Volume	Força	Pressão
PITACO	x	x	x	x		
MANO-BD	x	x	x			x
Cinta de Pressão (Tórax)	x	x	x	x		
Cinta de Pressão (Abdome)	x	x	x	x		
Sensor Eletromiográfico	x	x	x		x	
Termistor Nasal	x	x	x			
Microfone	x	x	x			
Sensor de Umidade	x	x	x			
<i>Peak-Flow</i>		x			x	x
<i>Powerbreath</i> <sup>®</sup>	x				x	x

A flexibilidade/equivalência é descrita separadamente na Tabela 8, onde nenhum dos dispositivos listados pode ser utilizado em conjunto, pois todos captam a respiração pelas mesmas vias.

<sup>1</sup> Os DI PITACO e MANO-BD são sempre referidos no texto em letras maiúsculas e os outros DI não, pois, os dois primeiros são acronimos e os demais possuem nomes convencionais.

Tabela 7 – Relação entre dispositivos digitais e ações respiratórias Inconscientes

Dispositivos	Ações Inconscientes	
	Cansaço	Tontura
Oxímetro	x	x
Sensor Eletroencefalográfico	x	x
Sensor de Frequência Cardíaca	x	
Termômetro Corporal	x	
Impedância Cutânea (sudorese)	x	
Sensor de CO2		x
Sensor bioquímico de NO	x	

Tabela 8 – Lista de dispositivos que podem funcionar como Flexibilidade/Equivalecia.

Dispositivos/Sensores	Flexibilidade/Equivalecia (ou)				
	Inspiração	Expiração	Duração	Força	Pressão
PITACO	x	x	x	x	
MANO-BD	x	x	x		x
Termistor Nasal	x	x	x		

Algumas das possíveis combinações de modalidades para gerar Complementariedade são mostradas na Tabela 9. *Combinação 01*: Pode estimar se um jogador está comandando o jogo através de respiração predominantemente torácica, ou predominantemente diafragmática e determina a força do fluxo respiratório do jogador; *Combinação 02*: Pode também estimar se um jogador está comandando o jogo através de respiração predominantemente torácica, ou diafragmática, e fornece a medida de pressão exercida pela musculatura respiratória do jogador; *Combinação 03*: Podem se complementar para determinar como a respiração está sendo realizada, mas sem determinar a força do fluxo respiratório, ou a pressão; dentre outras combinações possíveis.

Tabela 9 – Combinações de dispositivos para Complementariedade.

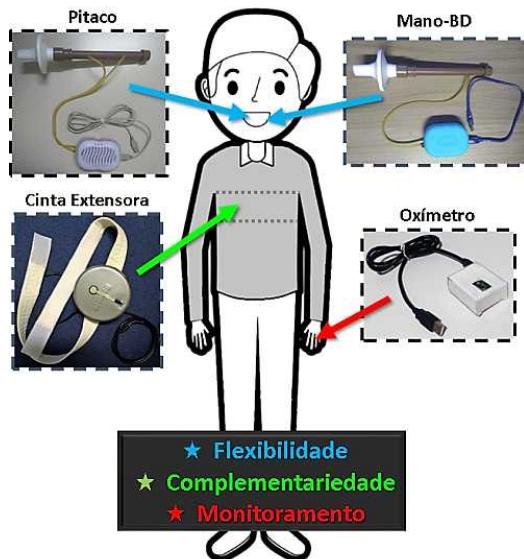
Dispositivos/Sensores	Complementariedade (e)				
	Inspiração	Expiração	Duração	Força	Pressão
<b>Combinação 01</b>					
PITACO	x	x	x	x	
Cinta de Pressão (Tórax)	x	x	x		
Cinta de Pressão (Abdome)	x	x	x		
<b>Combinação 02</b>					
MANO-BD	x	x	x		x
Cinta de Pressão (Tórax)	x	x	x		
Cinta de Pressão (Abdome)	x	x	x		
<b>Combinação 03</b>					
Termistor Nasal	x	x	x		
Cinta de Pressão (Tórax)	x	x	x		
Cinta de Pressão (Abdome)	x	x	x		

## 5.2 A ARQUITETURA 123-SGR APLICADA AO JS *I BLUE IT* 4.0 MULTIMODAL

As interações descritas aqui levaram em consideração apenas alguns dos DI possíveis, sendo eles PITACO (P); MANO-BD (M); Cinta de Pressão (Tórax) (C) e Oxímetro (O).

A Figura 43 exemplifica o posicionamento no jogador, de alguns dos dispositivos selecionados que o JS *I Blue It* passou a utilizar na sua versão multimodal (*I Blue It* 4.0 Multimodal), para o processo de reabilitação respiratória. O PITACO (Pneumotacógrafo) OU o MANO-BD (Manovacuômetro) captura a respiração do jogador, enquanto a Cinta de Pressão (Tórax) serve para captura da respiração, mas também como informação complementar a dos outros DI, para mostrar como esta respiração está sendo realizada e, por fim, o Oxímetro aferirá a saturação da oxigenação do jogador, de modo a perceber níveis anômalos que possam provocar alguma complicaçāo.

Figura 43 – Posicionamento dos DI no jogador.



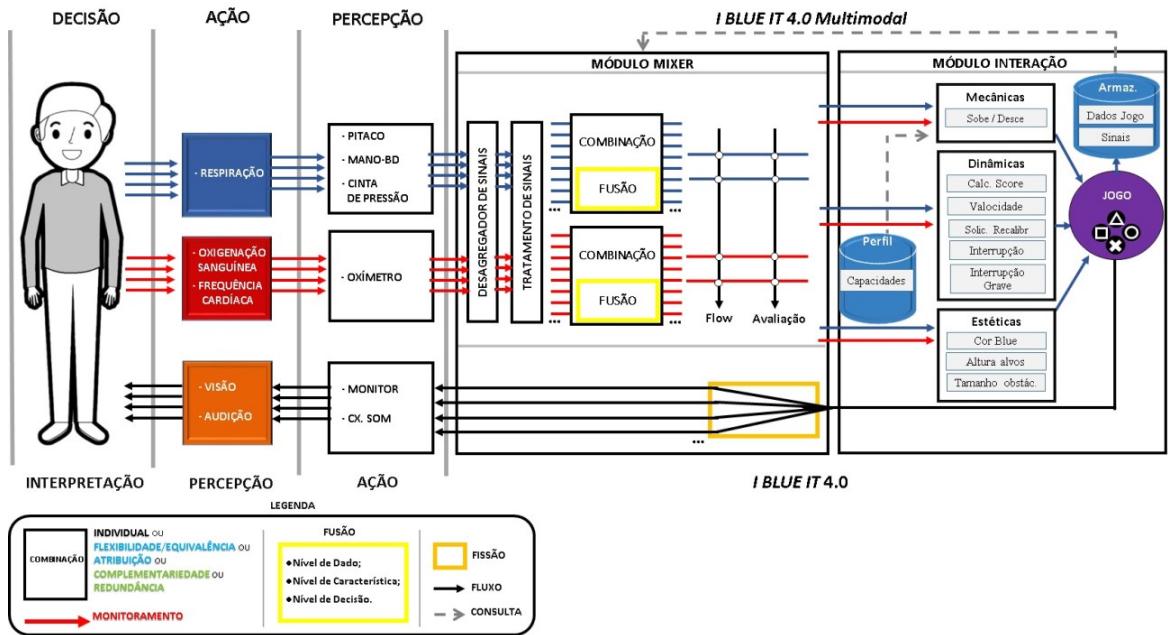
Fonte: O próprio autor

A Figura 44 mostra visualmente a aplicação da arquitetura 123-SGR ao JS *I Blue It* 4.0 Multimodal. Seus Fluxos e elementos são detalhados em seguida.

### 5.2.1 FLUXO CONSCIENTE

- *Decisão*: O jogador pensa em uma manobra respiratória para fazer o golfinho *Blue* subir, ou descer;
- *Ação*: Executa esta manobra da forma desejada;
- *Percepção*: A respiração é percebida pelo DI P ou C ou M, ou ainda pela fusão P + C, ou M + C;

Figura 44 – 123-SGR aplicada ao *I Blue It 4.0 Multimodal*.



Fonte: O próprio autor

- *I Blue It 4.0 Multimodal*: O jogo realiza a interpretação dos sinais e efetua as interações através dos módulos Mixer e Interação:

- Módulo Mixer:

- Desagregador de Sinais: No fluxo consciente, nenhum dos dispositivos exemplo geram um sinal com mais de uma informação, então o desagregador não é acionado.
- Tratamento de Sinais:

Entradas = <<P>> ou <<C>> ou <<M>>

Leituras geradas: 60.000/min;

Amplificação: Não necessária;

Uso no jogo: Parâmetros (valor padrão: 500/min).

- *Fusão*: Recebe os sinais dos dispositivos e determina como cada um deles irá prosseguir. Se de forma complementar (um E outro), seguindo a lista de Complementariedades possíveis; de forma flexível/equivalente (um OU outro), seguindo a lista de Flexibilidade/Equivalência, ou de forma direta (quando se dispõe de apenas um sinal). Ao terminar o tratamento dos sinais, os mesmos são enviados para o núcleo Grade de Adaptação.
- Grade de Adaptação: Este componente executará diferentes testes e ações de adaptação conforme a escolha de modalidades de entrada feita pelo jogador. Para entrada P, C, ou M, caso o jogador perca um número de vezes seguidas (parâmetro)

os elementos “Dinâmica” e “Estética” juntos tornam alvos mais próximos e obstáculos menores (Dinâmica altera áreas de colisão do personagem com os objetos e Estética altera visualmente o tamanho/altura dos objetos). Caso perca mais vezes, o elemento “Mecânica” solicita uma recalibração.

- Módulo Interação:

- Mecânica: Componente responsável por Subir/Descer o golfinho *Blue*;
- Dinâmica: É o componente responsável pelo cálculo dinâmico de *Score*, pela velocidade dinâmica do jogo, pela Solicitação de recalibração dos dispositivos e pelas interrupções de jogo, causadas por oxigenação regular ou baixa;
- Estética: Componente responsável pela cor do *Blue*, a altura dos alvos e tamanho dos obstáculos;
- Jogo: Onde o jogo *I Blue It 4.0 Multimodal* recebe e aplica “Mecânica”, “Dinâmica” e “Estética”;
- Armazenamento: Os dados do jogo são armazenados, assim como os sinais colhidos pelos dispositivos, todos em registros separados por jogador, e cronologia;
- Perfil: O perfil neste fluxo serve de consulta para o componente “Mecânica”, levando até ele as capacidades respiratórias de cada jogador, para cada DI usado.

O Fluxo Inconsciente para o JS *I Blue It 4.0 Multimodal* é descrito a seguir.

### 5.2.2 FLUXO INCONSCIENTE

- *Decisão*: Não existe decisão sendo tomada neste fluxo, então o estado de Decisão foi omitido;
- *Ação*: Medida de oxigenação sanguínea do jogador;
- *Percepção*: A saturação de oxigênio no sangue é percebida pelo DI O;
- *I Blue It 4.0 Multimodal*: A interpretação é feita através dos componentes abaixo:

- Módulo Mixer:

- *Desagregador de Sinais*: Um DI que gera mais de uma informação em um único sinal no fluxo inconsciente é o Oxímetro, o mesmo é composto da leitura da saturação arterial de oxigênio (SpO2) e da frequência cardíaca (FC) do jogador.

- *Tratamento de Sinais*:

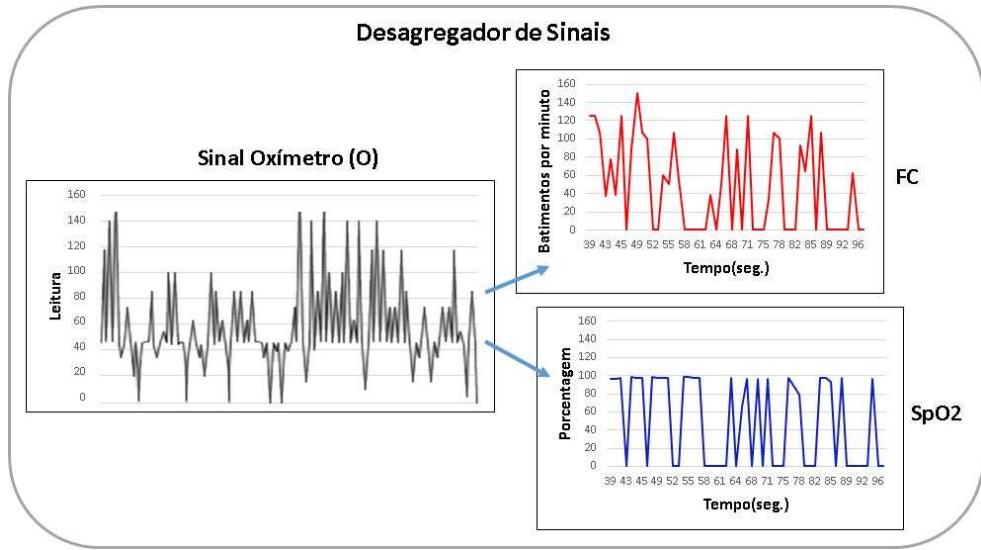
Entrada = <<O>>

Amplificação: Não necessária;

Leituras geradas: 98/min;

Uso no jogo: Parâmetro (valor padrão: 10/min).

Figura 45 – Desagregador de Sinais - Oxímetro



Fonte: O próprio autor

- *Grade de Adaptação:* Para a entrada O, o JS se adapta de acordo com a porcentagem de saturação do oxigênio do jogador, caso se encontre em uma faixa determinada (dois parâmetros limitantes), a velocidade do jogo é decrescida e tem-se a possibilidade de acionar uma interrupção pedindo um intervalo de jogo ou, caso fique abaixo desta faixa, o jogo é interrompido (interrupção grave) para evitar implicações à saúde do jogador.
- Módulo Interação
  - *Mecânica:* Componente responsável pela ação a ser executada, que aqui é gerar uma Interrupção, ou uma Interrupção Grave;
  - *Dinâmica:* Neste fluxo, este é o núcleo responsável por alterar a velocidade do jogo;
  - *Estética:* Não foram criadas alterações estéticas neste fluxo para o jogo *I Blue It 4.0 Multimodal*;
  - *Jogo:* Onde o jogo *I Blue It 4.0 Multimodal* recebe e aplica os elementos dos três núcleos anteriores.
  - *Armazenamento:* Os dados do jogo são armazenados, assim como os sinais colhidos pelos dispositivos, todos em registros separados por jogador, e cronologia.

O Fluxo de Retroalimentação é explicado a seguir.

### 5.2.3 FLUXO DE RETROALIMENTAÇÃO

- *I Blue It 4.0 Multimodal*: Neste fluxo se encarrega da análise das ocorrências de jogo e do retorno ao jogador:
  - *Jogo*: Envia uma mensagem de resposta ao núcleo Fissão do módulo Mixer.
  - Módulo Mixer: Aciona agora o seu terceiro núcleo, Fissão, acionado apenas no Fluxo de Retroalimentação:
    - Fissão: Analisa a mensagem de retorno do núcleo Jogo, e entrega ao jogador através dos dispositivos disponíveis, como exemplo, um monitor e uma caixa de som.
- Ação: A resposta computada é então passada através dos dispositivos selecionados;
- Percepção: Os sentidos do jogador captam a resposta;
- Interpretação: O jogador interpreta o que significou a resposta dada pelo jogo e o ciclo de interação se repete até o fim da execução do jogo.

### 5.2.4 Processos de Combinação no *I Blue It 4.0 Multimodal*

Dumas (2010) diz que a forma como as modalidades são sincronizadas tem forte impacto na interpretação. Entretanto no *I Blue It 4.0 Multimodal* as combinações com fusão de modalidades de entrada são feitas apenas em nível de dados<sup>2</sup>, não demandando interpretação de características, ou de decisões, sendo assim, não houve necessidade de sincronização de sinais, estes são usados em tempo de execução. Além disso, não existe ordem específica de dados a serem coletados, qualquer dado vindo dos sinais dos DI é diretamente entregue ao JS (seguindo regras de tratamento de sinais). O JS também não precisa decidir as combinações de DI possíveis, tudo já está pré definido e cada combinação só pode fazer ações especificadas previamente (arquivo de parâmetros). Esta forma de trabalhar com os dados de entrada é chamada por Dumas (2010) de “Sem” Fusão, quando a fusão ocorre, no entanto, não é necessário um algoritmo de fusão (para sincronizar, interpretar e decidir), pois a aplicação gerencia a fusão em seus próprios termos.

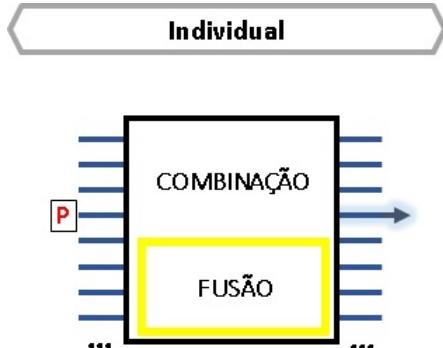
Dentro do módulo *Mixer* implementado no *I Blue It 4.0 Multimodal*, existe o núcleo Combinação, assim que os sinais entram neste núcleo são possíveis diversas formas de combinação, são elas Individual, Flexibilidade/Equivalência, Atribuição, Complementariedade e Redundância:

#### 5.2.4.1 *Individual*

Se apenas um sinal chega (por exemplo o PITACO), não ocorre uma combinação e o sinal sai da mesma forma que entrou (Figura 46).

<sup>2</sup> Ver subseção 2.1.1 para mais detalhes sobre níveis de fusão de modalidades de entrada.

Figura 46 – Combinação - Individual.

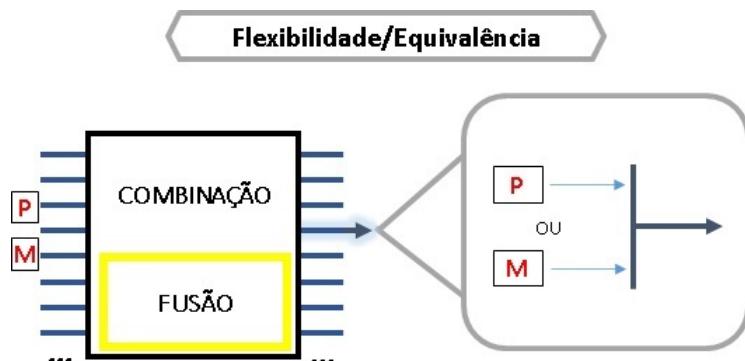


Fonte: O próprio autor

#### 5.2.4.2 Flexibilidade/Equivalência

Se dois ou mais sinais chegam (por exemplo PITACO e MANO-BD que são DI equivalentes), pode ocorrer uma combinação que permita que apenas um dos sinais siga adiante (Figura 47).

Figura 47 – Combinação - Flexibilidade/Equivalência.



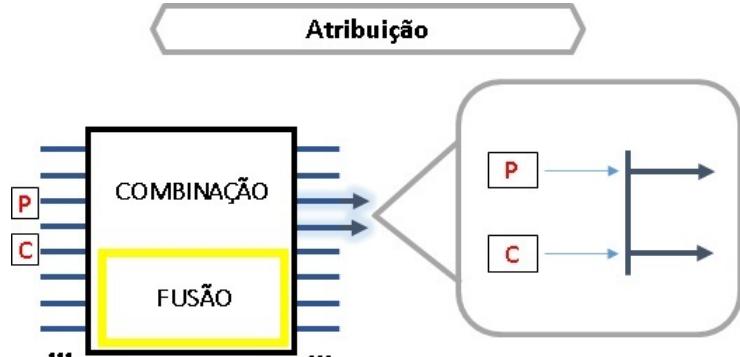
Fonte: O próprio autor

#### 5.2.4.3 Atribuição

Com dois ou mais sinais (por exemplo PITACO e Cinta de Pressão), o sinal de cada um deles pode ser usado para fins/atribuições diferentes, ou seja, os sinais entram e saem individualmente do núcleo, cada um com uma tarefa diferente (Figura 48).

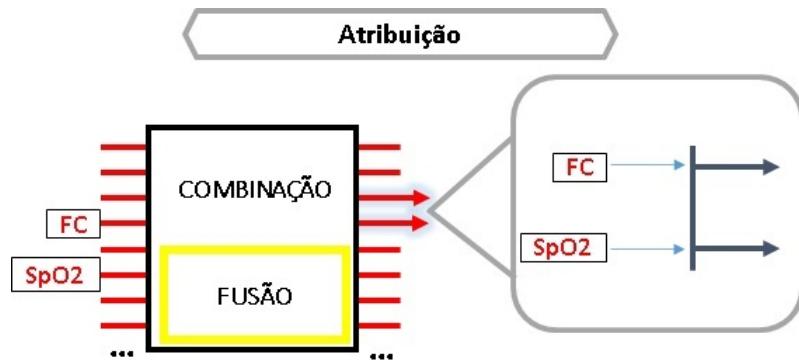
Outro exemplo de Atribuição é quando um único DI possui mais de um sinal, como o DI Oxímetro que gera um sinal de frequência cardíaca (FC) e um sinal de saturação da oxigenação sanguínea (SpO2). Os dois sinais entram no núcleo Combinação e os dois saem, cada um com uma atribuição diferente (Figura 49).

Figura 48 – Combinação - Atribuição (exemplo 1).



Fonte: O próprio autor

Figura 49 – Combinação - Atribuição (exemplo 2).



Fonte: O próprio autor

#### 5.2.4.4 Complementariedade

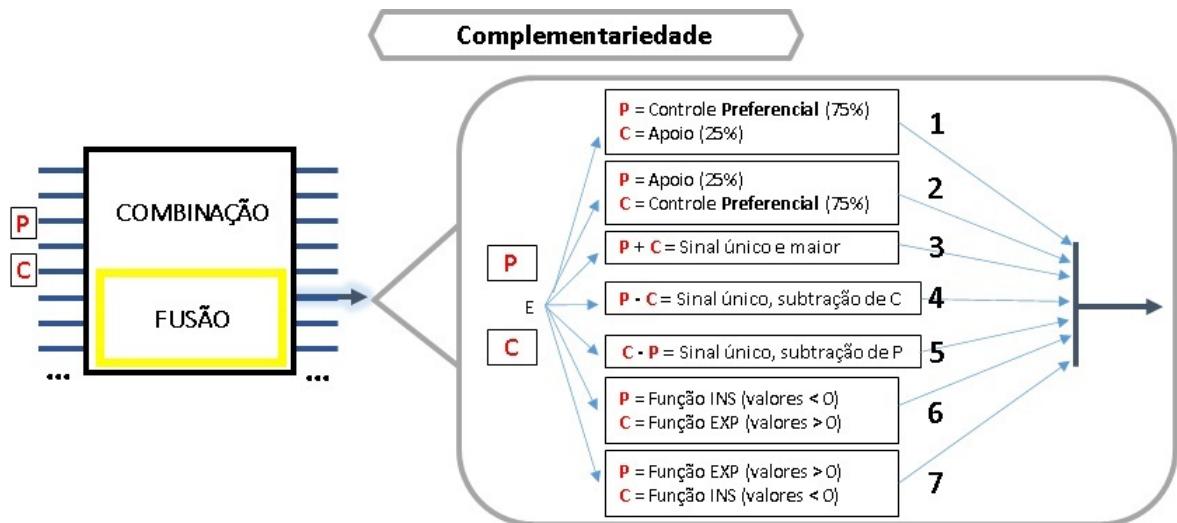
Se dois ou mais sinais “diferentes” chegam no núcleo, pode ocorrer uma fusão em que são feitas operações de agrupamento que geram apenas um sinal de saída como resultado. Como exemplo, a combinação do DI PITACO e do DI Cinta de Pressão pode ser parametrizada para ocorrer das seguintes formas (visualmente mostradas na Figura 50<sup>3</sup>):

- 1) É realizada a associação dos sinais de ambos, sendo que o sinal resultante é a junção de 75% do PITACO e 25% da Cinta de Pressão, tornando o PITACO o DI preferencial (As porcentagens são parâmetros personalizáveis, os valores inseridos aqui são apenas para exemplificação);
- 2) É realizada a associação dos sinais de ambos, sendo que o sinal resultante é a junção de 25% do PITACO e 75% da Cinta de Pressão, tornando a Cinta o DI preferencial (valores para exemplificação);

<sup>3</sup> Apenas uma destas formas de fusão é utilizável por vez (escolhida previamente no arquivo de parâmetros).

- 3) É feita a soma dos sinais, resultando em um sinal único e maior;
- 4) É feita a subtração do valor de sinal da Cinta do sinal do PITACO;
- 5) É feita a subtração do valor de sinal do PITACO do sinal da Cinta;
- 6) São utilizados os valores negativos do PITACO e os positivos da Cinta;
- 7) São utilizados os valores positivos do PITACO e os negativos da Cinta;

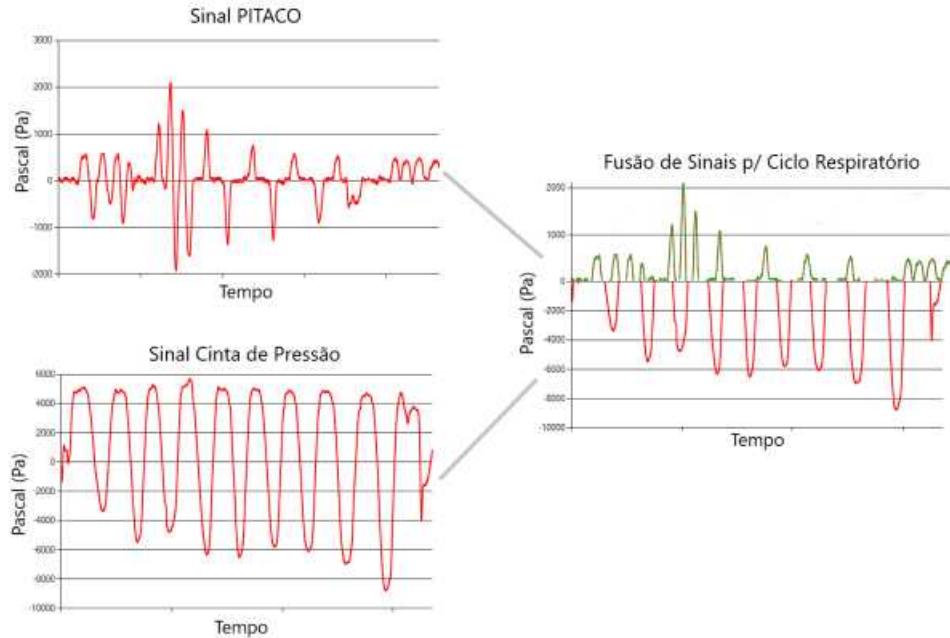
Figura 50 – Combinação - Complementariedade.



Fonte: O próprio autor

As formas 6 e 7 são complementadas pela Figura 51, que mostra que cada um dos DI possui sinais com valores complementares ao outro, pois, um DI pode ser considerado pelo terapeuta mais assertivo que o outro, por exemplo, na tarefa de identificar as nuances de uma manobra inspiratória (INS), já outro DI, por sua vez, pode se mostrar melhor para mensurar uma manobra expiratória (EXP), sendo necessário utilizar cada um dos sinais para uma parte do ciclo respiratório (partes/funções diferentes de uma mesma tarefa).

Figura 51 – Complementariedade - Parte/Função diferente para cada sinal.

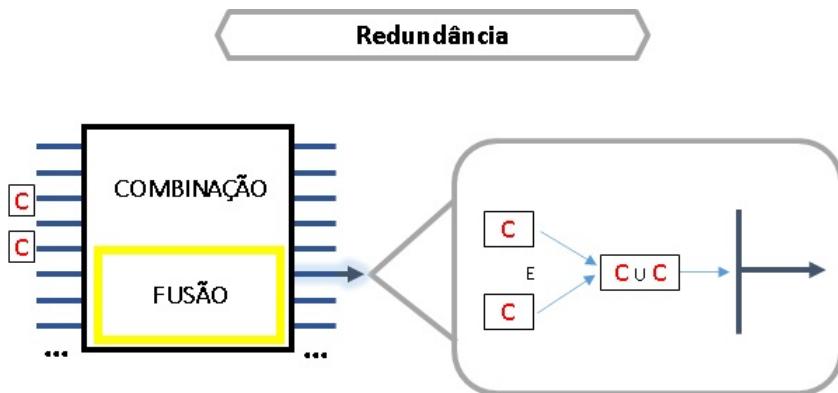


Fonte: O próprio autor

#### 5.2.4.5 Redundância

Por último, caso dois ou mais sinais “iguais” cheguem ao núcleo, pode ocorrer uma fusão, gerando apenas um sinal resultante (Figura 52) (combinação utilizada geralmente para corrigir sinais com falhas).

Figura 52 – Combinação - Redundância.



Fonte: O próprio autor

De acordo com a tabela de terminologias (Tabela 1), o único tipo de combinação multimodal “com fusão de sinais” aplicado no *I Blue It 4.0 Multimodal* é a Complementariedade. Não foi implementada a possibilidade de fusão para Redundância de dados (fato comentado no Capítulo 9).

### 5.2.5 Processo de Fissão para o *I Blue It 4.0 Multimodal*

Dentro do módulo Mixer existe também o núcleo Fissão, que é acionado apenas quando o jogo deseja enviar um *feedback* ao jogador. Este *feedback* é disparado pelas mecânicas do jogo como uma mensagem e o núcleo divide a mensagem coerentemente em cada tipo de retorno solicitado na mensagem e envia cada fragmento para dispositivos específicos que entregará cada uma das partes para o jogador, por exemplo:

- Mensagem: O alvo foi atingido, mostre uma imagem do alvo sendo coletado e o som respectivo para alvos coletados;
  - Retorno visual: A imagem do alvo coletado é enviada a um dispositivo visual de saída, como um monitor;
  - Retorno sonoro: O som de alvo coletado é enviado para um dispositivo sonoro de saída, como uma caixa de som.

Além de retorno visual e sonoro existem outros tipos possíveis, como o táctil, que provoca algum estímulo físico no jogador (por exemplo: toque e vibração), o retorno olfativo que reproduz odores e o retorno gustativo, que retorna um sabor. O *I Blue It 4.0 Multimodal* se limitou a retornos visuais e sonoros gerenciados automaticamente pela *engine Unity®*.

## 5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Com a aplicação da arquitetura 123-SGR ao JS para reabilitação respiratória *I Blue It*, foi observado que esta contemplou 10 dos 10 parâmetros de comparação entre arquiteturas (Tabela 5) e gerou um JSMM para a reabilitação respiratória com as funcionalidades de flexibilidade/ equivalência, complementariedade e monitoramento, o *I Blue It 4.0 Multimodal*.

O próximo capítulo expõe os detalhes da adaptação do JS *I Blue It 4.0 Multimodal*, envolvendo implementação de novos DI, comunicação, armazenamento de dados e planilhas para tratamento de sinais e parâmetros.

## 6 IMPLEMENTAÇÃO

Para de fato implementar os ajustes necessários ao JS *I Blue It* 4.0 Multimodal, alguns passos foram cumpridos, incluindo o desenvolvimento de dispositivos incentivadores; criação da comunicação entre estes dispositivos e o JS; armazenamento para todos os dados coletados; implantação de uma planilha para tratamento dos sinais, e; implantação de uma planilha de parâmetros, com as escolhas do terapeuta para fusões de sinais (dados contínuos) dos dispositivos e adaptações a serem executadas durante o jogo. No Apêndice B deste trabalho foram adicionadas também as alterações gráficas realizadas no *I Blue It* 4.0 Multimodal, incluindo telas iniciais, plataforma e minigames.

### 6.1 DISPOSITIVOS INCENTIVADORES (DI)

Os DI desenvolvidos aqui não foram comparados a instrumentos clínicos equivalentes, como descrito no escopo, o funcionamento dos mesmos é suficiente para que sejam usados como incentivadores do JS “*I Blue It*” 4.0 Multimodal. Os DI desenvolvidos foram PITACO (reprodução do criado em Grimes (2018)), MANO-BD, Cinta de Pressão e Oxímetro, vistos a seguir.

#### 6.1.1 DI MANO-BD

Através do manual de construção do PITACO (Figura 53, a) disponibilizado por Grimes (2018), foi possível reproduzir sua construção (Figura 53, b) e a partir do estudo deste DI, criar um DI chamado MANO-BD (Manovacuômetro Bidirecional Digital). O MANO-BD faz a leitura da pressão exercida no DI fechado, pois, diferentemente do PITACO, neste a saída de ar é obstruída, deixando apenas um furo de 1 milímetro para escape (personalizável pelo terapeuta), para evitar que o jogador use a força das bochechas durante os exercícios, em vez da força pulmonar. O funcionamento deste DI se assemelha ao do DI médico manovacuômetro.

O DI MANO-BD é composto de um sensor de pressão absoluta, modelo MPX5700 (Figura 54, a); uma placa arduino para prototipação eletrônica, modelo Uno Revisão 3 (Figura 54, b); a conexão entre sensor e arduino é feita usando cabos *flat* dentro de uma saboneteira (Figura 54, c); um cap PVC plugado a um tubo PVC é o que impede a passagem livre de ar (Figura 54, d). A Figura 54(e) mostra o DI MANO-BD completo, cujo manual está no Apêndice F.

Figura 53 – DI PITACO

(a) PITACO. Fonte: (GRIMES, 2018).



(b) PITACO. Fonte: O próprio autor.



Fonte: O próprio autor.

Figura 54 – DI MANO-BD.

(a) MPX5700.



(b) Arduino Uno.



(c) Conexão.



(d) Cap PVC.



(e) MANO-BD.



Fonte: O próprio autor.

### 6.1.2 DI Cinta de Pressão

A Cinta de Pressão foi criada para medir a pressão exercida pelo tórax, ou abdome do jogador contra a Cinta, durante o uso do jogo. Este equipamento é fixado no tórax e abdome do jogador.

A Cinta é composta por um sensor resistivo de força, modelo FSR402 (Figura 55, a); uma placa arduino, modelo Uno Revisão 3 (Figura 55, b); a conexão entre sensor e arduino é feita usando cabos *flat* dentro de uma lata metálica rígida (Figura 55, c); faixas de algodão com velcro seguram o DI às costas do jogador (Figura 55, d). A Figura 55(e) mostra o DI Cinta de Pressão completo, cujo manual está no Apêndice G.

Figura 55 – DI Cinta de Pressão.

(a) FSR402.



(b) Arduino Uno.



(c) Conexão.



(d) Faixas.



(e) Cinta de Pressão.



Fonte: O próprio autor.

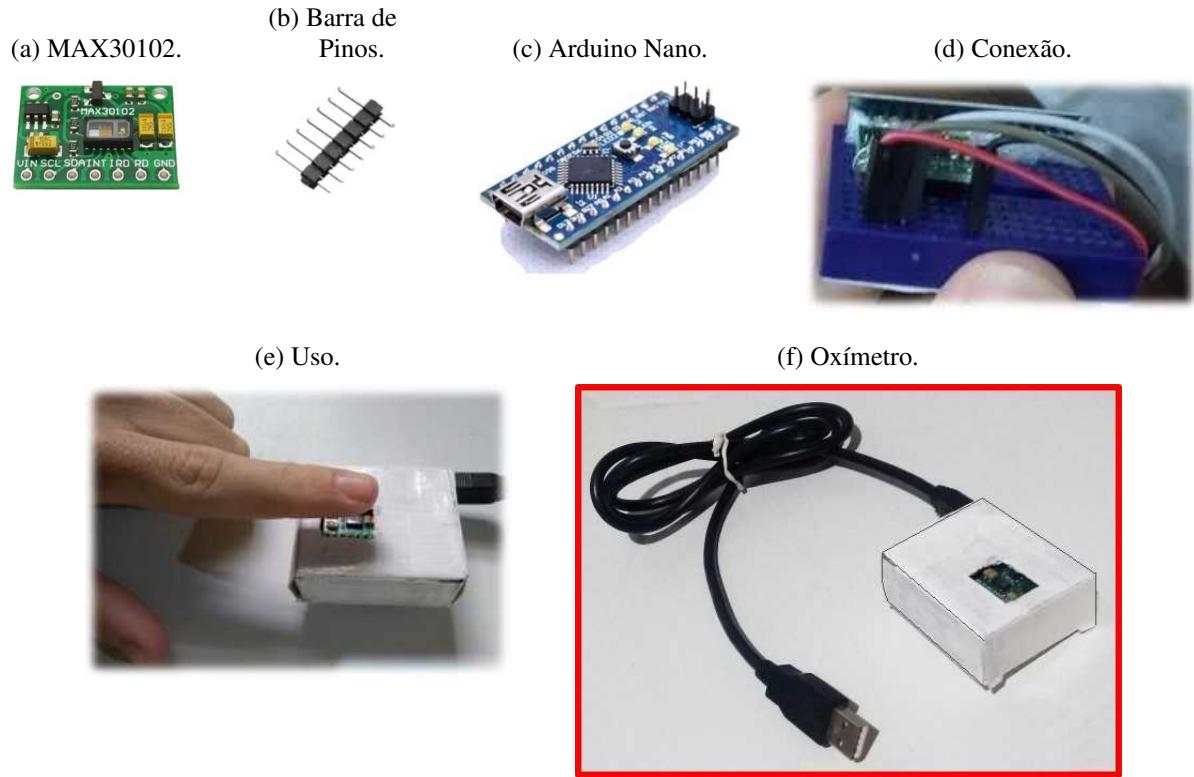
### 6.1.3 DI Oxímetro de Pulso Digital

Foi construído um Oxímetro para medir a saturação da oxigenação sanguínea e a frequência cardíaca do jogador durante o uso do jogo.

O Oxímetro é composto por um sensor de oximetria, modelo Max30102 (Figura 56, a);

uma barra de conexão para soldar o sensor (Figura 56, b); uma placa arduino, modelo Nano Revisão 3 (Figura 56, c); a conexão entre sensor e arduino é feita com cabos *flat* em uma mini *protoboard* de 70 pontos (Figura 56, d); Este equipamento é colocado preferencialmente abaixo de um dos dedos indicadores do jogador (Figura 56, e). A Figura 56(f) mostra o DI Oxímetro completo.

Figura 56 – DI Oxímetro de Pulso Digital.



Fonte: O próprio autor.

## 6.2 COMUNICAÇÃO

A comunicação entre PITACO e o JS *I Blue It* 1.0 é feita através de um *handshake* (aperto de mãos), em que o jogo envia o caractere “e” para todas as portas COM do computador, a placa arduino do PITACO (conectada em alguma delas) recebe o caractere e responde com a palavra “echo”. Após este cumprimento eles estabelecem conexão.

Com a criação de novos DI para o *I Blue It* 4.0 Multimodal, este método de conexão foi alterado. Atualmente o jogo envia o mesmo caractere “e” para todas as portas COM, porém, mais de um DI conectado pode responder e cada um deles responde com uma identificação individual. Segue as identificações para comunicação do jogo com cada dispositivo:

- **echop** = Resposta do DI PITACO;
- **echom** = Resposta do DI MANO-BD;

- **echoc** = Resposta do DI Cinta de Pressão;
- **echox** = Resposta do DI Oxímetro.

O jogo cria então canais paralelos de comunicação com os DI ativos, sem que ocorram interferências, ou perda de dados.

### 6.3 ARMAZENAMENTO DE DADOS

Foram adicionados campos novos no arquivo de cadastro de pacientes para comportar as capacidades medidas por eles com os novos DI.

Também foram criados *scripts* para salvar os dados dos novos DI<sup>1</sup>, tanto para dados gerados quando utilizados na plataforma principal, quanto nos minigames.

### 6.4 PLANILHA DE TRATAMENTO DE SINAIS

O tratamento de sinais previsto na arquitetura 123-SGR foi implementado através de um arquivo em formato CSV (*Comma-Separated Values*) chamado “\_signalTreatment.csv” (mostrado na Figura 57a), porém pode ser aberto em editores de planilha.

Neste arquivo, como mostrado na Figura 57b, é determinado o número de leituras por minuto de cada DI, a ser utilizados pelo JS *I Blue It 4.0 Multimodal*, para conceber as interações. Isto é necessário, pois os DI entregam um número elevado de leituras por minuto, na casa dos milhares, o que não é necessário para que o jogo funcione corretamente e ao limitar esta taxa, o processamento exigido do JS também é reduzido.

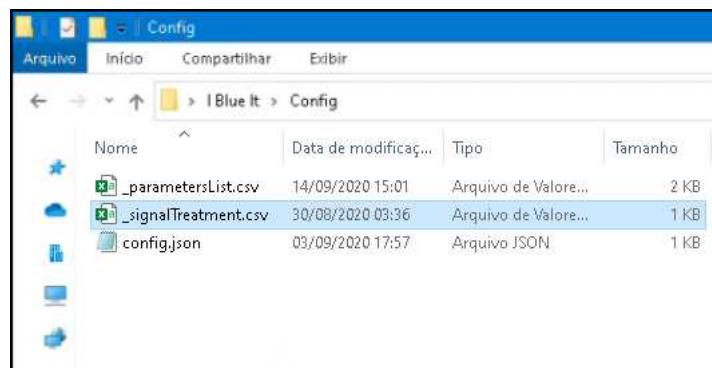
O arquivo é carregado sempre que o JS é iniciado e não existe necessidade de alteração dos valores, a não ser que ocorra algum atraso perceptível nas interações.

---

<sup>1</sup> Os dados destes novos DI foram utilizados no projeto do *I Blue It 3.0 Analytics*, de Santos et al. (2020), em que pacientes e terapeutas começaram a ter acesso *online* aos dados gerados nas sessões por meio de gráficos interativos.

Figura 57 – *I Blue It* 4.0 Multimodal: Tratamento de sinais.

(a) Arquivo \_signalTreatment.



(b) \_signalTreatment - Valores.

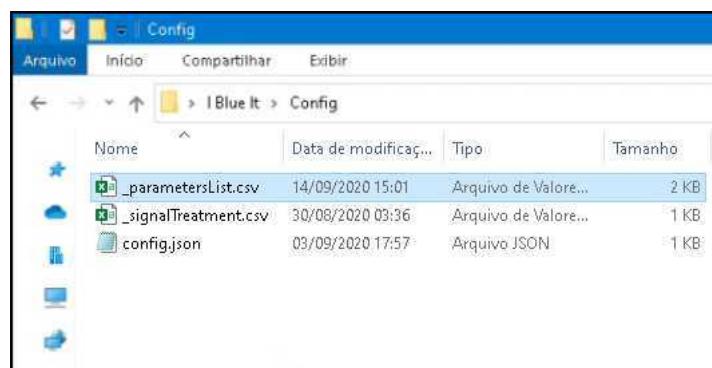
A	B	C	D	E	F
1 Dispositivo	Leituras por Minuto		Legenda		
2 P	500		P = Pitaco		
3 M	500		M = Mano-BD		
4 C	500		C = Cinta de Pressão		
5 O	10		O = Oxímetro		

Fonte: O próprio autor.

## 6.5 PLANILHA DE PARÂMETROS

Antes de utilizar o JS é necessário que a planilha de parâmetros seja preenchida, isto para que os ajustes multimodais tenham efeito. Esta planilha é um arquivo também em formato CSV chamado “\_parametersList.csv” (mostrado na Figura 58).

Figura 58 – Arquivo \_parametersList.



Fonte: O próprio autor.

Primeiro são ajustadas as configurações de fusão, vistas na Figura 59: os quatro DI disponíveis são os descrito neste capítulo, PITACO (P), MANO-BD (M), Cinta de Pressão (C) e Oxímetro (O). A primeira coluna mostra todas as combinações de DI possíveis. Só existe fusão caso mais de um DI esteja conectado ao JS. Caso apenas um DI esteja conectado não é possível ocorrer uma fusão de dados dos sinais.

A fusão dos sinais possui quatro subclassificações, Soma, Subtração, Preferencial e Função. Na Figura 59, a subclassificação **Soma** (célula em azul) determina que na combinação PITACO + Cinta de Pressão (PC) ocorrerá uma soma simples dos sinais destes DI. Na fusão de sinais **Subtração**, o sinal de um DI é subtraído a partir do sinal de outro, no exemplo da Figura 59 (células em vermelho), na combinação MCO, o sinal da Cinta de Pressão é subtraído do MANO-BD, que possui um sinal consideravelmente maior que o da Cinta. No tipo de fusão de sinais **Preferencial** ocorre uma soma de sinais com ponderação (células em verde), onde se escolhe a porcentagem de cada sinal e o resultante é formado por um sinal preferencial e outro auxiliar, na imagem, a combinação PITACO + Cinta de Pressão + Oxímetro (PCO) mostra que o sinal final da fusão é resultado de 70% do sinal do PITACO somado a 30% do sinal da Cinta de Pressão. O Oxímetro não foi considerado nas fusões, pois ele é um DI para monitoramento e as fusões foram desenhadas no *I Blue It 4.0 Multimodal* para ocorrerem somente entre DI de controle. Por fim, na fusão de sinais do tipo **Função** cada sinal possui uma função específica, ainda olhando a Figura 59 (células em amarelo), na combinação MANO-BD + Cinta de Pressão (MC), o DI Cinta de Pressão é responsável pela *função* de captura da inspiração e o DI MANO-BD é responsável pela *função* de captura da expiração.

Figura 59 – *I Blue It 4.0 Multimodal*: \_parametersList - Fusões.

FUSÃO								
Combinacão de Dispositivos	Tipo de Fusao	Subtracao: Dispositivo a suprimir	Preferencial Pitaco (%)	Preferencial Mano (%)	Preferencial Cinta (%)	Funcao: INS	Funcao: EXP	
P	n		0	0	0	0	0	
M	n		0	0	0	0	0	
C	n		0	0	0	0	0	
PC	Soma		0	0	0	0	0	
MC	Funcao		0	0	0	C	M	
PO	n		0	0	0	0	0	
MO	n		0	0	0	0	0	
CO	n		0	0	0	0	0	
PCO	Preferencial		0	70	0	30	0	0
MCO	Subtracao	C		0	0	0	0	0

Fonte: O próprio autor.

Nos parâmetros de adaptação, vistos na Figura 60 é possível determinar as adaptações

que ocorrerão no decorrer do jogo. Aqui também é vista a lista de combinações de DI: cada linha determina as adaptações específicas de cada combinação.

A coluna “Derrotas para adaptação A” determina o número de derrotas necessárias para que ocorram as primeiras adaptações. Caso o número de derrotas desta coluna seja atingido, são reduzidas a altura dos alvos e o tamanho dos obstáculos. Na coluna “Fator de redução da altura dos alvos” é determinado o fator multiplicativo que determinará a altura destes alvos, como exemplo, caso o fator de redução seja 0,75 significa que em um próximo nível jogado a altura dos alvos será 75% da altura original. Na coluna “Fator de redução do tamanho dos obstáculos”, assim como na coluna anterior, é determinado o valor a ser multiplicado para que o tamanho dos obstáculos seja reduzido.

A coluna “Derrotas para adaptação B” é parametrizado o número de derrotas para que ocorra uma segunda adaptação, neste caso é a solicitação de recalibração dos DI, pois este número de derrotas pode significar que as capacidades calibradas anteriormente pelo jogador não estão mais condizentes com suas capacidades atuais.

A coluna “Distância adicional entre objetos” determina a distância no eixo X a mais entre os objetos de jogo. Na coluna “Fator da velocidade dos objetos de jogo” é determinado o fator multiplicativo da velocidade atual, ou seja, os níveis já possuem velocidades pré-definidas, no entanto, para uma combinação de DI específica, pode ser desejável que a velocidade dos objetos seja diferente, deste modo, essa coluna determina um fator de multiplicação da velocidade do nível.

A coluna “Fator de cálculo da pontuação” é onde é determinado o fator multiplicativo da pontuação para alguma combinação de DI desejada. A coluna “Mínimo exigido da Cinta de Pressão” é onde é determinada a porcentagem mínima de uso da Cinta, e este campo só pode ser preenchido para combinações que possuam a Cinta de Pressão. Quando a Cinta é usada o golfinho *Blue* ganha uma nova cor (laranja) e a cor habitual só aparece quando a porcentagem mínima de pressão capturada pela Cinta é atingida.

A coluna “Oxigenação normal mínima” determina a porcentagem mínima em que a saturação do oxigênio capturada pelo Oxímetro é considerada normal; esta coluna só pode ser preenchida em combinações de DI que possuam o Oxímetro; como preenchido no arquivo, caso a saturação esteja com este valor (95%) ou acima (intervalo ótimo), nenhuma adaptação é feita. Na coluna de “Oxigenação regular mínima” é determinada a porcentagem mínima em que a saturação do oxigênio é considerada regular; caso a saturação esteja entre a porcentagem colocada nesta coluna (89%) até a porcentagem mínima de saturação normal (intervalo mediano), o jogo emite um alerta dizendo que a oxigenação está regular e a velocidade do jogo é reduzida em um grau imediatamente, isto no próprio nível em progresso; caso a saturação da oxigenação seja menor que o mínimo de oxigenação regular (baixa oxigenação), o jogo é interrompido imediatamente, então é feita uma interrupção no jogo e é lançado um alerta dizendo que a oxigenação está muito baixa e o jogo não poderá prosseguir.

Figura 60 – *I Blue It 4.0 Multimodal: \_parametersList - Adaptações.*

Combinacao de Dispositivos										
15	Combinacao de Dispositivos	Derrotas p/ Adapt. A (Alt. e Tam.)	Fator de reducao da ALTURA dos Alvos	Fator de reducao do TAMANHO dos Obstaculos	Derrotas p/ Adapt. B (Recalibrar)	Distancia adicional entre Objetos	Fator da velocidade dos objetos de jogo (Alvos e Obstaculos)	Fator de Calculo da Pontuacao	Minimo exigido da Cinta Extensora (%)	Oxigenacao Normal Minima (%)
16										
17 P		1	1	1	2	0	1	1	0	0
18 M		1	1	1	2	0,3	1	2	0	0
19 C		1	1	1	2	0	1	1	0	0
20 PC		1	0,75	0,8	2	0	3	2	75	0
21 MC		1	0,75	0,8	2	0,3	1	2	0	0
22 PO		1	0,75	0,8	2	0	1	1	0	95
23 MO		1	0,75	0,8	2	0,3	2	1	0	95
24 CO		1	0,75	0,8	2	0	1	1	0	95
25 PCO		1	0,75	0,8	2	0	1	2	0	95
26 MCO		1	0,75	0,8	2	0,3	1	2	75	95
27										

Fonte: O próprio autor.

Todos os valores vistos na planilha de parâmetros são valores teste. Valores mais adequados serão definidos por terapeutas que utilizarão o *I Blue It 4.0 Multimodal*. Após lançar novos parâmetros os dados precisam ser salvos para que tenham efeito a partir da próxima execução do JS *I Blue It 4.0 Multimodal*.

## 6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram mostrados detalhes dos DI desenvolvidos, bem como tópicos sobre armazenamento, tratamento de sinais e parâmetros para fusão e adaptação em jogo.

Em sequência, serão mostrados os testes de *software* realizados no *I Blue It 4.0 Multimodal*.

## 7 TESTES DO *I BLUE IT 4.0 MULTIMODAL*

O teste de *software* visa executar o programa de maneira sistemática com o objetivo de encontrar falhas e como consequência, aumentar a confiabilidade do *software* (SILVA FILHO, 2013).

### 7.1 FASES DO TESTE DE *SOFTWARE*

A atividade de teste é dividida em fases com objetivos distintos. Pode-se estabelecer como fases do teste de *software*: o teste de unidade, o teste de integração e o teste de sistemas (DELAMARO, 2007).

- Teste de unidade: tem como foco as menores unidades de um programa, sejam funções, procedimentos, métodos ou classes. Nesse contexto, espera-se que sejam identificados erros relacionados a algoritmos incorretos (semântica), ou erros pontuais de programação (léxicos e sintáticos). Este teste é feito normalmente com o *software* em construção, pois testa unidades isoladas;
- Teste de integração: deve ser realizado após os testes individuais das unidades. À medida que as diversas partes do *software* são colocadas para trabalhar juntas, é preciso verificar se a interação entre elas funciona de maneira adequada e não leva a erros. O teste de integração tende a ser executado também pelo próprio desenvolvedor;
- Teste de sistema: Depois que se tem o sistema completo, com todas as suas partes integradas, inicia-se o teste de sistema. Este teste se divide em duas categorias: os “testes não funcionais”, que avaliam aspectos como performance e robustez; e os “testes funcionais”, que avaliam o *software* segundo o ponto de vista do usuário, em que são projetados cenários de teste e o comportamento das funcionalidades é observado.

Testes funcionais podem ser feitos de forma exaustiva, cenário em que se pode verificar todos os possíveis defeitos. No entanto, pode demandar uma quantidade considerável de tempo e se tornar inviável, ou impraticável. Essa limitação da atividade de teste, impede a afirmação de que falhas não ocorrerão.

### 7.2 EXECUÇÃO DOS TESTES DE *SOFTWARE*

Todos os testes foram realizados apenas pelo autor, devido a impossibilidade de contato com outros indivíduos e do envio dos DI.<sup>1</sup> As inconsistências encontradas nos testes foram investigadas e corrigidas.

---

<sup>1</sup> A impossibilidade de contato presencial se deu pelo fato da etapa de testes ocorrer em paralelo a pandemia de COVID-19 em 2020.

### **7.2.1 I Blue It 4.0 Multimodal - Teste de unidade**

Durante a criação da versão 4.0 do JS *I Blue It* foram testados isoladamente: os códigos arduino dos DI; os anteriores e novos códigos C# do JS *I Blue It*, de forma que os principais são as classes/funções de conexão, classes/funções de armazenamento de dados, classes/funções de calibração, classe de controle do *Player*, classe de pontuação, classe das capacidades respiratórias dos pacientes, classe de cadastro de pacientes, classe de tratamento de sinais, classes/funções de parâmetros (para fusão e adaptação) e objetos de jogo.

### **7.2.2 I Blue It 4.0 Multimodal - Teste de integração**

A cada nova classe implementada, o teste de integração foi aplicado, testando a junção da nova classe com as desenvolvidas anteriormente, como exemplo, as classes de conexão DI/JS, foram testadas a cada novo DI desenvolvido, para saber se todos estavam sendo conectados ao mesmo tempo e sem falhas de dados.

### **7.2.3 I Blue It 4.0 Multimodal - Teste de sistema**

Na fase teste de sistema, este trabalho se focou nos chamados testes funcionais, feitos para atestar que a plataforma do JS *I Blue It* 4.0 Multimodal estava funcionando da maneira esperada, considerando as várias possibilidades de DI. Para isto foi criado um roteiro de testes funcionais, que é visto a seguir.

## **7.3 ROTEIRO DOS TESTES FUNCIONAIS**

Os testes realizados aqui foram precedidos pelo ajuste da planilha de parâmetros, para que as fusões e adaptações fossem aplicadas durante as partidas, de acordo com a combinação de DI. Os dados dos DI e do jogo foram armazenados, mas não passaram por análise. O roteiro de testes foi dividido em três etapas.

### **7.3.1 ETAPA 01: Quanto a Flexibilidade/Equivalecia**

#### **7.3.1.1 I Blue It 4.0 Multimodal + PITACO**

- DI PITACO conectado (O uso apenas de um DI não caracteriza uma interação multimodal, mas uma interação unimodal);
- Fusão: Como não é uma interação multimodal (mais de um DI) não é possível ocorrer uma fusão;
- Adaptação: Somente uma adaptação foi parametrizada para este DI; caso o jogador perca duas partidas seguidas a recalibração do DI é sugerida, pois as capacidades medidas antes do jogo podem não mais estar condizentes com a capacidade atual do jogador;

- Seleção do modo Plataforma;
- Foram jogadas três partidas, uma em cada uma das três fases principais da plataforma, como forma de testar as diferentes jogabilidades:  
Fase 1: Somente alvos;  
Fase 2: Alvos e obstáculos;  
Fase 3: Somente obstáculos;

Os níveis de cada fase foram escolhidos aleatoriamente, sendo eles:

- Fase 1 - Nível 3;
- Fase 2 - Nível 1;
- Fase 3 - Nível 6.

#### *7.3.1.2 I Blue It 4.0 Multimodal + MANO-BD*

- Fusão: Não ocorre fusão (único DI). A pressão absoluta negativa; faz com que o golfinho suba e a pressão absoluta positiva; faz com que desça;
- Adaptação: é adicionado 0.3 de espaçamento entre objetos, para facilitar a respiração; o cálculo da pontuação é multiplicado por dois; quando ocorrem duas derrotas o jogo solicita a recalibração do DI;
- Fases/Níveis selecionados no modo Plataforma:  
Fase 1 - Nível 1;  
Fase 2 - Nível 4;  
Fase 3 - Nível 5.

#### *7.3.1.3 I Blue It 4.0 Multimodal + Cinta de Pressão*

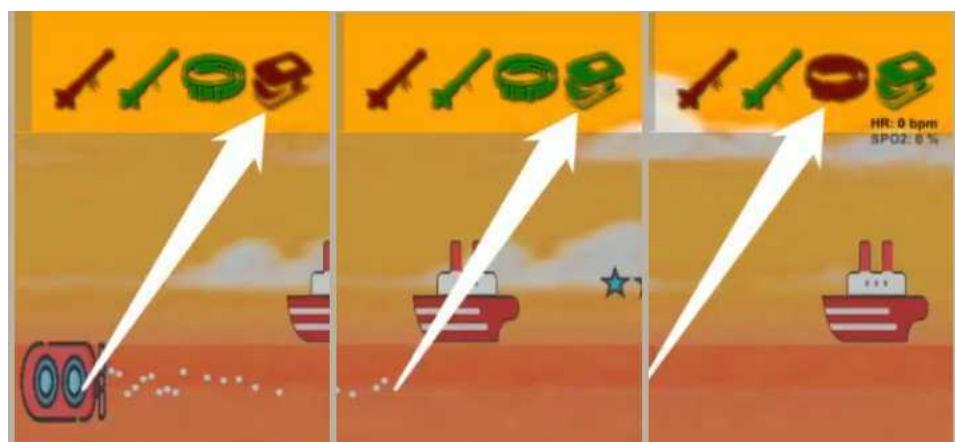
- Fusão: Não ocorre fusão (único DI). A inspiração (pressão positiva crescente) faz com que o golfinho suba e a expiração (pressão positiva decrescente) faz com que desça;
- Adaptação: é determinado o valor mínimo de 75% de pressão a ser atingido pelo jogador com o DI Cinta de Pressão (porcentagem calculada a partir do máximo medido pelo jogador), o golfinho *Blue* adquire coloração laranja sempre que a pressão está abaixo da porcentagem mínima; quando ocorre duas derrotas o jogo solicita a recalibração do DI;
- Fases/Níveis selecionados no modo Plataforma:  
Fase 1 - Nível 7;  
Fase 2 - Nível 2;  
Fase 3 - Nível 9.

#### 7.3.1.4 Trocas de DI

Parte da flexibilidade/ equivalência do JS ocorre ao permitir a inserção ou remoção dos DI no meio de uma partida. A Figura 61 mostra que o MANO-BD e a Cinta de Pressão estão conectados ao jogo, em seguida o Oxímetro foi adicionado, logo após, a Cinta de Pressão foi retirada.

O reconhecimento dos DI é feito de forma automática (*Plug and Play*) e isso ocorre sem prejuízo ao funcionamento do JS.

Figura 61 – Flexibilidade/Equivalência - Troca de DI em execução.



Fonte: O próprio autor

#### 7.3.2 ETAPA 02: Quanto a Complementariedade

##### 7.3.2.1 I Blue It 4.0 Multimodal + PITACO + Cinta de Pressão

- Fusão: Fusão de Sinais do tipo Soma (soma simples de sinais). A interação multimodal com esta fusão exige do jogador certa sincronia de movimentos, pois o mesmo precisa executar a inspiração nos dois DI, puxando o fluxo de ar pelo PITACO e dilatando o tórax, e a soma dos valores dos dois DI faz com que o *Blue* suba. A mesma sincronia ocorre em movimentos de expiração;
- Adaptação: O fator de cálculo da velocidade agora é multiplicado por 3; o fator de cálculo da pontuação é multiplicado por 2; é determinado o valor mínimo de 75% de pressão a ser atingido pelo jogador com o DI Cinta de Pressão, caso não atingido, o golfinho adquire a coloração laranja; caso ocorra 1 derrota a altura dos alvos é decrementada (75%) e o tamanho dos obstáculos também (80%), no entanto esta fase/nível não possui obstáculos, com isso a adaptação para obstáculos não é aplicada; caso ocorram duas derrotas sequenciais o jogo solicita a recalibração dos DI;

- Fases/Níveis selecionados no modo Plataforma:
  - Fase 1 - Nível 1;
  - Fase 2 - Nível 3;
  - Fase 3 - Nível 8.

#### *7.3.2.2 I Blue It 4.0 Multimodal + MANO-BD + Cinta de Pressão*

- Fusão: Fusão de Função, em que cada DI executa uma função diferente da mesma tarefa. No arquivo de parâmetros foi descrito que a Cinta de Pressão é responsável pela inspiração (*Blue sobe*) e o DI MANO-BD pela captação da expiração (*Blue desce*), formando juntos um ciclo de respiração;
- Adaptação: Existe uma distância adicional de 0.3 entre os objetos do jogo; o cálculo da pontuação é multiplicado por 2; não é exigido um mínimo de uso da Cinta de Pressão; caso ocorra 1 derrota a altura dos alvos é decrementada (75%) e o tamanho dos obstáculos também (80%), no entanto esta fase/nível não possui obstáculos, com isso a adaptação para obstáculos não é aplicada; caso ocorram duas derrotas sequenciais o jogo solicita a recalibração dos DI;
- Fases/Níveis selecionados no modo Plataforma:
  - Fase 1 - Nível 6;
  - Fase 2 - Nível 2;
  - Fase 3 - Nível 1.

#### **7.3.3 ETAPA 03: Quanto ao Monitoramento**

O Monitoramento é feito a partir de um ou mais DI de controle (fluxo de dados consciente) e, ao menos um, DI de monitoramento (fluxo de dados inconsciente).

#### *7.3.3.1 I Blue It 4.0 Multimodal + MANO-BD + Oxímetro*

- Fusão: O jogo é controlado pelo DI MANO-BD, e o Oxímetro serve como um leitor fisiológico do jogador. Não existe fusão neste caso, pois as fusões foram desenhadas para ocorrerem apenas entre os DI de controle, porém, de acordo com a arquitetura, seria possível também desenvolver fusões entre mais de um DI de monitoramento;
- Adaptação: Existe distância adicional de 0.3 entre os objetos do jogo; o fator de cálculo da velocidade é multiplicado por 2; Existe uma oxigenação normal mínima de 95%. Caso o jogador apresente níveis abaixo de 95% a velocidade do jogo é reduzida. Caso a saturação do oxigênio fique abaixo de 89%, o jogo é interrompido; com uma derrota, a

altura dos alvos é decrementada (75%) e o tamanho dos obstáculos também (80%); com duas derrotas sequenciais e o jogo solicita a recalibração dos DI;

- Fases/Níveis selecionados no modo Plataforma:

Fase 1 - Nível 4;

Fase 2 - Nível 7;

Fase 3 - Nível 2.

Nos testes, a saturação da oxigenação sanguínea ficou abaixo de 95% (manipulada propositalmente ao parar a respiração por alguns segundos). Neste instante uma interrupção de segurança foi exposta na tela (em amarelo), dizendo que a oxigenação estava abaixo do esperado e que a velocidade do jogo seria reduzida.

Ao continuar o jogo, a saturação da oxigenação sanguínea abaixou ainda mais, chegando a 77%, o que é abaixo dos 89% parametrizados. Neste momento uma outra interrupção de segurança foi ativada (em vermelho) com uma mensagem dizendo que a oxigenação sanguínea estava muito baixa e que o jogo seria interrompido, impedindo a continuidade da partida.

#### 7.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram mostradas as fases do testes de *software* (unidade, integração e sistema). Os testes de sistema aplicados foram os testes funcionais, mostrando as interações entre jogador, os DI desenvolvidos e o JS *I Blue It 4.0 Multimodal*. Ocorreram falhas durante as três fases de teste (Ver Apêndice C), todas foram corrigidas e novamente testadas. Não foram observadas mudanças significativas de interação ao alternar entre os três tipos de fase do jogo (somente alvos, alvos e obstáculos, somente obstáculos). A seguir, é mostrado o processo de avaliação do *I Blue It 4.0 Multimodal*.

## **8 AVALIAÇÃO DO JS I BLUE IT 4.0 MULTIMODAL**

### **8.1 MÉTODO**

Foi feita a avaliação da adaptação do JS para RR *I Blue It* (PdC), não da arquitetura 123-SGR, pela complexidade envolvida na avaliação de uma arquitetura de *software* e pelo tempo exigido para isto. A avaliação entretanto aferiu a percepção dos avaliadores quanto aos conceitos das funcionalidades que a arquitetura 123-SGR enfatiza, bem como a percepção destas funcionalidades presentes no *I Blue It*. A avaliação procurou entender se o *I Blue It* 4.0 Multimodal conseguiu atingir as funcionalidades de flexibilidade/equivaleência, complementariedade e monitoramento, por meio da aplicação de conceitos de SMM e se as funcionalidades podem ajudar pacientes e terapeutas envolvidos com RR; como o JS passou a funcionar com uma ampla gama de (combinações de) dispositivos de controle e monitoramento, então procurou-se também avaliar quais adjetivos definem melhor as combinações.

#### **8.1.1 Questionário Piloto**

Ao todo 5 avaliadores foram contatados via *e-mail* (Ver seção D.1) (2 da área da Saúde e 3 da área Tecnológica, escolhidos desta forma para obter comentários destas duas áreas relacionadas a pesquisa), dos quais 4 responderam (80%). O tempo estimado de preenchimento do questionário foi de 30 min e foi dado um prazo total de 12 dias para avaliação.

Através das respostas, foi constatado e alterado o seguinte:

- As questões não estavam numeradas e para melhor referência do avaliador e análise posterior passaram a ser;
- 1 avaliador se confundiu ao inserir uma nova área de atuação, mesmo sua área já estando listada nas opções pré definidas, então foram evidenciados os termos Saúde e Tecnológica em letras maiúsculas para evitar confusões futuras;
- 2 avaliadores esboçaram dúvidas quanto a troca de dispositivos em tempo de execução, então uma nova imagem e explicação foram adicionadas respondendo a esta questão;
- 1 Avaliador alegou que não ficou clara a importância de se usar 2 ou mais dispositivos simultaneamente. Como ajuste no questionário foi adicionado o seguinte texto: “Acompanhar o processo respiratório é uma tarefa difícil, não se consegue enxergar as estruturas pulmonares funcionando na prática, o que demanda a possibilidade de captura de vários dados sobre o processo, de ângulos diferentes, para que se complemente o entendimento”;
- 2 avaliadores levantaram dúvida sobre o uso do DI Oxímetro (um da Saúde e outro da área Tecnológica), então foi explicado no questionário final, que o dispositivo oxímetro é colocado abaixo do dedo indicador de uma das mãos do jogador. Com ele são medidas

a saturação da oxigenação sanguínea (com adaptação em jogo) e a frequência cardíaca (somente para acompanhamento visual do terapeuta). Foi também inserida uma imagem demonstrando o uso do DI;

- Definições redundantes foram retiradas;
- Quatro perguntas consideradas muito confusas, ou muito óbvias, que poderiam gerar respostas com ruído foram retiradas da versão final do questionário;
- Os critérios de relevância (importante, útil e prático) foram enfatizados e definidos.

### **8.1.2 Questionário Final**

No questionário Final ao todo 399 avaliadores foram contatados, via *e-mail* (Ver seção D.2), sendo estes adquiridos das seguintes fontes: autores dos artigos encontrados no mapeamento sistemático da literatura; autores das áreas de saúde e tecnologia que publicaram no Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2020) e *Symposium on Virtual and Augmented Reality* (SVR 2020), além de fisioterapeutas, fonoaudiólogos e outros contatos e parceiros do grupo de pesquisas Larva.

Dos 399 avaliadores, 27 responderam (6,77%). O tempo estimado de preenchimento do questionário permaneceu em 30 min (divididos de forma intercalada entre vídeos explicativos<sup>1</sup> e perguntas sobre os mesmos) e foi dado um prazo total de 22 dias para avaliação.

### **8.1.3 Estrutura do Questionário**

O questionário de avaliação foi dividido nas seguintes seções:

1. Trabalho desenvolvido e informações iniciais (Apêndice E.1);
2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice E.2);
3. Dados demográficos e área de atuação (Apêndice E.3);
4. O “I Blue It 1.0” (Apêndice E.4);

---

<sup>1</sup> <<https://www.youtube.com/watch?v=xWAc3g-WmZA>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=nf91U1W8rfg>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=keVfevKRGzk>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=Ax5lPyLFG8Y>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=3gTJP812EbA>>  
<[https://www.youtube.com/watch?v=\\_OZa\\_zdSqQg](https://www.youtube.com/watch?v=_OZa_zdSqQg)>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=a1DgtGD245w>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=uWntJJTaRQM>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=uoEzHrcVmBg>>

5. O “I Blue It 4.0 Multimodal” (Apêndice E.5);
6. Interações (Apêndice E.6);
7. Funções do “I Blue It 4.0 Multimodal”: Flexibilidade/Equivalência (Apêndice E.7);
8. Funções do “I Blue It 4.0 Multimodal”: Complementariedade (Apêndice E.8);
9. Funções do “I Blue It 4.0 Multimodal”: Monitoramento (Apêndice E.9);
10. Avaliação das Interações (Apêndice E.10);
11. Avaliação Final (Apêndice E.11);
12. Parâmetros do “I Blue It 4.0 Multimodal” (OPCIONAL) (Apêndice E.12);
13. Agradecimento e Referências (Apêndice E.13).

#### **8.1.4 Questões Objetivas e Discursivas**

Quanto à Interação Multimodal para reabilitação respiratória (considere o uso simultâneo de alguns dos dispositivos apresentados anteriormente). Foi solicitado avaliar as seguintes afirmações, usando escala *Likert* (LIKERT, 1932) de 1 a 5, em ordem crescente de concordância, em que 1 significa “discordo totalmente” e 5 significa “concordo totalmente” (Questão 6).

- (a) É importante<sup>2</sup>.
- (b) É necessária<sup>3</sup>.
- (c) É prática<sup>4</sup>.

As definições destes três termos foram enfatizadas no questionário, pois os termos se repetem e indicam os critérios selecionados. A avaliação destes três termos também é solicitada isoladamente para cada uma das funcionalidades desenvolvidas (Questões 7, 9 e 11).

Algumas combinações de DI, que indicavam cada uma das funcionalidades multimodais, foram apresentadas e questionado sobre a mais útil, a mais desafiadora, mais segura e a mais prática (Questão 13) (inspirada no questionário de Rocha (2015)).

Por fim, questionou-se se o *I Blue It 4.0 Multimodal* beneficia tanto terapeutas respiratórios quanto pacientes (Questão 14), com respostas na escala *Likert*.

Depois das questões objetivas, apresentaram-se questões discursivas sobre cada funcionalidade (Questões 8, 10, 12) e, então, vantagens, desvantagens e demais comentários sobre o JS (Questões 15, 16, 17).

<sup>2</sup> Importante: Que tem mérito; digno de elogio (IMPORTANTE, 2020).

<sup>3</sup> Necessário: Imprescindível; essencial; indispensável (NECESSARIO, 2020).

<sup>4</sup> Prático: De aplicação ou de uso cômodo e fácil (PRÁTICO, 2020).

## 8.2 RESULTADOS

### 8.2.1 Resultados das Questões Objetivas

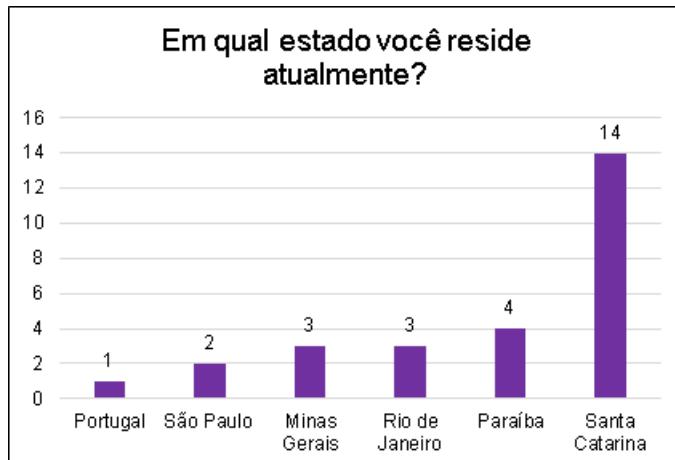
Através de um levantamento demográfico inicial, foi observado que apenas 1 avaliador não reside no Brasil, como visto na Figura 62. E mais da metade (14) deles estão no estado de Santa Catarina, no entanto, 12 responderam de outros estados brasileiros (Figura 63).

Figura 62 – Questão 1. País de residência.



Fonte: O próprio autor.

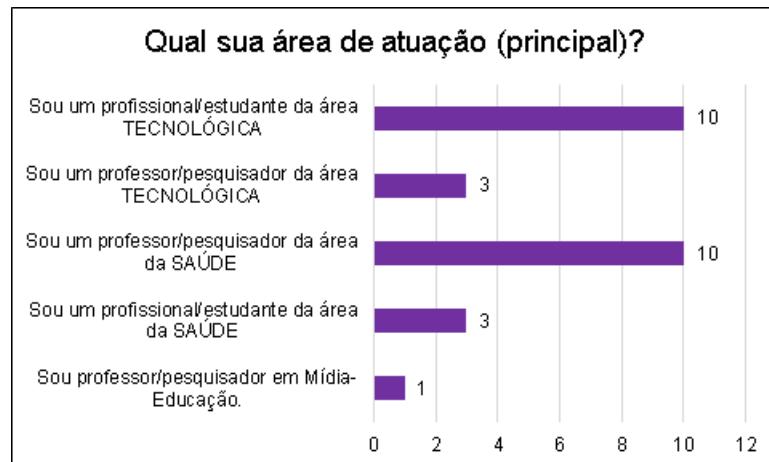
Figura 63 – Questão 2. Estado de residência.



Fonte: O próprio autor.

Houve equivalência entre a quantidade de avaliadores da área tecnológica e da área da saúde, somando 13 cada um e, 1 avaliador pertence a área de Mídia-Educação (Figura 64).

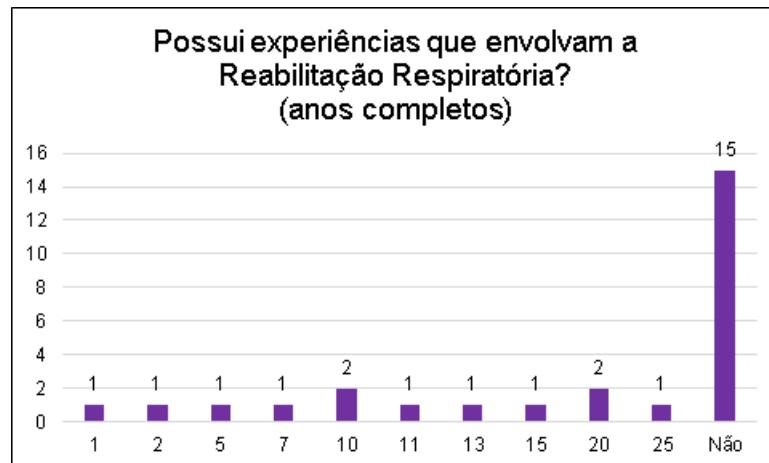
Figura 64 – Questão 3. Área de atuação.



Fonte: O próprio autor.

Quase a metade dos avaliadores (12) têm experiência na área específica de RR, com em média 11 anos de experiência (Figura 65).

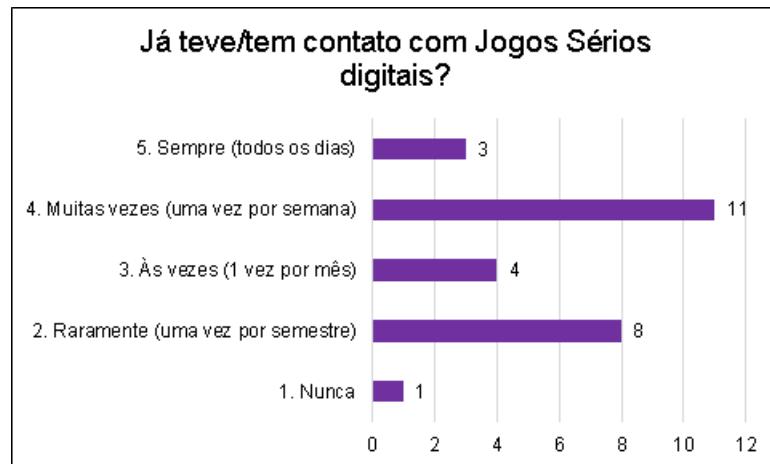
Figura 65 – Questão 4. Experiência em RR (em anos).



Fonte: O próprio autor.

E também cerca da metade dos avaliadores teve ou têm contato frequente com JS (uma vez por semana, ou mais), somando 14 deles, como visto na Figura 66.

Figura 66 – Questão 5. Contato com JS.



Fonte: O próprio autor.

A Tabela 10 mostra medidas estatísticas de tendência das questões objetivas relacionadas a interações multimodais em JS para RR.

- Todas as questões objetivas associadas a interações multimodais em JS para RR (Questões 6, 7, 9 e 11), como um todo ou cada uma das funcionalidades apresentaram avaliação média bem acima do meio da escala (3 = neutro), e todas com valor de moda = 5 (concordo totalmente);
- Também, para estas questões sobre interações multimodais, observou-se um padrão em que o critério importância obteve a melhor avaliação média, seguido da necessidade e, em terceiro, a praticidade;
- A única nota média abaixo de 4 foi atribuída a praticidade da funcionalidade de complementariedade (\*), que, entretanto apresentou o segundo pior valor de desvio padrão;
- Os avaliadores deram as maiores notas médias para a importância tanto do conceito de Interação Multimodal, quanto para a funcionalidade de flexibilidade/equivaleência (\*);
- O menor desvio padrão foi obtido no critério de necessidade de interações multimodais (\*) no âmbito dos JS para RR, indicando maior concordância entre avaliadores e, o maior desvio padrão foi obtido no critério de praticidade da funcionalidade de monitoramento (\*), mostrando divergência entre os avaliadores;
- Em cada questão, os maiores desvios padrão foram obtidos no critério de praticidade, mostrando que este é o critério que mais diverge opiniões.
- De acordo com as notas médias, a funcionalidade menos importante, necessária e prática é a complementariedade, ainda assim, possui elevada concordância;

Tabela 10 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR.

	<b>Questão</b>		<b>Moda</b>	<b>Média [1 – 5]</b>	<b>Desvio Padrão</b>
6 (a)	Interação Multimodal	Importante	5	4,67 *	0,55
6 (b)	Interação Multimodal	Necessária	5	4,52	0,51 *
6 (c)	Interação Multimodal	Prática	5	4,19	0,96
7 (a)	Flexibilidade/Equivalência	Importante	5	4,59 *	0,84
7 (b)	Flexibilidade/Equivalência	Necessária	5	4,37	0,93
7 (c)	Flexibilidade/Equivalência	Prática	5	4,19	1,08
9 (a)	Complementariedade	Importante	5	4,44	1,01
9 (b)	Complementariedade	Necessária	5	4,3	1,03
9 (c)	Complementariedade	Prática	5	3,89 *	1,19
11 (a)	Monitoramento	Importante	5	4,52	1,01
11 (b)	Monitoramento	Necessário	5	4,48	1,01
11 (c)	Monitoramento	Prático	5	4,15	1,2 *

Ao dividir as questões objetivas em respostas de avaliadores pertencentes a área da Saúde (Tabela 11) e pertencentes a área Tecnológica (Tabela 12) tem-se o seguinte:

- a) Os avaliadores da Saúde deram a maior nota média para a importância da funcionalidade de Flexibilidade/Equivalência (\*); já os da área Tecnológica deram a maior nota média para a importância do conceito de Interação Multimodal (\*);
- b) O menor desvio padrão para os avaliadores da Saúde foi também sobre a importância da funcionalidade de Flexibilidade/Equivalência (\*); os da área Tecnológica já concordam mais entre si sobre a necessidade do conceito de Interação Multimodal (\*);
- c) De acordo com as notas médias dos avaliadores da Saúde, o menos importante e necessário é o conceito geral de Interação Multimodal e, a funcionalidade de Complementariedade é a menos prática (\*); para os da área Tecnológica, a menos importante, necessária e prática é a funcionalidade de Complementariedade (\*);
- d) A maior discordância (desvio padrão) entre avaliadores da Saúde foi sobre a praticidade da Complementariedade; enquanto a maior discordância entre os avaliadores da área Tecnológica foi sobre a praticidade do Monitoramento;
- e) É possível identificar também que de forma geral os avaliadores da área da Saúde concordam mais entre si que os avaliadores da área Tecnológica.

Tabela 11 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR.  
Avaliadores da área da Saúde.

		Questão	Moda	Média [1 – 5]	Desvio Padrão
Área da Saúde	6(a)	Interação Multimodal	Importante	5	4,54
	6(b)	Interação Multimodal	Necessária	4	4,46
	6(c)	Interação Multimodal	Prática	5	4,31
	7(a)	Flexibilidade/Equivalência	Importante	5	4,77 *
	7(b)	Flexibilidade/Equivalência	Necessária	4	4,46
	7(c)	Flexibilidade/Equivalência	Prática	5	4,46
	9(a)	Complementariedade	Importante	5	4,69
	9(b)	Complementariedade	Necessária	5	4,62
	9(c)	Complementariedade	Prática	5	4,23 *
	11(a)	Monitoramento	Importante	5	4,69
	11(b)	Monitoramento	Necessário	5	4,69
	11(c)	Monitoramento	Prático	5	4,54

Tabela 12 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR.  
Avaliadores da área Tecnológica.

		Questão	Moda	Média [1 – 5]	Desvio Padrão
Área Tecnológica	6(a)	Interação Multimodal	Importante	5	4,77 *
	6(b)	Interação Multimodal	Necessária	5	4,54
	6(c)	Interação Multimodal	Prática	5	4,23
	7(a)	Flexibilidade/Equivalência	Importante	5	4,38
	7(b)	Flexibilidade/Equivalência	Necessária	5	4,23
	7(c)	Flexibilidade/Equivalência	Prática	5	4,08
	9(a)	Complementariedade	Importante	5	4,15
	9(b)	Complementariedade	Necessária	5	3,92
	9(c)	Complementariedade	Prática	5	3,69 *
	11(a)	Monitoramento	Importante	5	4,31
	11(b)	Monitoramento	Necessário	5	4,23
	11(c)	Monitoramento	Prático	5	3,92

Ao dividir as questões objetivas de outra forma, agora separando as respostas de avaliadores COM experiência em RR (Tabela 13) e avaliadores SEM experiência em RR (Tabela 14) tem-se o seguinte:

- a) Os avaliadores COM experiência em RR deram a maior nota média para a importância do conceito de Interação Multimodal (\*); já os da área Tecnológica deram a maior nota média para a importância da funcionalidade de Flexibilidade/Equivalência (\*);
- b) O menor desvio padrão para os avaliadores COM experiência em RR foi também sobre a importância o conceito de Interação Multimodal (\*); os avaliadores SEM experiência em RR já concordam mais sobre a importância da funcionalidade de Flexibilidade/Equivalência;
- c) De acordo com as notas médias dos avaliadores COM experiência em RR, a menos importante é a funcionalidade de Flexibilidade/Equivalência, as menos necessárias são Flexibilidade/Equivalência e Complementariedade, de forma que esta última também é a menos prática (\*); para os avaliadores SEM experiência em RR, a menos importante, necessária e prática é a funcionalidade de Complementariedade (\*);
- d) As maiores discordâncias (desvio padrão) entre avaliadores COM experiência em RR foi sobre as praticidades tanto da Complementariedade quanto do Monitoramento (\*); enquanto a maior discordância entre os avaliadores SEM experiência em RR foi sobre a praticidade da Complementariedade.
- e) De forma geral os avaliadores SEM experiência em RR concordam mais entre si que os avaliadores COM experiência em RR.

Tabela 13 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR.  
Avaliadores COM experiência em RR.

		Questão	Moda	Média [1 – 5]	Desvio Padrão
COM Experiência em RR	6(a)	Interação Multimodal	Importante	5	4,75 *
	6(b)	Interação Multimodal	Necessária	5	4,58
	6(c)	Interação Multimodal	Prática	5	0,67
	7(a)	Flexibilidade/Equivalência	Importante	5	4,50
	7(b)	Flexibilidade/Equivalência	Necessária	5	1,17
	7(c)	Flexibilidade/Equivalência	Prática	5	1,15
	9(a)	Complementariedade	Importante	5	1,23
	9(b)	Complementariedade	Necessária	5	4,58
	9(c)	Complementariedade	Prática	5	4,33
	11(a)	Monitoramento	Importante	5	1,16
	11(b)	Monitoramento	Necessário	5	4,42
	11(c)	Monitoramento	Prático	5	1,17

Tabela 14 – Questões Objetivas sobre Interações Multimodais em JS para RR.  
Avaliadores SEM experiência em RR.

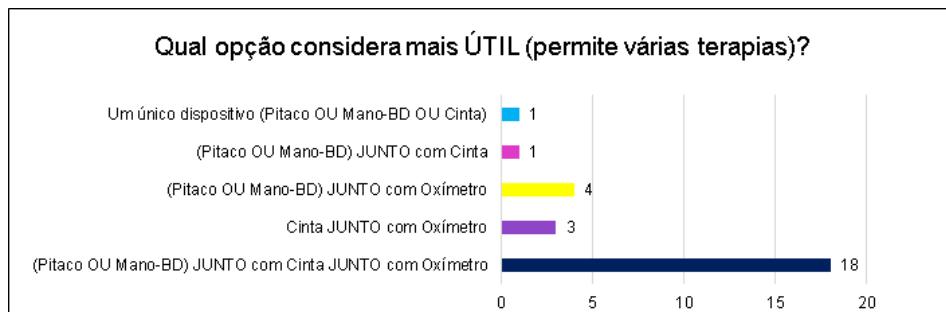
	Questão		Moda	Média [1 – 5]	Desvio Padrão
<b>SEM Experiência em RR</b>	6(a)	Interação Multimodal	Importante	5	4,57
	6(b)	Interação Multimodal	Necessária	4	4,43
	6(c)	Interação Multimodal	Prática	4	4,00
	7(a)	Flexibilidade/Equivalência	Importante	5	4,64 *
	7(b)	Flexibilidade/Equivalência	Necessária	5	4,36
	7(c)	Flexibilidade/Equivalência	Prática	5	4,21
	9(a)	Complementariedade	Importante	5	4,29
	9(b)	Complementariedade	Necessária	5	4,21
	9(c)	Complementariedade	Prática	5	3,86 *
	11(a)	Monitoramento	Importante	5	4,43
	11(b)	Monitoramento	Necessário	5	4,43
	11(c)	Monitoramento	Prático	4	4,07

Na Figura 67, a combinação de dispositivos considerada a mais útil, mas também mais desafiadora e segura foi a opção que indicava claramente as funcionalidades flexibilidade/equivalência (OU) com complementariedade (JUNTO) e monitoramento (oxímetro). Não obstante, esta foi também a opção considerada menos prática pelos avaliadores.

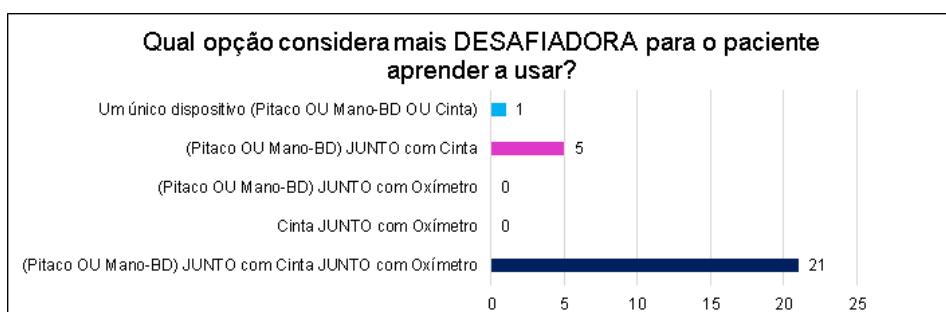
Foi observado ainda que a opção considerada mais prática é a de um único dispositivo. E a interação flexível/complementar entre “(PITACO OU MANO-BD) JUNTO com a Cinta” foi uma das opções menos votadas como útil, a segunda mais desafiadora, a menos segura e a segunda menos prática.

Figura 67 – Questão 13. Impressões a respeito das interações.

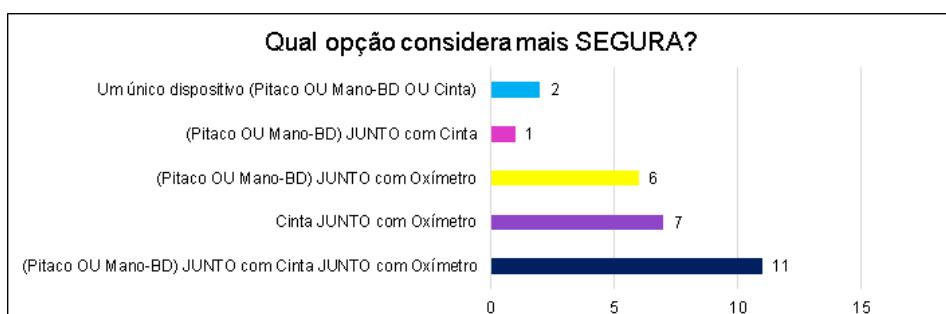
(a) Opção mais ÚTIL.



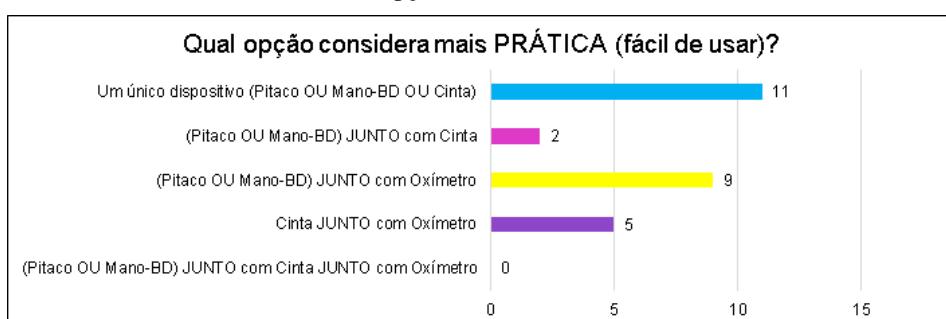
(b) Opção mais DESAFIADORA.



(c) Opção mais SEGURA.



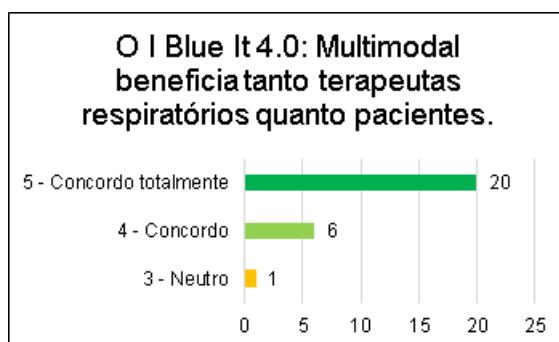
(d) Opção mais PRÁTICA.



Fonte: O próprio autor.

A última questão objetiva mostrou que os avaliadores, em sua ampla maioria, acreditam que o JS *I Blue It 4.0* Multimodal tem o potencial de beneficiar terapeutas respiratórios e pacientes (Figura 68).

Figura 68 – Questão 14. O *I Blue It 4.0 Multimodal* beneficia terapeutas respiratórios e pacientes.



Fonte: O próprio autor.

### 8.2.2 Resultados das Questões Discursivas

Questão 8: Um dos avaliadores (Av01) levantou dúvida a respeito de como o Oxímetro gera dados ao JS, de modo que os dados de construção do DI e comunicação não foram incluídos no questionário. Três outros avaliadores (Av09, Av17 e Av21) elogiaram a funcionalidade de flexibilidade/equivalência e um outro (Av08) levantou dúvidas quanto ao funcionamento dos DI PITACO e MANO-BD, pois segundo ele os DI que não oferecem carga, como equipamentos de mercado como *Respiron* e *Voldyne* são ineficazes para RR, sua dúvida é se existe ou não carga nos DI desenvolvidos.

Questão 10: O avaliador Av01 levantou dúvidas quanto a sincronia entre inspiração e expiração na interação MANO-BD e Cinta com Fusão de Função. O avaliador Av03 perguntou se a placa de prototipação arduino foi utilizada na conexão entre DI e I Blue It 4.0 Multimodal. O avaliador Av08 levantou novamente a necessidade de carga em DI para RR e sua dúvida sobre os desenvolvidos neste trabalho. O avaliador Av21 considerou interessante a funcionalidade.

Questão 12: O avaliador Av01 notou que a frequência cardíaca não foi utilizada de forma ativa para monitoramento e segurança do jogador, apenas como um dado a ser visualizado na tela. Notou também que a Cinta poderia ser usada para monitorar a frequência respiratória do jogador. O avaliador Av02 elogiou a possibilidade de acoplamento de um oxímetro ao JS.

As questões finais 15, 16 e 17 foram perguntas obrigatórias, deste modo, todos os 27 avaliadores as responderam.

Questão 15: Foram extraídos os principais pontos positivos/vantagens do JS *I Blue It 4.0 Multimodal*. A Tabela 15 mostra os relatos dos avaliadores, de modo que os pontos semelhantes foram agrupados. A tabela foi ordenada de forma decrescente, indo do ponto Positivo/Vantagem mais citado, até o menos citado.

Tabela 15 – Pontos Positivos/Vantagens - Questão 15

<b>Pontos Positivos/Vantagens</b>	<b>Qtd. Avaliad.</b>	<b>Avaliadores</b>
Monitoramento/segurança do jogador	11	Av01, Av02, Av05, Av08, Av11, Av12, Av15, Av16, Av17, Av23 e Av24
Opções variadas de interação	6	Av01, Av03, Av08, Av20, Av22 e, Av25
Praticidade no uso do sistema	6	Av05, Av09, Av14, Av15, Av25 e Av26
Eficácia do tratamento	6	Av15, Av16, Av17, Av18, Av19 e Av20
Adaptação dinâmica de acordo com o jogador/leituras	6	Av02, Av03, Av18, Av21, Av23 e Av27
Ludicidade no tratamento	5	Av07, Av17, Av18, Av20 e Av25
Flexibilidade/versatilidade de controles	4	Av01, Av05, Av14 e Av24
Diversidade de tipos de sinais (informações diferentes)	3	Av02, Av11 e Av24
Aplicabilidade em várias terapias	3	Av07, Av10 e Av27
Relevância para a área de RR	3	Av13, Av24 e Av27
Integração de sinais (complementariedade)	1	Av04
Rápida aprendizagem do uso e dos objetivos do JS	1	Av06
Baixo custo dos dispositivos	1	Av09
Interface amigável	1	Av09
Acessibilidade a vários públicos	1	Av13
Atratividade do sistema	1	Av16
Precisão do sistema	1	Av21
Preocupação com o jogador	1	Av21
Sistema e dispositivos inovadores	1	Av26

Questão 16: Os pontos negativos/desvantagens apontados pelos avaliadores foram incorporados na Tabela 16. Por serem citados diversos pontos diferentes, vários deles com significados semelhantes, decidiu-se então pela criação de categorias que uniam pontos semelhantes e facilitavam o entendimento (o que não foi necessário na Tabela 15). As categorias criadas são: Uso dos DI; Custo/Montagem/Manutenção dos DI; Melhorias Visuais e de Contexto; Uso do JS; Sugestões e; Relacionado ao Questionário. Cada categoria foi ordenada de forma decrescente, indo do ponto Negativo/Desvantagem mais citado, até o menos citado.

Tabela 16 – Pontos Negativos/Desvantagens - Questão 16

<b>Pontos Negativos/Desvantagens</b>	<b>Qty. Avaliad.</b>	<b>Avaliadores</b>
<b>Uso dos DI (17 respostas)</b>		
Complexidade de uso entre DI/Sistema	4	Av03, Av05, Av18, Av21
Confusão com muitos controles	2	Av01 e Av11
Cinta ser exclusivamente torácica, abdominal seria melhor	1	Av02
DI sem carga/esforço não é funcional	1	Av08
Dificuldade de adaptação/capacitação de jogador/terapeuta	1	Av15
Falta clipe nasal, os DI podem permitir escape de ar pela boca	1	Av08
Falta conforto	1	Av12
Falta praticidade	1	Av12
Falta validação das medidas dos DI	1	Av01
Os DI precisam ser mais compactos	1	Av16
Usabilidade do oxímetro (é difícil manter o dedo fixo)	1	Av21
Vídeos deram impressão de equipamentos descalibrados	1	Av04
<b>Custo/Montagem/Manutenção dos DI (7 respostas)</b>		
Custo dos DI pode ser uma desvantagem	2	Av06 e Av15
Montagem dos DI pode ser um problema	2	Av03 e Av20
Qualidade dos DI parece ser um ponto negativo	2	Av03 e Av18
Manutenção dos DI pode ser um problema	1	Av20
<b>Melhorias Visuais e de Contexto (6 respostas)</b>		
Aplicação não possui uma identidade visual	3	Av04, Av16 e Av26
Pouca diversidade de cenários	3	Av05, Av20 e Av21
Jogo incompatível com atividade/tarefa	1	Av04
Restrição etária	1	Av05
<b>Uso do JS (9 respostas)</b>		

<i>Feedbacks</i> mais claros e objetivos.	3	Av22, Av11 e Av27
Aplicabilidade não está clara	1	Av18
Exercícios muito rápidos	1	Av07
Faltam limites pressóricos mínimos, antes de gerar movimento	1	Av23
Instruções/tutoriais confusos	1	Av04
Muitos DI, muitos dados e poucos processos automáticos (precisa de muita intervenção)	1	Av17
<b>Sugestões (5 respostas)</b>		
Poderia haver monitoramento de outros sinais	2	Av24 e Av23
Ajuste da terapia pelo sistema, não por planilha	1	Av01
Os DI poderiam funcionar sem fio	1	Av24
<b>Relacionado ao Questionário (2 respostas)</b>		
Barulho irritante nos vídeos	1	Av14
Riscos ao jogador não ficaram claros no questionário	1	Av13

Questão 17: Comentários, dúvidas, críticas e/ou sugestões sobre o *I Blue It 4.0* Multimodal foram expostos nesta questão, de modo que os avaliadores puderam discorrer mais detalhadamente sobre os pontos citados nas perguntas anteriores e/ou levantar observações.

- 14 dos avaliadores fizeram elogios ao trabalho e suas contribuições; inclusive destacaram que a integração com os diversos DI ficou satisfatória;
- 3 avaliadores apontaram a necessidade de se aperfeiçoar a arte gráfica do JS;
- 1 avaliador levantou a possibilidade de se adicionar um tensiómetro integrado, para monitoramento da pressão arterial;
- 1 avaliador alega que pelo que entende sobre RR, há necessidade constante e permanente de aprimoramento respiratório, e o sentimento de monotonia associado ao sucesso recorrente pode gerar baixa motivação e engajamento e, também reforçar uma sensação de baixa necessidade da continuidade do tratamento;
- 1 dos avaliadores sugeriu a procura de trabalhos que mostrem a ineficácia do uso de incentivadores respiratórios “sem carga” (como o Respirom®<sup>®</sup>, Voldyne®<sup>®</sup>, Cliniflo®<sup>®</sup>, etc) para a reabilitação pulmonar;

- Um outro avaliador apontou a necessidade de deixar todo o sistema (DI+JS) mais confortável e prático;
- Por fim, outro avaliador mencionou que as contribuições de cada modalidade do JS desenvolvido não ficaram claras pelo questionário e apontou as seguintes perguntas :
  - É possível relacionar cada uma das modalidades, diretamente, a alguma doença respiratória já existente?
  - A resultado para o paciente é melhor quando todas as modalidades são jogadas?
  - Como são as terapias tradicionais?

### 8.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Por meio da avaliação do JS *I Blue It 4.0 Multimodal* foi possível entender questões objetivas, como exemplo, se o JS conseguiu obter as três funcionalidades principais objetivadas pela arquitetura, o que foi respondido positivamente; ou questões subjetivas, como pontos positivos, negativos e sugestões. O próximo capítulo relata as discussões levantadas no decorrer de toda a pesquisa.

## 9 DISCUSSÕES

Este foi um trabalho que demandou estudos em várias subáreas da computação, engenharia elétrica e saúde. Na computação envolveu estudos sobre arquiteturas de *software*, IHC (interfaces, interação multimodal), desenvolvimento de *software* (*Unity*, C# e C) e testes de *software*; na engenharia elétrica envolveu estudos sobre sensores, resistores e prototipação; Na saúde envolveu estudos sobre reabilitação com variados focos e aprofundamento na área da reabilitação respiratória por ser a prova de conceito da arquitetura 123-SGR e, ainda estudos sobre a fisiologia humana. A seguir são feitas discussões sobre as percepções, implicações e lampejos resultantes deste trabalho.

### 9.1 SOBRE O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA (MSL)

O objetivo principal deste MSL foi saber como os JSMM para reabilitação estão sendo construídos. Possivelmente, uma frase de busca (subseção A.2.2) que contivesse as palavras “*architecture*”, ou “*conceptual framework*”, retornaria menos resultados nos MBA selecionados, possibilitando a busca em mais alguns MBA (como *Directory of Open Access Journals* (DOAJ) e *Engineering Village*) e isto poderia auxiliar na busca por JSMM para reabilitação que já se utilizassem de arquiteturas de *software* conhecidas, enriquecendo o estudo de arquiteturas, de modo que a busca por entorno, ou *ad-hoc* não fossem mais necessárias. No entanto, os MBA possuem quantidades de termos e operadores limitados, de modo que algum outro termo ficaria fora da pesquisa, o que talvez impedisse a coleta de algumas informações. De modo geral, a busca realizada usou termos abrangentes e foram encontrados resultados substanciais sobre os jogos indexados nos MBA (os que cumpriram os critérios de busca). Uma contribuição relevante em especial é que a maioria dos JS selecionados foram encontrados no MBA *PubMed*.

A maioria dos jogos observados no MSL, se utilizaram de interações multimodais para conseguir a funcionalidade de complementariedade (Figura 22), isto leva a entender que a complementariedade já vem sendo considerada importante pelos autores a alguns anos. Em contra partida, na avaliação do *I Blue It 4.0 Multimodal* esta foi a funcionalidade considerada a menos importante, necessária e prática pelos avaliadores<sup>1</sup> (Tabela 10), o que pode ser devido a falta de uma avaliação prática do JS desenvolvido, o que restringe o poder de explicação da funcionalidade.

Nos trabalhos encontrados, os JSMM para reabilitação exigem movimentos dos membros, da voz, da respiração e ainda uma série de outros meios com dispositivos incomuns (diferentes de mouse e teclado). Colocando este fato sobre a perspectiva da flexibilidade/equivalência, as muitas maneiras não convencionais de se controlar um jogo, para algumas pessoas com patologias incapacitantes, podem significar as únicas formas possíveis de acesso ao jogo/terapia, amparando

---

<sup>1</sup> Menos importante necessária e prática, porém, ainda com avaliações altamente positivas, sendo elas 4,44, 4,3 e 3,89 respectivamente de um máximo de 5.

casos que não são assistidos normalmente. Isto portanto, pode ser visto como uma limitação cujos SMM ajudam a resolver.

No MSL foram pesquisados JS englobando todos os tipos de reabilitação, não somente física, mas também cognitiva e comportamental (Figura 25). Comparando este levantamento com o de Rego (2017) (Figura 8), é visto que o desta pesquisa encontrou alguns focos de reabilitação física a mais, como da fala e respiratória, além de focos a mais de reabilitação comportamental, como obesidade e *stress*. Este resultado mostra pontos positivos ao se ter decidido executar uma nova pesquisa sistemática. Decisão tomada porque a pesquisa de Rego (2017) não tratou especificamente de JS usando interações multimodais para reabilitação e também não seguiu um, ou não detalhou seu protocolo de busca e triagem de artigos.

Mesmo existindo ferramentas para auxiliar na criação de SMM, os autores continuam criando mais arquiteturas (Figura 23), o que pode demonstrar que as ferramentas só podem auxiliar na construção de uma ideia/estrutura de sistema já formada, mas não mostrar o que construir, elementos necessários para suprir as carências da criação de JS, ou da reabilitação. Como síntese, as ferramentas têm os “comos”, mas não têm os “o quês”, os “porquês”, os “ondes” e os “quandos”. Isto pode induzir a interpretação de que é fundamental a criação de arquiteturas focadas, que direcionem a construção de *softwares* com especificidades não atendidas.

## 9.2 SOBRE OS TESTES DO *I BLUE IT 4.0 MULTIMODAL*

Nos testes de unidade, integração e sistema (funcionais) iniciais ocorreram falhas de conexão, de dados, atraso na movimentação do *Blue*, erros na captura de alvos, dentre outros, porém, ocorreram diversas correções e nos testes funcionais finais tudo funcionou no JS da forma esperada.

Nos testes funcionais de sistema, o *I Blue It 4.0 Multimodal* se mostrou flexível, permitindo o uso individual de DI distintos como controle, criando mais possibilidades de promoção da reabilitação respiratória. Foi observado que o DI Cinta de Pressão pode se mover no corpo do jogador mesmo sem manipulação proposital e a calibração da pressão feita antes do jogo pode perder precisão, pois ao inspirar com uma cinta rígida a mesma pode se deslocar, como ocorreu, ou cair, impossibilitando a jogabilidade, interrompendo os exercícios terapêuticos e obrigando uma nova calibração.

A fusão para complementariedade PITACO + Cinta, por precisar de sincronia nos movimentos, exige um período de adequação do jogador. Já a fusão para complementariedade MANO-BD + Cinta, pelo fato do DI MANO-BD permitir passagem mínima de ar, o jogador precisa de um período de adequação ainda maior, para poder sincronizar os movimentos dos dois DI e ainda conseguir intercalar com respirações fora do MANO-BD. Nos testes, esta combinação ganhou parametrização para realizar uma fusão de sinais do tipo função, e pela diferença nas curvas de medição dos DI (MANO-BD e Cinta), a movimentação do *Blue* se mostrou pouco fluida no centro da tela, local onde ocorre a troca entre os DI de controle (INS/EXP).

Todas as adaptações (mecânicas, dinâmicas e estéticas) funcionaram corretamente, porém decrementar altura de alvos, tamanho de obstáculos e velocidade interfere diretamente na progressão da dificuldade do jogo e por consequência na progressão da terapia respiratória, então ativar/ajustar estes parâmetros de adaptação, também exige a análise crítica de um terapeuta, assim como a determinação das combinações multimodais a serem usadas.

### 9.3 SOBRE A ARQUITETURA 123-SGR

A arquitetura 123-SGR, assim como descrita no Capítulo 4, serve como um guia, um *checklist* de elementos a serem planejados e desenvolvidos. Um fato importante a se salientar é que cada grupo a ser reabilitado (AVC, idosos, síndrome de Down, etc), e cada foco da reabilitação física (motora, respiratória, voz, etc) tem suas particularidades e a arquitetura 123-SGR foi criada para se ajustar, pois deixa espaço para que sejam escolhidos os dispositivos adequados, as combinações de dispositivos apropriadas, além de toda a parametrização dos limiares de adaptação, que estão disponíveis para que um terapeuta personalize seu programa de tratamento da melhor forma.

As funcionalidades destacadas na arquitetura são representações das propriedades CARE<sup>2</sup> com aplicação específica nos JS para reabilitação física. No entanto, para estes JS e área determinados, são enxergadas composições não descritas pelas propriedades CARE:

- A funcionalidade flexibilidade/equivalência é vista não só como a propriedade de Equivalência, que seleciona entre uma ou outra(s) modalidade(s), a funcionalidade fornece esta possibilidade, mas também determina que a aplicação pode ser flexível o suficiente para perder ou ganhar modalidades em tempo de execução e continuar em funcionamento pleno;
- A funcionalidade de complementariedade não só permite a fusão de modalidades diferentes (como a propriedade descreve), mas determina que pode-se fazê-la de N formas diferentes, inclusive sob a tutela de equações matemáticas (+, -, \*, /, potenciação, ponderação, porcentagem, resto, módulo e etc), ou ainda, dando partes de uma mesma tarefa a cada modalidade;
- As propriedades de Atribuição e Redundância (CARE) também são contempladas pela arquitetura 123-SGR, no entanto não tiveram suas funcionalidades destacadas nos JS para a área da reabilitação física, pois a Atribuição (uma faz tarefa A, outra faz tarefa B<sup>3</sup>) é habitualmente implementada em *softwares* em geral e não permite diversidade de possibilidades (já que não realiza fusão), um exemplo típico de Atribuição que ocorre em diversos sistemas é composto pelo dispositivo *mouse*, normalmente usado para clicar em

<sup>2</sup> Ver seção 2.1 para mais detalhes sobre as propriedades CARE.

<sup>3</sup> Observar Tabela 1 para mais informações sobre diferenças entre as propriedades CARE.

botões/menus e o dispositivo teclado para gerar texto em campos de escrita. Já a Redundância foi interpretada como uma propriedade para aumentar a confiança dos *softwares*, de modo que realiza fusão, porém, não se complementa informações (não se chega a informações mais completas que não sejam conseguidas com modalidades/dispositivos individuais), por este motivo também não ganhou destaque dentre as funcionalidades;

- O Monitoramento é uma funcionalidade pensada especificamente para a reabilitação física a partir de JS, pois ao exigir exercício físico, pode ocorrer um esforço excessivo que não seja perceptível sem o uso de sensores fisiológicos. Considerada individualmente a mais necessária pelos avaliadores (após o conceito geral de Interação Multimodal) (Tabela 10), esta funcionalidade pode ser conseguida através de qualquer uma das quatro propriedades CARE: pela Equivalência, se escolhendo entre um e outro dispositivo<sup>4</sup> com a mesma capacidade de leitura; pela Atribuição, mais de um dispositivo, cada um com uma tarefa diferente; pela Redundância, dispositivos iguais com dados unidos de forma contingente e; pela Complementariedade, dispositivos diferentes que se complementam para se ter uma informação mais completa sobre o estado fisiológico do jogador.

Todas as propriedades CARE são contempladas pela arquitetura 123-SGR, mas além disso, outro diferencial é todas elas podem ser empregadas tanto no fluxo de interação consciente, quanto no inconsciente.

Trabalhar com uma arquitetura que incorpora conceitos de SMM se mostrou um desafio, pois existem diversos conceitos, possibilidades e variáveis a se entender antes de projetá-la.

#### 9.4 SOBRE O *I BLUE IT* 4.0 MULTIMODAL

A adaptação do JS *I Blue It* se mostrou um desafio. O fato de ele ser um jogo já pronto, que não foi projetado para ser multimodal desde o seu projeto tornou a tarefa ainda mais difícil. Esta dificuldade deixa evidente que uma implementação que leve em conta a multimodalidade de interações desde o começo parece ser menos custosa que uma adaptação *a posteriori*. Mas, para isso é preciso um planejamento adequado e específico, o qual uma arquitetura como a 123-SGR passa a ser uma opção.

No *I Blue It* 4.0 Multimodal existe, uma diversidade limitada de opções de interação, o que possibilitou a adaptação do JS sem ferramentas de auxílio à construção de SMM. Esta PdC visou mostrar a aplicabilidade da arquitetura 123-SGR e mostrar os recursos obtidos aos terapeutas (independentemente se codificados no *software* ou interpretados por um compilador/ferramenta específicos para SMM). Como exemplo, acredita-se que uma linguagem para modelagem de diálogo multimodal (Tabela 2) poderia levar complexidade ao terapeuta, então a escolha das combinações multimodais, gatilhos e ações foram projetados em um arquivo de parâmetros “CSV”, aberto em editores de planilha, como uma forma de simplificar o processo.

---

<sup>4</sup> Neste contexto, um dispositivo é visto como um invólucro somado de um ou mais sensores.

A parametrização das taxas de oxigenação ótima e regular exigem a análise de um terapeuta. Por outro lado, foi notado que a baixa saturação da oxigenação sempre está criando reforços negativos para o jogador (pausas e alertas em tela), ao passo que poderiam ser implementados reforços positivos quando as taxas estiverem em níveis bons. Como exemplo, para alguns pacientes as taxas consideradas normais estão abaixo das taxas normais de pessoas típicas<sup>5</sup> e caso a saturação destas pessoas atinja níveis acima do esperado, haverá indícios positivos para estes pacientes, refletidos nos *feedbacks* também positivos.

As fusões de modalidades de entrada aplicadas no *I Blue It 4.0 Multimodal* foram feitas apenas em nível de dados. Poderiam também ser criadas fusões em nível de característica, como para detectar respiração abdomino-diafragmática, através de uma fusão complementar de características entre (PITACO OU MANO-BD) + Cinta de Pressão (acoplada ao abdome do jogador), como mostrado nas possibilidades da Tabela 9, pois, como visto na subseção 2.3.1.3, a respiração abdomino-diafragmática é uma das práticas reconhecidas para melhorar as funções respiratórias. A adaptação desenvolvida no *I Blue It 4.0 Multimodal* para mostrar a pressão exercida na Cinta de Pressão é obtida através do parâmetro “porcentagem mínima de uso da Cinta” (que não é uma fusão). Esta adaptação altera a cor do *Blue* para laranja caso não seja atingida a porcentagem mínima estipulada pelo terapeuta, no entanto, nada impede que o jogador expanda o abdome sem de fato estar inspirando da forma solicitada, somente para conseguir melhor jogabilidade e progressão no jogo, de modo que talvez, alcançar a informação da respiração abdomino-diafragmática por meio de uma fusão em nível de característica produza resultados mais satisfatórios.

Na aplicação da 123-SGR ao *I Blue It*, a fissão foi gerenciada somente pela *engine Unity®*, esboçando retornos (*feedbacks*) visuais e sonoros. Caso o módulo de fissão fosse construído manualmente, o perfil do jogador poderia avisá-lo, como exemplo, sobre a existência de alguma deficiência auditiva (por exemplo: incapacidade de ouvir sons agudos), de forma que o módulo retornasse sons graves. No *I Blue It 4.0 Multimodal*, o perfil também não foi usado para fornecer informações ao componente “Estética”, por exemplo, informando a ele sobre uma deficiência visual (por exemplo: daltonismo) e influenciar nas cores exibidas pelo JS.

## 9.5 SOBRE A AVALIAÇÃO

Sobre a avaliação do *I Blue It 4.0 Multimodal*, acredita-se que se realizada presencialmente poderia gerar contribuições mais ricas, em que os avaliadores seriam capazes de jogar o JS e utilizar os DI, no entanto, circunstância atípicas (pandemia da COVID-19) não permitiram esta forma de avaliação e foi necessário adaptar o método a um formato acessível, que culminou na gravação de vídeos demonstrativos e criação do questionário avaliativo (Apêndice E), que ainda assim gerou valiosas análises.

O questionário foi criado via Google Forms®, e nele foi adicionada documentação

---

<sup>5</sup> Consideradas neste contexto, como pessoas que não possuam restrições que afetem sua oxigenação sanguínea.

complementar em formato de vídeos que fica como produto do projeto e também para consultas futuras. Não foi empregado nenhum mecanismo que obrigasse o avaliador a clicar nos vídeos, nem assistisse até o fim, o que pode ter influenciado no surgimento de algumas dúvidas/comentários já explicados em vídeo, deste modo, é visto como de grande auxílio o uso de tecnologias que permitam esse controle. Como contraponto, esta forma de avaliação permitiu alcançar mais avaliadores do que em uma avaliação presencial.

Houve baixo número de respondentes, apesar de que, pelos comentários feitos, muitos destes avaliadores se dedicaram a avaliação.

Os dados gerais mostram fortemente que os SMM e suas funcionalidades (incluindo a de monitoramento) foram muito apreciadas (Tabela 10) por profissionais de todas as áreas. Esta constatação indica que JSMM para reabilitação física devam ser mais explorados e, para isso, uma arquitetura como a 123-SGR vem para facilitar a concepção e desenvolvimento de novos JS. Concepção pois acaba por ressaltar funcionalidades que os profissionais valorizam e, desenvolvimento pois a arquitetura orienta em como alcançar as respectivas funcionalidades.

Ao dividir as respostas objetivas entre obtidas de avaliadores da área da Saúde (Tabela 11) e da área Tecnológica (Tabela 12), todas as avaliações médias de ambos os grupos ficaram acima de 3,6 (escala de 1 a 5), caracterizando concordância positiva. Para os avaliadores da área da Saúde a funcionalidade mais importante foi a Flexibilidade/Equivalência, o que pode ser devido a visão que possuem dos vários públicos alvo de reabilitação que se beneficiam de formas diferentes e equivalentes de controle/monitoramento. Já os avaliadores da área Tecnológica consideraram o conceito geral de Interação Multimodal como o mais importante, o que pode ser visto como um conceito mais facilmente ligado a sistemas computacionais em geral e que pode ter levado estes avaliadores desta área a perceber melhor seu potencial.

Para os avaliadores da área da Saúde o conceito de Interação Multimodal é o menos importante e necessário, talvez por representar um conceito geral de interação, que não mostra aplicabilidade prática, o que parece algo crucial para os avaliadores desta área. A funcionalidade menos importante e necessária para os avaliadores da área Tecnológica é a Complementariedade, possivelmente por não enxergarem a necessidade terapêutica do complemento de informações em um processo de reabilitação.

Segundo as notas médias, os avaliadores dos dois grupos entraram em consenso ao avaliar que a Complementariedade foi a funcionalidade menos prática, já que exige sincronização de movimentos entre mais de um DI, o que pode acarretar em dificuldades de controle e adaptação.

O maior desvio padrão entre as respostas dos avaliadores da área da Saúde é em relação a praticidade da Complementariedade, possivelmente porquê, os avaliadores neste grupo se subdividem em diversas subáreas, como fisioterapia respiratória, fisioterapia motora, médicos, fonoaudiólogos e etc, e mesmo entre eles existem visões e experiências diferentes. Já o maior desvio padrão entre as respostas dos avaliadores da área Tecnológica se deu sobre a praticidade do Monitoramento, o que pode ser devido a visão mais acurada sobre o sensor usado no DI Oxímetro e sua condição de melhor leitura que obriga que o dedo do jogador fique estritamente

parado durante o jogo, o que pode representar uma dificuldade prática.

Dividindo as respostas objetivas agora de outra forma, entre avaliadores Com experiência em RR (Tabela 13) e Sem experiência em RR (Tabela 14), todas as avaliações médias foram acima de 3,8, caracterizando também uma concordância geral positiva sobre as funcionalidades. Os avaliadores Com experiência em RR consideraram o conceito geral de Interação Multimodal como o mais importante, ou seja, é importante na aplicação de técnicas de RR. Já para os avaliadores Sem experiência em RR a funcionalidade mais importante é a Flexibilidade/Equivaleência, o que pode caracterizar que a explicação da funcionalidade no questionário obteve sucesso em demonstrar sua importância a avaliadores fora da área foco do I Blue It 4.0 Multimodal, a RR.

A funcionalidade menos importante para os avaliadores Com experiência em RR é a Flexibilidade/Equivalença e, das funcionalidades em separado o Monitoramento é o mais importante, o que pode ser visto como um reforço à necessidade de medidas de cuidado com o jogador durante a reabilitação. Para os avaliadores Sem experiência em RR o conceito de Complementariedade é o menos importante e necessário, o que pode ser reflexo da própria falta de experiência em RR.

Na Tabela 15 de Pontos Positivos/Vantagens, 11 avaliadores destacaram o monitoramento, como o ponto mais valioso, o que reforça a afirmação deste trabalho sobre a importância desta funcionalidade. Ocorreram também na Questão 6, destaque para praticidade, mesmo este sendo o ponto mais colocado em dúvida nas perguntas objetivas (Tabela 10); uma situação que exemplifica a discordância entre os avaliadores mostrada no desvio padrão, que poderia ser mitigada caso os avaliadores tivessem obtido os DI presencialmente, e não avaliado somente através de vídeos demonstrativos.

Parece ser um consenso que todos os conceitos são importantes, necessários, mas esbarram na praticidade (Tabela 10). Existe também grande concordância entre os avaliadores sobre a importância e necessidade das interações multimodais no âmbito da RR.

Quanto ao questionamento que surgiu na subseção 8.2.2 (Questão 8) quanto a ausência da carga no PITACO e MANO-BD, que é um aspecto pertinente para a RR, ocorreu pois não foi feito um detalhamento destes dispositivos e, que se tivesse sido feito seria possível observar que: o PITACO tem uma carga pequena oriunda da própria estrutura construtiva, mas que pode ser aumentada pelo uso de uma tampa de PVC com furos pré-definidos (GRIMES, 2018); o MANO-BD é um dispositivo com uma câmara fechada e portanto, é para incentivo à pressão/força isostática. Foi levantada também, dúvida a respeito de como Oxímetro leva os dados até o JS, fato que foi esclarecido na subseção 6.1.3 e seção 6.2 deste trabalho, porém esta informação não foi detalhada no questionário, onde se realçou apenas os pontos principais a serem avaliados.

Ainda nos resultados das questões discursivas (subseção 8.2.2), um dos avaliadores notou a ausência de adaptações ligadas ao monitoramento da frequência cardíaca do jogador, fato que foi descrito no questionário como uma informação direcionada apenas para visualização do terapeuta.

Quanto a alegação de que os DI podem permitir escape de ar pela boca (Tabela 16),

ambos os DI PITACO e MANO-BD possuem filtros com embocaduras próprias para uso em equipamentos respiratórios. Já o apontamento da necessidade de um clipe nasal para impedir que os jogadores respirem pelo nariz, pode ser uma contribuição significativa, que pode ser diretamente incorporada pelos terapeutas que porventura utilizarem o JS *I Blue It 4.0 Multimodal*.

Um avaliador entendeu a Cinta de Pressão como um DI para uso exclusivamente no tórax do jogador (Tabela 16), porém como dito na subseção 6.1.2, este DI foi pensado também para uso acoplado ao abdome.

Em resposta a algumas das colocações (Tabela 16), os DI construídos aqui são versões iniciais e por este motivo realmente o conforto, *design* e proporções podem não ser os mais ajustados ao uso, porém, são suficientes para atestar o potencial da arquitetura e como protótipos que venham a inspirar DI mais aperfeiçoados. Outro ponto é que, como especificado no escopo deste trabalho, a validação das medidas com instrumentos médicos de mercado não é um dos objetivos almejados.

Ocorreu uma alegação (Tabela 16) de que pelos vídeos os DI pareciam descalibrados, porém ocorreu a calibração de todos os DI através do modo Medição do JS, antes que as partidas fossem iniciadas. Se pode ter tido esta percepção, devido ao fato do passo de Medição não ter sido mostrado em vídeo.

Quanto às melhorias visuais e de contexto (apontadas como pontos negativos/desvantagens na Tabela 16), já existem parcerias com profissionais da área de *design*, que futuramente tornarão o JS *I Blue It 4.0 Multimodal* mais agradável.

Foi solicitado (Questão 17) que se caracterize quais modalidades são indicadas para quais patologias respiratórias. No entanto, o JS desenvolvido é maleável e o terapeuta é quem irá parametrizá-lo de modo que atenda às necessidades de cada paciente/patologia. Ainda sobre a Questão 17, de modo geral a integração com os diversos DI foi vista como satisfatória.

## 10 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A reabilitação é uma subárea da saúde com o papel de devolver aos pacientes habilidades perdidas, reduzidas ou em declínio que muitas vezes os impedem de desfrutar de uma vida plena. Em específico a reabilitação física busca devolver inteira ou parcialmente habilidades mecânicas ao corpo, como andar, correr, respirar, segurar algo, dançar, falar e até sorrir. As causas da perda de habilidades são as mais diversas, como por um Acidente Vascular Cerebral; pela doença de Parkinson; Esclerose Lateral Amiotrófica; Fibrose Cística; Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; acidentes de trânsito, dentre inúmeras outras causas.

Aliados aos programas de reabilitação física estão os Jogos Sérios (JS), que ajudam a manter o interesse dos pacientes no tratamento. Tratamento este que sem os JS pode se tornar cansativo e monótono. No entanto, através do mapeamento sistemático da literatura (MSL) pôde-se concluir que os JS atuais não têm dado a atenção devida a três funcionalidades vistas como importantes para terapeutas e pacientes em reabilitação, são elas flexibilidade/ equivalência (mais de uma opção de controle para o JS), complementariedade (junção de informações para se ter maior clareza sobre como os exercícios de reabilitação estão sendo executados pelo paciente) e monitoramento (captura de dados fisiológicos do paciente durante o jogo para que este não sofra algum efeito colateral proveniente do esforço exercido).

Para conseguir as três funcionalidades foi observado que vários dispositivos precisam ser acoplados ao paciente, então foi feito um MSL que mostrou que estes JSMM<sup>1</sup> (Jogos Sérios Multimodais) são em sua maioria chamados de *Serious Games* (Jogos Sérios), mesmo existindo o uso de interações multimodais, que possuem maior foco na reabilitação de membros superiores de pacientes hemiplégicos; que os sensores mais usados são o *Kinect®*, o sensor eletroencefalográfico (EEG) e o oxímetro, que os dados mais comumente coletados dos pacientes para controlar os jogos são movimentos de todo o corpo, de membros superiores e simulação de caminhada; dentre outras informações que constituíram um mapa das características dos JSMM para reabilitação criados atualmente.

A partir do MSL foram encontradas arquiteturas para construção destes JS e de Sistemas de Interação Multimodal (SMM), porém, nenhuma delas objetiva construir JS com as três funcionalidades levantadas. Foi então que uma nova arquitetura foi criada, a arquitetura 123-SGR, a qual permite a criação/adaptação de JS com foco em reabilitação física para que se tornem JSMM e consigam atingir todas as funcionalidades.

A aplicabilidade da arquitetura 123-SGR foi validada por uma prova de conceito (PdC) usando o JS para RR *I Blue It* 1.0. Nele foram acrescentados e adaptados elementos de *software* e foram também propostos e desenvolvidos novos Dispositivos Incentivadores (DI) (MANO-BD, Cinta de Pressão e Oxímetro) para o sensoriamento do processo respiratório, que proporcionaram interação multimodal.

Ao final da adaptação o JS, chamado agora de *I Blue It* 4.0 Multimodal, se tornou

---

<sup>1</sup> JS com interação através de vários dispositivos, caracterizando interação multimodal.

um JSMM. Com o JSMM implementado, foram então realizados testes funcionais de sistema, que explicitaram algumas dificuldades de uso dos DI, além de alguns erros de programação. Corrigidos os erros e retomados os testes, todas as fusões de sinais e adaptações de jogo funcionaram corretamente.

Com o *I Blue It 4.0 Multimodal* pronto e testado, foi realizada a avaliação do mesmo, feita por meio de um questionário, de forma remota (*online*) a partir da análise de 9 vídeos demonstrativos do JSMM. O questionário de avaliação foi submetido a 399 avaliadores, dos quais 27 responderam, sendo estes da área da saúde e da área tecnológica. As respostas levantaram questões de *design* de jogo, de usabilidade dos DI, mas também constataram que o *I Blue It 4.0 Multimodal* tem potenciais benefícios para a Reabilitação Respiratória, que ele conseguiu adquirir as funcionalidades de flexibilidade/ equivalência, complementariedade e monitoramento e, que estas são realmente funcionalidades importantes e necessárias.

Diversos resultados foram obtidos a partir desta pesquisa, tais resultados são descritos abaixo:

- Reprodução do DI PITACO de Grimes (2018) (ver subseção 6.1.1);
- Desenvolvimento do DI MANO-BD, que realiza a leitura da pressão absoluta exercida pelo paciente (ver subseção 6.1.1);
- Criação de manual de montagem do MANO-BD (ver Apêndice F);
- Desenvolvimento do DI Cinta de Pressão, que captura a pressão física exercida pelo tórax ou abdome do paciente sobre a Cinta (ver subseção 6.1.2);
- Criação de manual de montagem da Cinta de Pressão (ver Apêndice G);
- Desenvolvimento do DI Oxímetro, para captar a saturação da oxigenação sanguínea (SpO<sub>2</sub>) e a frequência cardíaca (FC) (ver subseção 6.1.3);
- Apresentação de palestra no Hospital Materno Infantil Dr. Jeser Amarante Faria (2019) (Joinville-SC), para fisioterapeutas respiratórios e médicos pneumologistas como forma de divulgação;
- Apresentação de palestra na Associação Educacional Luterana Bom Jesus IELUSC - Curso de Fonoaudiologia (Convite da professora Ana Paula Duca) (2019) (Joinville-SC), como forma de divulgação e coleta de informações sobre processos de reabilitação;
- Artigo sobre um mapeamento sistemático sobre JSMM para reabilitação, publicado no SBGames 2019 (Rio de Janeiro-RJ) (NÉRY et al., 2019);
- Artigo sobre a complexidade de sensoriamento em JS tipo *exergame* para a área da saúde, publicado no SBGames 2020 (HENRIQUE; NÉRY; HOUNSELL, 2020);

- Artigo sobre a arquitetura 123-SGR, publicado no SBGames 2020 (NÉRY; HENRIQUE; HOUNSELL, 2020);
- Desenvolvimento da versão 4.0 do JS *I Blue It* (ver Capítulo 4 e Capítulo 5);
- Criação de um instrumento de avaliação das funcionalidade de JSMM (ver Apêndice E);
- Criação de vídeos demonstrativos das funcionalidades desenvolvidas no JS *I Blue It* 4.0 Multimodal;
- Desenvolvimento da arquitetura 123-SGR, específica para JSMM a serem desenvolvidos para a área da reabilitação física (ver Capítulo 4);

A principal contribuição desta pesquisa foi uma arquitetura para JSMM que é adequada às necessidades da área da reabilitação física, contemplando as propriedades CARE de SMM mas incluindo um fluxo de informações inconscientes para atender à funcionalidade de monitoramento (para segurança, por exemplo). A arquitetura 123-SGR, além de um modelo para codificação, ressalta aspectos de *design* flexíveis de SMM, como as várias formas de se combinar as informações de entrada (com recursos de seleção e algebrismo de sinais) e estas combinações são possíveis tanto para sinais conscientes, quanto inconscientes vindos do jogador. Ainda a 123-SGR, enfatiza a relação das informações de entrada com as mecânicas, dinâmicas e estéticas de um jogo digital para reabilitação. Estas contribuições da arquitetura 123-SGR permitiram que um produto adaptado a ela, tivesse uma avaliação das funcionalidades multimodais avaliadas acima da média. Assim, a arquitetura 123-SGR facilitará o desenvolvimento de novos JSMM para a reabilitação física, fazendo com que estes sejam flexíveis, ricos de informações e seguros para uso.

## 10.1 TRABALHOS FUTUROS

Algumas melhorias podem vir a beneficiar os artefatos gerados nesta pesquisa. Do mesmo modo alguns desdobramentos podem surgir utilizando-se desta pesquisa como base. Os melhoramento e desdobramentos notados são apresentados a seguir.

### 10.1.1 Melhoramentos

1. Implementar um oxímetro para lóbulo de orelha, por ser uma forma que permite maior liberdade de movimentos e porque, de acordo com Augusto e Machado (2020), as condições para melhores leituras de um oxímetro de pulso são diversas, como garantir a existência de sangue suficiente fluindo para a mão, etc. Por isto o DI oxímetro “de pulso”, pode não ser um equipamento eficiente para qualquer jogador, exigindo a análise do terapeuta, ou ainda, a aplicação de outro equipamento que meça melhor os sinais fisiológicos do jogador;

2. Adicionar um tensiômetro digital de pulso ao *I Blue It 4.0 Multimodal*, para monitoramento da pressão sanguínea arterial e da frequência cardíaca que já é medida pelo oxímetro, porém, este poderia ser um DI para gerar flexibilidade/equivalência também no fluxo inconsciente;
3. Expôr na tela da plataforma do *I Blue It 4.0 Multimodal* a informação da frequência respiratória do jogador, com o intuito de se obter mais uma forma de monitoramento, que pode ser obtida por meio da contagem das inspirações e expirações realizadas com os DI PITACO, MANO-BD, ou Cinta de Pressão;
4. O DI Cinta de Pressão, se implementado de forma distensível (se tornando uma Cinta “Extensora”), poderia gerar menor resistência à movimentação de tórax / abdome dos jogadores e contribuir como uma estratégia de reeducação muscular respiratória;
5. Como forma de minimizar custos de construção (dos DI atuais) e aumentar o alcance do JS, flexibilizando ainda mais os controles do *I Blue It 4.0 Multimodal*, captar a respiração dos jogadores através de algum dispositivo de uso comum, como um celular. Uma estratégia seria através do microfone, ao analisar faixas de ruído diferentes e caracterizar inspiração, expiração e duração do fluxo;
6. Converter a comunicação dos DI em um padrão *wireless* pode dar maior liberdade de movimentos ao jogador;
7. Implementar forma de editar/apagar cadastros de pacientes, pois atualmente isto não é possível no *I Blue It 4.0 Multimodal*;
8. Construir novos *minigames* no JS, com opções de interação multimodal, pois atualmente os mesmos funcionam apenas através de interações unimodais;
9. Construir novos cenários e objetivos para a plataforma, de modo a diminuir a monotonia do JS;
10. No *I Blue It 4.0 Multimodal* foram criadas interrupções que interrompem bruscamente o jogo. É desejável ajustar a dinâmica de interrupções/alertas da plataforma, para não afetar a jogabilidade e interesse do jogador;
11. Realizar testes dos DI/*I Blue It 4.0 Multimodal* com terapeutas e pacientes e entender formas de aplicabilidade terapêutica.

### **10.1.2 Desdobramentos**

1. Apesar de ter recebido influência de trabalhos anteriores (*exergames*) na área da reabilitação respiratória, parece apropriado investigar o uso da arquitetura 123-SGR para outros tipos de JS e/ou em outras áreas, bem como o estudo mais aprofundado do módulo

*Mixer*, onde se acredita que técnicas de Inteligência Artificial(IA) possam ser usadas para melhorar a experiência no uso de SMM, melhorar a efetividade da reabilitação e permitir a dosimetria (ajuste de tempo e duração da terapia/intervenção), dentre outras possibilidades;

2. A arquitetura 123-SGR pode gerar JSMM que sejam assistivos, pois, pessoas com limitações de interação podem ser capazes de utilizar modos de interação facilitados (recurso de acessibilidade) que permitam sua reabilitação ou simples entretenimento monitorado com jogos. No entanto é visto que, por exemplo, usar a voz junto com cliques de um mouse pode ter um impacto terapêutico diferente de usar movimentações dos membros junto com cliques de um mouse. O estudo da adaptação de modos de interação e seus impactos para as terapias de reabilitação pode beneficiar profissionais de saúde e pacientes, assim como desenvolvedores de tecnologias assistivas;
3. A arquitetura 123-SGR aplicada ao JS *I Blue It* criou um *software* parametrizável na gerência das informações de entrada/saída aliada a um jogo digital que também já é parametrizado em vários aspectos de sua mecânica e dinâmica. É preciso que os terapeutas traduzam (definam os parâmetros) para a interface multimodal e para o jogo digital as suas demandas para alcançar as terapias específicas para os diversos públicos-alvo. Ou seja, é preciso estabelecer protocolos terapêuticos ajustando os diversos parâmetros. Isto pode ser facilitado pela construção de uma interface que permita aos terapeutas criarem, editarem e incorporarem protocolos para os diversos casos. Mas, isto requererá uma pesquisa para entender e relacionar a reabilitação com o potencial existente no JSMM.

## REFERÊNCIAS

- ABT, Clark C. **Serious games**. [S.l.]: Rowman & Littlefield, 1987. Citado na página 20.
- AFYOUNI, Imad et al. Gamifying hand physical therapy with intelligent 3d navigation. **SIGSPATIAL Special**, v. 8, n. 1, p. 42–49, 2016. Citado 6 vezes nas páginas 55, 61, 62, 73, 75 e 152.
- AL-SAUD, Khalid Abu; MAHMUDDIN, Massudi; MOHAMED, Amr. Wireless body area sensor networks signal processing and communication framework: survey on sensing, communication technologies, delivery and feedback. **Journal of Computer Science**, v. 8, n. 1, p. 121–132, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 55, 57 e 73.
- ALAMRI, Atif et al. Evaluating the impact of a cloud-based serious game on obese people. **Computers in Human Behavior**, v. 30, p. 468–475, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 152.
- AUGUSTO, Valéria Maria; MACHADO, Lucas Diniz. **Oximetria de pulso**. Brasília: [s.n.], 2020. ATS Patient Information Series, American Thoracic Society. Tradução por: Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Citado na página 136.
- BINGHAM, Peter M; LAHIRI, Thomas; ASHIKAGA, Taka. Pilot trial of spirometer games for airway clearance practice in cystic fibrosis. **Respiratory Care**, v. 57, n. 8, p. 1278–1284, 2012. Citado na página 20.
- BOLT, Richard A. “put-that-there” voice and gesture at the graphics interface. In: **Proceedings of the 7th annual conference on Computer graphics and interactive techniques**. [S.l.: s.n.], 1980. p. 262–270. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.
- BOUCHET, Jullien; NIGAY, Laurence; GANILLE, Thierry. Icare software components for rapidly developing multimodal interfaces. In: **Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces**. [S.l.: s.n.], 2004. p. 251–258. Citado na página 35.
- BOURGUET, Marie-Luce. A toolkit for creating and testing multimodal interface designs. **companion proceedings of UIST**, v. 2, p. 29–30, 2002. Citado na página 35.
- BOYLE, Elizabeth; CONNOLLY, Thomas M; HAINES, Thomas. The role of psychology in understanding the impact of computer games. **Entertainment Computing**, v. 2, n. 2, p. 69–74, 2011. Citado na página 20.
- BRANCO, Pedro Soares et al. Temas de reabilitação–reabilitação respiratória. **Porto: Medesign**, 2012. Citado 4 vezes nas páginas 39, 40, 41 e 42.
- BUTLER, Stacey J. et al. Active video games as a training tool for individuals with chronic respiratory diseases: A systematic review. **Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention**, v. 39, n. 2, p. 85–90, 2019. Citado na página 20.
- CAMEIRAO, Mónica S et al. The combined impact of virtual reality neurorehabilitation and its interfaces on upper extremity functional recovery in patients with chronic stroke. **Stroke, Am Heart Assoc**, v. 43, n. 10, p. 2720–2728, 2012. Citado na página 153.
- CAMPOS, J Creissac; MENDES, Sandrine. Flexxml: a portable user interface rendering engine for usixml. **Repositorium - Universidade do Minho**, 2011. Citado na página 35.

CARDONA, John Edison Munoz et al. Modulation of physiological responses and activity levels during exergame experiences. In: IEEE. **2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)**. [S.I.], 2016. p. 1–8. Citado na página 152.

CARPINELLA, Ilaria et al. Wearable sensor-based biofeedback training for balance and gait in parkinson disease: a pilot randomized controlled trial. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 98, n. 4, p. 622–630, 2017. Citado na página 20.

CHESAK, Jennifer. Ventilated covid patients may experience nerve damage, prompting new protocols. Verywell Health, 2020. Citado na página 39.

CHITTARO, Luca; SIONI, Riccardo. Affective computing vs. affective placebo: Study of a biofeedback-controlled game for relaxation training. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 72, n. 8-9, p. 663–673, 2014. Citado na página 152.

COHEN, Philip R et al. Quickset: Multimodal interaction for distributed applications. In: **Proceedings of the fifth ACM international conference on Multimedia**. [S.I.: s.n.], 1997. p. 31–40. Citado na página 35.

CONNOLLY, Thomas M et al. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. **Computers & education**, Elsevier, v. 59, n. 2, p. 661–686, 2012. Citado na página 150.

COUTAZ, Joëlle et al. Four easy pieces for assessing the usability of multimodal interaction: the care properties. In: **Human—Computer Interaction**. [S.I.: s.n.], 1995. p. 115–120. Citado 3 vezes nas páginas 21, 30 e 76.

COYETTE, Adrien et al. Sketchixml: Towards a multi-agent design tool for sketching user interfaces based on usixml. In: **Proceedings of the 3rd Annual Conference on Task Models and Diagrams**. [S.I.: s.n.], 2004. (TAMODIA '04), p. 75–82. Citado na página 35.

CUENCA, Fredy. The cogenive concept revisited: A toolkit for prototyping multimodal systems. In: **Proceedings of the 5th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems**. [S.I.: s.n.], 2013. (EICS '13), p. 159–162. Citado na página 35.

CUENCA, Fredy et al. Hasselt uims: A tool for describing multimodal interactions with composite events. In: **Proceedings of the 7th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems**. [S.I.: s.n.], 2015. (EICS '15), p. 226–229. Citado na página 35.

CUTUGNO, Francesco et al. Multimodal framework for mobile interaction. In: **Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces**. [S.I.: s.n.], 2012. (AVI '12), p. 197–203. Citado na página 35.

DELAMARO, Marcio Eduardo. **Introdução ao Teste de Software**. Informatica. [S.I.]: CAMPUS - GRUPO ELSEVIER, 2007. (Em Portuguese do Brasil). ISBN 8535226346,9788535226348. Citado na página 104.

DJAOUTI, Damien et al. Origins of serious games. In: **Serious games and edutainment applications**. [S.I.]: Springer, 2011. p. 25–43. Citado na página 20.

DRAGICEVIC, Pierre; FEKETE, Jean-Daniel. Support for input adaptability in the icon toolkit. In: **Proceedings of the 6th international conference on Multimodal interfaces**. [S.l.: s.n.], 2004. p. 212–219. Citado na página 35.

DUMAS, Bruno. **Frameworks, description languages and fusion engines for multimodal interactive systems**. Tese (Doutorado) — PhD in Computer Science, University of Friborg, Switzerland, 2010. Citado 5 vezes nas páginas 32, 33, 34, 35 e 89.

DUMAS, Bruno; LALANNE, Denis; OVIATT, Sharon. Multimodal interfaces: A survey of principles, models and frameworks. In: **Human machine interaction: research results of the MMI program**. [S.l.]: Springer Publishing Company, 2009. v. 5440, p. 3–26. Citado 9 vezes nas páginas 22, 28, 29, 35, 55, 56, 73, 75 e 76.

DUMAS, Bruno; SIGNER, Beat; LALANNE, Denis. Fusion in multimodal interactive systems: An hmm-based algorithm for user-induced adaptation. In: **Proceedings of the 4th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2012. (EICS '12), p. 15–24. Citado na página 34.

EDEN, Amnon H. Three paradigms of computer science. **Minds and machines**, Springer, v. 17, n. 2, p. 135–167, 2007. Citado na página 25.

FEUERSTACK, Sebastian; PIZZOLATO, Ednaldo Brigante. Comparing the multimodal interaction technique design of mint with nimmit. In: **Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web**. [S.l.: s.n.], 2013. (WebMedia '13), p. 133–140. Citado na página 35.

FIGUEROA, Pablo; GREEN, Mark; HOOVER, H James. Intml: a description language for vr applications. In: **Proceedings of the seventh international conference on 3D Web technology**. [S.l.: s.n.], 2002. p. 53–58. Citado na página 34.

FLIPPO, Frans; KREBS, Allen; MARSIC, Ivan. A framework for rapid development of multimodal interfaces. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Multimodal Interfaces**. [S.l.: s.n.], 2003. (ICMI '03), p. 109–116. Citado na página 35.

GELAIN, Adelaine et al. Uma breve história da computação aplicada no brasil. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 6, n. 2, p. 123–135, 2014. Citado na página 25.

GIL, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. [S.l.]: Atlas, 2010. Citado na página 25.

GOMES, Evelim L. F. D. et al. Active video game exercise training improves the clinical control of asthma in children: Randomized controlled trial. **PLOS ONE**, v. 10, n. 8, p. 1–11, 2015. Citado na página 20.

GORINI, Alessandra et al. Virtual reality in the treatment of generalized anxiety disorders. **Stud Health Technol Inform**, v. 154, p. 39–43, 2010. Citado na página 153.

GRIMES, Renato Hartmann. **Um Sistema Biomédico com Jogo Sério e Dispositivo Especial para Reabilitação Respiratória**. Dissertação (Mestrado) — Mestrado profissional em Engenharia Elétrica, Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil, 2018. Citado 25 vezes nas páginas 20, 21, 42, 43, 44, 45, 83, 95, 96, 132, 135, 149, 150, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 164, 165 e 166.

GSCHWIND, Yves J et al. Ict-based system to predict and prevent falls (istoppfalls): study protocol for an international multicenter randomized controlled trial. **BMC geriatrics**, v. 14, n. 1, p. 91, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 153.

HACKETT, Daniel A.; CHOW, Chin-Moi. The valsalva maneuver: Its effect on intra-abdominal pressure and safety issues during resistance exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 8, 2013. Citado na página 21.

HARVEY, Lisa A et al. Early intensive hand rehabilitation after spinal cord injury ("hands on"): a protocol for a randomised controlled trial. **Trials**, v. 12, n. 1, p. 14, 2011. Citado na página 153.

HASSAN, Mohammad Mehedi et al. A cloud-based serious games framework for obesity. In: **Proceedings of the 1st ACM multimedia international workshop on Cloud-based multimedia applications and services for e-health**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 15–20. Citado 3 vezes nas páginas 55, 67 e 73.

HASSELMANN, Viviane et al. Are exergames promoting mobility an attractive alternative to conventional self-regulated exercises for elderly people in a rehabilitation setting? study protocol of a randomized controlled trial. **BMC geriatrics**, BioMed Central, v. 15, n. 1, p. 108, 2015. Citado na página 153.

HELD, Jeremia P et al. Autonomous rehabilitation at stroke patients home for balance and gait: safety, usability and compliance of a virtual reality system. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, 2017. Citado na página 153.

HENRIQUE, Yuri Andreas May; NÉRY, Jhonatan Thallisson Cabral; HOUNSELL, Marcelo da Silva. Complexidade de sensoriamento para jogos sérios do tipo exergame para a área da saúde. **Proceedings of Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames**, p. 1064–1067, 2020. Citado na página 135.

HOSTE, Lode; DUMAS, Bruno; SIGNER, Beat. Mudra: A unified multimodal interaction framework. In: **Proceedings of the 13th international conference on multimodal interfaces**. New York, NY, USA: [s.n.], 2011. p. 97–104. Citado na página 35.

HUNICKE, Robin; LEBLANC, Marc; ZUBEK, Robert. Mda: A formal approach to game design and game research. In: **Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI**. [S.l.: s.n.], 2004. v. 4, n. 1, p. 1722. Citado na página 76.

**IMPORTANTE. Dicionário Online de Português**. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/importante/>>. Citado na página 112.

INACIO Jr., Valter dos Reis. **Um framework para desenvolvimento de interfaces multimodais em aplicações de computação ubíqua**. Dissertação (Mestrado) — Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional, Universidade de São Paulo, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 37.

JOHNSTON, Michael. Building multimodal applications with emma. In: **Proceedings of the 2009 international conference on Multimodal interfaces**. [S.l.: s.n.], 2009. p. 47–54. Citado na página 34.

KAHOL, Kanav. Integrative gaming: A framework for sustainable game-based diabetes management. **Journal of Diabetes Science and Technology**, v. 5, n. 2, p. 293–300, 2011. Citado 6 vezes nas páginas 20, 55, 66, 73, 75 e 153.

KIM, Sung Yeun Su; PRESTOPNIK, Nathan; BIOCCA, Frank A. Body in the interactive game: How interface embodiment affects physical activity and health behavior change. **Computers in Human Behavior**, v. 36, p. 376–384, 2014. Citado na página 152.

KING, Suzanne N et al. A model for treating voice disorders in school-age children within a video gaming environment. **Journal of Voice**, v. 26, n. 5, p. 656–663, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 152.

KLAASSEN, Randy et al. Design and evaluation of a pervasive coaching and gamification platform for young diabetes patients. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 18, n. 2, p. 402, 2018. Citado 5 vezes nas páginas 55, 63, 64, 73 e 153.

KLAASSEN, Randy et al. Airplay: Towards a'breathtaking'approach. In: **Proceedings of the Behavior Change Support Systems: PERSUASIVE**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 38–45. Citado na página 20.

KÖNIG, Werner A; RÄDLE, Roman; REITERER, Harald. Squidy: a zoomable design environment for natural user interfaces. In: **CHI'09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2009. p. 4561–4566. Citado na página 35.

KONSTANTINIDIS, Evdokimos I et al. A lightweight framework for transparent cross platform communication of controller data in ambient assisted living environments. **Information Sciences**, v. 300, p. 124–139, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 55, 58 e 73.

KONSTANTINIDIS, E. I.; BAMPAROPOULOS, G.; BAMIDIS, P. D. Moving real exergaming engines on the web: The webfitforall case study in an active and healthy ageing living lab environment. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 21, n. 3, p. 859–866, 2017. Citado na página 152.

KRAHNSTOEVER, Nils et al. A real-time framework for natural multimodal interaction with large screen displays. In: **Proceedings. Fourth IEEE International Conference on Multimodal Interfaces**. [S.l.: s.n.], 2002. p. 349–354. Citado na página 35.

LADRY, Jean-François; NAVARRE, David; PALANQUE, Philippe. Formal description techniques to support the design, construction and evaluation of fusion engines for sure (safe, usable, reliable and evolvable) multimodal interfaces. In: **Proceedings of the 2009 international conference on Multimodal interfaces**. [S.l.: s.n.], 2009. p. 185–192. Citado na página 35.

LEADER, Deborah. Obstructive vs. restrictive lung diseases. Verywell Health, 2020. Citado na página 39.

LIKERT, Rensis. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of psychology**, v. 22, p. 5–55, 1932. Citado na página 112.

LOPEZ-SAMANIEGO, Leire; GARCIA-ZAPIRAIN, Begonya. A robot-based tool for physical and cognitive rehabilitation of elderly people using biofeedback. **International journal of environmental research and public health**, v. 13, n. 12, p. 1176, 2016. Citado 6 vezes nas páginas 55, 64, 65, 73, 75 e 153.

LU, Amy Shirong; KHARRAZI, Hadi. A state-of-the-art systematic content analysis of games for health. **Games for Health Journal**, v. 7, n. 1, p. 1–15, 2018. Citado na página 20.

MA, Minhua; BECHKOUN, Kamal. Serious games for movement therapy after stroke. In: **Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics**. [S.l.: s.n.], 2008. p. 1872–1877. Citado 5 vezes nas páginas 55, 69, 73, 75 e 76.

MACHADO, Maria da Glória. **Bases da Fisioterapia Respiratória: Terapia Intensiva e Reabilitação, 1ª. Edição**. [S.l.]: Editora Guanabara Koogan, 2007. Citado na página 41.

MADEIRA, Rui Neves et al. Designing personalized therapeutic serious games for a pervasive assistive environment. In: IEEE. **2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)**. [S.l.], 2011. p. 1–10. Citado na página 153.

MICHOTTE, B.; VANDERDONCKT, J. Grafixml, a multi-target user interface builder based on usixml. In: **Fourth International Conference on Autonomic and Autonomous Systems (ICAS'08)**. [S.l.: s.n.], 2008. p. 15–22. Citado na página 35.

MUÑOZ, John E et al. Bci and motion capture technologies for rehabilitation based on videogames. In: IEEE. **IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC 2014)**. [S.l.], 2014. p. 396–401. Citado na página 152.

MUÑOZ, John E et al. Design and creation of a bci videogame to train sustained attention in children with adhd. In: IEEE. **2015 10th Computing Colombian Conference (10CCC)**. [S.l.], 2015. p. 194–199. Citado na página 152.

MURRAY, Nicholas G et al. Asb clinical biomechanics award winner 2016: Assessment of gaze stability within 24–48 hours post-concussion. **Clinical Biomechanics**, Elsevier, v. 44, p. 21–27, 2017. Citado na página 153.

NAUMANN, Tim et al. No transfer between conditions in balance training regimes relying on tasks with different postural demands: specificity effects of two different serious games. **Gait & posture**, Elsevier, v. 41, n. 3, p. 774–779, 2015. Citado na página 153.

NEAL, Jeannette G et al. Natural language with integrated deictic and graphic gestures. In: ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS. **Proceedings of the workshop on Speech and Natural Language**. [S.l.], 1989. p. 410–423. Citado na página 22.

NECESSARIO. **Dicionário Online de Português**. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/necessario/>>. Citado na página 112.

NÉRY, Jhonatan Thallisson Cabral; HENRIQUE, Yuri Andreas May; HOUNSELL, Marcelo da Silva. 123-SGR: Uma arquitetura para jogos sérios multimodais para reabilitação. **Proceedings of Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames**, p. 900–909, 2020. Citado 3 vezes nas páginas 23, 73 e 136.

NÉRY, Jhonatan Thallisson Cabral et al. Jogos sérios multimodais para a saúde: Um mapeamento sistemático da literatura. **Proceedings of Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames**, p. 198–206, 2019. Citado 3 vezes nas páginas 46, 54 e 135.

NOVELETTO, Fabrício. **Sistema Biomédico para Avaliação e Reabilitação Motora em Hemiparéticos por AVC**. Tese (Doutorado) — Doutorado Acadêmico em Engenharia Elétrica, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2018. Citado na página 20.

OBRENOVIĆ, Željko; STARČEVIĆ, Dušan; JOVANOV, Emil. Multimodal presentation of biomedical data. **Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering**, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.

O'DONOVAN, Cusile et al. Active video games as an exercise tool for children with cystic fibrosis. **Journal of Cystic Fibrosis**, v. 13, n. 3, p. 341 – 346, 2014. Citado na página 20.

OIKONOMOU, Andreas; DAY, David. Using serious games to motivate children with cystic fibrosis to engage with mucus clearance physiotherapy. In: **Proceedings of the 2012 Sixth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 34–39. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 152.

OLIVER, Miguel et al. Ambient intelligence environment for home cognitive telerehabilitation. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 18, n. 11, p. 3671, 2018. Citado na página 153.

OMELINA, Lubos et al. Serious games for physical rehabilitation: designing highly configurable and adaptable games. In: **Proceedings of the 9th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 195–201. Citado 4 vezes nas páginas 55, 70, 73 e 76.

PARENT, AndréeAnne et al. Pilot project: Physiologic responses to a high-intensity active video game with copd patients-tools for home rehabilitation. **The Clinical Respiratory Journal**, v. 12, n. 5, p. 1927–1936, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

PARNANDI, Avinash; GUTIERREZ-OSUNA, Ricardo. A comparative study of game mechanics and control laws for an adaptive physiological game. **Journal on Multimodal User Interfaces**, v. 9, n. 1, p. 31–42, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 55, 59 e 73.

PETERS, Sebastian; JOHANSSEN, Jan Ole; BRUEGGE, Bernd. An ide for multimodal controls in smart buildings. In: **Proceedings of the 18th ACM International Conference on Multimodal Interaction**. [S.l.: s.n.], 2016. (ICMI '16), p. 61–65. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.

PETERSEN, Kai et al. Systematic mapping studies in software engineering. In: **Ease**. [S.l.: s.n.], 2008. v. 8, p. 68–77. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 149.

PRATES, Raquel Oliveira; BARBOSA, Simone Diniz Junqueira. Avaliação de Interfaces de Usuário – Conceitos e Métodos. In: **Proceedings of the XXII Jornada de Atualização em Informática (JAI)**. Unicamp, Campinas: XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2003. p. 245–293. Citado na página 26.

PRENSKY, Marc. Aprendizagem baseada em jogos digitais. **São Paulo: SENAC**, p. 575, 2012. Citado na página 151.

**PRÁTICO. Dicionário Online de Português**. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/pratico/>>. Citado na página 112.

QIN, Yongqiang et al. Airflow: Designing immersive breathing training games for copd. In: **Proceedings of the CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 2419–2424. Citado na página 20.

REEVES, Leah M et al. Guidelines for multimodal user interface design. **Communications of the ACM**, v. 47, n. 1, p. 57–59, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 27.

REGO, Paula Alexandra; MOREIRA, Pedro Miguel; REIS, Luís Paulo. Architecture for serious games in health rehabilitation. In: **New Perspectives in Information Systems and Technologies, Volume 2**. [S.l.]: Springer Publishing Company, 2014. p. 307–317. Citado na página 21.

REGO, Paula Alexandra; MOREIRA, Pedro Miguel; REIS, Luís Paulo. A serious games framework for health rehabilitation: Design considerations. In: **Handbook of Research on Emerging Perspectives on Healthcare Information Systems and Informatics**. [S.l.]: IGI Global, 2018. p. 391–424. Citado na página 21.

REGO, Paula Alexandra et al. A serious games platform for cognitive rehabilitation with preliminary evaluation. **Journal of medical systems**, v. 41, n. 1, p. 10, 2017. Citado na página 153.

REGO, Paula Alexandra Carvalho Sousa. **Serious Games for Health Rehabilitation**. Tese (Doutorado) — Doutorado em Engenharia Informática, Universidade do Porto, Portugal, 2017. Citado 9 vezes nas páginas 37, 38, 55, 71, 72, 73, 76, 127 e 149.

ROCHA, Rui Miguel Barros. **Jogos sérios para reabilitação cognitiva**. Dissertação (Mestrado) — Mestrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação, Universidade do Minho, Portugal, 2015. Citado na página 112.

RODRIGUES, Maria Andréia F et al. A serious game to improve posture and spinal health while having fun. In: **IEEE. 2016 IEEE International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)**. [S.l.], 2016. p. 1–8. Citado na página 152.

SALEH, Moutaz. Adaptive ubiquitous mobile gaming system for youth obesity rehabilitation. In: **Proceedings of the 2015 Wireless Telecommunications Symposium (WTS)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–6. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 152.

SAMPAIO, R F; MANCINI, M C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, SciELO Brasil, 2007. Citado na página 149.

SANTOS, António et al. Multi-sensor exercise-based interactive games for fall prevention and rehabilitation. In: **Proceedings of the 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 65–71. Citado 9 vezes nas páginas 20, 22, 23, 55, 62, 63, 73, 75 e 152.

SANTOS, Adam Mews dos et al. Estendendo jogos sérios com a perspectiva de serviço. **Proceedings of Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames**, p. 1088–1091, 2020. Citado na página 99.

SAURAV, K. et al. Design of a vr-based upper limb gross motor and fine motor task platform for post-stroke survivors. In: **Proceedings of the 2018 IEEE/ACIS 17th International Conference on Computer and Information Science (ICIS)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 252–257. Citado na página 20.

SCHELL, Jesse. **The Art of Game Design: A book of lenses**. [S.l.]: Morgan Kaufmann Publishers, 2008. Citado na página 76.

SCHROEDER, RAFAELA BOSSE. **Wobu-Bubble-Jogo Sério para o Equilíbrio Dinâmico de Pacientes com Hemiparesia.** Dissertação (Mestrado) — Mestrado em Computação Aplicada, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 149.

SEO, Na Jin et al. Usability evaluation of low-cost virtual reality hand and arm rehabilitation games. **Journal of Rehabilitation Research & Development**, v. 53, n. 3, 2016. Citado na página 153.

SERRANO, Marcos et al. The openinterface framework: A tool for multimodal interaction. In: **CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2008. (CHI EA '08), p. 3501–3506. Citado na página 35.

SHARMA, Rajeev; PAVLOVIĆ, Vladimir I; HUANG, Thomas S. Toward multimodal human-computer interface. **Proceedings of the IEEE**, v. 86, n. 5, p. 853–869, 1998. Citado na página 31.

SILVA FILHO, Antonio Mendes. Perfil Operacional – Estratégia Essencial ao Teste de Software. **Revista Espaço Acadêmico**, Universidade Estadual de Maringá, v. 13, n. 150, p. 44–53, 2013. ISSN 1519-6186. Citado na página 104.

SINHA, Anoop K; LANDAY, James A. Capturing user tests in a multimodal, multidevice informal prototyping tool. In: **Proceedings of the 5th international conference on Multimodal interfaces**. [S.l.: s.n.], 2003. p. 117–124. Citado na página 35.

SOCIETIES, Forum of International Respiratory. The global impact of respiratory disease. **Journal of health communication**, Chest Physician Newspaper, v. 2, p. 1, 2017. Citado na página 39.

SONG, Hayeon; PENG, Wei; LEE, Kwan Min. Promoting exercise self-efficacy with an exergame. **Journal of health communication**, Taylor & Francis, v. 16, n. 2, p. 148–162, 2011. Citado na página 38.

SULLIVAN, Debra. **What to Know About Hyperventilation: Causes and Treatments**. 2019. Healthline. Citado na página 21.

SUSI, Tarja; JOHANNESSON, Mikael; BACKLUND, Per. Serious games: An overview. Institutionen für kommunikation och information, 2007. Citado na página 37.

TOLKS, Daniel; DADACZYNSKI, Kevin; HORSTMANN, David. Einführung in die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft von serious games (for health). **Prävention und Gesundheitsförderung**, v. 13, n. 4, p. 272–279, 2018. Citado na página 20.

TREVISAN, Daniela et al. Supporting the design of multimodal interactions: a case study in a 3d sculpture application. In: **Proceedings of the XII Symposium on virtual and Augmented Reality**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 153–162. Citado na página 30.

TREVIZAN, Isabela Lopes et al. Efficacy of different interaction devices using non-immersive virtual tasks in individuals with amyotrophic lateral sclerosis: a cross-sectional randomized trial. **BMC neurology**, v. 18, n. 1, p. 209, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 153.

TURK, Matthew. Multimodal interaction: A review. **Pattern Recognition Letters**, Elsevier, v. 36, p. 189–195, 2014. Citado na página 26.

- TZOVARAS, Dimitros. **Multimodal user interfaces: from signals to interaction.** [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 30.
- VAN DEN HEUVEL, Maarten RC et al. Effects of augmented visual feedback during balance training in parkinson's disease: a pilot randomized clinical trial. **Parkinsonism & related disorders**, v. 20, n. 12, p. 1352–1358, 2014. Citado na página 153.
- VAN WIJCK, Frederike et al. Making music after stroke: using musical activities to enhance arm function. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1252, n. 1, p. 305–311, 2012. Citado na página 153.
- VANDERDONCKT, Jean et al. Usixml: a user interface description language for specifying multimodal user interfaces. In: **Proceedings of W3C Workshop on Multimodal Interaction WMI**. [S.l.: s.n.], 2004. v. 2004. Citado na página 34.
- VONACH, Emanuel et al. Design of a health monitoring toy for children. In: **ACM. Proceedings of the The 15th International Conference on Interaction Design and Children**. [S.l.], 2016. p. 58–67. Citado na página 152.
- WAGNER, Johannes; ANDRÉ, Elisabeth; JUNG, Frank. Smart sensor integration: A framework for multimodal emotion recognition in real-time. In: **2009 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops**. [S.l.: s.n.], 2009. p. 1–8. Citado na página 35.
- WANG, Z.; PARNANDI, A.; GUTIERREZ-OSUNA, R. Biopad: Leveraging off-the-shelf video games for stress self-regulation. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 22, n. 1, p. 47–55, 2018. Citado 5 vezes nas páginas 55, 61, 73, 75 e 152.
- WARDINI, Rima et al. Using a virtual game system to innovate pulmonary rehabilitation: Safety, adherence and enjoyment in severe chronic obstructive pulmonary disease. **Canadian Respiratory Journal**, v. 20, p. 563861, 2013. Citado na página 21.
- WAZLAWICK, RS. Metodologia de pesquisa para ciência da computação elsevier editora. **São Paulo**, 2009. Citado na página 25.
- WITTMANN, Frieder et al. Self-directed arm therapy at home after stroke with a sensor-based virtual reality training system. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, BioMed Central, v. 13, n. 1, p. 75, 2016. Citado na página 153.
- YANG, Chang-Ming et al. An innovative breathing game applied with textile sensors. In: **IEEE. 2010 2nd International IEEE Consumer Electronics Society's Games Innovations Conference**. [S.l.], 2010. p. 1–6. Citado na página 152.

## APÊNDICE A – MAPEAMENTO SISTEMÁTICO (CONTINUAÇÃO)

### A.1 PESQUISAS SECUNDÁRIAS

Foram encontrados alguns trabalhos secundários relacionados parcialmente a este, porém nenhum deles contempla todas as vertentes pretendidas, que é a junção de JS, SMM e reabilitação.

Como exemplo, o trabalho de Grimes (2018) realizou um mapeamento sistemático sobre JS para a reabilitação respiratória, sendo que este não abordou JS aplicados aos demais tipos de reabilitação física, além disso, não abordou também os SMM.

O trabalho de Schroeder (2017) mostrou uma revisão sistemática dos JS para reabilitação do equilíbrio, sendo que este também foi um trabalho focado e fugiu ao tema dos SMM.

Outro trabalho parcialmente relacionado é a revisão sistemática de Rego (2017), que revisa trabalhos na literatura (descritos pela autora como relevantes) sobre JS para reabilitação da saúde. Ao contrário dos dois anteriores, este trata de reabilitação em geral, o que o deixa mais alinhado com esta pesquisa, porém, engloba JS com uso de interações unimodais e multimodais, o que foge ao intuito desta pesquisa, além de alegar a existência de um processo sistemático, porém, não descreve questões de pesquisa, frase de busca, ou critérios objetivos e subjetivos aplicados.

Mesmo não conseguindo mostrar o estado da arte da junção entre JS, SMM e reabilitação, estes trabalhos forneceram (e serviram como) referências para o referencial teórico desta pesquisa.

### A.2 PLANEJAMENTO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Por meio da proposta de estruturação do processo de mapeamento sistemático (PETERSEN et al., 2008), foram definidas as etapas deste mapeamento, sendo elas: a definição das questões de pesquisa; a condução da busca; a triagem de estudos relevantes através dos critérios de inclusão e exclusão; e a extração dos dados.

Todas as questões primárias e secundárias, a *string* de busca, Mecanismos de Busca Acadêmica selecionados, Critérios Objetivos, Critérios Subjetivos de Inclusão, Critérios Subjetivos de Exclusão e Dados a serem extraídos, foram aspectos definidos por dois pesquisadores (p1 e p2), de modo a dar maior credibilidade a pesquisa sistemática, como descrito por (SAMPAIO; MANCINI, 2007). Os dois pesquisadores levantaram as definições de pesquisa em quatro encontros; após as definições foi realizado um teste piloto com a busca e triagem de 10 artigos, para verificar se o protocolo de mapeamento estava correto e as dúvidas que surgiram durante o processo. Após o teste, foram retificadas as falhas de definição e surgiu o protocolo descrito a seguir. As buscas/triagens do protocolo definitivo foram realizadas pelo segundo pesquisador (p2) e um terceiro (p3), as dúvidas que surgiram foram discutidas com p1. Ao todo, a pesquisa contou com a participação de três pesquisadores.

### A.2.1 Questões de pesquisa

O objetivo principal desta pesquisa deve ser respondido através da Pergunta Primária (PP) a seguir:

**PP: Como se dá a pesquisa/desenvolvimento de JSMM para reabilitação?**

Como objetivos suplementares, devem ser respondidas as seguintes Perguntas Secundárias (PS):

PS1: A área está em ascensão, ou declínio?

PS2: Quais os focos de pesquisa?

PS3: Quais recursos estão envolvidos com os JSMM para reabilitação? Quais *softwares* e arquiteturas usados? Quais sensores/dispositivos estão sendo usados?

### A.2.2 Definições de busca

Os Mecanismos de Busca Acadêmica (MBA) utilizados neste mapeamento foram: o *Science Direct*, pois (CONNOLLY et al., 2012) mostra que este mecanismo contém um número maior de publicações sobre JS que os demais; O *IEEE Xplore*, escolhido porque publicações sobre sistemas de interação multimodal são encontrados em grande escala nas áreas de engenharia elétrica e eletrônica; *ACM DL*, por ser referência em artigos de alta qualidade nas áreas de Computação e Tecnologia da Informação e; o MBA *PubMed*, porque este possui mais de 28 milhões de citações da literatura biomédica e é de acesso gratuito.

A frase de busca definida para a pesquisa é mostrada a seguir, sendo que foi pesquisada dentre os títulos, resumos e palavras chave.

*(\*game\* OR “virtual reality”) AND (multimodal\* OR sensor\* OR device\*) AND health\**

Foi utilizada a palavra “*game*” propositalmente, para que todos os jogos fossem encontrados, já que o termo “*serious game*” não é reconhecido de forma unânime pelos autores.

De acordo com Grimes (2018), muitos jogos e jogos sérios são descritos como realidade virtual em algumas publicações, então o termo “*virtual reality*” foi usado como sinônimo de “*game*” na busca.

SMM também são descritos como sendo o uso de vários sensores, ou vários dispositivos, visto em pesquisa tradicional inicial, então as palavras “*sensor*” e “*device*” foram adicionadas como sinônimos.

### A.2.3 Critérios Objetivos e Subjetivos (definição/triagem)

#### Critérios Objetivos

Quanto aos Critérios Objetivos (CO), foram aplicados os seguintes:

- CO1: Publicações de 2009 a 2019 (últimos 10 anos);
- CO2: Publicações em Inglês (pois o maior número de publicações nas áreas pesquisadas se encontram nesta língua);
- CO3: Artigos maiores que 4 páginas (para eliminar publicações pouco detalhadas como *short papers*);
- CO4: Artigos revisados por pares, publicado em periódico ou evento com revisores (maior credibilidade);
- CO5: Publicações com acesso completo gratuito (pela Capes ou *Open Access*);
- CO6: Apenas estudos primários.

### **Critérios Subjetivos**

Os Critérios Subjetivos são divididos em Critérios de Exclusão (CE) e Critérios de Inclusão (CI), definidos a seguir:

- CE1: O sistema proposto não é um jogo (Não atende aos três requisitos básicos para ser um jogo, regras, objetivos e situações de vencer/perder(*feedback*) (PRENSKY, 2012));
- CE2: Publicações que só falem da aplicação de jogos, não do método de criação do mesmo, ou da interação multimodal com ele;
- CE3: Publicações semelhantes e do mesmo autor (escolher apenas uma, prioridade 1: publicada em *journal*, prioridade 2: mais recente);
- CE4: Não possui multimodalidade de entrada através de dispositivos/sensores diferentes (pois pretende-se medir dados do paciente (multimodalidade de entrada) e através de tecnologias diferentes (dispositivos ou sensores diferentes));
- CE5: Não é um estudo primário, pois mesmo selecionando este pré-requisito no CO6 pode passar pelo filtro algum artigo secundário;
- CE6: Usa o jogo somente para Educação ou Treinamento.

Abaixo são vistos os CIs, que confirmarão se as publicações restantes realmente abordam o tema proposto.

- CI1: Publicações que falem de jogos multimodais aplicados a reabilitação humana;
- CI2: Publicações que mostrem variedade/desenvolvimento de modos de interação.

A Tabela 17 mostra a aplicação de todos os critérios, sendo que a aplicação inicial da string de busca retornou um total de 1479 artigos, ao acabar a aplicação dos COs este número caiu para 925, no fim dos CEs já se tinha 49 e na confirmação de pertinência feita pelos CIs sobrou um total de 35 artigos a serem investigados.

Tabela 17 – Tabela de Critérios Objetivos e Subjetivos

MBA	Busca Inicial	CO1	CO2	CO3	CO4	CO5
<i>Science Direct</i>	60	60	58	53	53	53
<i>ACM DL</i>	109	108	108	61	61	61
<i>IEEE Xplore</i>	673	673	671	446	446	446
<i>PubMed</i>	637	637	636	595	595	440
<b>Total</b>	1479	1478	1473	1155	1155	1000

CO6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CI1	CI2
48	21	15	15	6	6	4	4	4
60	21	14	14	5	4	3	3	3
421	130	95	95	27	27	23	19	10
396	171	124	122	22	21	19	18	18
925	343	248	246	60	58	49	44	35

A Tabela 18 mostra todos os artigos obtidos através deste mapeamento sistemático da literatura.

Tabela 18 – Artigos resultantes do mapeamento

ID	Referência
A01	Chittaro e Sioni (2014)
A02	Kim, Prestopnik e Biocca (2014)
A03	Alamri et al. (2014)
A04	King et al. (2012)
A05	Vonach et al. (2016)
A06	Afyouni et al. (2016)
A07	Santos et al. (2015)
A08	Muñoz et al. (2014)
A09	Rodrigues et al. (2016)
A10	Muñoz et al. (2015)
A11	Wang, Parnandi e Gutierrez-Osuna (2018)
A12	Saleh (2015)
A13	KONSTANTINIDIS, BAMPAROPOULOS e BAMIDIS (2017)
A14	Yang et al. (2010)
A15	Cardona et al. (2016)
A16	Oikonomou e Day (2012)

A17	Madeira et al. (2011)
A18	Trevizan et al. (2018)
A19	Oliver et al. (2018)
A20	Klaassen et al. (2018)
A21	Held et al. (2017)
A22	Murray et al. (2017)
A23	Lopez-Samaniego e Garcia-Zapirain (2016)
A24	Rego et al. (2017)
A25	Wittmann et al. (2016)
A26	Seo et al. (2016)
A27	Hasselmann et al. (2015)
A28	Naumann et al. (2015)
A29	VAN DEN HEUVEL et al. (2014)
A30	Gschwind et al. (2014)
A31	Cameirao et al. (2012)
A32	VAN WIJCK et al. (2012)
A33	Kahol (2011)
A34	Harvey et al. (2011)
A35	Gorini et al. (2010)

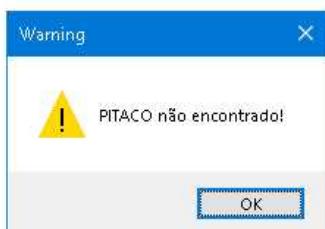
## APÊNDICE B – ALTERAÇÕES GRÁFICAS REALIZADAS NO *I BLUE IT 4.0*

Alterações gráficas também ocorreram, durante a construção do *I Blue It 4.0: Multimodal*.

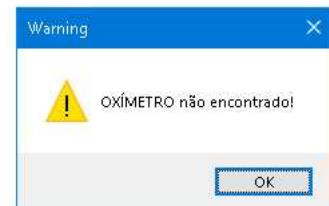
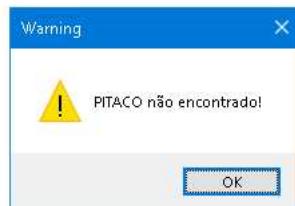
A versão 1.0 alerta, ao abrir o jogo sem o DI conectado, sobre a ausência do controle PITACO (Figura 69, a). A versão 4.0 gera alertas individuais de todos os DI sequencialmente (Figura 69, b). Caso ao menos um deles estiver conectado, nenhum alerta aparecerá.

Figura 69 – Alertas iniciais de conexão.

(a) *I Blue It 1.0*.  
(GRIMES, 2018).



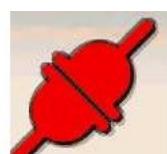
(b) *I Blue It 4.0*.  
Fonte: O próprio autor.



O ícone anterior (Figura 70, a), que mostrava o status de conexão do PITACO foi reformulado e foram criados os ícones dos demais DI (Figura 70, b).

Figura 70 – Ícones de conexão.

(a) *I Blue It 1.0*.  
(GRIMES, 2018).



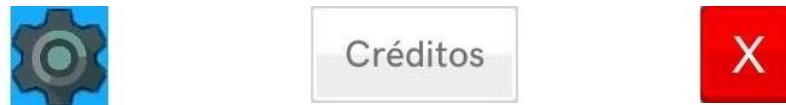
(b) *I Blue It 4.0*.  
Fonte: O próprio autor.



Os ícones para visualizar configurações (Figura 71, a), para a lista de créditos (Figura 71, b) e para sair do jogo (Figura 71, c), também foram reformulados (Figura 71, d).

Figura 71 – Ícones de opções.

- (a) *I Blue It* 1.0: Configs.  
 (GRIMES, 2018).
- (b) *I Blue It* 1.0: Créditos.  
 (GRIMES, 2018).
- (c) *I Blue It* 1.0: Sair.  
 (GRIMES, 2018).



- (d) *I Blue It* 4.0: Opções.  
 Fonte: O próprio autor.



Na tela inicial do jogo (Figura 72, a), imagens de fundo, disposição de ícones e paleta de cores, foram alteradas na versão 4.0 (Figura 72, b).

Figura 72 – Tela inicial.

- (a) *I Blue It* 1.0.  
 Fonte: (GRIMES, 2018).



- (b) *I Blue It* 4.0.  
 Fonte: O próprio autor.



Na tela de novos cadastros da versão 1.0 (Figura 73, a) foi alterada a palavra “Condição” pela frase “Condição Respiratória”. Alteração também da palavra “Normal” em todos os scripts e telas pelas palavras “healthy/scripts)/Saudável(Telas)” (Figura 73, b), esta sinalizando a “Condição Respiratória” do paciente (pois a conotação “Normal” pode exprimir que os demais sejam “anormais”).

Figura 73 – Novos cadastros.

(a) *I Blue It* 1.0.  
Fonte: (GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 4.0.  
Fonte: O próprio autor.



Na tela de seleção de perfis cadastrados (Figura 74, a), fonte e ícone para voltar a tela anterior foram alterados (Figura 74, b).

Figura 74 – Seleção de perfis.

(a) *I Blue It* 1.0.  
Fonte: (GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 4.0.  
Fonte: O próprio autor.



No menu de modos de jogo do sistema (Figura 75, a), a Calibração foi renomeada para Medição, pois ela serve não somente para calibrar DI, mas também para medir e apresentar aos terapeutas as capacidades dos jogadores. Demais ícones também foram alterados (Figura 75, b).

Figura 75 – Menu de modos de jogo.

(a) *I Blue It* 1.0.  
Fonte:(GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 4.0.  
Fonte: O próprio autor.



Clicando no modo Medição, agora é aberta uma segunda tela, onde o jogador seleciona o DI a ser calibrado. É possível calibrar os DI PITACO, MANO-BD e Cinta de Pressão (Figura 76).

Figura 76 – *I Blue It* 4.0: Modo Medição.



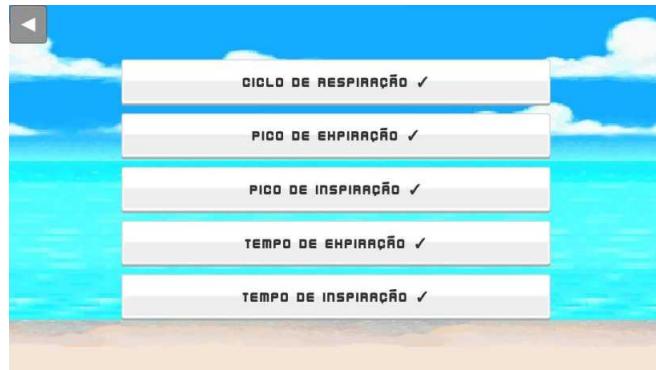
Fonte: O próprio autor.

Os exercícios de medição da versão 1.0 são cinco, “Ciclo de Respiração”, “Pico de Expiração”, “Pico de Inspiração”, “Tempo de Expiração” e “Tempo de Inspiração” (Figura 77, a). Na versão 4.0 estes mesmos exercícios são usados para PITACO e Cinta (Figura 77, b e c), no entanto como o MANO-BD não permite respiração livre, então não existe “Ciclo de Respiração” (Figura 77, d), pois o jogador em algum momento precisará respirar fora do DI.

Figura 77 – Exercícios de Medição.

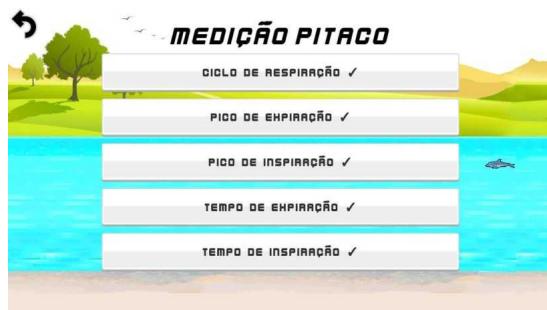
(a) *I Blue It* 1.0.

Fonte: (GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 4.0.

Fonte: O próprio autor.



(c) *I Blue It* 4.0.

Fonte: O próprio autor.



(d) *I Blue It* 4.0.

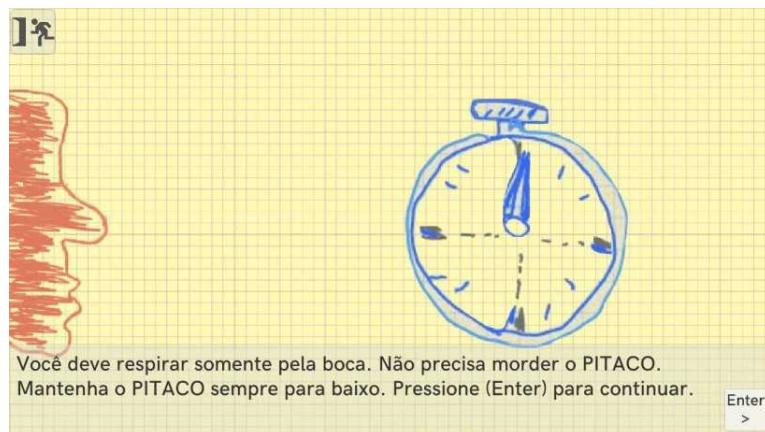
Fonte: O próprio autor.



A tela de execução dos exercícios de medição (Figura 78, a) continua igual a versão 1.0, no entanto as instruções descritivas são alteradas para cada incentivador (Figura 78, b).

Figura 78 – Execução da Medição.

(a) *I Blue It* 1.0.  
Fonte: (GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 4.0.  
Fonte: O próprio autor.



Voltando a tela de seleção de modos, ao clicar no ícone de golfinho (Modo Plataforma *I Blue It*), a tela de seleção de fases/níveis é mostrada. Na versão 1.0, caso o PITACO não estiver conectado ao selecionar uma fase/nível, um alerta é emitido, solicitando que o mesmo seja conectado antes de se iniciar uma partida (Figura 79, a). Na versão 4.0 a mensagem alerta que nenhum DI de controle está conectado e ao menos um deles deve ser conectado antes de uma partida (Figura 79, b). Fonte e o ícone para tela anterior também foram alterados na versão 4.0 do sistema.

Figura 79 – Seleção de Fases/Níveis.

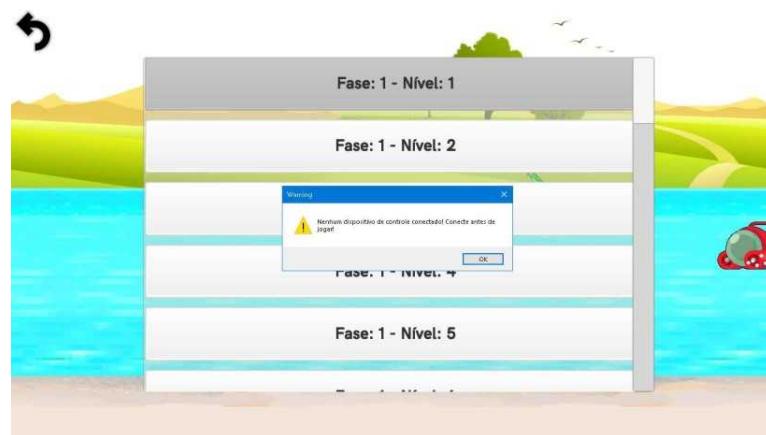
(a) *I Blue It* 1.0.

Fonte: (GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 4.0.

Fonte: O próprio autor.



Voltando novamente a tela de seleção de modos, ao clicar no ícone dos Minigames, a tela de seleção de minigames é mostrada. Na versão 1.0, haviam três minigames, “Jogo do Bolo”, “Jogo do Copo D’água” e “Jogo das Frutas” (Figura 80, a). Na versão 4.0 o “Jogo das Frutas” foi retirado, pois segundo terapeutas que utilizam a versão 1.0, o exercício respiratório abordado neste minigame não resulta em benefícios ao paciente (Figura 80, b).

Figura 80 – Seleção de Minigames.

(a) *I Blue It* 1.0.

Fonte: (GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 4.0.

Fonte: O próprio autor.



Nos minigames “Jogo do Bolo” e “Jogo do Copo D’água” (Figura 81, a e b), ocorreram alterações visuais e foram adicionados os ícones que mostram os DI ativos/inativos (Figura 81, c e d). Mesmo se podendo usar diversas opções de controle, não existe fusão, ou adaptação nestes jogos. Desta forma somente um DI funciona por vez. Para que isto funcione corretamente foi criada uma ordem de prioridade de funcionamento. Se conectado, PITACO tem prioridade sobre os demais. Se MANO-BD e Cinta estiverem conectados, MANO-BD tem prioridade e somente caso a Cinta seja a única conectada, a mesma funcionará.

Figura 81 – Minigames.

(a) *I Blue It* 1.0.

Fonte: (GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 1.0.

Fonte: (GRIMES, 2018).



(c) *I Blue It* 4.0.

Fonte: O próprio autor.



(d) *I Blue It* 4.0.

Fonte: O próprio autor.



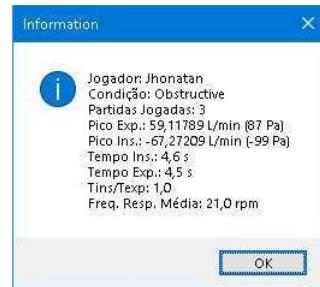
Na tela de seleção de modos, existe ainda o botão de informações (Figura 82, a) e a tela de informações do jogador (Figura 82, b) (aberta ao clicar o botão) que foram redesenhados na versão 4.0, para se adequarem aos demais DI de controle (Figura 82, c e d).

Figura 82 – Informações do Jogador.

(a) *I Blue It* 1.0.  
(GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 1.0.  
(GRIMES, 2018).



(c) *I Blue It* 4.0.  
Fonte: O próprio autor.



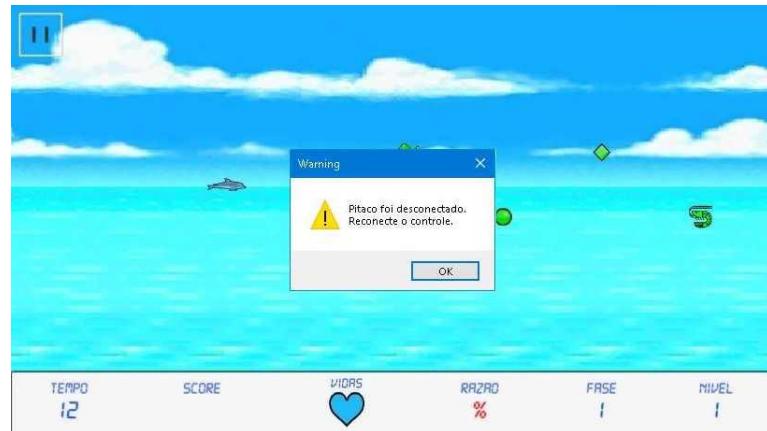
(d) *I Blue It* 4.0.  
Fonte: O próprio autor.



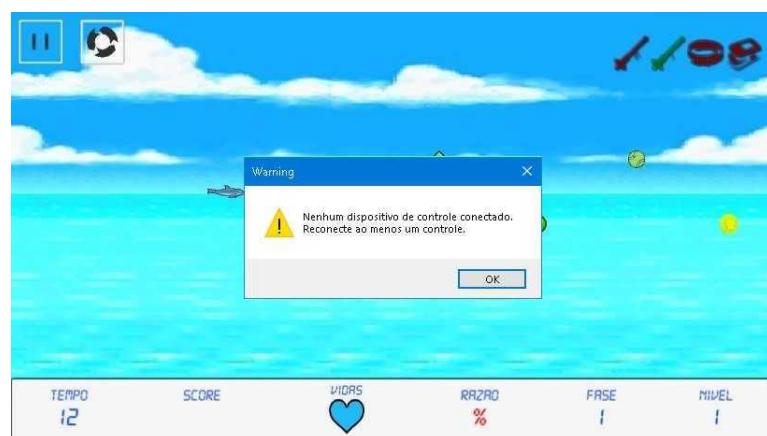
Na tela de execução da plataforma, versão 1.0 (Figura 83, a), foram adicionados os ícones de DI ativos/inativos e um ícone circular no canto superior esquerdo que abre a tela de parâmetros (Figura 83, b). Caso todos os DI de controle sejam desconectados durante o jogo, o mesmo emite um alerta solicitando a reconexão de ao menos um deles.

Figura 83 – Plataforma.

(a) *I Blue It* 1.0.  
Fonte: (GRIMES, 2018).



(b) *I Blue It* 4.0.  
Fonte: O próprio autor.



## APÊNDICE C – I BLUE IT 4.0 - ERROS CAPTADOS NOS TESTES DE SOFTWARE

- O minigame “Jogo do Copo D’água” não estava salvando os logs dos DI PITACO, MANO-BD e Cinta de Pressão, somente os logs do minigame; foi criado um *script* de captura de logs para cada um dos DI;
- Na tela “Medição”, ocorria um erro durante a medição dos exercícios de duração, onde o jogo começava a capturar o sinal antes do relógio ficar verde; foi adicionado 1 segundo a mais de espera antes da captura;
- Na tela “Medição”, o ponteiro de medição oscilava quando próximo a pressão zero com o DI MANO-BD; foi corrigido no *script* “ClockArrowAnimationMano”, onde a animação foi alterada;
- No minigame “Jogo do Bolo”, a primeira estrela do *slider* não estava sendo contabilizada; foi corrigido no *script* “RoundManager” com a multiplicação por 2 do *Threshold* dos DI;
- Os *Scores* finais dos minigames “Jogo do Bolo” e “Jogo do Copo D’água” não estavam sendo mostrados quando usados outros DI além do PITACO; foi corrigido no *script* “ScoreMenu” ao criar objetos de texto para exibir os valores de todos os DI;
- Mesmo com a medição inicial dos DI completa para o jogador, os ícones para a plataforma e para os minigames estavam se mantendo bloqueados; foi corrigido nos *scripts* “PlayerMenuUI” e “UnlockOnCalibration” ao inicializar as variáveis globais “PitacoPrecisaCalib”, “ManoPrecisaCalib” e “CintaPrecisaCalib” não mais em seu local de declaração, mas dentro do método “OnEnable”;
- Na plataforma, foi alterado o *script* “PlayerAnimation”, pois o golfinho *blue* estava pulando no momento incorreto ao se utilizar a Cinta de Pressão;
- O *script* “SceneLoader” foi alterado para carregar os minigames não mais pelo índice, mas pelo nome, pois por várias vezes um minigame foi selecionado e outro foi executado.

## APÊNDICE D – CONVITES PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA *I BLUE IT 4.0:* MULTIMODAL

### D.1 E-MAIL CONVITE PARA AVALIAÇÃO PILOTO

**Avaliação do "I Blue It 4.0: Multimodal"**

MARCELO DA SILVA HOUNSELL <[marcelo.hounsell@udesc.br](mailto:marcelo.hounsell@udesc.br)>

Qui, 15/10/2020 19:54

Para:

Cc: JHONATAN THALLISSON CABRAL NERY <[jhonatan.tcn@edu.udesc.br](mailto:jhonatan.tcn@edu.udesc.br)>; Jhonatan Cabral <[jhonatanthallisson@gmail.com](mailto:jhonatanthallisson@gmail.com)>

Caríssimos colegas,

Estamos para lançar a versão 4.0 do "I Blue It", fruto do mestrado do Jhonatan Cabral, e devido a pandemia, resolvemos fazer um processo de avaliação dirigido por um formulário eletrônico.

Estamos na fase de fazer uma avaliação "**piloto**", ou seja, além da avaliação em si que vocês farão sobre o **sistema**, muito nos interessa a análise de vocês quanto ao próprio **formulário**.

Para nos ajudar nesta árdua tarefa, escolhemos alguns conhecidos de conhecimentos específicos e que sabemos são éticos, verdadeiros e críticos. Portanto, solicitamos a ajuda de vocês para preencherem o formulário abaixo. Fiquem à vontade para **QUAISQUER** comentários, sugestões e críticas que acharem pertinente:  
<https://forms.gle/8iqy4WQKY2h9TAbeA>

Se puderem responder em uma semana (**23/10**), seria muito bom para nós.

Agradecemos o seu tempo e disposição, antecipadamente....

Se não puderem participar, não precisam se justificar, entendemos que estamos num momento difícil para todos...  
**Obrigado** pela atenção, mesmo assim.

At,te  
 Marcelo da Silva Hounsell (Prof. UDESC, Pesquisador DT-CNPq)  
 CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2259041691301555>  
 LARVA - Laboratory for Research on Visual Applications  
 DCC - Departamento de Ciência da Computação  
 UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina

## D.2 E-MAIL CONVITE PARA AVALIAÇÃO FINAL

### Avaliação do Jogo "I Blue It 4.0: Multimodal"

JHONATAN THALLISSON CABRAL NERY <jhonatan.tcn@edu.udesc.br>

Ter, 17/11/2020 23:59

Para: MARCELO DA SILVA HOUNSELL <marcelo.hounsell@udesc.br>

Cco:



Prezad@,

Meu nome é Jhonatan Néry, sou aluno do programa de Pós Graduação em Computação Aplicada da Udesc de Joinville-SC sob orientação do prof. Marcelo da Silva Hounsell.

Parte da minha pesquisa de mestrado se focou na alteração de um **Jogo Sério para Reabilitação Respiratória**, para que este pudesse **usar diversos dispositivos**, ou seja, se tornasse multimodal. O passo final do trabalho é uma avaliação feita por especialistas de várias áreas.

Então, convido-@ a preencher um formulário de avaliação que é **anônimo** e você poderá sair da pesquisa a qualquer momento caso sinta algum tipo de desconforto ou constrangimento.

Link para o formulário: <https://forms.gle/8iqy4WQKY2h9TAbeA>

(tempo previsto para preenchimento é de 30 minutos).

**Sua contribuição é muito importante e essencial para a pesquisa.**  
Me ajudará ainda mais, caso consiga avaliar até **30/11/2020**.

Me coloco à disposição para qualquer pergunta e agradeço desde já pela atenção.

Atenciosamente,  
Jhonatan Néry

## APÊNDICE E – AVALIAÇÃO DO SISTEMA *I BLUE IT 4.0: MULTIMODAL*

### E.1 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 01



**Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"**

Convidamos você a conhecer e avaliar as funcionalidades do sistema "I Blue It 4.0: Multimodal" que faz parte da pesquisa do mestrandando em Computação Aplicada da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Jhonatan Thallisson Cabral Néry, orientado pelo Prof. Dr. Marcelo da Silva Hounsell.

O objetivo deste projeto foi adaptar um jogo sério para reabilitação respiratória, denominado "I Blue It", de modo que este alcance as funcionalidades de flexibilidade, complementariedade e monitoramento, conseguindo isto por meio da aplicação de conceitos de Sistemas Multimodais. Como resultado, o jogo "I Blue It" passa a funcionar com uma ampla gama de (combinações de) dispositivos de controle e monitoramento.

Neste questionário, não será solicitada, nem será coletada nenhuma informação que o identifique, portanto, na sua participação será garantido o seu anonimato. O tempo estimado para preenchimento deste questionário é de cerca de 30 minutos (+10 caso opte por assistir o vídeo opcional). As suas respostas serão usadas com objetivos acadêmicos para melhorar o projeto do "I Blue It 4.0: Multimodal".

O formulário está dividido nas seguintes seções:

2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
3. Dados demográficos e área de atuação;
4. O "I Blue It 1.0";
5. O "I Blue It 4.0: Multimodal";
6. Interações;
7. Funções do "I Blue It 4.0: Multimodal": Flexibilidade;
8. Funções do "I Blue It 4.0: Multimodal": Complementariedade;
9. Funções do "I Blue It 4.0: Multimodal": Monitoramento;
10. Avaliação das Interações;
11. Avaliação Final;
12. Parâmetros do "I Blue It 4.0: Multimodal" (OPCIONAL)

**\*Avisos\*:**

- \* Conteúdo multimídia: são 9 vídeos (com média de 2 minutos de duração).
- \* Os vídeos são essenciais para o pleno entendimento. Você pode pausar, e rever caso queira.

Muito obrigado pela sua colaboração! ☺ ☻ ☻

**Próxima**  Página 1 de 13

## E.2 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 02



## Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"

\*Obrigatório

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

O(A) Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) para esta pesquisa. Neste questionário pretendemos identificar o perfil dos respondentes e suas percepções quanto aos recursos multimodais apresentados. Para participar da pesquisa você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para recusar-se a participar. Poderá ainda retirar seu consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento sem necessidade de justificativa. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que será atendido pelos pesquisadores. Sua identidade será mantida de forma anônima visto que não são coletados dados que permitam sua identificação. O(A) Sr.(a) deve estar ciente que os dados coletados neste questionário poderão ser utilizados para publicações técnicas ou científicas, sempre mantendo seu anonimato. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Somente os membros do projeto de pesquisa terão acesso aos dados brutos. \*

Concordo

Não concordo

Voltar

Próxima

Página 2 de 13

## E.3 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 03



**Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"**

\*Obrigatório

Dados demográficos e área de atuação

1. Em qual país você reside atualmente? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

2. Em qual estado você reside atualmente? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

3. Qual sua área de atuação (principal)? \*

Sou um profissional/estudante da área da SAÚDE  
 Sou empresário da área da SAÚDE  
 Sou um professor/pesquisador da área da SAÚDE  
 Sou um profissional/estudante da área TECNOLÓGICA (TI, Desenvolvimento de Jogos, Engenharia Elétrica, ...)  
 Sou empresário da área TECNOLÓGICA  
 Sou um professor/pesquisador da área TECNOLÓGICA  
 Outro: \_\_\_\_\_

4. Possui experiências que envolvam a Reabilitação Respiratória? Caso sim, somam quanto tempo (anos completos)? \*

Sua resposta

5. Já teve ou tem contato com Jogos Sérios digitais?

- 1. Nunca
- 2. Raramente (uma vez por semestre)
- 3. Às vezes (1 vez por mês)
- 4. Muitas vezes (uma vez por semana)
- 5. Sempre (todos os dias)

Voltar

Próxima

Página 3 de 13

## E.4 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 04



## Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"

## O "I Blue It 1.0"

O "I Blue It 1.0" é um jogo sério para reabilitação respiratória. Na plataforma principal, o jogador controla um personagem, o golfinho Blue, pelas fases do jogo. Este jogo sério possui apenas um canal de interação controlado de forma consciente e intencional, onde o único dispositivo associado é um pneumotacógrafo de incentivo (que permite a captura dos dados da respiração do jogador/paciente). Então, graças ao pneumotacógrafo, os movimentos do Blue são controlados pelas ações respiratórias (inspiração-sobe e expiração-desce). Conheça o funcionamento básico do "I Blue It 1.0", pelo vídeo a seguir que mostra algumas das fases do jogo.

## Jogo Sério I Blue It 1.0 (2 minutos e 52 segundos)

## I Blue It Demo

[Voltar](#)[Próxima](#)

Página 4 de 13

## E.5 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 05



**Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"**

O "I Blue It 4.0: Multimodal"

A versão 4.0 do jogo "I Blue It" se caracteriza por permitir o uso de vários dispositivos de captura de dados (não somente o pneumotacógrafo) permitindo várias modalidades de interação.

Respiração como Controle (1 minuto e 38 segundos)

Respiração como Controle

[Video player icon]

Acompanhar o processo respiratório é uma tarefa difícil, não se consegue enxergar as estruturas pulmonares funcionando na prática, o que demanda a possibilidade de captura de vários dados sobre o processo, de ângulos diferentes, para que se complemente o entendimento. O vídeo mostra, isoladamente, o primeiro diferencial do jogo "I Blue It 4.0" que é o seu funcionamento com vários outros tipos de dispositivos de controle, além do Pneumotacógrafo: Um Manovacuômetro bidirecional digital e; uma Cinta de Pressão (Tórax).

Voltar Próxima Página 5 de 13

## E.6 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 06



### Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"

\*Obrigatório

#### Interações

Uma interação se dá pela troca de mensagens (diálogo) entre mais de um ator, sejam eles humanos, animais, ou máquinas. Uma interação pode ocorrer de dois modos, como uma **Interação Unimodal**, ou como uma **Interação Multimodal**.

#### Interação Unimodal

Fornece apenas um meio(interface) para se interagir:

Como em uma **ligação telefônica convencional**, representada na imagem abaixo, à esquerda, em que se fala e se ouve através de uma única interface, o telefone.

#### Interação Multimodal

São dispostas várias interfaces distintas ao mesmo tempo:

Na imagem abaixo, à direita, estão:

Interfaces de entrada (envio): Microfone, webcam, mouse e teclado;  
Interfaces de saída (retorno): Monitor e fones de ouvido.

Quando o sistema é **multimodal**, os vários sinais de entrada precisam passar por um processo de **FUSÃO**, que é, decidir como e em que ordem os sinais vão ser combinados para então serem passados para o usuário. Ainda, individualmente, cada sinal pode exigir algum tipo de **ADAPTAÇÃO** para que o sistema como um todo funcione coerentemente.

#### Interação Unimodal



#### Interação Multimodal



6. Quanto à Interação Multimodal para reabilitação respiratória (considere o uso simultâneo de alguns dos dispositivos apresentados anteriormente). Avalie as seguintes afirmações: \*

DEFINIÇÕES: >> IMPORTANTE: Que tem mérito; digno de elogio. >> NECESSÁRIO: Imprescindível; essencial; indispensável. >> PRÁTICO: De aplicação ou de uso cômodo e fácil; funcional. (Dicionário Oxford Languages)

1 - Discordo Totalmente    2 - Discordo    3 - Neutro    4 - Concordo    5 - Concordo Totalmente

É importante.

É necessária.

É prática.

Voltar

Próxima

Página 6 de 13

## E.7 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 07



## Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"

\*Obrigatório

### Funções do "I Blue It 4.0: Multimodal"

Jogos Sérios tem se mostrado como impulsionadores para técnicas de reabilitação, pois, as aplica por meio de mecanismos lúdicos e mais imersivos que outros métodos convencionais. No entanto, os Jogos Sérios voltados para a reabilitação não têm mostrado preocupação em atender funções conseguidas por um sistema multimodal, como Flexibilidade, Complementariedade e Monitoramento, funções estas que foram inseridas no I Blue It 4.0: Multimodal.

#### Flexibilidade

Sem esta funcionalidade, a execução de um jogo sério se vê limitada ao uso de apenas um único dispositivo controlador e isto restringe o alcance do jogo sério e, por consequência, o da terapia. Para corrigir este cenário, uma possibilidade é a disponibilização de múltiplas modalidades (formas de controle para o jogo sério) possibilitando ao terapeuta escolher a melhor forma de utilização (ou dispositivo mais apropriado para a patologia-paciente-terapia).

Dispositivo de Controle: PITACO, apelido dado ao pneumotacógrafo (1 minuto e 41 segundos)

**Interação Pitaco**

[Video player icon]

Dispositivo de Controle: MANO-BD, apelido dado ao manovacuômetro (1 minuto e 38 segundos)

**Interação Mano BD**



Dispositivo de Controle: CINTA DE PRESSÃO (Tórax) (1 minuto e 33 segundos)

**Interação Cinta de Pressão**



Combinações de Dispositivos (33 segundos)

Troca de Dispositivos



A troca/adição/subtração de dispositivos é feita pelo terapeuta. Pode ser feita no meio do jogo, somente conectando/desconectando os equipamentos, sem prejuízos ao funcionamento do jogo.

7. Quanto ao elemento "Flexibilidade" no âmbito da reabilitação respiratória. Avalie as seguintes afirmações: \*

DEFINIÇÕES: >> IMPORTANTE: Que tem mérito; digno de elogio. >> NECESSÁRIO: Imprescindível; essencial; indispensável. >> PRÁTICO: De aplicação ou de uso cômodo e fácil; funcional. (Dicionário Oxford Languages)

1 - Discordo  
Totalmente

2 - Discordo

3 - Neutro

4 - Concordo

5 - Concordo  
Totalmente

É importante.

É necessário.

É prático.

8. Você tem algum comentário, dúvida, critica ou sugestão sobre a Flexibilidade no I Blue It 4.0? Escreva abaixo.

Sua resposta

Voltar

Próxima

Página 7 de 13

## E.8 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 08



The screenshot shows the main interface of the "I Blue It 4.0: Multimodal" app. At the top, there is a decorative banner with the text "I BLUE IT" in large letters, set against a background of a beach, ocean, and sky. Below the banner are several icons: a green checkmark, a red cross, a mouth, a hand, and a swimmer. To the right of these are icons for a cloud, a gear, a person, and a red X. The main title "Sistema \"I Blue It 4.0: Multimodal\"" is displayed in bold black text. Below it, a red asterisk indicates an "Obrigatório" (mandatory) field. A black bar contains the text "Funções do \"I Blue It 4.0: Multimodal\"". Under this bar, a section titled "Complementariedade (informações mais completas)" discusses how combining different sources of information about a phenomenon can lead to better understanding. It also mentions that this concept is important in rehabilitation games, as it allows patients to have a clearer understanding of their condition and receive feedback on their exercises. Below this, another section describes the use of a pitaco (stoma bag) and a pressure belt for 2 minutes and 20 seconds. A video player icon is present, indicating a video demonstration.

**Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"**

\*Obrigatório

**Funções do "I Blue It 4.0: Multimodal"**

**Complementariedade (informações mais completas)**

Através da combinação de diferentes fontes de informação sobre um fenômeno, se pode chegar ao melhor entendimento sobre este [Coutaz, 1995]. O conceito de complementariedade é fator importante a se observar em jogos para reabilitação, pois ter uma maior clareza de informações sobre um paciente pode fazer com que sejam detectados e corrigidos padrões incorretos de exercícios terapêuticos [Rego, 2014].

Dispositivos de Controle: Pitaco junto com a Cinta de Pressão (2 minutos e 20 segundos)

**Interação Pitaco e Cinta de Pressão**

[Video player icon]

Controles: Mano-BD e Cinta de Pressão (2 minutos)

**Interação Mano-BD e Cinta de Pressão**



9. Quanto ao elemento "Complementariedade" no âmbito da reabilitação. Avalie as seguintes afirmações: \*

DEFINIÇÕES: >> IMPORTANTE: Que tem mérito; digno de elogio. >> NECESSÁRIO: Imprescindível; essencial; indispensável. >> PRÁTICO: De aplicação ou de uso cômodo e fácil; funcional. (Dicionário Oxford Languages)

	1 - Discordo Totalmente	2 - Discordo	3 - Neutro	4 - Concordo	5 - Concordo Totalmente
É importante.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
É necessário.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
É prático.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Você tem algum comentário, dúvida, crítica ou sugestão sobre a Complementariedade no I Blue It 4.0? Escreva abaixo.

Sua resposta

Voltar

Próxima

Página 8 de 13

## E.9 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 09



### Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"

\*Obrigatório

#### Funções do "I Blue It 4.0: Multimodal"

##### Monitoramento

Ao se usar um jogo sério para reabilitação, ou para promoção da saúde em geral, em que seja requerido algum tipo de esforço físico, é possível que ocorra excesso de esforço, ou outro fator que provoque desconforto no paciente, ou ainda algo mais prejudicial que atrapalhe sua terapia. Como exemplo, durante, ou após exercícios prolongados é possível passar por um quadro de hiperventilação. Uma hiperventilação grave pode levar à perda de consciência, ou resultar em problemas subjacentes [Sullivan, 2019]. Outros indivíduos podem em vez de respirar rapidamente, deixar inconscientemente de respirar durante o exercício, fazendo uma manobra de Valsalva. Isto pode produzir um aumento acentuado da pressão arterial, seguido de queda repentina e provocar também tontura ou desmaio [Hackett, 2013].

Portanto, um sistema multimodal deve poder usar os (vários) sinais sendo capturados para monitorar e evitar os incômodos, deixando o sistema mais seguro para o jogador/paciente.

Dispositivo de Controle: Mano-BD (canal de dados consciente) junto com  
Dispositivo de Monitoramento: Oxímetro (canal de dados inconsciente) (2 minutos e 38 segundos)

#### Interação Mano BD e Oxímetro



No vídeo, o dispositivo oxímetro foi colocado abaixo do dedo indicador da mão esquerda do jogador. Com ele são medidas a saturação da oxigenação sanguínea [SpO2] (com adaptação em jogo) e a frequência cardíaca [HR] (somente para acompanhamento visual do terapeuta).

O dispositivo Oxímetro foi construído a partir de uma placa Arduino Nano e um sensor Max30102.



11. Quanto ao elemento "Monitoramento" no âmbito da reabilitação. Avalie as seguintes afirmações: \*

DEFINIÇÕES: >> IMPORTANTE: Que tem mérito; digno de elogio. >> NECESSÁRIO: Imprescindível; essencial; indispensável. >> PRÁTICO: De aplicação ou de uso cômodo e fácil; funcional. (Dicionário Oxford Languages)

1 - Discordo Totalmente	2 - Discordo	3 - Neutro	4 - Concordo	5 - Concordo Totalmente
-------------------------	--------------	------------	--------------	-------------------------

É importante.

É necessário.

É prático.

12. Você tem algum comentário, dúvida, crítica ou sugestão sobre a Monitoramento no I Blue It 4.0? Escreva abaixo.

Sua resposta

Voltar

Próxima

## E.10 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 10

**I BLUE IT**

Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"

\*Obrigatório

### Avaliação das Interações

Dispositivos de Interação (Inspirado no questionário de Rocha, 2015).

13. Quanto à suas impressões a respeito das interações. Avalie. \*

Um único dispositivo (Pitaco OU Mano-BD OU Cinta)	(Pitaco OU Mano-BD) JUNTO com Cinta	(Pitaco OU Mano-BD) JUNTO com Oxímetro	Cinta JUNTO com Oxímetro	(Pitaco OU Mano-BD) JUNTO com Cinta JUNTO com Oxímetro
Qual opção considera mais ÚTIL (permite várias terapias)?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Qual opção considera mais DESAFIADORA para o paciente aprender a usar?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Qual opção considera mais SEGURA?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Qual opção considera mais PRÁTICA (fácil de usar)?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Voltar Próxima Página 10 de 13

## E.11 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 11



## Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"

\*Obrigatório

### Avaliação Final

Questões finais sobre o sistema apresentado.

14. O I Blue It 4.0: Multimodal beneficia tanto terapeutas respiratórios quanto pacientes. \*

1    2    3    4    5

1 - Discordo Totalmente         5 - Concordo totalmente

15. Indique aqui três pontos positivos/vantagens do sistema. \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

16. Indique aqui três pontos negativos/desvantagens do sistema. \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

17. Insira aqui quaisquer comentários, dúvidas, críticas e/ou sugestões sobre o I Blue It 4.0: Multimodal. \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

[Voltar](#) [Próxima](#)

Página 11 de 13

## E.12 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 12

I BLUE IT

Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"

Parâmetros do "I Blue It 4.0: Multimodal"

As demonstrações anteriores foram montadas considerando parâmetros de teste. Para utilizar efetivamente o sistema para uma terapia específica, será necessário configurar um arquivo de parâmetros, conforme cada terapia/paciente/patologia.

(OPCIONAL) Caso queira saber como a planilha de parâmetros é construída, clique no link abaixo  
<https://youtu.be/uOEzHrcVmBg>

Voltar Próxima Página 12 de 13

## E.13 QUESTIONÁRIO - SEÇÃO 13

**I BLUE IT**

Sistema "I Blue It 4.0: Multimodal"

Formulário finalizado!

Suas respostas serão de grande ajuda para a análise do trabalho desenvolvido e para melhorias futuras.

Não se esqueça de clicar no botão "ENVIAR" no fim da sessão!

Para mais informações, acesse o site do grupo de pesquisas LARVA:  
<https://udescmove2learn.wordpress.com/>

Muito obrigado pela colaboração! 😊

**Referências:**

P. A. Rego, P. M. Moreira, e L. P. Reis, "Architecture for serious games in health rehabilitation," em *New Perspectives in Information Systems and Technologies, Volume 2*. Springer Publishing Company, 2014, pp. 307–317.

L. M. Reeves, J. Lai, J. A. Larson, S. Oviatt, T. Balaji, S. Buisine, P. Collings, P. Cohen, B. Kraal, J. C. Martin et al., "Guidelines for multimodal user interface design," *Communications of the ACM*, vol. 47, no. 1, pp. 57–59, 2004.

J. Coutaz, L. Nigay, D. Salber, A. Blandford, J. May, e R. M. Young, "Four easy pieces for assessing the usability of multimodal interaction: the care properties," em *Human–Computer Interaction*, 1995, pp. 115–120.

D. Sullivan, "What to know about hyperventilation: Causes and treatments," *Healthline*, 2019.

D. A. Hackett e C.-M. Chow, "The valsalva maneuver: Its effect on intra-abdominal pressure and safety issues during resistance exercise," *The Journal of Strength & Conditioning Research*, vol. 27, no. 8, 2013.

A. Talarico Neto, T. J. Bittar, R. Pontin, M. Fortes e K. Felizardo, "Abordagem para o desenvolvimento e avaliação de interfaces multimodais web pautada em princípios de usabilidade," *Proceedings of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. Sociedade Brasileira de Computação, 2008.

R. M. B. Rocha, "Jogos sérios para reabilitação cognitiva", Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação, Universidade do Minho, 2015.

Voltar Enviar Página 13 de 13

## APÊNDICE F – MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO MANO-BD

### *Manual de Construção do Mano-BD (Arduino Uno)*

#### **Materiais**

- 20 centímetros de Tubo PVC (20mm) (Tigre\*)
- 1 Luva de redução 32mm x 20 mm (Tigre\*)
- 1 Cap PVC 20 mm (Tigre\*)
- 30 cm de Mangueira/Tubo cirúrgica (5mm)
- 1 Sensor de pressão MPX5700AP
- 1 Arduino Uno R3 com cabo USB apropriado
- 1 Barra de conexão fêmea de 6 pinos e 2.54mm
- 5 Jumpers macho x macho
- 1 Saboneteira fechada
- 1 Filtro bacteriológico 28mm Sibelmed
- Bastões de cola quente

\* Foi sugerida a marca Tigre, pois as medidas universais da marca se encaixam mais perfeitamente com os filtros bacteriológicos.

#### **Ferramentas**

- Ferro de solda, ou furadeira;
- Régua;
- Marcador ou Caneta;
- Pistola de cola quente;
- Faca.

#### **Avisos**

1. Faça o procedimento de montagem em local aberto. A fumaça proveniente da queima de PVC é **tóxica**;
2. Cuidado ao manipular o ferro de solda. Podem facilmente causar queimaduras de segundo grau ou pior;
3. Em caso de acidente envolvendo queimaduras, procure lavar o local atingido com água corrente em temperatura ambiente, de preferência por tempo suficiente até que a área queimada seja resfriada. Procure o auxílio de um profissional de saúde no posto de atendimento mais próximo do local do acidente, para que sejam tomadas as providências necessárias. Se não houver Posto de Saúde nas proximidades, deve-se acionar os serviços de socorro do SAMU e do Corpo de Bombeiros ou procurar uma Emergência hospitalar. Os contatos para ligação gratuita são: **Samu 192 e Bombeiros 193**.

**Fonte:** Simpósio Brasileiro de Queimaduras. Acesso em 30 de setembro de 2019.  
<http://sbqueimaduras.org.br/queimaduras-conceito-e-causas/primeiros-socorros-e-cuidados/>

**Manual de Construção**

1. Baixe e instale o programa Arduino no computador, este programa consegue enviar o código do Mano para sua placa Arduino Uno;  
(<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>)
2. Plague o Arduino no computador e carregue o código dentro do jogo I Blue It (local: C:\Udesc\Blue\Devices\DeviceCodes\Mano\arduino-mano\arduino-mano.ino), para dentro de sua placa Arduino, observe **Figura 1**;
3. Agora observe a montagem da **Figura 2**;  
Pinos Arduino: A2, GND e 5V
4. Cole os jumpers com cola quente no Arduino e depois na barra de conexão fêmea de 6 pinos para evitar deslocamentos e mal contato, utilize a **Figura 3** como referência (evite passar cola em qualquer parte metálica):
5. Fure o PVC com o ferro de solda (ou furadeira se preferir) para fazer o buraco de 5mm para colocar o tubo cirúrgico, conforme a **Figura 4**;
6. Limpe o tubo de PVC e remova os pedaços que foram queimados com o auxílio da faca;
7. Faça um furo na frente da saboneteira de 0,5 cm e um furo do outro lado de 1,2 cm x 1,2 cm conforme **Figura 5**;
8. Encaixe o sensor no buraco feito, para que fique com o pino para fora da saboneteira, conforme **Figura 6**;
9. Encaixe a barra de conexão fêmea de 6 pinos no sensor MPX5700AP, o primeiro pino em contato com o chanfro do pino do sensor, e coloque o Arduino dentro da saboneteira, conforme **Figura 7**;
10. Irão sobrar 3 pinos, estes não são utilizados pelo sensor MPX5700AP;
11. Encaixe o cabo USB do Arduino no buraco de 1,2 cm x 1,2 cm da saboneteira e conecte-o ao Arduino conforme **Figura 8**;
12. Encaixe a mangueira no tubo de PVC e no plug do sensor, conforme **Figura 9**;
13. Encaixe a luva de redução no PVC, conforme a **Figura 10**;
14. Faça um furo no Cap de PVC de 0,1 cm, ou do diâmetro que o fisioterapeuta considerar mais apropriado, **Figura 11**;
15. Insira o Cap de PVC na ponta do Mano (o uso do Cap é opcional e serve para gerar resistência para os exercícios), também como a **Figura 11**.
16. Seu Mano está pronto (ver **Figura 12**).

Figura 1:



```

  arduino-mano | Arduino 1.8.9
  Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
  + arduino-mano
  * Mano Serial Connection - MPX5700AP
  */
  #define SAMPLESIZE 100
  #define MOVING_AVERAGE true
  #define DEBUG false

  bool isCalibrated = false;
  float calibrationValue = 0.0;
  void Calibrate()
  {

  #if MOVING_AVERAGE
    for(int i = 0; i < SAMPLESIZE ;i++)
    {
      ReadSensor();
    }
    calibrationValue = ReadSensor();
  #else
    float sum = 0.0;

    for (i = 0; i < SAMPLESIZE; i++)
      sum += voutToPa(digitalToVout(analogRead(A2)));

    calibrationValue = sum / SAMPLESIZE;
  #endif
  }

```

Figura 2

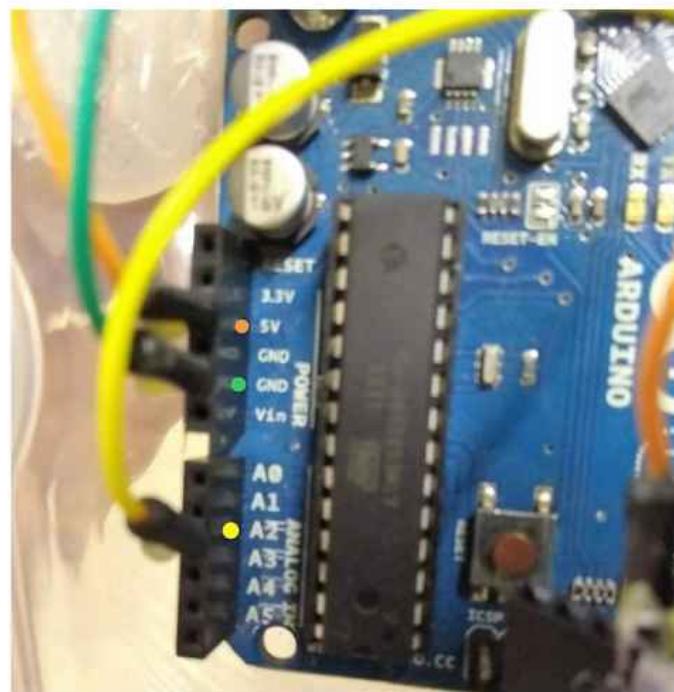


Figura 3:

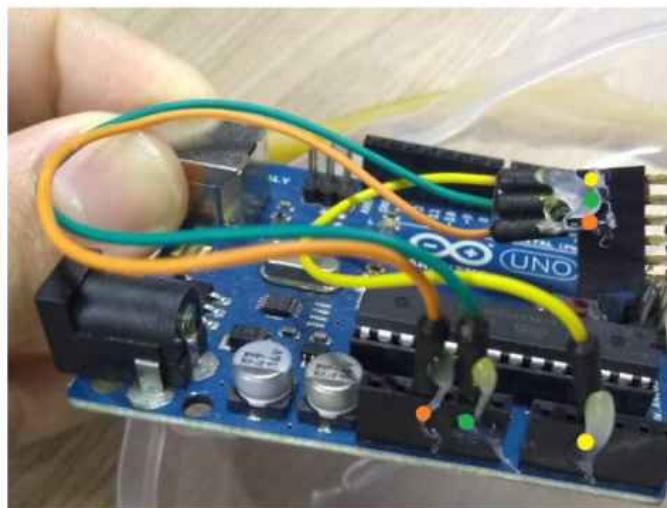


Figura 4:



Figura 5:

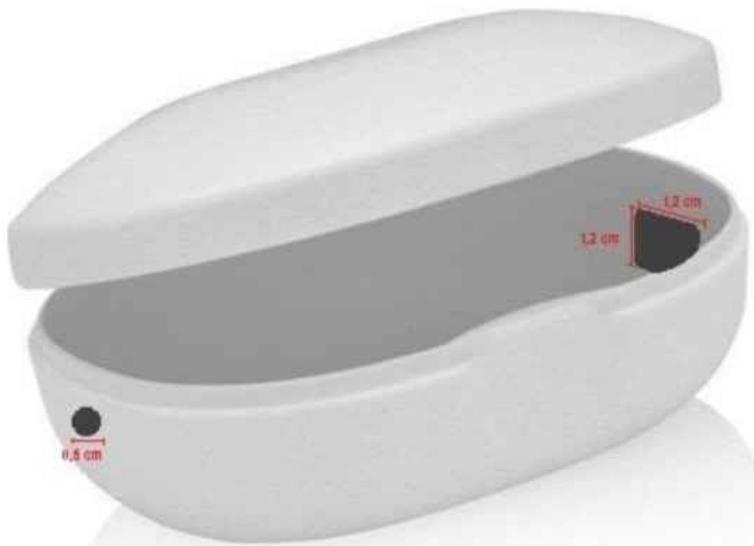


Figura 6:

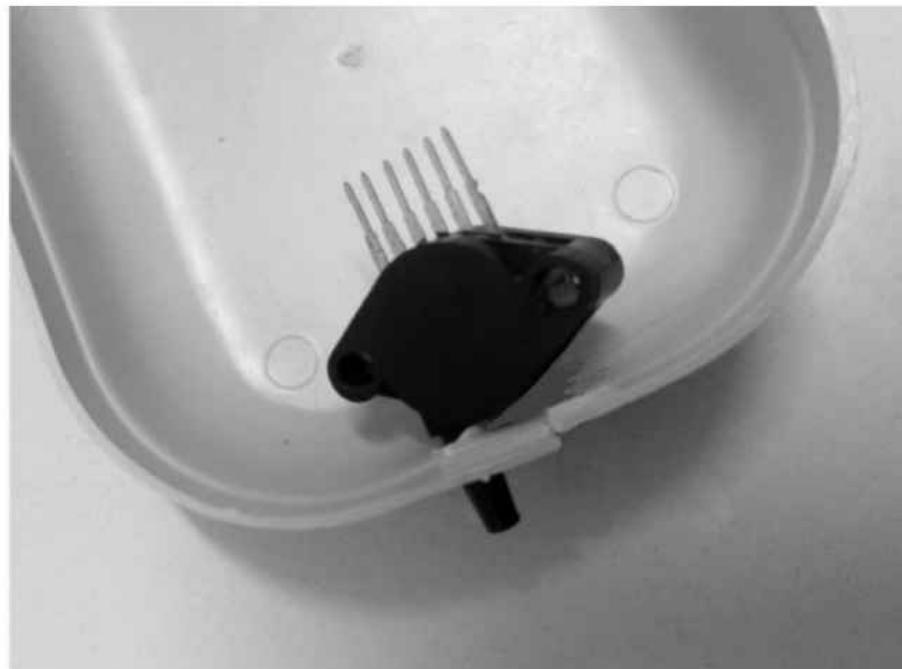


Figura 7:



Figura 8:

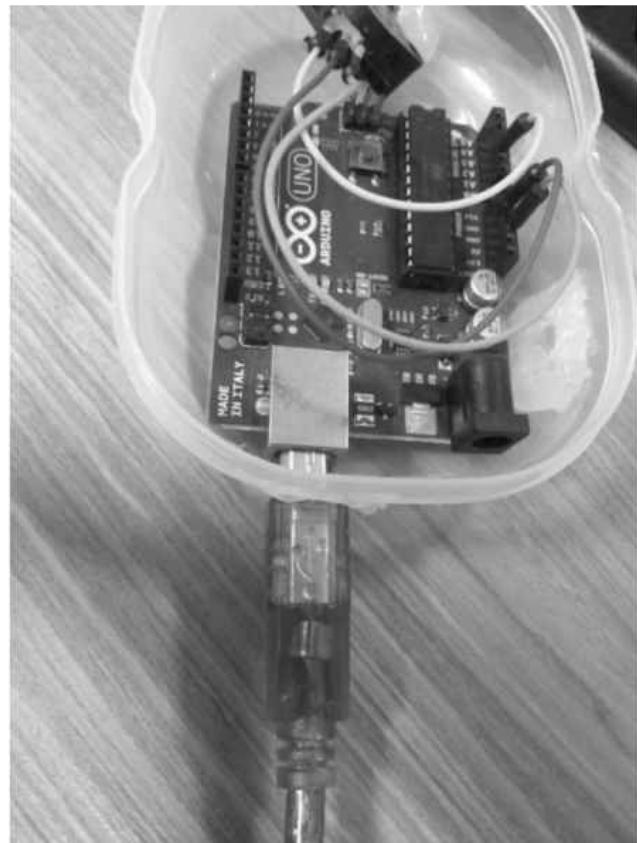


Figura 9:

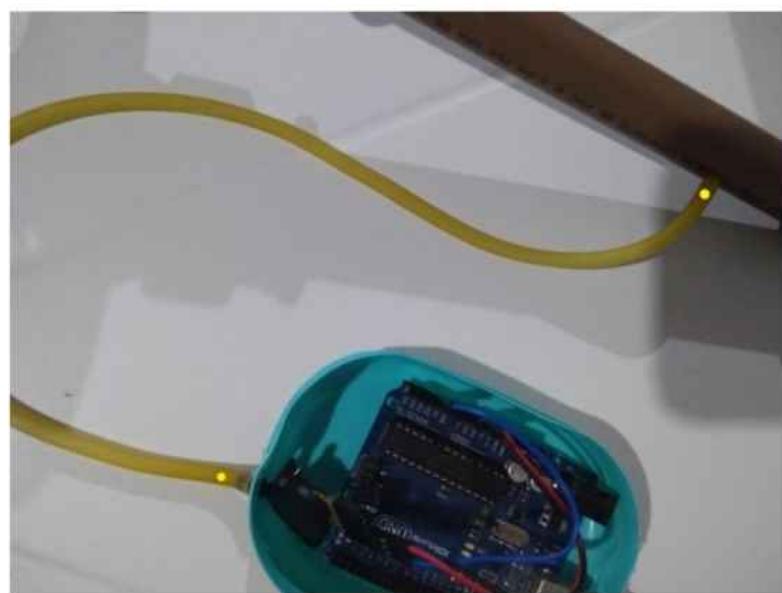


Figura 10:



Figura 11

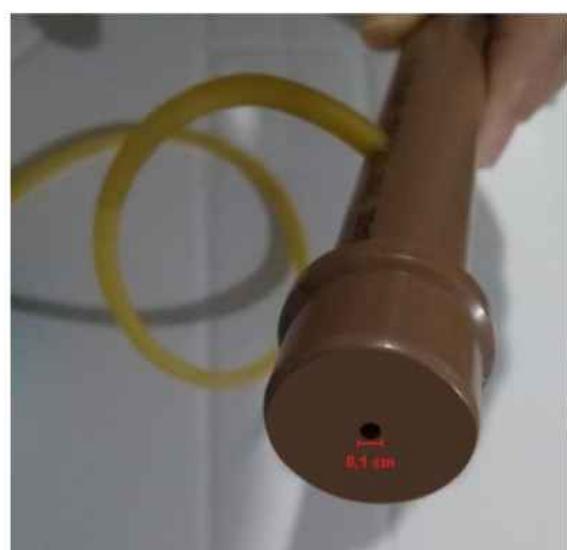


Figura 12



## APÊNDICE G – MANUAL DE CONSTRUÇÃO DA CINTA DE PRESSÃO

### *Manual de Construção da Cinta de Pressão*

#### *Materiais*

- 1 Arduino Uno R3 com cabo de conexão USB apropriado
- 2 Jumpers Macho x Fêmea
- 1 Resistor 10kΩ
- Bastões de cola quente
- 1 Sensor de força resistivo 0.5" FSR402
- 40 centímetros de fita velcro
- 2 metros de faixa de algodão (preferencialmente, estilo faixa de Judô)
- Invólucro rígido para acoplagem do Arduino e fixação externa do Sensor (pote de metal, madeira ou equivalente)

#### *Ferramentas*

- Ferro de solda, furadeira ou outro objeto pontiagudo para perfuração.
- Réguas
- Marcador ou caneta
- Pistola de cola quente

#### *Observações*

- Faça a montagem do material em local limpo, espaçoso e iluminado.
- Cuidado com a manipulação do ferro de solda e com a pistola de cola quente, **há risco de queimadura** em seu uso.
- Em caso de acidente envolvendo queimaduras, procure lavar o local atingido com água corrente em temperatura ambiente, de preferência por tempo suficiente até que a área queimada seja resfriada. Em qualquer caso, procure o auxílio de um profissional de saúde no posto de atendimento mais próximo do local do acidente, para que sejam tomadas as providências necessárias. Se não houver posto de saúde nas proximidades, deve-se acionar os serviços de socorro do SAMU e do Corpo de Bombeiros ou procurar uma emergência hospitalar. Os contatos para ligação gratuita são: **Samu – 192**, e **Bombeiros – 193**.

### *Manual de Construção*

1. Faça o download do programa Arduino no computador a ser utilizado, este programa será responsável por enviar o código utilizado na cinta de pressão ao Arduino Uno; (<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>)
2. Conecte o Arduino no computador em qualquer porta USB disponível, e carregue o código dentro do jogo I Blue It (local: C:\Udesc\Blue\Devices\DeviceCodes\CintaPressaoFSR\arduino-cinta\arduino.cinta.ino), para dentro de sua placa Arduino. Observe a **Figura 1**;

3. Observe a montagem da **Figura 2**. No Arduino, conecte os jumpers nos pinos: 5V e A0, e o resistor de 10k nos pinos: A0 e GND;
4. Agora, como na **Figura 3**, deixe o sensor FSR com o lado listrado voltado para frente. Conecte o jumper com a ponta do VCC no conector **direito**, e o jumper com a ponta do A0 no conector **esquerdo**;
5. No invólucro de sua escolha para a acoplagem do Arduino e do sensor, faça dois furos: um que permita a passagem para o cabo USB (lateral), e outro para a passagem dos jumpers que conectam ao sensor FSR (superior). A **Figura 4** mostra um exemplo de como isto deve ser feito;
6. Acople a placa Arduino dentro do invólucro, de forma que ela não fique solta. Fixe o sensor FSR na superfície do invólucro, mantendo a extremidade listrada livre;
7. Ajuste a faixa de judô conforme a circunferência do usuário, e corte-a se necessário. O ajuste deve ser confortável, porém certifique-se que possa ficar justa ao corpo. Após isto, corte a faixa ao meio. Em uma das metades, fixe pelo menos 10 centímetros de velcro com extremidade adesiva em uma das pontas, e na outra metade, fixe o restante do velcro com extremidade aderente em uma das pontas;
8. Fixe as metades no invólucro do Arduino, atentando para o lado em que o velcro está posicionado, como indicado na **Figura 5**;

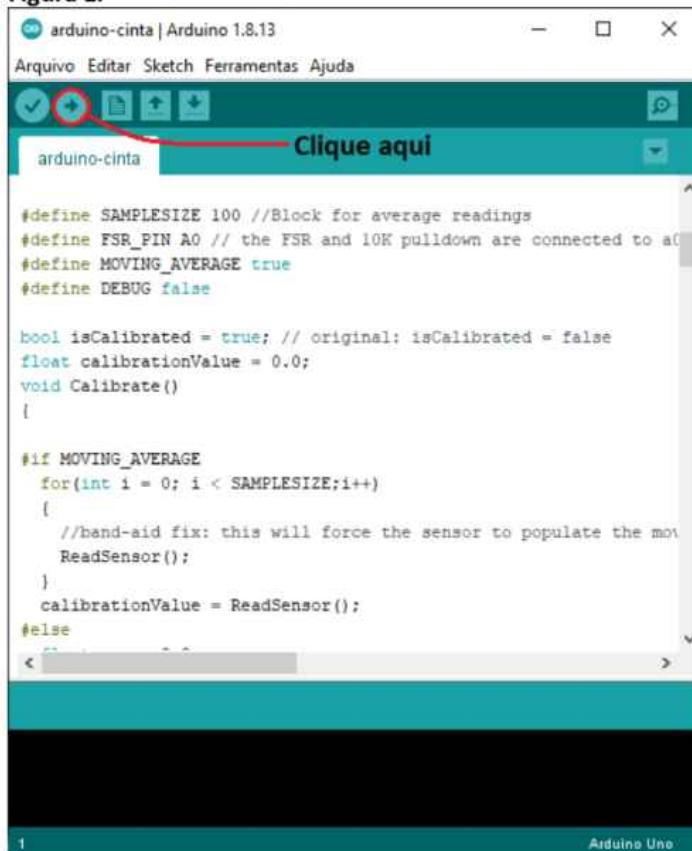
**Figura 1.**

Figura 2.

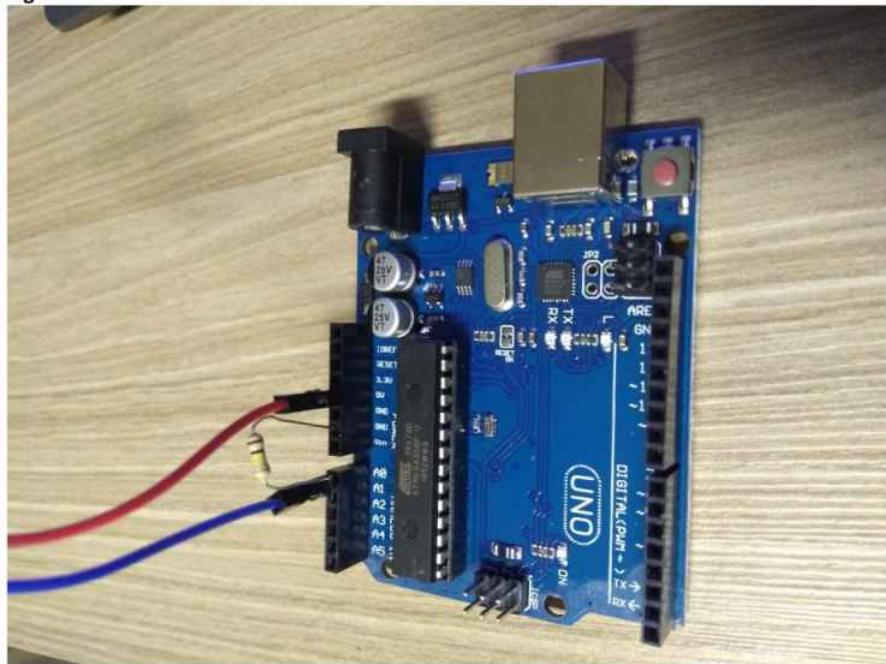


Figura 3.

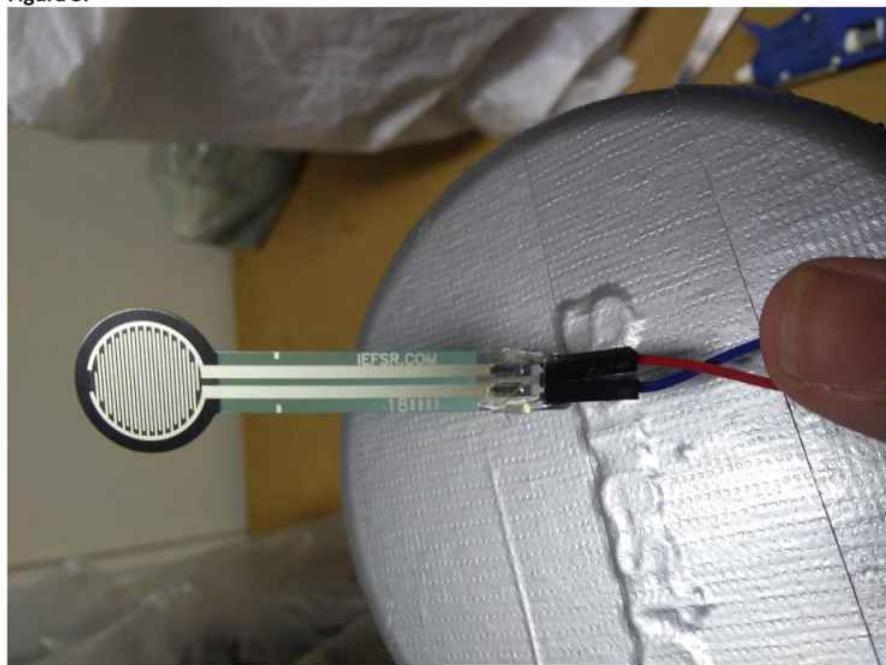
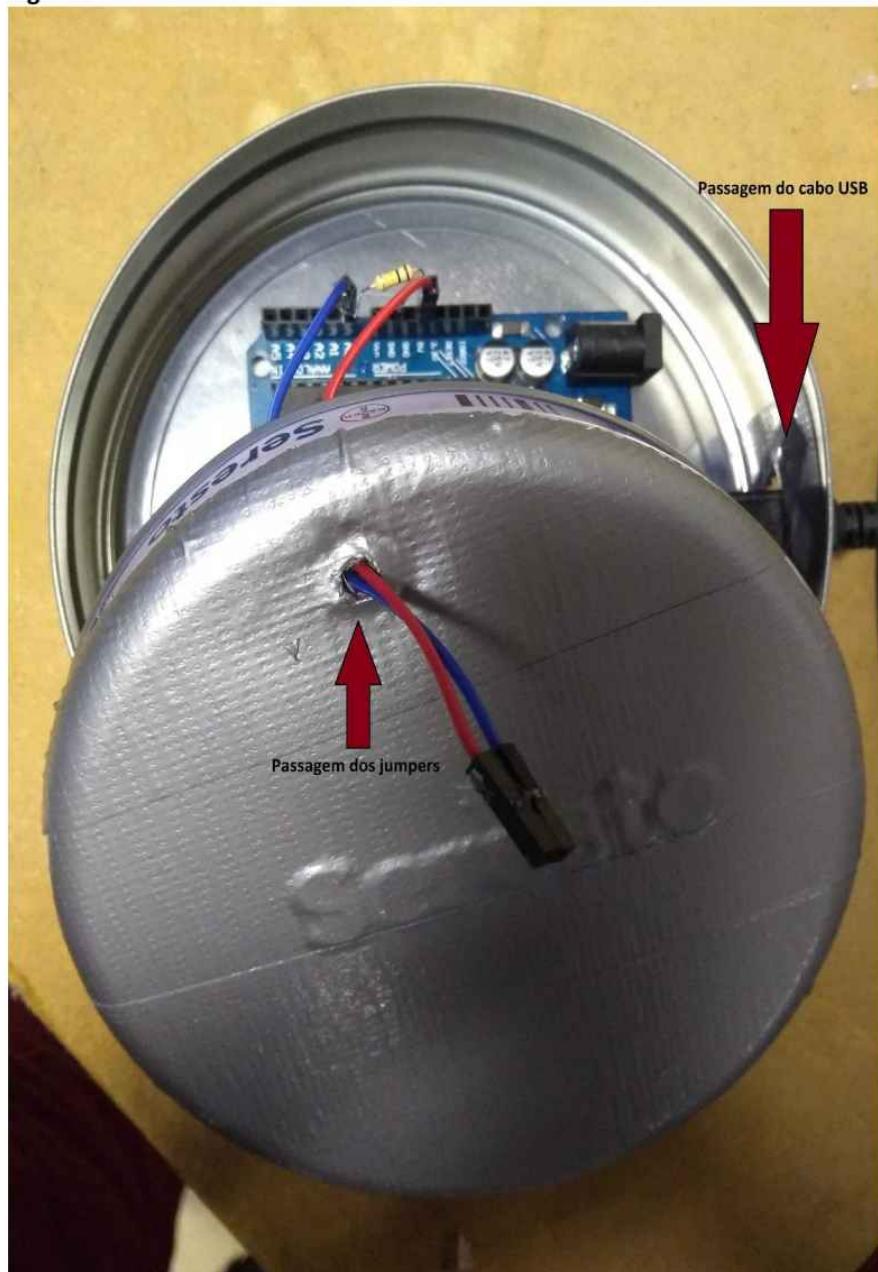


Figura 4.



**Figura 5.**



Figura 6.

