UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

RENAN VINICIUS ARANHA

EasyAffecta: um *framework* baseado em Computação Afetiva para adaptação automática de jogos sérios para reabilitação motora

São Paulo

2017

RENAN VINICIUS ARANHA

EasyAffecta: um *framework* baseado em Computação Afetiva para adaptação automática de jogos sérios para reabilitação motora

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação.

Área de concentração: Metodologia e Técnicas da Computação

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 1º de junho de 2017. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH-USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Orientador: Profa. Dra. Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques

São Paulo

2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

Aranha, Renan Vinicius

EasyAffecta : um framework baseado em computação afetiva para adaptação automática de jogos sérios para reabilitação motora / Renan Vinicius Aranha ; orientadora, Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques. – São Paulo, 2017.

185 p. : il

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Informação, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Realidade virtual. 2. Jogos. 3. Reabilitação. I. Marques, Fátima de Lourdes dos Santos Nunes, orient. II. Título

CDD 22.ed.– 006.8

Dissertação de autoria de Renan Vinicius Aranha, sob o título “**EasyAffecta: um *framework* baseado em Computação Afetiva para adaptação automática de jogos sérios para reabilitação motora**”, apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação, na área de concentração Metodologia e Técnicas da Computação, aprovada em 1º de junho de 2017 pela comissão julgadora constituída pelos doutores:

Profa. Dra. Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques

Universidade de São Paulo

Presidente

Prof. Dr. Ivan Torres Pisa

Universidade Federal de São Paulo

Prof. Dr. Márcio Eduardo Delamaro

Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Helton Hideraldo Bísaro

Universidade de São Paulo

Este trabalho é dedicado às crianças adultas que, quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.

Agradecimentos

Na conclusão de mais uma importante etapa de minha vida, agradeço primeiramente a Deus que com sua infinita graça, misericórdia e amor possibilitou que eu chegasse até aqui, me guiando em todos os momentos e me dando forças para prosseguir diante dos desafios.

Agradeço também aos meus pais, Miriam e Marcos, e aos meus irmãos, Thiago e Júnior, por me apoiarem em todo o tempo e por não medirem esforços, ao longo de toda a minha vida, para que eu alcançasse os meus objetivos. Vocês são um presente que Deus me deu.

À professora Fátima Nunes, uma referência para mim, que aceitou o desafio de me orientar nesta pesquisa e não apenas desempenhou com louvor o papel de orientadora, mas também foi uma conselheira e parceira durante todo o andamento do projeto.

Aos professores e demais amigos da Universidade Federal de Goiás (UFG), em especial ao Marcos, Clarissa, Ana Carolina, Ana Paula, Joslaine, Alessandro, Italo, Claudio, Cristhiane, Carolina, Estael, Esdras Teixeira, Esdras Bispo, Wanderley, Thiago e Paulo Afonso, que despertaram em mim a paixão pela carreira acadêmica e me apoiaram de inúmeras formas.

Aos meus amigos chegados como irmãos, Luciana, Laura, Jéfta, Guilherme, Gean, Raphael, Pedro Valle, Pedro Moraes e Willian Garcias pela amizade, pela parceria, por estarem comigo em todo o tempo e acreditarem em mim quando este mestrado era apenas uma ideia.

À Igreja Presbiteriana de Higienópolis e ao ministério de jovens Espaço Higienópolis, em especial ao André Filipe, Sara, Isabella, Irene, Isis, Carol, Andressa, André, Jackson, pela recepção, apoio, aprendizado, suporte, amizade e orações durante toda essa caminhada.

Aos amigos pesquisadores do Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde (LAPIS), Leonardo, Rafael, Cléber, Jéssica, Amanda, Sahra e Tuany, pela parceria, companheirismo e inúmeras contribuições com o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos fisioterapeutas Carlos, Talita, Thais e Willian pelo apoio e colaboração com este projeto e aos professores Marcos Chaim e Luciano Araujo pela parceria e importantes contribuições feitas com esta pesquisa.

À professora Violeta Sun, minha orientadora no estágio PAE, e aos professores Márcio Delamaro, Ivan Pisa e Helton Bísaro pelas contribuições.

Mais recentemente, porém não menos importante, aos companheiros do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (Senac) pela parceria, aprendizado, compreensão e pela oportunidade de fazer o que eu mais amo: compartilhar conhecimento.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento desta pesquisa e, por fim, a todos os servidores e colaboradores da Universidade de São Paulo (USP), desde a equipe de limpeza até a Reitoria, que de alguma forma contribuíram para a concretização de mais uma pesquisa nesta instituição.

“Eu poderia falar todas as línguas que são faladas na terra e até no céu, mas, se não tivesse amor, as minhas palavras seriam como o som de um gongo ou como o barulho de um sino. Poderia ter o dom de anunciar mensagens de Deus, ter todo o conhecimento, entender todos os segredos e ter tanta fé, que até poderia tirar as montanhas do seu lugar, mas, se não tivesse amor, eu não seria nada. Poderia dar tudo o que tenho e até mesmo entregar o meu corpo para ser queimado, mas, se eu não tivesse amor, isso não me adiantaria nada. O que agora vemos é como uma imagem imperfeita num espelho embaçado, mas depois veremos face a face. Agora o meu conhecimento é imperfeito, mas depois conhecerei perfeitamente, assim como sou conhecido por Deus.”

(1 Coríntios 13 - NTLH)

Resumo

ARANHA, Renan Vinicius. **EasyAffecta**: um *framework* baseado em Computação Afetiva para adaptação automática de jogos sérios para reabilitação motora. 2017. 185 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

A utilização de jogos sérios em muitas atividades, incluindo casos de saúde, como o processo de reabilitação motora, tem demonstrado resultados satisfatórios que encorajam o desenvolvimento de novas aplicações neste cenário. Jogos podem tornar tais atividades mais interessantes e divertidas para os pacientes, como também auxiliar as etapas do processo de reabilitação. Nestas aplicações, estratégias que visam a manutenção do nível de motivação do usuário durante a utilização são muito importantes. Assim, esta pesquisa investiga a adaptação de contexto em jogos sérios com a utilização de técnicas de Computação Afetiva. A proposta consiste em um *framework* que torna mais baixo ao programador o custo de implementação da adaptação afetiva em jogos e permite que o fisioterapeuta configure as adaptações que serão executadas no jogo conforme o perfil dos pacientes. Com o intuito de verificar a viabilidade da proposta, dois jogos para reabilitação motora e uma versão do *framework* foram implementados, permitindo a realização de experimentos com programadores, fisioterapeutas e pacientes. Os resultados obtidos permitem concluir que a abordagem proposta tende a proporcionar grande impacto social e tecnológico.

Palavras-chaves: Computação Afetiva, Jogos Sérios, Realidade Virtual, Adaptação Afetiva.

Abstract

ARANHA, Renan Vinicius. **EasyAffecta**: a framework based on Affective Computing to adapt serious games for motor rehabilitation automatically. 2017. 185 p. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2017.

The use of serious games in many activities, including health cases, like the motor rehabilitation process, has demonstrated results that encourage the development of new applications in this scenario. These activities can be more interesting and funnier by using games, as well as help the patients to execute the steps of the rehabilitation process. In these applications, strategies to maintain the user's motivation level during the game are very important. Thus, in this research, we investigated the context adaptation on serious games using techniques of Affective Computing. The proposal consists of a framework that makes the cost of implementing affective adaptation in games lower to programmers and allows the physiotherapists to configure the adaptations that will be executed in the game, according to the profile of the patients. In order to verify the feasibility of the proposal, two games for motor rehabilitation and a version of the framework were implemented, allowing the realization of experiments with programmers, physiotherapists, and patients. The results obtained allow us to conclude that the proposed approach tends to provide great social and technological impact.

Keywords: Affective Computing, Serious Games, Virtual Reality, Affective Adaptation.

Lista de figuras

Figura 1 – Fluxograma do processo de revisão.	35
Figura 2 – Total de artigos publicados incluídos na revisão por ano	39
Figura 3 – Aplicação dos estudos incluídos na revisão em outras áreas do conhecimento	40
Figura 4 – Comparativo entre categorias de software e áreas de aplicação	41
Figura 5 – Comparativo de realização de experimentos	42
Figura 6 – Técnicas utilizadas ao longo do tempo.	44
Figura 7 – Utilização de técnicas de reconhecimento de emoção em trabalhos. Os tama- nhos das bolhas indicam a quantidade de trabalhos que combinam as técnicas indicadas.	45
Figura 8 – Relacionamento entre técnicas de reconhecimento de emoções e áreas de aplicação.	51
Figura 9 – Elementos considerados como alvo de adaptação ao longo do tempo	52
Figura 10 – Arquiteturas de adaptação de aplicações computacionais com modelos intru- sivas, semi-intrusiva e não intrusiva.	56
Figura 11 – Ilustração das atividades realizadas nas etapas da pesquisa.	66
Figura 12 – Interface gráfica do protótipo inicial.	67
Figura 13 – Interface gráfica do jogo <i>MoVEROffice</i>	68
Figura 14 – Interface gráfica da atividade de movimentação de cubos.	70
Figura 15 – Interface gráfica da atividade de movimentação de palitos.	71
Figura 16 – Interface gráfica da atividade de limpeza da mesa.	72
Figura 17 – Interface gráfica da atividade de movimentação de grãos de feijão.	72
Figura 18 – Paciente durante sessão de fisioterapia com adaptação afetiva.	80
Figura 19 – Visão geral do <i>framework</i> , composto pelos módulos de Reconhecimento, Controlador e Adaptação. O <i>framework</i> tem três tipos de usuário (programa- dor, fisioterapeuta e paciente), tendo cada um deles diferentes interações com o sistema.	83
Figura 20 – Representação do funcionamento do Módulo de Reconhecimento.	84
Figura 21 – Captura da tela do módulo de Reconhecimento, que indica o nível de proba- bilidade, de 0 a 100, de cada emoção, além do índice de engajamento (de 0 a 100) e de valência (em um intervalo de -100 a 100).	87

Figura 22 – Expressões faciais consideradas na inferência do estado emocional.	88
Figura 23 – Interface gráfica do módulo Controlador no tela de cadastro de jogo pelo programador.	89
Figura 24 – Interface gráfica do módulo Controlador no tela de instruções para a incorporação do <i>framework</i> ao projeto <i>Unity</i>	89
Figura 25 – Interface gráfica do módulo Controlador na tela de classificação das emoções desejáveis e indesejáveis para o jogo pelo fisioterapeuta.	90
Figura 26 – Interface gráfica do módulo Controlador no tela de cadastro de grupo de perfil de usuário pelo fisioterapeuta.	90
Figura 27 – Interface gráfica do módulo Controlador na biblioteca de arquivos enviados pelo fisioterapeuta.	91
Figura 28 – Interface gráfica da <i>engine Unity</i> na etapa de importação do pacote.	93
Figura 29 – Interface gráfica da <i>engine Unity</i> após o acoplamento do <i>framework</i> no projeto.	94
Figura 30 – Ícones exibidos na tela do jogo quando o módulo de Adaptação é acoplado. À esquerda, é ilustrada a interface quando o módulo de Reconhecimento está em funcionamento, indicando o estado emocional atual. Em contraponto, a situação oposta é ilustrada à direita.	94
Figura 31 – Parametrização do módulo de Adaptação na <i>Unity</i>	95
Figura 32 – Variações de luminosidade na captura da imagem.	95
Figura 33 – Média e desvio padrão da autoeficácia pelos programadores por afirmação.	99
Figura 34 – Nível de concordância com as afirmações sobre aceitação de tecnologia pelos programadores.	102
Figura 35 – Comparação entre os campos <i>select</i> e <i>radio</i> de formulários.	104
Figura 36 – Média e desvio padrão do nível de concordância dos fisioterapeutas com as afirmações de autoeficácia.	106
Figura 37 – Nível de concordância com as afirmações sobre aceitação de tecnologia.	107
Figura 38 – Porcentagem de jogadas do paciente 1 nas modalidades adaptativas e não-adaptativas que apresentaram índices superiores às médias gerais	109
Figura 39 – Porcentagem de jogadas do paciente 2 nas modalidades adaptativas e não-adaptativas que apresentaram índices superiores às médias gerais	110
Figura 40 – Porcentagem de jogadas do paciente 3 nas modalidades adaptativas e não-adaptativas que apresentaram índices superiores às médias gerais	110

Figura 41 – Porcentagem de jogadas do paciente 4 nas modalidades adaptativas e não-adaptativas que apresentaram índices superiores às médias gerais	111
Figura 42 – Índices do paciente 1 na atividade “Palito”	112
Figura 43 – Índices do paciente 1 na atividade da Caixa (ida)	160
Figura 44 – Índices do paciente 1 na atividade da Caixa (volta)	161
Figura 45 – Índices do paciente 1 na atividade do Feijão	162
Figura 46 – Índices do paciente 1 na atividade de Limpar	163
Figura 47 – Índices do paciente 1 na atividade do Palito	164
Figura 48 – Índices do paciente 2 na atividade da Caixa (ida)	165
Figura 49 – Índices do paciente 2 na atividade da Caixa (volta)	166
Figura 50 – Índices do paciente 2 na atividade do Feijão	167
Figura 51 – Índices do paciente 2 na atividade de Limpar	168
Figura 52 – Índices do paciente 2 na atividade do Palito	169
Figura 53 – Índices do paciente 3 na atividade da Caixa (ida)	170
Figura 54 – Índices do paciente 3 na atividade da Caixa (volta)	171
Figura 55 – Índices do paciente 3 na atividade do Feijão	172
Figura 56 – Índices do paciente 3 na atividade de Limpar	173
Figura 57 – Índices do paciente 3 na atividade do Palito	174
Figura 58 – Índices do paciente 4 na atividade da Caixa (ida)	175
Figura 59 – Índices do paciente 4 na atividade da Caixa (volta)	176
Figura 60 – Índices do paciente 4 na atividade do Feijão	177
Figura 61 – Índices do paciente 4 na atividade de Limpar	178
Figura 62 – Índices do paciente 4 na atividade do Palito	179

Lista de tabelas

Tabela 1	– Relação de <i>strings</i> utilizadas nas bases para levantamento dos artigos com o número de resultados encontrados em cada interação. Foram realizadas três buscas em cada base com o intuito de incluir pesquisas publicadas durante o andamento da revisão.	36
Tabela 2	– Artigos aceitos para a análise de dados. Legendas: S - SIM — N - NÃO — BENV - Baseado em entradas não-visíveis — BEV - Baseado em entradas visíveis — TU - Testes com usuários — AP - Aplicação em outra área — AE - Acompanhamento de especialista da área de aplicação — TR - Tipo de técnica de reconhecimento	38
Tabela 3	– Descrição dos dados dos pacientes participantes do experimento	79
Tabela 4	– Dados para análise da motivação dos pacientes: média geral (MG) da valência (V) e do engajamento (E) das atividades por paciente (P) nas jogadas adaptativas (A) e não-adaptativas (NA). ME indica a média do engajamento, MV a média da valência, % E> a porcentagem de jogadas com índice de engajamento superior a ME e % V> a porcentagem de jogadas com índice de valência superior a MV.	159

Lista de abreviaturas e siglas

AET	Análise de entrada de texto
BEV	Baseado em entradas visíveis
BENV	Baseado em entradas não-visíveis
CA	Computação Afetiva
CBMS	<i>International Symposium on Computer-Based Medical Systems</i>
CDU	Comportamento do Usuário
EACH	Escola de Artes, Ciências e Humanidades
EF	Expressões faciais
ECG	Eletrocardiograma
EDA	Atividade Eletrodermal
EEG	Eletroencefalograma
FACS	<i>Facial Action Coding System</i>
GPC	Geração Procedimental de Conteúdo
IG	Interface Gráfica
IHC	Interação Humano-Computador
IMT	Interação com <i>mouse</i> e teclado
IN	Interação Natural
LApIS	Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde
ND	Nível de Dificuldade
RA	Realidade Aumentada
RG	Reconhecimento de Gestos
RO	Rastreamento de Olhar

RV	Realidade Virtual
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SVR	Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada
TR	Tempo de reação
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
USP	Universidade de São Paulo

Lista de símbolos

β Letra grega Gama

Σ Letra grega Sigma

Sumário

1	Introdução	22
1.1	Motivação	24
1.2	Objetivos	24
1.3	Organização do documento	25
2	Conceitos fundamentais	26
2.1	Jogos sérios	26
2.2	Reabilitação Virtual	28
2.3	Adaptação automática de aplicações computacionais	29
2.4	Computação Afetiva	30
2.5	Teoria Fundamentada nos dados	32
2.6	Considerações finais do capítulo	33
3	Revisão Sistemática	35
3.1	Materiais e Métodos	35
3.1.1	Planejamento	36
3.1.2	Condução e análise	37
3.2	Análise Quantitativa	39
3.3	Técnicas de Reconhecimento de Emoções	43
3.3.1	Técnicas baseadas em entradas não-visíveis	44
3.3.2	Técnicas baseadas em entradas visíveis	47
3.3.3	Relação entre técnicas e áreas de aplicação	51
3.4	Elementos adaptados nas aplicações	51
3.4.1	Adaptação na interface gráfica	53
3.4.2	Adaptação no nível de dificuldade	54
3.4.3	Adaptações sonoras	55
3.5	Modelos de implementação de adaptação afetiva	55
3.5.1	Adaptação Intrusiva	55
3.5.2	Adaptação semi-intrusiva	57
3.5.3	Adaptação não-intrusiva	57
3.6	Limitações e desafios	58

3.6.1	Reconhecimento de emoções	58
3.6.2	Adaptação de aplicações	61
3.6.3	Experimentos	62
3.6.4	Áreas de aplicação dos estudos	62
3.6.5	Mensuração dos dados	63
3.6.6	Implementação	64
3.6.7	Oportunidades	64
3.7	<i>Considerações finais do capítulo</i>	65
4	Metodologia	66
4.1	<i>Procedimentos iniciais</i>	66
4.2	<i>Desenvolvimento de jogos</i>	67
4.2.1	Jogo “MoverOffice”	68
4.2.2	Jogo “Ajude o Gui”	69
4.3	<i>Definição do framework</i>	73
4.4	<i>Avaliação do framework</i>	73
4.4.1	Experimento com programadores	74
4.4.2	Experimento com fisioterapeutas	76
4.4.3	Experimento com pacientes	78
4.4.4	Discussão dos dados	80
4.5	<i>Considerações finais do capítulo</i>	81
5	Framework EasyAffecta	82
5.1	<i>Definição do framework</i>	82
5.2	<i>Implementação</i>	85
5.2.1	Definições de tecnologia	85
5.2.2	Módulo de Reconhecimento	85
5.2.3	Módulo Controlador	86
5.2.4	Módulo de Adaptação	92
5.2.5	Limitações tecnológicas	94
5.3	<i>Considerações finais do capítulo</i>	96
6	Resultados e discussões	97
6.1	<i>Avaliação experimental com programadores</i>	97

6.1.1	Experiência do usuário	97
6.1.2	Utilidade	100
6.1.3	Usabilidade e desejo de uso futuro	101
6.1.4	Opinião sobre a adaptação afetiva	103
6.2	<i>Avaliação experimental com fisioterapeutas</i>	104
6.2.1	Experiência do usuário	104
6.2.2	Percepção da autoeficácia	105
6.2.3	Utilidade	107
6.2.4	Usabilidade e desejo de uso futuro	108
6.3	<i>Avaliação experimental com pacientes</i>	109
6.3.1	Engajamento	111
6.3.2	Valência	113
6.3.3	Tempo	114
6.3.4	Discussões finais do experimento	115
6.4	<i>Considerações finais do capítulo</i>	116
7	Conclusões	117
7.1	<i>Artigos publicados e submetidos</i>	119
7.2	<i>Trabalhos futuros</i>	119
	Referências¹	121

APÊNDICES **130**

Apêndice A – Protocolo de revisão sistemática	131
--	------------

Apêndice B – Treinamento dos programadores para a realização do experimento	133
--	------------

B.1	<i>Conhecendo a Computação Afetiva</i>	133
B.2	<i>Conheça os módulos do framework</i>	133
B.2.1	Módulo de Reconhecimento	133
B.2.2	Módulo Controlador	134
B.2.3	Módulo de Adaptação	135

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

B.2.4	Como seria, na prática?	136
	Apêndice C – Roteiro do experimento com programadores	138
	Apêndice D – Formulário de caracterização de perfil do programador .	140
	Apêndice E – Formulário de autoeficácia do programador	142
	Apêndice F – Formulário de aceitação de tecnologia pelo programador	143
	Apêndice G – Treinamento dos fisioterapeutas para a realização do ex- perimento	145
G.1	<i>Introdução</i>	145
G.2	<i>Reconhecimento</i>	145
G.3	<i>Controlador</i>	147
G.3.1	Classificação das emoções	147
G.3.2	Grupos de perfis de usuário	147
G.3.3	Arquivos	148
G.4	<i>Adaptação</i>	149
G.5	<i>Revisando</i>	149
	Apêndice H – Roteiro do experimento com fisioterapeutas	151
	Apêndice I – Formulário de caracterização de perfil do fisioterapeuta	154
	Apêndice J – Formulário de autoeficácia do fisioterapeuta	156
	Apêndice K – Formulário de aceitação de tecnologia pelo fisioterapeuta	157
	Apêndice L – Análise do engajamento e da valência dos pacientes . . .	159
	Apêndice M – Gráficos comparativos do paciente 1 nas atividades . . .	160
	Apêndice N – Gráficos comparativos do paciente 2 nas atividades . . .	165
	Apêndice O – Gráficos comparativos do paciente 3 nas atividades . . .	170
	Apêndice P – Gráficos comparativos do paciente 4 nas atividades . . .	175

ANEXOS	180
Anexo A – Experimento com pacientes - parecer do comitê de ética . .	181
Anexo B – Termo de consentimento livre e esclarecido (paciente)	183
Anexo C – Termo de consentimento livre e esclarecido (fisioterapeuta e programador)	184

1 Introdução

O termo “jogo sério” é utilizado para definir um jogo que visa a oferecer não apenas entretenimento, mas também experiências relacionadas à aprendizagem (BLACKMAN, 2005). Este tipo de aplicação beneficia-se de características importantes e naturais dos jogos, como a capacidade de exercer fascínio no usuário e motivá-lo (ALBORNOS, 2009). Muitos estudos investigam a utilização de jogos sérios em diversos contextos, incluindo aplicações voltadas ao ensino, ao treinamento e também à área de saúde. Especificamente na área de saúde, jogos sérios têm sido utilizados para diversas situações, como o ensino de hábitos saudáveis, treinamento de pessoal e ainda como forma de propiciar novas abordagens para terapias de reabilitação (MACHADO; MORAES; NUNES, 2009).

Processos de treinamento e reabilitação na área de saúde são caracterizados por muitos pacientes como repetitivos e desmotivantes, podendo acarretar uma alta taxa de desistência (WANG et al., 2010; CAMARGO; CARDOSO, 2014), especialmente quando se trata de reabilitação motora. Por isso, técnicas de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) podem apresentar grande contribuição ao propiciar ambientes interativos tridimensionais lúdicos que possibilitem a realização de exercícios e atividades relativas ao processo de reabilitação e, assim, aumentar a motivação do paciente (LOURENCO et al., 2008; MACHADO; MORAES; NUNES, 2009). Diante deste cenário, a utilização dessas técnicas tem despertado o interesse de muitos profissionais da área de saúde, especialmente pela possibilidade de entreter o paciente durante procedimentos dolorosos e, entre outros fatores, por propiciarem a melhoria da precisão motora em determinadas atividades (MICHAEL; CHEN, 2005; MORAIS et al., 2009; SRIDEVI, 2012). A utilização de Realidade Virtual e Realidade Aumentada em processos de reabilitação é chamada de Reabilitação Virtual.

No caso de aplicações para terapias, em que o paciente pode apresentar resistência aos procedimentos por questões físicas e psicológicas, a personalização do jogo conforme o perfil do usuário pode contribuir para sua motivação. Um exemplo prático de uma personalização desta natureza seria a diminuição do nível de dificuldade para pacientes com graves complicações e o crescente aumento de dificuldade para pacientes que já se encontram em estágios mais avançados. Essa estratégia deve permitir que o nível de dificuldade esteja sempre entre o tédio (que acontece quando o jogo está muito fácil) e a frustração (que acontece quando o jogo está muito difícil),

fazendo com que o paciente continue interessado em utilizar a aplicação, ou seja, mantendo o estado de *flow*.

O termo “estado de *flow*” foi proposto por Csikszentmihalyi (1990) para definir um estado em que a pessoa encontra-se totalmente envolvida com uma atividade agradável, usufruindo de grande satisfação. Seligman (2004) acrescenta que o estado de *flow* acontece quando o usuário está concentrado em uma aplicação na qual os objetivos são claros e, ainda, há um envolvimento natural e intenso. Adicionalmente, nesta situação o usuário tem senso de controle e sente que a tarefa exige habilidade e é desafiadora.

No entanto, a produção de um jogo é um trabalho complexo que envolve muitos fatores. Nos últimos anos, com o crescimento da indústria de jogos, que chegou a ultrapassar a indústria cinematográfica e literária, aumentou-se também o nível de exigência para estas aplicações, fazendo-se necessário um maior investimento de tempo e de pessoal na produção de mais jogos com mais qualidade (FERREIRA; COELHO; RODRIGUES, 2012; YIN et al., 2015). Com o intuito de tornar esse processo mais eficaz e, ao mesmo tempo, evitar situações que possam causar frustração ao usuário, pesquisas têm sido desenvolvidas para adaptar jogos com base em técnicas de Geração Procedimental de Conteúdo (GPC) (FERREIRA; COELHO; RODRIGUES, 2012) e técnicas de Computação Afetiva (CA) (NEGINI; MADRYK; STANLEY, 2014).

A CA é a área da Ciência da Computação que estuda o relacionamento entre as emoções humanas e a experiência de uso de sistemas computacionais, propondo técnicas que reconheçam o estado emocional dos usuários das aplicações e as utilizem como parâmetro para a ampliação da experiência de uso, seja promovendo adaptações na aplicação (abordagem que recebe o nome de adaptação afetiva) ou propiciando a recomendação de conteúdo, por exemplo (PICARD, 1997).

Por tentar considerar o sentimento dos usuários, a CA tem sido utilizada em diversos cenários, como em ambientes virtuais de aprendizagem (DUO; SONG, 2010) e no auxílio à tomada de decisão em cidades (GUTHIER et al., 2015). Especificamente em relação à adaptação de aplicações computacionais, a CA tem sido utilizada para propiciar a adaptação de elementos diversos, como interface gráfica, propiciando a alteração e a inserção de elementos visuais, o nível de dificuldade da utilização da aplicação, a trilha sonora do jogo, sendo capaz de fornecer subsídios para variar o nível de exigência de habilidades por parte do usuário.

Apesar dos vários trabalhos citados na literatura que usam CA para adaptação de aplicações (citados no Capítulo 3 deste documento), verifica-se que nesses trabalhos é grande o nível de alterações exigidas no código-fonte das aplicações adaptadas, fato que pode tornar

difícil ou inviável o uso de tais conceitos. Nesse sentido, o diferencial desta pesquisa consiste no desenvolvimento de um *framework* que permita a adaptação afetiva de aplicações computacionais de modo semi-intrusivo, ou seja, sem a necessidade de que o desenvolvedor da aplicação final precise construir novos trechos de código para esta finalidade. Dessa forma, será possível utilizar o *framework* em diversas aplicações sem um alto custo de desenvolvimento. Adicionalmente, o baixo acoplamento entre os módulos do *framework* proposto permite a substituição de técnicas de reconhecimento de emoções e das adaptações afetivas sem grande esforço.

1.1 Motivação

Durante o processo de reabilitação, o paciente enfrenta diversos desafios que podem incitar o desejo de desistência. Neste sentido, aplicações computacionais e, em especial, “jogos sérios”, podem contribuir para a motivação do usuários. A adaptação automática em jogos dessa natureza pode tornar a aplicação mais sensível e adequada às necessidades dos pacientes, contribuindo para a continuidade do tratamento.

A adaptação de aplicações computacionais com a utilização de técnicas de CA é interessante por considerar o estado emocional do usuário. Esta abordagem tende a contribuir não apenas com a manutenção do estado de *flow* do usuário, mas também com a adequação da aplicação às necessidades individuais de reabilitação de cada paciente. Adicionalmente, é importante destacar que o profissional de fisioterapia pode desempenhar um papel ativo na adaptação da aplicação computacional, sugerindo ou recomendando adequações conforme as características dos pacientes.

1.2 Objetivos

O presente projeto de pesquisa apresenta como objetivo precípua a definição, o desenvolvimento e a validação de técnicas computacionais para a adaptação de jogos sérios usando conceitos de CA.

Para que o objetivo geral seja alcançado, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- reconhecer emoções por meio de expressões faciais;

- desenvolver técnicas que permitam adaptar o roteiro de jogos sérios em tempo real a partir do reconhecimento do estado emocional do usuário;
- validar as técnicas desenvolvidas aplicando-as em jogos sérios destinados à área da Saúde.

1.3 Organização do documento

O restante deste documento está dividido da seguinte forma:

- no Capítulo 2 são apresentados os Conceitos Fundamentais relativos às áreas e processos envolvidos no desenvolvimento desta pesquisa, como Jogos Sérios, Reabilitação Virtual, Computação Afetiva e Adaptação automática de aplicações computacionais;
- o Capítulo 3 aborda o processo de revisão sistemática de literatura, descrevendo as principais técnicas de reconhecimento de emoção encontradas na literatura e as abordagens para adaptação de aplicações computacionais;
- o Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento da pesquisa, explanando sobre a definição da proposta e o desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação motora;
- o Capítulo 5 detalha a proposta do *framework* para adaptação afetiva, apresentando ainda detalhes sobre a implementação e a avaliação do sistema;
- o Capítulo 6 apresenta os experimentos realizados para avaliar a utilização e viabilidade do *framework* proposto. Finalmente, o Capítulo 7 conclui este documento apresentando uma visão geral da proposta, dos conceitos e dos resultados já obtidos, encerrando este trabalho com as considerações finais.

2 Conceitos fundamentais

Considerando que a presente pesquisa apresenta caráter interdisciplinar, envolvendo diversas áreas da Ciência da Computação, como Realidade Virtual e Computação Afetiva, além de informações e conceitos da área da saúde, no que diz respeito ao processo de reabilitação motora, neste Capítulo são apresentados conceitos fundamentais necessários para a compreensão da pesquisa. A Seção 2.1 apresenta conceitos, vantagens de aplicações de Jogos Sérios, enquanto a Seção 2.2 introduz a Reabilitação Virtual e a Seção 2.3 aborda a adaptação automática de aplicações computacionais. Conceitos de Computação Afetiva são discutidos na Seção 2.4. A Seção 2.5 apresenta a Teoria Fundamentada nos Dados, sendo as considerações finais apresentadas na Seção 2.6.

2.1 Jogos sérios

O termo jogos sérios (*Serious Games*, em Inglês) representa uma categoria de jogos que visa a propiciar ao usuário não apenas entretenimento, mas também a possibilidade de adquirir alguma habilidade ou aprendizado durante sua utilização. De acordo com Araujo, Stein e Romao (2012), “o que separa *serious games* do restante [dos jogos] é o foco em um resultado de aprendizado específico e intencional para alcançar mudanças de performance e comportamento sérias, mensuráveis e continuadas”.

O desenvolvimento de jogos sérios considera o fato de que os jogos despertam fascínio nos usuários e, portanto, podem incentivá-los a executar atividades que apresentam certa complexidade de um modo mais interessante e divertido. Ratificam a afirmação pesquisas que revelam a quantidade de horas que as pessoas despendem com jogos digitais. Em McGonigal (2010), identificou-se que, em países com forte cultura de jogos digitais, jogadores com idade de até 21 anos haviam passado cerca de 10.000 horas de suas vidas jogando, o que representa cerca de 416 dias, mais de um ano. A utilização de jogos pode ser, portanto, uma abordagem eficiente para atingir este tipo de público, especialmente em situações consideradas não agradáveis, ou seja, que por si só não conseguem cativar as pessoas. Portanto, a agregação de jogos sérios em diversos processos, como o treinamento de profissionais, apresenta-se como uma abordagem interessante por permitir que as pessoas experimentem uma nova forma de se qualificar ou adquirir conhecimentos e habilidades.

O desenvolvimento de um jogo sério deve levar em consideração alguns fatores importantes para que a aplicação possa apresentar eficácia. Para despertar o interesse do usuário, Gee (2005) afirma que um jogo sério deve, entre outros fatores, considerar:

- identidade: o usuário é motivado diretamente pelo jogador que o representa na aplicação, portanto, é necessário que o personagem seja criado ou adaptado pelo jogador;
- interatividade: a transmissão de conteúdo ao usuário deve acontecer de forma interativa e, preferencialmente, como parte dos desafios;
- produção: o usuário deve ser considerado durante o desenvolvimento de jogo, podendo participar do processo;
- customização: o jogo deve considerar e se adaptar aos diferentes modos de aprendizado;
- consolidação: quando há o aprendizado de uma nova habilidade, a mesma deve ser consolidada em exercícios posteriores do jogo;
- informação sob demanda: a exibição de informações no jogo deve acontecer em momentos apropriados e sem exageros.
- incentivo à lateralidade: o jogo deve motivar o usuário a explorá-lo;
- ferramentas inteligentes: o jogo deve ser dotado de recursos que poderão ser utilizados pelos usuários em momentos oportunos;
- performance antes da competência: o jogo deve permitir ações antes que o usuário esteja totalmente capacitado para executá-las.

Tais características permitem que a utilização de jogos sérios possa tornar a tarefa mais atrativa e instigante ao usuário, especialmente em situações que são caracterizadas pelo baixo interesse do indivíduo.

Nesse sentido, alguns elementos dos jogos, como músicas, efeitos sonoros e visuais, iluminação da cena, nível de dificuldade, dentre outros, podem ser explorados para propiciar um maior engajamento do usuário. A adaptação automática, especialmente considerando o estado emocional do indivíduo, pode ser uma forma eficiente de se promover mudanças nestes elementos com o objetivo de impulsionar o nível de qualidade da interação e do engajamento.

Por estas razões, jogos sérios têm sido utilizados em diversos cenários e aplicações. Em educação, por exemplo, há um grande campo de pesquisa que estuda os chamados jogos educacionais (GEE et al., 2005). Em saúde, jogos sérios são utilizados como ferramentas de apoio no treinamento de profissionais, em educação médica (CHAN et al., 2012) e no processo de reabilitação motora (QAMAR; RAHMAN; BASALAMAH, 2014). Neste último caso, a

utilização de jogos sérios e técnicas computacionais como Realidade Virtual recebe o nome de Gameterapia ou Reabilitação Virtual.

2.2 *Reabilitação Virtual*

Segundo Guo, Singer e Bastide (2014), os jogos sérios para processos de saúde podem ser classificados como: jogos sérios para reabilitação, jogos sérios para educação e formação de profissionais em saúde, como também em jogos sérios para prevenção e educação para saúde. O emprego dessas aplicações com o intuito de agregar as características positivas dos jogos à área de saúde tem recebido grande destaque, principalmente pela possibilidade de impulsionar o desempenho e o interesse do paciente. O conceito tem chamado a atenção de diversos profissionais da área de saúde, especialmente por considerar que, em muitos tipos de tratamento, principalmente reabilitação, existe uma alta taxa de resistência dos pacientes, que caracterizam o processo como repetitivo, desmotivante e doloroso. Desse modo, é grande o número de pacientes que abandonam o tratamento (CAMARGO; CARDOSO, 2014).

A utilização de jogos nesses processos pode promover significativa melhora no cenário atual. Os jogos, em conjunto com técnicas de Interação Natural e Realidade Virtual, podem permitir que o paciente se sinta imerso em um ambiente virtual, distanciando-se da dor e envolvendo-se com os desafios imbuídos na aplicação (ARANHA; RIBEIRO; CAMARGO, 2014). Para que os jogos sérios alcancem esse objetivo, o desenvolvimento desta aplicação deve levar em considerações muitos fatores, incluindo as limitações dos pacientes.

A utilização de jogos sérios em processos de reabilitação tem sido investigada de maneira intensa e crescente por vários pesquisadores. Prange et al. (2009) analisam a sua utilização na reabilitação motora de pacientes que sofreram acidente vascular cerebral (AVC). Chang, Chang e Hsiao (2010) propõem a utilização de diversos jogos sérios focados em diferentes faixas etárias para a reabilitação motora de membros superiores e Tan, Chin e Lim (2013) verificam a utilização de um jogo sério com reconhecimento dos movimentos das mãos para processos de reabilitação motora. Vandermaesen et al. (2014) propõem um sistema doméstico de reabilitação que utiliza um *tablet* como dispositivo para identificação dos movimentos realizados pelo usuário, enquanto Baranyi et al. (2014) investigam a utilização de um jogo sério para recuperação de lesões de pulso. Os trabalhos citados possibilitam verificar que, em geral, os trabalhos nesta área apresentam aplicações para finalidades específicas, sem necessariamente considerar as

características individuais de cada paciente. Adicionalmente, apesar de a Gameterapia ter sido o foco de muitas pesquisas nos últimos anos, ainda existem lacunas a serem preenchidas, principalmente no sentido de permitir adaptação aos jogos sérios conforme o perfil ou estado emocional do usuário.

2.3 Adaptação automática de aplicações computacionais

A adaptação automática de aplicações computacionais é uma abordagem que tem como objetivo realizar, em tempo real, alterações em *software* para que estes atendam mais adequadamente as necessidades dos usuários. Um exemplo de adaptação automática seria, por exemplo, o navegador *web* identificar que o usuário apresenta dificuldades para ler um texto e, então, promover alterações no tamanho da fonte e no contraste para facilitar o processo de leitura.

Este tipo de abordagem tende a apresentar grande impacto e importância principalmente para os jogos, considerando que neste tipo de aplicação deseja-se manter o estado de *flow* no usuário, além de propiciar novos desafios. Por esta razão, a crescente aplicação de jogos sérios em diversas áreas e situações despertou o interesse na investigação da utilização do estado emocional do usuário para a adaptação automática de jogos. Dessa forma, o jogo pode contar com adaptações automáticas para proporcionar uma melhor experiência de uso ao usuário. Este tipo de aplicação recebe o nome de “jogo afetivo” (NEGINI; MADRYK; STANLEY, 2014).

Para verificar se a adaptação do jogo baseada no estado emocional do usuário surte efeitos reais no engajamento destes, Negini, Madryk e Stanley (2014) propuseram um estudo para avaliar se o *design* do jogo pode afetar a experiência do usuário. O estudo de caso foi realizado com base no jogo *Half-Life 2*. Na análise, a adaptação do jogo se deu de três formas: na primeira, a força do avatar era aumentada ou reduzida; na segunda, a força dos adversários foi manipulada e, na terceira, o ambiente do jogo sofreu alterações. As informações sobre o estado emocional dos jogadores foram obtidas por meio de sensores de sinais de pele. A verificação concluiu que a alteração do *design* do jogo com base no estado emocional do usuário pode provocar mudanças na experiência de uso.

Passos et al. (2013) reforçam a importância do caráter motivacional de um jogo sério e sugerem que novas pesquisas investiguem a utilização de técnicas de Computação Afetiva para adaptar estratégias de jogo, mantendo o paciente motivado e, então, contribuindo para a diminuição da taxa de abandono de processos de reabilitação. Rodrigues e Nunes (2014) analisam métodos e técnicas para a adaptação de jogos com base no estado afetivo ou na personalidade

do usuário. Nijholt e Poppe (2008) investigam a utilização de emoções para a adaptação de jogos com técnicas de inteligência artificial e ressaltam que o reconhecimento de emoções deve acontecer de forma que o usuário não perceba, para evitar que o mesmo faça expressões faciais conscientemente para manipular o andamento do jogo.

Bellotti et al. (2009) desenvolveram uma pesquisa relacionada à personalização de jogos sérios, visando descobrir o momento ideal da entrega de conteúdo, como a realização de uma determinada tarefa para o usuário. Um exemplo disso são as missões existentes em jogos como o *GTA (Grand Theft Auto)*. Madeira et al. (2011) trabalham com a adaptação dinâmica da terapêutica de acordo com o desempenho do usuário, usando sensores em cadeiras de rodas para coletar dados que permitam aferir o estado emocional do usuário. Cameirao et al. (2008) propõem um sistema de Realidade Virtual para reabilitação que adapta, de acordo com o desempenho do usuário, a quantidade de aparições de esferas que deverão ser interceptadas pelo movimento dos braços, tentando manter sempre o interesse do mesmo.

Uma das abordagens de adaptação automática consiste na utilização de conceitos de Computação Afetiva, que considera o estado emocional do jogador.

2.4 Computação Afetiva

O termo “Computação Afetiva” foi originalmente cunhado por Picard (1997), que o definiu como a área que estuda a forma com que sistemas computacionais podem reconhecer e reagir às emoções humanas, expressando-as por meio de uma interface computacional. A CA é, portanto, uma sub-área da Ciência da Computação que investiga a relação emocional entre o usuário e dispositivos tecnológicos, como o computador.

Este campo de estudo considera duas características importantes em relação às emoções humanas: a capacidade de reconhecer o estado emocional de outro indivíduo e a experiência social, quando o indivíduo tem a sensação de que seu estado emocional é compreendido pelas demais pessoas (PICARD; KLEIN, 2002). Pesquisas apontam, inclusive, que fatores psicológicos influenciam a tomada de decisão e, ainda, o modo como os seres humanos interagem uns com os outros. Em Reeves e Nass (1996) foi verificado que, em muitas situações, seres humanos interagem com computadores considerando que estes dispositivos são também humanos e, portanto, seriam capazes de reconhecer suas emoções.

Os benefícios que podem ser alcançados por meio da utilização de conceitos de CA despertam, portanto, o interesse de muitos pesquisadores, especialmente dos que trabalham com pesquisas a respeito de IHC (TAO; TAN, 2005). Os impactos vislumbrados pelo uso dos conceitos de CA em aplicações computacionais têm levado vários pesquisadores a verificar seus efeitos em cenários diversos, como a personalização de ambientes virtuais educacionais (NUNES et al., 2010), a detecção da frustração do estudante durante o aprendizado (IEPSEN; BERCHT; REATEGUI, 2011), a geração de ontologias para recomendação de serviços ou produtos (FONG et al., 2011) e, mais recentemente, o reconhecimento de emoções em robôs destinados à assistência de pessoas com necessidades especiais (MAGNENAT-THALMANN; ZHANG, 2014) e a tomada de decisão conforme o desejo da população em cidades inteligentes (GUTHIER et al., 2015).

Em uma situação hipotética, conhecendo-se o estado emocional do usuário, é possível desenvolver aplicações que considerem esta informação para, por exemplo, recomendar o conteúdo mais adequado. Por exemplo, um provedor de conteúdo cinematográfico poderia indicar ao usuário um filme de comédia no momento em que o mesmo encontra-se deprimido. Neste cenário, é possível que a aplicação computacional desperte no usuário alguma emoção, como surpresa ou felicidade. Abordagens dessa natureza tendem a tornar a interação do homem com o computador mais interessante, prazerosa e eficaz.

Adicionalmente, tais intervenções em aplicações computacionais apresentam significativa importância por propiciarem, entre outros fatores, que a aplicação se adapte ao usuário, enquanto usualmente é o usuário quem precisa se adaptar à aplicação. A personalização tende a possibilitar que o usuário obtenha um melhor proveito dos recursos e funcionalidades que a aplicação computacional oferece. Em alguns casos específicos, como software utilizados em processos de reabilitação, a adaptação conforme o estado emocional do usuário apresenta uma importância ainda maior, por considerar que um nível exagerado de dificuldade ou uma situação inadequada podem desviar o usuário do objetivo ou até acarretar complicações em seu estado de saúde.

Nesse sentido, as principais utilizações de CA consistem na personalização de aplicações com base no estado emocional do usuário, ampliando significativamente a experiência de uso (NUNES, 2012), além da recomendação de produtos com base no perfil do indivíduo (QI; LE, 2010). Os conceitos de CA podem, por exemplo, ser aplicados na adaptação de jogos ao perfil do usuário (GILLEADE; DIX; ALLANSON, 2005). Para tanto, existem várias técnicas de CA que permitem inferir o estado emocional do indivíduo para, posteriormente, efetivar-se a adaptação na aplicação computacional. O reconhecimento do estado emocional do usuário se dá, por

exemplo, por meio da análise de expressões faciais ou do reconhecimento de gestos. As técnicas de reconhecimento de emoções e as abordagens para adaptação de aplicações computacionais, suas vantagens e desvantagens são apresentadas, detalhadas e discutidas no Capítulo 3.

A mensuração do quão efetiva é a abordagem utilizada para adaptação é outro desafio do presente trabalho. Em alguns experimentos conduzidos, foi empregada a Teoria Fundamentada nos Dados, cuja fundamentação será descrita a seguir.

2.5 Teoria Fundamentada nos dados

A Teoria Fundamentada nos Dados (*Grounded Theory*, em inglês), cuja primeira definição foi apresentada por Carley Glaser e Anselm Strauss em 1967, é definida como “um método geral de análise comparativa e um conjunto de procedimentos capazes de gerar [sistematicamente] uma teoria fundamentada nos dados” (GLASER; STRAUSS, 1967; TAROZZI, 2011). Uma pesquisa que utiliza tal método qualitativo não deve partir de hipóteses a serem testadas, mas sim de uma análise da literatura, não reduzindo a investigação a determinadas variáveis controladas ou a perguntas pontuais (TAROZZI, 2011).

De acordo com TAROZZI, a Teoria Fundamentada nos Dados pode ser compreendida pelas seguintes etapas: i) identificação da área de investigação; ii) definição da pergunta geradora da pesquisa; iii) definição de métodos e instrumentos; iv) coleta de dados e codificação aberta; v) amostragem teórica; vi) coleta dos dados e codificação focalizada; vii) escrita de memorandos; ix) codificação teórica; x) escrita do relatório; e xi) avaliação da pesquisa.

Usualmente, na definição da pergunta geradora da pesquisa, opta-se por uma questão que seja aberta, não excessivamente focalizada, permitindo uma maior liberdade de resposta dos participantes, buscando-se conhecer e entender os fenômenos considerados relevantes em uma área de interesse. Na definição de métodos e instrumentos, pode-se optar por observações, notas etnográficas de campo, relatórios pessoais dos participantes, narrações e até documentos, sendo a entrevista do tipo semiestruturado o instrumento principal da Teoria Fundamentada nos Dados. De acordo com Tarozzi (2011), “um traço distintivo da Teoria Fundamentada nos Dados é que a coleta de dados e a condução das entrevistas e observações aconteçam simultaneamente à codificação. A codificação, por sua vez, representa o primeiro nível do processo analítico, compreendendo o conjunto de técnicas e procedimentos utilizados para analisar os dados. Um exemplo de codificação é a transformação das entrevistas em textos.

Outra característica importante da Teoria Fundamentada nos Dados consiste no fato de que este método propõe um tipo de amostragem rigorosa para a pesquisa qualitativa mas que, no entanto, não tem caráter probabilístico e tampouco busca garantir a representação do grupo de sujeitos estudados em relação ao universo da população (TAROZZI, 2011). Com esta teoria, a ampliação da amostra é finalizada quando as categorias ou ideias sobre um tema forem consideradas saturadas (MORSE, 1995), ou seja, a extensão da amostra deve acontecer na direção das áreas que ficam descobertas, sendo considerado inútil prosseguir no sentido em que os dados são redundantes. Embora tal abordagem seja vantajosa por poupar tempo e recursos, impede a definição com antecedência do número de participantes, número de entrevistas e observações, entre outros detalhes.

Após as codificações iniciais, necessárias para a ampliação da amostragem, as coletas de dados - como perguntas e entrevistas, por exemplo - são mais focalizadas, buscando-se entender melhor os detalhes a respeito dos temas relevantes. Memorandos são elaborados pelos pesquisadores com o objetivo de proporcionar um “acompanhamento crítico e reflexivo à coleta de dados para explorar e explicitar as escolhas nas primeiras fases da codificação e guiar as sucessivas entrevistas e observações” (TAROZZI, 2011) ou, ainda, possibilitar uma visão aprofundada do processo de categorização.

A codificação teórica é a etapa em que se “delineiam e qualificam as relações que subsistem entre as categorias que emergiram da codificação focalizada” (TAROZZI, 2011), sendo considerada a etapa em que as informações integram-se e a teoria se estrutura. A codificação teórica é composta pelas seguintes atividades: pontuar as categorias, interligar as categorias, identificar a categoria central e, por fim, integrar e delimitar a teoria.

Ao longo de todo o processo e, considerando-se os documentos produzidos, são elaborados relatórios da pesquisa, que apresentam os dados coletados, as discussões realizadas e as etapas do processo. Por fim, embora a Teoria Fundamentada nos Dados não necessite de validação externa, é possível realizar uma avaliação da pesquisa para analisar, por exemplo, se os instrumentos e os procedimentos foram definidos e aplicados corretamente.

2.6 *Considerações finais do capítulo*

Este capítulo apresentou conceitos de áreas relacionadas com o tema desta pesquisa, permitindo um conhecimento do contexto em que a proposta se insere. Foram apresentadas as

definições de jogos sérios, reabilitação virtual, adaptação automática de aplicações computacionais e Computação Afetiva, como também da Teoria Fundamentada nos Dados, que será utilizada na avaliação experimental.

No próximo capítulo, será apresentada uma revisão de literatura sobre Computação Afetiva, que aprofundará os conceitos e informações a respeito das técnicas de reconhecimento de emoções e das metodologias de adaptação de aplicações computacionais.

3 Revisão Sistemática

Este capítulo descreve uma revisão sistemática de literatura, realizada com o intuito de investigar a utilização de Computação Afetiva na adaptação automática de aplicações computacionais. A Seção 3.1 apresenta o protocolo de busca. Os resultados obtidos são apresentados e discutidos na Seção 3.2. Técnicas para reconhecimento de emoções e elementos considerandos na adaptação de aplicações são apresentados nas Seções 3.3 e 3.4, respectivamente. Uma discussão a respeito da natureza das adaptações afetivas é apresentada na Seção 3.5. As limitações e desafios encontrados são apresentados e discutidos na Seção 3.6, sendo as considerações finais do capítulo apresentadas na Seção 3.7.

3.1 Materiais e Métodos

Visão geral da revisão sistemática

Figura 1 – Fluxograma do processo de revisão.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

A Revisão Sistemática aqui apresentada foi conduzida em três etapas – Planejamento, Execução e Análise Crítica dos Resultados, seguindo os passos sugeridos em (KITCHENHAM, 2004), conforme detalhado a seguir.

3.1.1 Planejamento

Uma vez definido o objetivo da RS, as seguintes questões de pesquisa foram enunciadas:

a) Quais técnicas têm sido utilizadas para reconhecer o estado emocional do usuário?; b) Sabendo-se o estado emocional do usuário, quais são os elementos adaptados nas aplicações computacionais?

Com a finalidade de reunir elementos para definir o protocolo da pesquisa, foi realizada uma análise exploratória no *Google Scholar* (GOOGLE, 2016) para identificar trabalhos que pudessem apresentar conceitos e técnicas de CA, baseado no modelo expresso em (KITCHENHAM, 2004). Estes trabalhos foram utilizados como grupo de controle e contribuíram para a definição de palavras-chave e fontes que seriam usadas para a busca.

Foram definidas as seguintes bases de busca: IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) (IEEE, 2016), ACM (*Association for Computing Machinery*) (ACM, 2016), PubMed (PUBMED, 2016) e Scopus (SCOPUS, 2016). A Tabela 1 apresenta a *string* de busca utilizada em cada base.

Tabela 1 – Relação de *strings* utilizadas nas bases para levantamento dos artigos com o número de resultados encontrados em cada interação. Foram realizadas três buscas em cada base com o intuito de incluir pesquisas publicadas durante o andamento da revisão.

Base	String de busca	1ª busca	2ª busca	3ª busca	Total
ACM	((affective) and (computing or game) and (adaptation or adaptation) and (not robot) and (not music) and (not network) and (not robotic) and (not AI) and (not NPC) and not (assistance) and not (biofeedback))	196	66	63	325
IEEE	((affective) AND (computing OR game) AND (adaptation OR adaptative))	405	122	61	588
Scopus	("affective"(computing OR game) AND(adaptation OR adaptative))	108	18	11	137
PubMed	("affective"(computing OR game) AND(adaptation OR adaptative))	7	-	-	7

Na etapa de Seleção, foram adotados os seguintes critérios de inclusão (I) e exclusão (E):

- (I1) trabalhos que abordem a adaptação afetiva de aplicações ou jogos, explanando desde o reconhecimento de emoções até as adaptações realizadas;
- (I2) trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas;
- (E1) trabalhos que não usam técnicas de CA;
- (E2) trabalhos que não usam tais técnicas para adaptação de aplicações/jogos.

Durante a condução da RS, foram encontrados 1057 artigos. Na etapa de Seleção, 109 artigos foram aprovados. Em seguida, na fase de Extração, foram excluídos 73 artigos, restando um total de 36 artigos aprovados. A Figura 1 ilustra as etapas deste processo. O protocolo completo está no apêndice A.

A Tabela 2 apresenta os artigos selecionados na etapa de extração e os principais dados coletados. No formulário de extração, foram consideradas as seguintes informações:

- **jogo:** indica se a pesquisa analisada esteve focada na adaptação de aplicações com características de jogos;
- **testes com usuários:** indica se os autores declararam no artigo a realização de experimentos com usuários para testar a aplicação;
- **adaptação intrusiva:** aponta se a adaptação realizada no trabalho acontece na própria aplicação, ou seja, se o *software* que contém o reconhecimento de emoções adapta a si mesmo ou a uma outra aplicação;
- **área de aplicação:** caso a pesquisa tenha propiciado a adaptação de uma aplicação focada em uma área específica que não seja a computação, indica a área de aplicação, como saúde ou educação;
- **acompanhamento de profissional da área de aplicação:** indica, no caso de pesquisas aplicadas, se os autores declararam terem sido acompanhados por profissionais especializados na área de aplicação durante o andamento da pesquisa e, por fim,
- **técnica de reconhecimento:** apresenta a técnica de reconhecimento de emoção utilizada.

3.1.2 Condução e análise

Os dados do formulário de extração permitiram que, durante a leitura dos artigos incluídos, fossem obtidas informações importantes a respeito das pesquisas. As **técnicas de reconhecimento** de emoções citadas nos trabalhos foram categorizadas, tendo suas vantagens e desvantagens discutidas na Seção 3.3. Do mesmo modo, as adaptações nas aplicações realizadas

Tabela 2 – Artigos aceitos para a análise de dados. Legendas: S - SIM — N - NÃO — BENV - Baseado em entradas não-visíveis — BEV - Baseado em entradas visíveis — TU - Testes com usuários — AP - Aplicação em outra área — AE - Acompanhamento de especialista da área de aplicação — TR - Tipo de técnica de reconhecimento

#	Citação	Jogo	TU	AP	AE	TR
1	Hudlicka e McNeese (2002)	N	S	S	N	BEV
2	Duric et al. (2002)	N	S	N	N	BENV + BEV
3	Paiva et al. (2003)	S	S	N	N	BEV
4	Katsionis e Virvou (2004)	S	N	S	N	BEV
5	Shugrina, Betke e Collomosse (2006)	N	N	S	N	BEV
6	Silva et al. (2006)	S	S	S	N	BEV
7	Lankes et al. (2008)	S	S	N	N	BEV
8	Liu et al. (2009)	S	N	N	N	BENV
9	Yannakakis (2009)	S	S	S	N	BENV
10	Shahid et al. (2009)	S	S	N	N	BENV + BEV
11	Nasoz, Lisetti e Vasilakos (2010)	N	S	S	N	BENV
12	Coutrix et al. (2011)	N	S	S	N	BEV
13	Cearreta e Garay-Vitoria (2011)	N	N	N	N	Outra
14	Parsons e Reinebold (2011)	S	N	S	N	BENV
15	Dalvand e Kazemifard (2012)	S	N	N	N	BEV
16	Chao et al. (2012)	N	S	S	N	BEV
17	Schroeder, Kroiß e Mair (2012)	N	N	N	N	BENV
18	Parnandi, Son e Gutierrez-Osuna (2013)	S	S	N	N	BENV
19	Sourina e Liu (2013)	S	N	N	N	BENV
20	Szegletes e Forstner (2013)	S	S	S	S	BENV
21	Vachiratamporn et al. (2013)	S	S	N	N	BENV + BEV
22	Rizzo (2013)	S	S	N	N	BENV
23	Vachiratamporn et al. (2014)	S	S	N	N	BENV + BEV
24	Nogueira et al. (2014)	S	S	N	N	BENV
25	Harris et al. (2014)	S	N	N	N	BENV + BEV
26	Novak, Nagle e Riener (2014)	S	S	N	N	BEV
27	Mortensen e Bærentsen (2014)	S	S	N	N	BEV
28	Verhulst, Yamaguchi e Richard (2015)	S	S	S	N	BENV
29	Katmada et al. (2015b)	S	N	N	N	BENV
30	Karyotis et al. (2015)	N	S	S	N	BENV
31	Li, Elmaghraby e Sokhadze (2015)	S	S	N	N	BENV
32	Katmada et al. (2015a)	S	S	N	N	BENV
33	Grawemeyer et al. (2015)	S	S	S	N	BEV
34	Osman, Dong e Saddik (2016)	S	S	N	N	BENV
35	Nogueira et al. (2015)	S	S	N	N	BENV

nas pesquisas analisadas foram também categorizadas, sendo os **elementos adaptados nas aplicações** discutidos na Seção 3.4. Durante a leitura e análise do trabalho, também foram identificados **modelos de implementação da adaptação afetiva**, que são apresentados e discutidos na Seção 3.5.

3.2 Análise Quantitativa

A Figura 2 ilustra a quantidade de artigos incluídos na revisão por ano de publicação. É possível notar que há um crescimento no número de publicações sobre adaptação de aplicações com CA nos últimos anos. Tal crescimento pode representar também a evolução da área, já que o termo “Computação Afetiva”, cunhado em (PICARD, 1997), refere-se a um campo de pesquisa relativamente novo.

Figura 2 – Total de artigos publicados incluídos na revisão por ano

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Analisando-se a quantidade de artigos publicados por ano, pode-se inferir que há um crescente interesse em relação ao assunto por parte dos pesquisadores, apontando também a importância da realização de novas investigações sobre o tema, com o intuito de se alcançar a superação das limitações até então existentes e novas contribuições científicas para a área de CA. Ainda, é provável que, ao longo dos próximos anos, o interesse em investigações que usem conceitos de CA seja crescente. Isso se deve não apenas ao fato de que a utilização de CA tende a apresentar grandes impactos na usabilidade, mas também pelo amadurecimento da área provocado pelos estudos em andamento.

Considerando as possibilidades que a aplicação de CA proporciona a diversas áreas do conhecimento, a Figura 3 apresenta a proporção de artigos que informam ter realizado aplicação em outras áreas. É importante destacar que mais da metade das pesquisas (22 trabalhos ou 62%) não fez ou não declarou explicitamente ter realizado aplicação em outras áreas, o que pode indicar que estas pesquisas têm como foco a investigação, o desenvolvimento e a análise de

Aplicação dos estudos em outra área do conhecimento

Figura 3 – Aplicação dos estudos incluídos na revisão em outras áreas do conhecimento

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

técnicas computacionais, independentemente da área ou da forma de aplicação. Analisando o gráfico (Figura 3), é possível notar ainda que, dentre os trabalhos que realizaram aplicação, a área com maior quantidade de trabalhos aplicados foi a Educação (7 ou 20% do total) (KATSI-ONIS; VIRVOU, 2004; SILVA et al., 2006; CHAO et al., 2012; SZEGLETES; FORSTNER, 2013; KARYOTIS et al., 2015; GRAWEMEYER et al., 2015; BONTCHEV; VASSILEVA, 2016), seguida por Artes (3 ou 9% do total) (SHUGRINA; BETKE; COLLOMOSSE, 2006; YANNAKAKIS, 2009; COUTRIX et al., 2011), Saúde (2 ou 6% do total) (PARSONS; REINEBOLD, 2011; VERHULST; YAMAGUCHI; RICHARD, 2015) e Segurança (2 ou 6% do total) (HUDLICKA; MCNEESE, 2002; NASOZ; LISETTI; VASILAKOS, 2010).

Ainda em relação às áreas de aplicação dos estudos, nota-se pela Figura 4 que, especialmente na área de Educação, há uma predominância de softwares com característica de jogos. Este fato pode indicar que a utilização de CA tem recebido especial atenção por parte dos desenvolvedores de jogos educacionais digitais, atividade que tende a apresentar grandes benefícios com a personalização conforme o perfil e o estado emocional do estudante.

Categoria de software e aplicações

Figura 4 – Comparativo entre categorias de software e áreas de aplicação

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Entre os artigos que fazem aplicação do estudo em alguma área (HUDLICKA; MC-NEESE, 2002; KATSIONIS; VIRVOU, 2004; SHUGRINA; BETKE; COLLOMOSSE, 2006; SILVA et al., 2006; YANNAKAKIS, 2009; NASOZ; LISETTI; VASILAKOS, 2010; COUTRIX et al., 2011; PARSONS; REINEBOLD, 2011; CHAO et al., 2012; SZEGLETES; FORSTNER, 2013; VERHULST; YAMAGUCHI; RICHARD, 2015; KARYOTIS et al., 2015; GRAWE-MEYER et al., 2015; BONTCHEV; VASSILEVA, 2016), apenas (SZEGLETES; FORSTNER, 2013) deixou explícito o acompanhamento de algum profissional da área de aplicação durante o desenvolvimento da pesquisa, especialmente durante a realização de experimentos com usuários. Tal característica é importante em algumas situações, como procedimentos na área de saúde, em que a participação e o acompanhamento de especialistas apresentam-se como fundamentais para o bom andamento da investigação. Adicionalmente, pode contribuir para uma melhor realização de experimentos, podendo-se verificar se a adaptação na aplicação computacional propiciou aos

usuários o desenvolvimento de habilidades, utilizando-se também métricas específicas da área de aplicação.

Nos estudos em que a realização de experimentos foi identificada, nota-se que há uma maior incidência de trabalhos que investigaram a adaptação afetiva em jogos. A proporção de pesquisas que realizaram experimentos por categoria de *software* (jogo ou não), incluindo as áreas de aplicação, é apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Comparativo de realização de experimentos

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Em relação aos experimentos, em três trabalhos (ou 9% do total) que fazem aplicação em outra área não é declarada ou descrita a realização de experimentos com usuários para avaliar a eficácia da abordagem proposta na pesquisa. A ausência de tais informações pode ser explicada pela possibilidade de estas pesquisas ainda estarem em estágios iniciais. Todavia, a realização de experimentos é importante não apenas para verificar a viabilidade da proposta da pesquisa, mas também para identificar limitações nos métodos e tecnologias utilizados, além de permitir identificar desafios e lacunas a serem investigadas.

3.3 *Técnicas de Reconhecimento de Emoções*

Existem diversas técnicas que permitem o reconhecimento das emoções expressas por um indivíduo. Na classificação sugerida em (HURST; JACKSON; GLENCROSS, 2012), as técnicas de reconhecimento de emoção são classificadas em duas categorias: baseadas em entradas visíveis e baseadas em entradas invisíveis. As entradas visíveis são aquelas que podem ser observadas a olho nu, sem a utilização de recursos computacionais ou tecnológicos. As técnicas baseadas em entradas invisíveis, por sua vez, analisam principalmente sinais e impulsos elétricos, acarretando na utilização de sensores específicos. Em (BARRETO, 2008), as técnicas são classificadas em intrusivas ou não-intrusivas. Na primeira categoria os sensores tendem a estar distante dos pacientes, evitando incômodos; na segunda categoria os sensores comumente estão em contato direto com o corpo do usuário.

Salienta-se que não há necessariamente uma relação direta entre as duas taxonomias propostas. Uma técnica baseada em sinais visíveis pode ser classificada como intrusiva ou não intrusiva. Por exemplo, o monitoramento de gestos pode ser não intrusivo se for feito com uma câmera localizada distante do usuário, mas pode tornar-se intrusivo se a câmera for acoplada ao corpo do usuário. Nesta revisão detalharemos as técnicas citadas nos trabalhos incluídos, considerando a classificação em entradas visíveis e não visíveis.

Com base na classificação de (HURST; JACKSON; GLENCROSS, 2012), a Figura 6 apresenta a quantidade de estudos incluídos de cada uma das categorias ao longo dos anos. Neste gráfico, pesquisas que utilizam mais de uma técnica são consideradas nos dois cenários; portanto, o total de artigos em um ano pode ser diferente do valor apresentado na Figura 2.

O gráfico evidencia que, inicialmente, havia uma predominância de técnicas baseadas em entradas visíveis para o reconhecimento do estado emocional. No entanto, a partir de 2006 há pelo menos um trabalho com técnica baseada em entrada não-visível em cada ano.

Um dos fatores que pode ter impulsionado o desenvolvimento de investigações envolvendo técnicas baseadas em entradas não-visíveis é a criação de novos sensores, possivelmente mais baratos e mais confortáveis ao usuário, ou ainda ao fato de que tais técnicas tendem a apresentar uma maior precisão no reconhecimento da emoção. Todavia, é interessante o fato de que as duas modalidades continuam sendo estudadas e, em alguns casos, utilizadas em conjunto, o que oferece indícios da viabilidade de ambas as abordagens. A Figura 7 representa a utilização de mais de uma técnica num mesmo trabalho.

Figura 6 – Técnicas utilizadas ao longo do tempo.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

3.3.1 Técnicas baseadas em entradas não-visíveis

Esta categoria reúne técnicas de reconhecimento de emoções que capturam informações indisponíveis visualmente. Em geral, usam sensores acoplados ao corpo do usuário. Por conta do contato com o corpo do usuário, a utilização de tais sensores pode causar incômodo ou desconforto. Apesar desta possível desvantagem, as técnicas de reconhecimento de emoções baseadas em entradas não-visíveis (BENV) podem apresentar maior acurácia (taxa de emoções reconhecidas corretamente) (SELVARAJ et al., 2013). Isso se deve, entre outros fatores, ao fato de que, por estar em contato direto com o usuário, o sensor pode ter maior precisão na coleta das informações, minimizando a sujeição a falhas, como por exemplo, falhas devido a problemas de luminosidade durante a captura de uma expressão facial por uma câmera distante do usuário.

As principais técnicas baseadas em entradas não-visíveis para reconhecimento de emoção consistem na análise de eletroencefalograma, eletrocardiograma e análise da atividade eletrodermal. As próximas subseções apresentam mais detalhes sobre as técnicas, que estão ordenadas por ordem de maior utilização nos trabalhos incluídos na presente revisão.

Figura 7 – Utilização de técnicas de reconhecimento de emoção em trabalhos. Os tamanhos das bolhas indicam a quantidade de trabalhos que combinam as técnicas indicadas.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Análise da Atividade Eletrodermal

A análise da atividade eletrodermal (EDA) foi identificada em 40% dos artigos (14 trabalhos). Esta técnica possibilita a obtenção do nível de condutância da pele e do nível de resposta galvânica da pele a partir da análise da atividade elétrica das glândulas que produzem suor nas pontas dos dedos e nas palmas das mãos, permitindo identificar situações que desencadeiam estresse ao usuário. Em CA, dentre os trabalhos analisados nesta revisão, apenas (PARNANDI; SON; GUTIERREZ-OSUNA, 2013) e (BONTCHEV; VASSILEVA, 2016) utilizaram unicamente esta informação, enquanto (LIU et al., 2009; YANNAKAKIS, 2009; SHAHID et al., 2009; NASOZ; LISETTI; VASILAKOS, 2010; PARSONS; REINEBOLD, 2011; NOGUEIRA et al., 2014; VERHULST; YAMAGUCHI; RICHARD, 2015; KATMADA et al., 2015b; LI; ELMAGHRABY; SOKHADZE, 2015; KATMADA et al., 2015a; NOGUEIRA et al., 2015) consideraram um conjunto de outras técnicas, como eletrocardiograma e rastreamento de olhar, na aferição do estado emocional do usuário.

É interessante destacar que em (PARNANDI; SON; GUTIERREZ-OSUNA, 2013) os autores afirmam que a coleta de dados pode estar sujeita ao local onde o sensor foi inserido, como também ao gel utilizado, sugerindo em trabalhos futuros a inclusão da análise de frequência cardíaca, o que reforça novamente a importância do agrupamento de técnicas, e especialmente a consideração da frequência cardíaca na análise de emoções.

Análise do Eletrocardiograma

A utilização de eletrocardiograma (ECG) para captura de dados (por exemplo, a frequência cardíaca), visando a análise do estado emocional do usuário foi uma técnica bastante frequente nos trabalhos analisados, estando presente em 37% (13) do total de artigos (LIU et al., 2009; YANNAKAKIS, 2009; SHAHID et al., 2009; NASOZ; LISETTI; VASILAKOS, 2010; PARSONS; REINEBOLD, 2011; NOGUEIRA et al., 2014; VERHULST; YAMAGUCHI; RICHARD, 2015; KATMADA et al., 2015b; KARYOTIS et al., 2015; LI; ELMAGHRABY; SOKHADZE, 2015; KATMADA et al., 2015a; OSMAN; DONG; SADDIK, 2016; NOGUEIRA et al., 2015).

Apesar de sua grande utilização, apenas em (OSMAN; DONG; SADDIK, 2016) o ECG foi utilizado como único sinal fisiológico, apresentando-se nas demais pesquisas sempre com algum outro dado, principalmente a análise da atividade eletrodermal. Em (OSMAN; DONG; SADDIK, 2016), os autores afirmam que, no estudo, a utilização de ECG ocorreu principalmente pela necessidade de se obter o pico R, caracterizado pelos autores como a característica mais proeminente do sinal ECG. O intervalo entre dois picos R permite aferir o período entre os batimentos cardíacos. Em (NASOZ; LISETTI; VASILAKOS, 2010) os autores afirmam ser impossível evitar o reconhecimento incorreto do estado emocional em algumas situações, porém ressaltam que a utilização de mais de uma técnica ou metodologia de processamento dos sinais fisiológicos, como o agrupamento de expressões faciais e sinais fisiológicos, tende a aumentar a precisão do reconhecimento das emoções, o que justifica o agrupamento de técnicas realizado pelos artigos.

Análise de Eletroencefalograma

Técnica pouco utilizada nas pesquisas analisadas, sendo encontrada em apenas 17% (6) dos trabalhos, o eletroencefalograma (EEG) permite o registro da atividade cerebral. Nesta

técnica, a captura dos dados ocorre com a leitura de informações emitidas por sensores colocados sobre o couro cabeludo do usuário. A utilização do EEG enfrenta algumas dificuldades como, por exemplo, a fixação dos sensores no local correto.

No contexto de CA, existem alguns modelos que permitem a inferência de emoções considerando-se os sinais obtidos pelo EEG, classificando-os com base em regras. Nos trabalhos analisados nesta revisão, o EEG foi utilizado como única entrada de dados apenas em (SOURINA; LIU, 2013; SZEGLATES; FORSTNER, 2013; RIZZO, 2013), tendo sido empregado em conjunto com outras técnicas em (VACHIRATAMPORN et al., 2013; VACHIRATAMPORN et al., 2014; HARRIS et al., 2014). Em (VACHIRATAMPORN et al., 2013) conclui-se que, no cenário avaliado, a análise de frequência cardíaca apresentou maior acurácia que a análise dos dados obtidos pelo EEG.

3.3.2 Técnicas baseadas em entradas visíveis

A principal vantagem das técnicas baseadas em entradas visíveis (BEV) está no fato de que estas não necessitam que o usuário esteja em contato direto com algum tipo de sensor. Por outro lado, tal distanciamento, ou mesmo as características intrínsecas de algumas técnicas, pode reduzir a precisão dos dados. Neste tipo de técnica, o estado emocional do usuário tende a ser reconhecido pela expressão facial, velocidade de manipulação de *mouse* e teclado, comportamento no ambiente virtual, entre outras.

Análise de Expressões Faciais

As expressões faciais (EF) podem ser consideradas como a forma mais comum de linguagem corporal (HURST; JACKSON; GLENCROSS, 2012) e são induzidas pela emoção humana (LIU et al., 2008). O reconhecimento de emoções com a análise de expressões faciais é possível por meio de modelos que consideram pontos de controle que se deslocam no rosto humano para formar a expressão facial de uma emoção. A localização de tais pontos de controle permite a inferência do estado emocional do usuário. Um exemplo de modelo é o *Facial Action Coding System* (FACS) (EKMAN; FRIESEN, 1977).

Entre os trabalhos analisados nesta revisão, em (SHUGRINA; BETKE; COLLOMOSSE, 2006; LANKES et al., 2008; SHAHID et al., 2009; COUTRIX et al., 2011; MORTENSEN;

BæRENTSEN, 2014), que representam 14% (5 trabalhos), foi declarado o uso de expressões faciais como dados de entrada para o reconhecimento do estado emocional do usuário. Cada trabalho considerou uma abordagem diferente para a classificação dos dados coletados, mas chama a atenção o fato de (SHAHID et al., 2009) e (LANKES et al., 2008) terem utilizado software desenvolvido por terceiros, como o *FaceReader* e o *Realtime FaceDetector*, respectivamente, para analisar a expressão facial e identificar a emoção.

Apesar de constituir uma técnica vantajosa por não exigir do usuário o contato direto com um sensor, algumas pesquisas apontam que o reconhecimento de emoções por expressões faciais pode não apresentar uma precisão tão alta (já que diferentes indivíduos podem expressar emoções de maneiras distintas, inclusive por questões culturais) (AFFECTIVA, 2017a). No entanto, tal característica não invalida o modelo FACS (EKMAN; FRIESEN, 1977; EKMAN; FRIESEN, 2003), que afirma que os indivíduos movimentam os mesmos pontos de controle para as mesmas emoções. Portanto, a falta de precisão pode ser devida a falhas nos algoritmos ou a características intrínsecas da aquisição das imagens, como baixa resolução ou iluminação inadequada.

Reconhecimento por análise de atividades com mouse e teclado

Nesta categoria, que também compreende 14% (5) dos trabalhos, pode-se obter informações a respeito do estado emocional do indivíduo baseando-se na velocidade de digitação do texto, velocidade de movimentação e taxa de acionamento dos botões do *mouse* (cliques), entre outros fatores de interação com *mouse* e teclado (IMT).

A viabilidade de utilizar a interpretação de dados relativos à manipulação do *mouse* para aferir o estado emocional juntamente com outras técnicas foi investigada em (DURIC et al., 2002). Em (DALVAND; KAZEMIFARD, 2012) foi considerada na aferição do estado emocional do usuário a entrada de texto pelo teclado. Um algoritmo analisava informações como a velocidade de digitação e a quantidade de palavras para classificar uma emoção. A análise de entrada textual também foi realizada em (VACHIRATAMPORN et al., 2013) e (VACHIRATAMPORN et al., 2014) para a classificação da emoção do usuário.

Em (HARRIS et al., 2014), eventos do *mouse* foram considerados, juntamente com sinais fisiológicos, para aferir o estado emocional do usuário em um estudo de caso no qual o jogo *Pac-Man* foi adaptado de acordo com o estado emocional do usuário.

Outras técnicas

Nesta subseção, são apresentadas técnicas que também foram identificadas na literatura, porém com menor frequência.

Rastreamento de olhar (RO): é uma outra forma de se obter informações que podem permitir a inferência do estado emocional do usuário. As pesquisas encontradas nesta revisão (DURIC et al., 2002; LIU et al., 2009; NOGUEIRA et al., 2014; NOGUEIRA et al., 2015) (11% ou 4) utilizaram o rastreamento de olhar em conjunto com outras técnicas, incluindo técnicas baseadas em entradas não-visíveis. Embora a técnica seja vantajosa por não ocasionar incômodo ao usuário, uma desvantagem desta técnica consiste no fato de que, usualmente, o rastreamento de olhar necessita de equipamentos precisos, que podem apresentar um custo significativo.

Comportamento do Usuário (CDU): técnica identificada em apenas 11% (4) dos trabalhos, a análise do comportamento do usuário durante a utilização do sistema foi realizada em (HUDLICKA; MCNEESE, 2002; KATSIONIS; VIRVOU, 2004; NOVAK; NAGLE; RIENER, 2014; GRAWEMEYER et al., 2015). A utilização desta técnica apresenta-se geralmente com o apoio de ferramentas de Inteligência Artificial que permitem inferir o estado emocional do usuário a partir das ações deste no sistema como, por exemplo, a execução de determinadas funcionalidades e total de acertos, no caso de jogos. A principal vantagem desta técnica consiste no fato de que o reconhecimento do estado emocional se baseia no comportamento do usuário com o sistema, ou seja, sem a necessidade de dispositivos. No entanto, a depender dos eventos considerados na interação e o tipo de aplicação, tal técnica pode não apresentar uma acurácia tão significativa.

Reconhecimento de gestos (RG): o reconhecimento do estado emocional do usuário por gestos foi utilizado em 9% (3) dos trabalhos encontrados, sendo a última pesquisa realizada no ano de 2006. Em (DURIC et al., 2002), os autores consideraram o reconhecimento de gestos como uma das técnicas para aferir o estado emocional do usuário em conjunto com sinais fisiológicos e interpretação de eventos do mouse. Já em (PAIVA et al., 2003) e (SILVA et al., 2006), o reconhecimento de gestos foi a única entrada considerada. Neste último, a acurácia apresentada foi alta, aferindo corretamente o estado emocional de crianças em mais de 82% dos casos, apresentando-se como uma técnica promissora. Apesar disso, não foram encontrados na revisão artigos mais recentes que usaram esta técnica para aferir o estado emocional. A utilização desta técnica é interessante em *softwares* que utilizam Interação Natural, por exemplo.

Reconhecimento de voz (RVoz): uma técnica que pode ser facilmente utilizada, especialmente em aplicações em que o comando por voz é considerado como um meio de interação com a aplicação, é o reconhecimento de voz. De acordo com (KOZAKA; IWASSO; BARRETO, 2011), cerca de 30 fatores como, por exemplo, frequência e intensidade, podem propiciar a identificação da emoção na voz. Entre os trabalhos analisados na revisão, nenhum utilizou exclusivamente o reconhecimento de voz. Os autores de (COUTRIX et al., 2011) consideraram o uso de reconhecimento de expressões faciais juntamente com o reconhecimento de voz. Já em (GRAWEMEYER et al., 2015), considerou-se o reconhecimento de voz juntamente com o comportamento do usuário. A utilização desta técnica apresenta-se mais interessante em *softwares* que, em sua interação com o usuário, reconhecem comandos por voz. Sua utilização em *softwares* sem tal característica tende a implicar em um incômodo ao usuário.

Análise de entrada de texto (AET): nesta técnica, cuja utilização foi identificada apenas em (CHAO et al., 2012), o texto digitado pelo usuário é analisado para inferir o estado emocional. O estudo aponta que, utilizando-se classificadores, o número de emoções passíveis de identificação é inversamente proporcional à precisão do reconhecimento, ou seja, quanto maior o número de emoções que se deseja identificar, menor é a precisão do reconhecimento. Este fato é interessante pois indica que possivelmente há diferenças sutis entre determinadas emoções e discrepâncias entre certas emoções, o que tende a dificultar o reconhecimento do estado emocional. A diferença entre esta técnica e a análise da IMT consiste no fato de que, enquanto esta se preocupa com o texto digitado, a análise da IMT considera fatores como a velocidade de digitação, por exemplo. Embora diversas aplicações, como em redes sociais, por exemplo, a utilização de dados de texto seja interessante pela possibilidade de se considerar diversos elementos na análise do estado emocional, a utilização desta técnica em certos tipos de aplicação não se mostra muito viável.

Uso de Ontologia (O): técnica proposta e identificada apenas em (CEARRETA; GARAY-VITORIA, 2011), a ontologia *Affinto* considera diversas entradas, desde a análise de vídeo até o reconhecimento de voz, para inferir o estado emocional do usuário. No entanto, não são apresentados ou discutidos resultados de experimentos que permitam avaliar a eficácia da ontologia proposta.

3.3.3 Relação entre técnicas e áreas de aplicação

A Figura 8 apresenta a relação entre as técnicas de reconhecimento do estado emocional do usuário e as áreas de aplicação dos trabalhos analisados. Foram considerados na elaboração do gráfico apenas trabalhos que indicaram que as técnicas desenvolvidas tinham o propósito de disponibilizar aplicações em qualquer área do conhecimento.

Figura 8 – Relacionamento entre técnicas de reconhecimento de emoções e áreas de aplicação.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Como é possível analisar pelo gráfico (Figura 8), as pesquisas que fizeram aplicações em educação ou artes utilizaram mais as técnicas baseadas em entradas visíveis, possivelmente para não causar prejuízos à qualidade da interação com o usuário. Em contrapartida, em aplicações voltadas à saúde, predominou a utilização de técnicas baseadas em entradas não-visíveis. Isso pode ser justificado pelo fato de que, mesmo causando desconforto, em pesquisas aplicadas em treinamento e saúde, faz-se necessária uma maior acurácia na captura de informações que possibilitem inferir o estado emocional do usuário.

3.4 Elementos adaptados nas aplicações

Os trabalhos analisados nesta revisão citaram diferentes elementos considerados como alvo de adaptação na aplicação computacional desenvolvida. Nesta revisão, os trabalhos são

categorizados quanto ao objeto alvo de adaptação na aplicação: interface gráfica, nível de dificuldade e utilização de som. A Figura 9 apresenta a incidência desta categorização ao longo dos anos.

Figura 9 – Elementos considerados como alvo de adaptação ao longo do tempo

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Analisando-se o gráfico, pode-se notar que há uma predominância de estudos que investigam a adaptação de interface gráfica. Esta abordagem está presente em quase todos os anos identificados na revisão. A partir de 2011 há um maior índice de publicações que realizaram adaptações na interface gráfica da aplicação. De modo complementar, é crescente também a adaptação de elementos relativos ao nível de dificuldade da aplicação, o que pode indicar que as pesquisas estão focadas também nos desafios que o usuário deve enfrentar durante a utilização da aplicação, especialmente no caso de jogos, em que a manutenção do estado de *flow* apresenta grande importância. A abordagem menos identificada nos estudos consiste na utilização de músicas e efeitos sonoros como respostas aos estímulos emocionais dos usuários.

Assim como no reconhecimento de emoções houve um agrupamento de técnicas em alguns trabalhos, na adaptação das aplicações também houve a consideração de mais de um elemento na adaptação em vários trabalhos. Tal fato indica que há esforços tanto para apresentar uma maior acurácia no reconhecimento das emoções como também para propiciar uma melhor resposta ao estado emocional do usuário.

3.4.1 Adaptação na interface gráfica

A adaptação da interface gráfica (IG) da aplicação é um recurso que permite, entre outros fatores, uma maior personalização da aplicação computacional. Esta abordagem pode ser aplicada de diversas formas, alterando-se apenas a cor de uma interface ou, por exemplo, controlando o tempo de inserção e a exibição de elementos em um ambiente virtual. Nos trabalhos analisados, 74% (26 trabalhos) fizeram alguma intervenção na interface gráfica da aplicação como resposta ao estado emocional do usuário previamente identificado. Destes trabalhos, 19 realizaram unicamente adaptações gráficas (HUDLICKA; MCNEESE, 2002; DURIC et al., 2002; PAIVA et al., 2003; KATSIONIS; VIRVOU, 2004; SHUGRINA; BETKE; COLLOMOSSE, 2006; LANKES et al., 2008; PARSONS; REINEBOLD, 2011; COUTRIX et al., 2011; CEARRETA; GARAY-VITORIA, 2011; DALVAND; KAZEMIFARD, 2012; CHAO et al., 2012; VACHIRATAMPORN et al., 2013; RIZZO, 2013; VACHIRATAMPORN et al., 2014; MORTENSEN; BæRENTSEN, 2014; KATMADA et al., 2015b; KATMADA et al., 2015a; GRAWEMEYER et al., 2015; OSMAN; DONG; SADDIK, 2016), enquanto sete consideraram outros elementos na adaptação (SHAHID et al., 2009; PARNANDI; SON; GUTIERREZ-OSUNA, 2013; SOURINA; LIU, 2013; HARRIS et al., 2014; LI; ELMAGHRABY; SOKHADZE, 2015; NOGUEIRA et al., 2015; BONTCHEV; VASSILEVA, 2016).

Em (PARNANDI; SON; GUTIERREZ-OSUNA, 2013), como adaptação na interface gráfica, foi realizada a alteração no clima (aumentando ou diminuindo a brisa e, consequentemente, a visibilidade em um jogo de corrida). Os autores de (DALVAND; KAZEMIFARD, 2012) promovem a alteração de cor na interface gráfica de um ambiente educacional. Em (CHAO et al., 2012) também é apresentada a adaptação de uma aplicação educacional, porém alterando-se um agente virtual que interage com os estudantes. Em (VACHIRATAMPORN et al., 2014) foi considerado o estado emocional para controlar a posição e os instantes em que um determinado personagem era exibido em um jogo de terror.

Em (HUDLICKA; MCNEESE, 2002; DURIC et al., 2002; PAIVA et al., 2003; SHUGRINA; BETKE; COLLOMOSSE, 2006; LANKES et al., 2008; PARSONS; REINEBOLD, 2011; COUTRIX et al., 2011; CEARRETA; GARAY-VITORIA, 2011; DALVAND; KAZEMIFARD, 2012; CHAO et al., 2012; VACHIRATAMPORN et al., 2013; RIZZO, 2013; VACHIRATAMPORN et al., 2014; MORTENSEN; BæRENTSEN, 2014; KATMADA et al., 2015b; KATMADA et al., 2015a; GRAWEMEYER et al., 2015; OSMAN; DONG; SADDIK, 2016;

KATSIONIS; VIRVOU, 2004) considerou-se principalmente a adaptação na interface gráfica, enquanto os autores de (SHAHID et al., 2009; PARNANDI; SON; GUTIERREZ-OSUNA, 2013; SOURINA; LIU, 2013; HARRIS et al., 2014; LI; ELMAGHRABY; SOKHADZE, 2015; NOGUEIRA et al., 2015; BONTCHEV; VASSILEVA, 2016) utilizaram esta abordagem em conjunto com outras como, por exemplo, a adaptação do nível de dificuldade.

3.4.2 Adaptação no nível de dificuldade

Um recurso utilizado especialmente em aplicações com características de jogos, a adaptação do nível de dificuldade (ND) com base no estado emocional, tem como objetivo customizar a aplicação para cada usuário, de acordo com suas necessidades, identificadas pelas suas reações. Esta abordagem tem sido utilizada especialmente no caso dos jogos sérios. Tais jogos e suas adaptações têm sido aplicados em situações de educação, treinamento e saúde, por exemplo. Com esta abordagem pode-se, por exemplo, reduzir a dificuldade do jogo quando o usuário demonstra-se estressado ou triste, como também aumentar o grau de dificuldade caso o mesmo demonstre felicidade por um certo período.

Entre as pesquisas encontradas e analisadas, 40% (14 trabalhos) realizou alguma adaptação no nível de dificuldade após a análise do estado emocional do usuário. Em (SILVA et al., 2006; LIU et al., 2009; YANNAKAKIS, 2009; NASOZ; LISETTI; VASILAKOS, 2010; SZEGLETES; FORSTNER, 2013; NOGUEIRA et al., 2014; NOVAK; NAGLE; RIENER, 2014; VERHULST; YAMAGUCHI; RICHARD, 2015; KARYOTIS et al., 2015) foram consideradas adaptações relativas somente ao nível de dificuldade da aplicação, como a alteração de regras e do roteiro da aplicação quando se tratava de jogo. Já em (PARNANDI; SON; GUTIERREZ-OSUNA, 2013; SOURINA; LIU, 2013; HARRIS et al., 2014; LI; ELMAGHRABY; SOKHADZE, 2015; NOGUEIRA et al., 2015; BONTCHEV; VASSILEVA, 2016), além do nível de dificuldade, outras abordagens foram empregadas, como adaptação de interface gráfica e dos elementos sonoros da aplicação.

Em (YANNAKAKIS, 2009), a alteração no nível de dificuldade do jogo considerou elementos como a velocidade de realização da atividade, enquanto (NOGUEIRA et al., 2014) utilizou-se de inúmeros elementos, como a orientação, velocidade e sanidade do *avatar*, além da geração de elementos gráficos que compõem o cenário do jogo.

3.4.3 Adaptações sonoras

Outra possibilidade considerada nos trabalhos analisados nesta revisão foi a alteração da música de fundo ou de efeitos sonoros que compõem a aplicação adaptativa. Identificada apenas em 9% (3 trabalhos) dos estudos, a alteração sonora foi o foco em (SCHROEDER; KROIß; MAIR, 2012), sendo utilizada em conjunto com outras técnicas e abordagens em (HARRIS et al., 2014; NOGUEIRA et al., 2015).

Em (SCHROEDER; KROIß; MAIR, 2012), os autores exemplificam a aplicação de um *framework* com a criação de um *player* afetivo para reprodução de música. No entanto, não são apresentados resultados de experimentos. Já em (HARRIS et al., 2014), o ritmo da música foi incrementado quando o usuário encontrava-se em estado de meditação, porém também não são apresentados dados de testes com usuários.

3.5 Modelos de implementação de adaptação afetiva

Nos artigos incluídos nesta revisão, há vários tipos de intervenção utilizada para efetuar a adaptação nas aplicações. O tipo de intervenção está diretamente relacionado com a arquitetura utilizada pelos desenvolvedores da aplicação que possui adaptação afetiva. Para esta revisão, as arquiteturas de adaptação foram categorizadas em: intrusivas, semi-intrusivas e não intrusivas. A Figura 10 ilustra a arquitetura desses três modelos, que são detalhados a seguir.

3.5.1 Adaptação Intrusiva

A adaptação intrusiva ocorre quando o código da própria aplicação inclui módulos de reconhecimento de emoções e de tomada de decisão para que haja uma reação à emoção do usuário, isto é, a adaptação é programada no próprio código-fonte do software.

Apesar de ser o tipo de intervenção mais comum encontrado na literatura, a adaptação intrusiva tende a apresentar o maior custo de desenvolvimento, pois o desenvolvedor da aplicação deve se preocupar com os métodos de reconhecimento de emoções e, ainda, com a tomada de decisão após cada emoção reconhecida. Ainda, no desenvolvimento de uma outra aplicação, a portabilidade dos métodos implementados tende a ser reduzida, sendo necessária uma significativa reescrita de código-fonte, pois há um alto acoplamento entre os módulos do sistema.

Figura 10 – Arquiteturas de adaptação de aplicações computacionais com modelos intrusivas, semi-intrusiva e não intrusiva.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Entre os artigos analisados nesta revisão, a adaptação intrusiva apresentou maior presença, sendo identificada em 34 dos 36 trabalhos analisados.

3.5.2 Adaptação semi-intrusiva

Foram classificados como portadores de adaptação semi-intrusiva os trabalhos em que o software dotado de adaptação afetiva não continha em sua implementação módulos para reconhecimento do estado emocional ou de tomada de decisão. Nesta categoria, outra aplicação fica responsável por coletar informações do usuário e aferir o estado emocional do mesmo, podendo ainda uma outra aplicação definir qual ação deverá ser executada.

Esta classificação também considera que há modificações no código-fonte do software, porém estas são mínimas, tais como a importação de uma biblioteca responsável pelo reconhecimento da emoção e/ou adaptações previstas.

Dentre os trabalhos analisados na revisão, apenas (SHAHID et al., 2009) e (NOGUEIRA et al., 2014) tiveram o desenvolvimento do software adaptativo considerado como semi-intrusivo.

3.5.3 Adaptação não-intrusiva

De modo similar à semi-intrusiva, na intervenção não-intrusiva o reconhecimento do estado emocional também é realizado por outra aplicação, com a diferença de que a tomada de decisão deverá acontecer obrigatoriamente fora da aplicação dotada de adaptação afetiva já que, na semi-intrusiva, apenas o reconhecimento de emoções ocorre externamente. Nesta categoria, não há uma comunicação intermediária entre as aplicações, devendo a intervenção ser realizada de forma externa à aplicação utilizando-se, por exemplo, Programação Orientada a Aspectos (POA). Esta é a forma mais desejada de implementação, visto que permite reaproveitamento de código e, se disponibilizada corretamente, pode dispensar a presença de programadores para alteração no código. Porém, para que seja implementada, em geral seu escopo é limitado dentro de uma categoria de aplicações, pois são ainda grandes os desafios para se implementar adaptações totalmente genéricas.

Dentre os trabalhos analisados nesta revisão, não foram encontradas pesquisas que descrevam abordagens não-intrusivas. O trabalho mais próximo nesse sentido utilizou uma aplicação de terceiros para aferir o estado emocional do usuário com expressões faciais, caracterizando-se como pesquisa semi-intrusiva (SHAHID et al., 2009). A ausência de trabalhos que realizam

adaptação com intervenção não-intrusiva pode indicar a alta complexidade de ações nesse sentido, incluindo muitas limitações que podem ser impostas às ações de adaptação. Portanto, a investigação de intervenções semi-intrusivas pode apresentar-se como alternativa viável neste contexto.

3.6 *Limitações e desafios*

Apesar do crescimento observado das pesquisas na área de adaptação de aplicações a partir do reconhecimento de emoções, o campo é vasto e há, ainda, vários pontos em aberto que merecem aprofundamento. Os desafios e limitações apresentados a seguir são divididos em tópicos, de acordo com os assuntos já apresentados anteriormente.

3.6.1 Reconhecimento de emoções

Precisão

No que diz respeito ao reconhecimento de emoções, grande parte das pesquisas analisadas (19 trabalhos ou 54%) utilizou técnicas baseadas em entradas não-visíveis para coletar informações do usuário. Tal escolha justifica-se pelo fato de que tais técnicas, que consideram sinais fisiológicos, tendem a apresentar maior acurácia no reconhecimento do estado emocional do usuário, em contraponto às técnicas baseadas em entradas visíveis.

Este fato indica que a acurácia das técnicas de reconhecimento de emoção baseadas em entradas visíveis pode ser aprimorada em novos estudos, especialmente buscando-se uma maior precisão dos algoritmos de classificação. A análise de emoções por meio de expressões faciais, por exemplo, pode ter sua precisão alterada em função da iluminação do ambiente, da distância entre o usuário e a câmera e das características étnicas do indivíduo, entre outras. Verifica-se que a maior parte das bibliotecas disponíveis para reconhecimento de expressões faciais não são adaptáveis a tais aspectos. Portanto, estes e outros fatores deveriam ser considerados nos algoritmos, constituindo importantes pontos de pesquisa. Adicionalmente, é importante destacar que, embora possam apresentar uma maior precisão, as técnicas baseadas em entradas não visíveis também estão sujeitas a falhas, como é caso da análise da atividade eletrodermal, em que o suor pode prejudicar a fixação do sensor e a consequente captura dos dados.

Em ambos os casos, uma possibilidade a ser considerada e que foi bastante explorada pelos artigos para reduzir a probabilidade de erros no reconhecimento da emoção consiste na utilização conjunta de mais de uma técnica de reconhecimento. Nesse sentido, cinco trabalhos exploraram o reconhecimento de emoções utilizando-se tanto de técnicas baseadas em entradas visíveis quanto baseadas em entradas não visíveis. Quando se analisa também a utilização de um conjunto de técnicas da mesma classificação, são identificados 18 trabalhos utilizando-se tal abordagem. Dentre os trabalhos que utilizaram técnicas com entradas não visíveis, por exemplo, boa parte considerou mais de um tipo de sinal para aferir emoções.

Este fato indica que a precisão no reconhecimento do estado emocional é uma das principais preocupações dos trabalhos analisados, independentemente do tipo de técnica que será utilizada. Pode-se concluir, portanto, que a precisão do reconhecimento de uma emoção pode ser maior quando se utiliza mais de uma técnica de reconhecimento de emoção, especialmente comparando-se a aferição de cada uma delas e verificando-se se apresentam resultados similares ou próximos.

Elementos críticos das técnicas

Enquanto as técnicas baseadas em entradas visíveis apresentam como desvantagem uma maior possibilidade de erros na aferição do estado emocional do usuário, a principal desvantagem da utilização de sinais fisiológicos apontada pelos trabalhos consiste justamente no acoplamento de sensores no corpo do usuário, o que tende a ocasionar incômodo, especialmente em aplicações que demandam grande tempo de utilização.

Nesse sentido, no desenvolvimento de novas investigações, a escolha por técnicas baseadas em entradas visíveis ou não visíveis para o reconhecimento do estado emocional deve ser influenciada pelo caráter da aplicação. Em casos nos quais o desconforto do usuário deve ser minimizado, a utilização destas técnicas pode não ser recomendada, mesmo podendo apresentar maior acurácia. Em um exemplo prático, um software com adaptação afetiva voltado a crianças deve priorizar a utilização de técnicas baseadas em entradas visíveis não intrusivas, por permitir a liberdade de movimento dos usuários, enquanto durante um exame médico, por exemplo, a inserção de sensores para captura de sinais fisiológicos pode ser a forma mais adequada de se obter informações precisas a respeito do estado emocional do usuário.

Por esta razão, a escolha da técnica de reconhecimento do estado emocional nos trabalhos analisados considerou, de um modo geral, a finalidade da aplicação a ser desenvolvida. Em (SHAHID et al., 2009), por exemplo, em que o objetivo era desenvolver uma aplicação que simulasse um espelho virtual, a escolha por técnicas baseadas em entradas visíveis, como expressões faciais, foi a escolha dos autores. A utilização exclusiva de análise de eletroencefalograma neste caso, por exemplo, certamente tornaria a aplicação desconfortável, não condizendo com o caráter de um espelho.

Abordagens de implementação

Atualmente, existem bibliotecas que permitem capturar o estado emocional do usuário por uma ou mais técnicas de reconhecimento de emoções. A utilização destas ferramentas tende a facilitar o desenvolvimento de uma aplicação com adaptação afetiva, especialmente nos casos em que se pretende utilizar mais de uma técnica para inferir o estado emocional do usuário, além de reduzir o custo de implementação do sistema, muitas vezes dispensando a necessidade de que o desenvolvedor implemente tais funcionalidades.

A utilização de bibliotecas de reconhecimento de emoções já existentes também tende a dispensar experimentos com o intuito de se calcular a acurácia do reconhecimento, atividade que pode apresentar uma grande complexidade, considerando que variados fatores como idade, sexo e etnia podem influenciar a análise das expressões faciais, por exemplo. No entanto, nem todas as bibliotecas disponíveis tratam adequadamente estes e outros fatores, como mencionado anteriormente.

Um ponto crítico das ferramentas disponibilizadas é a ausência de módulos que permitam a realização de testes com a finalidade de identificar a acurácia com bases de dados diferentes. Portanto, este aspecto também pode ser um tópico importante de exploração em novas pesquisas. Testes desta natureza poderiam indicar aprimoramentos a serem realizados nos algoritmos, visando a adequação automática a situações diferenciadas em relação a ambientes e usuários. Abordagens nesse sentido têm sido amplamente utilizadas em diversos contextos como, por exemplo, a segmentação de imagens (UDUPA et al., 2006).

De um modo geral, espera-se que novas investigações visem o desenvolvimento ou a utilização de sensores mais confortáveis para coleta de dados não-visíveis, que minimizem a irritação e o incômodo no usuário durante a utilização dos mesmos. Em relação às técnicas

baseadas em entradas visíveis, espera-se que os algoritmos sejam cada vez mais aprimorados para permitir uma maior precisão no reconhecimento do estado emocional do usuário, tornando o processo mais confiável e agradável.

3.6.2 Adaptação de aplicações

Embora a utilização de adaptação afetiva possa acarretar um certo desconforto ao usuário quando se faz uso de abordagens intrusivas para reconhecer o estado emocional do mesmo, é certo que esta abordagem de adaptação tem se apresentado como promissora. Durante uma investigação conduzida em (NOVAK; NAGLE; RIENER, 2014), foi realizada uma comparação entre os impactos da adaptação afetiva e a adaptação baseada no desempenho do usuário. Os participantes perceberam que a adaptação afetiva propiciou maiores mudanças no jogo em relação à adaptação baseada na performance e, ainda, a utilização da adaptação afetiva trouxe maior satisfação aos usuários, apresentando-se como uma abordagem fortemente viável.

Em (SHAHID et al., 2009) identificou-se que o uso de adaptação afetiva também foi capaz de induzir emoções positivas nos usuários. Adicionalmente, a pesquisa concluiu que os usuários apresentaram melhor desempenho quando realizaram as atividades acompanhados de algum amigo, o que reforça que a experiência de uso tende a ser maior quando o usuário está acompanhado e indica que a adaptação afetiva pode ocasionar maior impacto nestas condições. Em contrapartida, é informado também em (SHAHID et al., 2009) que boa parte dos usuários que participou dos experimentos alegou que a primeira utilização da aplicação com adaptação afetiva despertou maior interesse do que as demais sessões, o que pode indicar que, neste caso, a manutenção do estado de *flow* não foi um requisito alcançado. Este fato representa uma importante característica a ser observada em trabalhos futuros: quais são os requisitos para que a manutenção do estado de *flow* em jogos com Computação Afetiva ocorra mesmo após inúmeras jogadas?

Com o intuito de se obter tal resposta, os autores de novas investigações podem analisar quais são os tipos de adaptação que podem causar maior engajamento no usuário, especialmente considerando o desafio imbuído no software que terá a adaptação afetiva e o perfil do usuário. Em um jogo de corrida infinita, por exemplo, aumentar ou diminuir a velocidade do veículo e outros componentes relativos ao nível de dificuldade fará o usuário se sentir mais motivado do que alterar a música de fundo? É possível que as respostas a esta questão variem de acordo

com o usuário. Assim, investigar categorias de usuários e suas motivações pode ser um tópico interessante para aprofundamento de pesquisas na área. Adicionalmente, o desinteresse ao longo do tempo de uso de uma aplicação pode estar relacionado à ausência de novidades. Desta forma, há indícios de que a adaptação, mesmo que afetiva, não pode ser repetitiva. Assim, outro tópico de interesse é a verificação de quantos e quais tipos de novidades podem ser adaptadas às aplicações de acordo com os perfis possíveis de usuários.

3.6.3 Experimentos

Uma limitação presente em parte dos trabalhos analisados consiste na ausência de experimentos, que poderiam permitir a identificação de um maior número de falhas nas aplicações computacionais desenvolvidas. Este fato pode indicar que tais trabalhos encontravam-se em estágios iniciais quando foram publicados, porém deixam de fornecer informações importantes não apenas para a melhoria do projeto, mas também para toda a comunidade científica.

A realização de experimentos com usuários deve ser considerada como um fator crucial no desenvolvimento de investigações que visam a adaptação de aplicações computacionais para a manutenção do estado de *flow*, pois o experimento pode apontar falhas no desenvolvimento do software ou na hipótese da pesquisa. Adicionalmente, com a realização de experimentos pode-se observar o comportamento do usuário durante a utilização de aplicações com adaptação afetiva, verificando o seu impacto e a sua aceitabilidade, especialmente no caso de pesquisas que fazem aplicação em outra área do conhecimento.

Adicionalmente, o estabelecimento de métricas experimentais podem auxiliar o desenvolvimento de experimentos relacionados à utilização de CA, indicando aos pesquisadores quais comportamentos e indicadores são esperados durante a utilização de um sistema desta natureza.

3.6.4 Áreas de aplicação dos estudos

Dos artigos que indicaram aplicações em áreas específicas, poucos apontaram o acompanhamento de profissionais especializados da área. Tal fato pode indicar a dificuldade no estabelecimento de parcerias entre os desenvolvedores e os usuários das aplicações, que pode ter motivos variados: desde falha na condução do projeto – que deveria ter um profissional da área de aplicação desde o início – até o desinteresse de especialistas nos problemas abordados pelos

desenvolvedores e a dificuldade de se estabelecer linguagens comuns em trabalhos interdisciplinares. Apesar de tais dificuldades, a parceria de profissionais especializados é extremamente importante para o desenvolvimento de investigações, especialmente em aplicações na área de saúde, em que a ausência de um profissional pode implicar em consequências aos usuários do experimento.

É importante destacar, ainda, que os experimentos com usuários devem ser submetidos à análise do Comitê de Ética em Pesquisa antes de sua execução para evitar imprevistos e erros.

3.6.5 Mensuração dos dados

Percebe-se, pelos trabalhos analisados, que há uma predominância da investigação de adaptação afetiva em jogos computacionais, o que é ilustrado pela Figura 5. A significativa quantidade de trabalhos nesse sentido reforça a importância do caráter motivacional nos jogos. Pode indicar também que exista uma lacuna em relação à adaptação automática de aplicações computacionais que não apresentem caráter de jogo, especialmente utilizando-se de técnicas e abordagens de Computação Afetiva.

Possivelmente, a maior utilização de aplicações com caráter de jogos nas investigações esteja relacionada não apenas com a motivação do usuário, mas também com a forma de se avaliar o impacto que a adaptação propiciou ao estado emocional do indivíduo. Como os jogos fornecem naturalmente informações como pontuação e tempo de jogada, tais informações possam ser aproveitadas para aferir também o engajamento do usuário no jogo, o que foi realizado em diversos trabalhos, em alguns casos em conjunto com questionários.

Seguindo esta lógica, a aplicação dos conceitos em Educação também pode indicar que os índices acadêmicos dos usuários foram considerados na avaliação da eficácia da proposta, ou seja, as pesquisas utilizaram-se de áreas e abordagens que, por si próprias, fornecem naturalmente dados mensuráveis. A Figura 4 ilustra a predominância de aplicações em Educação em *softwares* com contexto de jogos.

Cabe destacar ainda que, dos 26 trabalhos (74%) que apresentam caráter de jogo, apenas sete não realizaram experimentos com usuários, por se encontrarem em estado de desenvolvimento. Esses dados oferecem indícios de que os jogos propiciam maior facilidade e praticidade de se coletar dados do desempenho dos usuários quando comparados a outros tipos de aplicações.

3.6.6 Implementação

Na Seção 3.5 foram apresentadas três categorias que representam a arquitetura de uma aplicação com adaptação afetiva. Apesar de não ser um problema relatado nos artigos, o processo de implementação de uma aplicação com adaptação afetiva aparenta ser relativamente custoso, especialmente quando o desenvolvimento de software de reconhecimento de expressões faciais e a consequente análise destes dados integra o software a ser desenvolvido (abordagem Intrusiva).

Como já foi citado anteriormente, grande parte dos trabalhos implementa a adaptação afetiva por meio da abordagem Intrusiva. Esta abordagem é caracterizada pelo alto acoplamento entre os componentes do sistema, o que dificulta a portabilidade do software. Em contraponto, algumas pesquisas utilizaram softwares de terceiros para inferir o estado emocional do usuário, o que tende a reduzir o custo de implementação.

Mesmo apresentando a desvantagem de depender de códigos ou bibliotecas desenvolvidas e disponibilizadas por terceiros, a abordagem semi-intrusiva tende a apresentar um custo de implementação menor, fazendo com que os programadores preocupem-se com a tomada de decisão e a adaptação da aplicação em si, tendo reduzido o tempo destinado ao processo de reconhecimento de emoções.

3.6.7 Oportunidades

Embora as adaptações possíveis a serem realizadas em uma aplicação estejam diretamente relacionadas ao seu caráter e suas funcionalidades, é interessante investigar o impacto de cada elemento alvo de adaptação na motivação do usuário, como interface gráfica e aspectos sonoros. Outras áreas do conhecimento, como a Psicologia, poderão contribuir para um maior conhecimento a respeito dos impactos causados por cada tipo de adaptação, permitindo então uma melhor escolha das adaptações que serão disponibilizadas em cada aplicação e dos reflexos que tais adaptações poderão ocasionar no comportamento e no desempenho dos usuários.

A utilização de técnicas de aprendizado de máquina poderia contribuir fortemente para que os sistemas computacionais adaptativos identificassem por si próprios outras características relativas aos usuários e propusessem, então, adaptações condizentes com o perfil identificado. Uma outra possibilidade relacionada à adaptação consiste na consideração de informações a respeito dos usuários que estão disponíveis em redes sociais. Considerando-se informações, por

exemplo, a respeito das músicas mais ouvidas pelo usuário, seria possível inferir suas preferências musicais e, no momento da adaptação afetiva, sugerir uma intervenção musical com um tipo de música que esteja entre as preferidas do usuário.

3.7 Considerações finais do capítulo

Considerando a importância que a adaptação automática de aplicações apresenta dentro da área de IHC, este capítulo apresentou uma revisão sistemática de literatura a respeito da utilização de técnicas de CA no processo de adaptação automática de aplicações computacionais com base no estado emocional do usuário.

A análise dos artigos incluídos permite concluir que a abordagem de reconhecimento de emoções mais utilizada consiste em dados obtidos por sinais fisiológicos. Tal fato pode ser explicado pela maior acurácia oferecida por esta abordagem em relação às demais. No que diz respeito à adaptação das aplicações, grande parte das pesquisas promoveu adaptações na interface gráfica do software. Mesmo nos casos em que tais aplicações eram jogos, houve a predominância da adaptação de elementos gráficos em detrimento da adaptação do nível de dificuldade.

É possível concluir ainda que a utilização de técnicas de CA para a adaptação de aplicações computacionais é um campo promissor, tendo sido foco de uma significativa e crescente quantidade de pesquisas desenvolvidas nos últimos anos. Novas abordagens, tanto no reconhecimento de emoções quanto na adaptação devem ser investigadas em trabalhos futuros. Este tema, portanto, possui ainda muitos tópicos em aberto, os quais geram ricas oportunidades de pesquisa.

4 Metodologia

Neste capítulo são descritos os procedimentos e etapas inerentes ao desenvolvimento desta pesquisa. A Seção 4.1 apresenta os procedimentos iniciais realizados como preparação da pesquisa, incluindo a revisão sistemática de literatura. A Seção 4.2 discorre a respeito do desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação motora elaborados no decorrer da pesquisa, sendo a definição da proposta introduzida na Seção 4.3. A avaliação experimental é introduzida na Seção 4.4 e as considerações finais do capítulo são apresentadas na Seção 4.5. A Figura 11 ilustra o processo conduzido para atingir os objetivos do presente trabalho.

Figura 11 – Ilustração das atividades realizadas nas etapas da pesquisa.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2016

4.1 Procedimentos iniciais

Inicialmente, com o intuito de obter informações a respeito do estado da arte, como também de mapear as técnicas de reconhecimento de emoções e as abordagens para a adaptação de aplicações computacionais, foi realizada uma revisão sistemática de literatura, apresentada no Capítulo 3. A revisão permitiu identificar as técnicas de reconhecimento de emoções, os elementos adaptados nas aplicações computacionais, além de limitações existentes no contexto de Computação Afetiva, consequentemente propiciando a definição do escopo desta pesquisa.

Paralelamente, considerando que esta pesquisa propõe a adaptação afetiva de jogos sérios, foi realizada uma adaptação em um jogo para reabilitação motora desenvolvido anteriormente com o intuito de verificar a viabilidade da proposta. Tendo em vista que o jogo, ilustrado pela Figura 12, utiliza o sensor de movimentos *Kinect*, o mesmo dispositivo foi utilizado para capturar a imagem do usuário e analisar as expressões faciais por meio do modelo FACS (*Facial Action Coding System*) (EKMAN; FRIESEN, 1978).

Figura 12 – Interface gráfica do protótipo inicial.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2015

Nesta etapa inicial, considerou-se que, quando o usuário apresentasse expressão facial de tristeza por cerca de 2 segundos, a música do jogo seria alterada. A escolha do tempo de duração da expressão facial aconteceu empiricamente, visando comprovar a viabilidade da implementação. Embora os parâmetros utilizados para configuração da adaptação afetiva do jogo tenham sido definidos empiricamente, foi possível verificar que a adaptação com base no estado emocional do usuário apresentava viabilidade.

4.2 Desenvolvimento de jogos

Após a verificação da viabilidade da proposta, deu-se início ao desenvolvimento dos jogos que receberam a adaptação afetiva. No decorrer da pesquisa, foram desenvolvidos dois jogos para reabilitação motora.

4.2.1 Jogo “*MoverOffice*”

Com o apoio de profissionais especialistas em reabilitação motora e em reabilitação virtual da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), foi desenvolvido um jogo para facilitar o processo de reabilitação motora de membros superiores, denominado *MoVEROffice*, cuja interface está ilustrada na Figura 13. Este jogo tem como objetivo reproduzir situações do mundo real e foi desenvolvido como preparação para a parte prática do projeto, com o intuito de verificar a viabilidade de se utilizar esta aplicação com pacientes durante os experimentos finais. A interação do usuário com o jogo se dá por meio de Interação Natural, com a utilização do sensor *Kinect* (MICROSOFT, 2016) para capturar os movimentos do usuário.

Figura 13 – Interface gráfica do jogo *MoVEROffice*.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2016

Nesta aplicação, o exercício de reabilitação proposto consiste na organização de uma mesa de trabalho. O cenário inicial apresenta um livro, teclado e *mouse* dispostos fora do posicionamento correto sobre uma mesa, além de um monitor de vídeo e três áreas destacadas (com marcas em um tom mais escuro, que lembram sombras), as quais indicam a posição correta dos objetos. A execução de uma tarefa dessa natureza tende a contribuir com o reaprendizado de algumas atividades úteis no dia a dia dos indivíduos, já que alguns pacientes podem apresentar dificuldades em realizá-las após alguma ocorrência que resulte em necessidade de reabilitação dos membros superiores. Dessa forma, trabalha-se não apenas a reabilitação dos membros superiores, mas também a transferência de habilidades do ambiente virtual para o real.

Para avaliar a aplicação desenvolvida, um experimento foi definido em um ambiente controlado. Dois fisioterapeutas e dois especialistas em computação que possuem familiaridade com a utilização de técnicas computacionais no processo de reabilitação motora estiveram presentes e auxiliaram os usuários no desenvolvimento das atividades. Testes realizados com pacientes mostraram que o jogo desenvolvido estava apto a ser utilizado como estudo de caso nos experimentos. Em (ARANHA et al., 2016) é descrito o processo de desenvolvimento e a discussão dos resultados obtidos com o experimento conduzido.

4.2.2 Jogo “Ajude o Gui”

Tendo como base o projeto do jogo *MoVEROffice*, um novo jogo foi desenvolvido, também considerando atividades que pudessem ser reproduzidas no ambiente real. Assim como no jogo *MoVEROffice*, a interação do usuário com o jogo ocorre com a utilização do sensor de movimentos *Kinect*. Tanto as atividades quanto as características do jogo foram definidas pelos fisioterapeutas parceiros, tendo em vista a necessidade específica de um grupo de pacientes. A interface gráfica do jogo é composta por uma mesa que apresenta diferentes objetos sobrepostos, dependendo da atividade a ser realizada. Ao fundo, um humanoide 3D aparece constantemente fazendo gestos motivacionais, com o intuito de engajar o paciente, proporcionando uma sensação de apoio. Foram disponibilizados dois humanoides, sendo um do sexo masculino e outro do sexo feminino. O humanoide a ser exibido pode ser trocado pelo fisioterapeuta antes do início de cada atividade.

Antes de iniciar uma partida, o paciente deverá aguardar a autorização do fisioterapeuta. Uma plataforma é exibida no jogo, acima da mesa, na cor vermelha. Tão logo o fisioterapeuta autorize a jogada, acionando a barra de espaço do teclado, o tempo passa a ser contabilizado e o paciente deverá cumprir o exercício para finalizar a partida. Considerando os critérios definidos pelos especialistas, o jogo foi programado para que o paciente repita as jogadas de uma mesma atividade por um determinado período de tempo. Assim que o paciente finaliza a atividade, é exibida uma cena em que os dois humanoides aparecem juntos dançando ao som de uma música, o que pode auxiliar no engajamento dos usuários.

Considerando os requisitos dos fisioterapeutas, foram implementadas as seguintes atividades:

a) Atividades “Caixa (ida)” e “Caixa (volta)”

Figura 14 – Interface gráfica da atividade de movimentação de cubos.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Nesta atividade, o objetivo é fazer com que o paciente posicione dez cubos dispostos em fileiras sobre uma caixa. O paciente deverá sobrepor a mão virtual em cada cubo e então movê-lo até a caixa. A atividade será dada como concluída quando os dez cubos estiverem sobre a caixa. Em seguida, os dez cubos deverão ser posicionados novamente sobre a mesa, como ilustra a Figura 14. Para tanto, o paciente deverá posicionar a mão virtual em cada cubo - agora presente sobre a caixa - e então arrastá-lo até a área destacada na mesa. A atividade será dada como concluída quando os dez cubos estiverem posicionados na área destacada.

São armazenados no banco de dados: o tempo gasto para a realização de cada sub-atividade (posicionamento na caixa e posicionamento na mesa), o tempo em que houve a seleção de cada cubo e o tempo em que houve o posicionamento de cada cubo no local de destino. Nos dois últimos casos, o tempo a ser registrado será o cronometrado a partir da liberação da jogada pelo fisioterapeuta.

b) Atividade “Palito”

De modo bastante similar à atividade dos cubos, neste exercício existem cinco cilindros, representando palitos, que deverão ser selecionados e posicionados em um recipiente. Após a liberação da jogada pelo fisioterapeuta, o paciente deverá posicionar a mão virtual em cada um

Figura 15 – Interface gráfica da atividade de movimentação de palitos.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

desses cilindros e então movimentá-los até o recipiente. A atividade será dada como concluída quando todos os cilindros estiverem no recipiente. A Figura 15 apresenta a interface desta atividade.

São gravados no banco de dados: o tempo gasto para a realização da atividade, o tempo em que houve a seleção de cada tubo e o tempo em que houve o posicionamento de cada tubo (nestes casos, o tempo será o cronometrado a partir da liberação da jogada pelo fisioterapeuta).

c) Atividade “Limpar”

O objetivo desta atividade é representar em um ambiente virtual o processo de limpeza de uma mesa. Para simular a sujeira no ambiente virtual, foram inseridos diversos elementos tridimensionais na superfície de mesa, impedindo a visualização da superfície original. O processo se repetirá até que se complete o tempo de dez minutos.

Para cumprir esta atividade, o paciente deverá passar a mão virtual simulando gestos de limpeza com o intuito de remover os objetos que obstruem a mesa. Os objetos são excluídos automaticamente assim que “tocados” pela mão, possibilitando que a área correspondente da superfície da mesa seja visível.

A atividade é considerada encerrada quando todos os elementos que representam a sujeira da mesa forem excluídos. Será gravado no banco de dados o tempo que o usuário utilizou para limpar a toda a mesa.

Figura 16 – Interface gráfica da atividade de limpeza da mesa.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

d) Atividade “Feijão”

Figura 17 – Interface gráfica da atividade de movimentação de grãos de feijão.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Esta atividade tem como objetivo simular a seleção, com uma colher, de grãos de feijão e a consequente alocação destes em um outro recipiente. Para cumprir esta atividade, o paciente deve passar a mão virtual pela colher para selecioná-la. Em seguida, posicionar a colher sobre os grãos de feijão que estão no prato e então levá-los até o recipiente. A atividade será considerada encerrada quando os feijões forem posicionados no recipiente. O processo se repetirá até que se complete o tempo de 10 minutos.

É gravado no banco de dados o tempo gasto pelo usuário para cumprir a atividade, como também o tempo cronometrado em segundos (a partir da autorização do fisioterapeuta) em que ocorreu a seleção da colher e a seleção dos grãos de feijão no prato.

4.3 Definição do *framework*

Paralelamente ao desenvolvimento dos jogos, foi definida a abordagem para possibilitar a execução dos jogos implementados usando conceitos de Computação Afetiva. A abordagem deu origem a um *framework* denominado *EasyAffecta*.

Várias possibilidades de intervenção foram consideradas, desde a utilização de um *proxy* de comunicação até a utilização de Programação Orientada a Aspectos (POA). Após a análise das vantagens e desvantagens de cada possibilidade, definiu-se a concepção de um *framework* que facilitasse o desenvolvimento de jogos com adaptação afetiva, permitindo ainda que os profissionais de fisioterapia pudessem ajustar as adaptações conforme as necessidades dos pacientes. Para que o *framework* pudesse ser facilmente utilizado em diversos projetos, definiu-se que o processamento das informações deveria acontecer externamente ao jogo, reduzindo ao mínimo o impacto e o custo de acoplamento do *framework* no projeto.

Após um aprofundamento na literatura e nas possíveis tecnologias para implementação, concluiu-se que a abordagem mais viável para se acoplar o *framework* no projeto consistia no desenvolvimento de um pacote que realizasse a comunicação com os módulos externos do *framework*, tornando mínima a intrusão no projeto e permitindo uma alta variabilidade de adaptações possíveis. Também foi definido que os jogos a serem considerados na adaptação afetiva proporcionada pelo *framework* seriam desenvolvidos com a *engine Unity* (UNITY-3D, 2016a). Os módulos que compõem o *framework*, seus relacionamentos e funcionamento são relatados no Capítulo 5.

4.4 Avaliação do *framework*

Após a implementação do sistema, avaliações experimentais são necessárias para que variáveis decorrentes da utilização do sistema sejam conhecidas. Foram definidos três tipos de usuários para o *framework EasyAffecta*: programador, fisioterapeuta e paciente.

Cada um desses usuários tem um envolvimento específico com o sistema. Enquanto o envolvimento do programador é mais técnico, acoplando o *framework* no projeto, o fisioterapeuta tem o papel de tomada de decisão, efetuando as configurações de adaptação para o jogo. Por sua vez, o paciente utiliza o jogo adaptativo, ou seja, o resultado da utilização do *framework*. Por esta razão, definiu-se seriam realizados três experimentos com o intuito de verificar a experiência de uso pelos três diferentes usuários do sistema, conforme apresentado a seguir. Os resultados e discussões acerca dos experimentos conduzidos são apresentados no Capítulo 6.

4.4.1 Experimento com programadores

Uma das principais contribuições que o *EasyAffecta* pode proporcionar para a área de Computação está justamente na redução do custo de implementação de jogos com adaptação afetiva. Neste contexto, o programador - ou desenvolvedor de jogos - apresenta-se como o principal beneficiário direto da utilização do *framework*, podendo inclusive realizar adaptações e implementações que maximizem os benefícios e possibilidades decorrentes da utilização.

Para que o objetivo do experimento fosse alcançado, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

- **QP1:** Quais as dificuldades e facilidades encontradas pelos programadores quando estes utilizam o *EasyAffecta* para incluir a adaptação afetiva nos jogos?
- **QP2:** Os programadores se consideram capazes de implementar a adaptação afetiva em jogos? O *EasyAffecta* pode promover alterações nesta auto-percepção de habilidade?
- **QP3:** Os programadores consideram que o sistema é útil?
- **QP4:** Os programadores consideram que o sistema apresenta facilidade de uso?
- **QP5:** Os programadores apresentam o desejo de usar o sistema em projetos futuros?

Para responder à questão QP1, foram utilizados documentos em que os voluntários puderam descrever livremente a respeito de sua experiência de uso do sistema. Os documentos foram analisados conforme critérios da Teoria Fundamentada nos Dados, apresentada na Seção 2.5. Com o intuito de responder à questão QP2, foi elaborado um questionário de autoeficácia, aplicado em três interações: i) no início do experimento; ii) após o treinamento e antes da execução das atividades; e iii) ao final do experimento. O apêndice E contém as afirmações do formulário de autoeficácia dos programadores. Para responder às questões QP3, QP4 e QP5 foi criado um formulário baseado no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) (LEGRIS;

INGHAM; COLLERETTE, 2003). O apêndice F apresenta as afirmações do Formulário de Aceitação de Tecnologia pelos Programadores. Todos os questionários (autoeficácia e TAM) foram respondidos com escala de Likert com valores entre 1 (Discordo totalmente) e 6 (Concordo totalmente). O termo de consentimento livre e esclarecido consta no Anexo C.

Perfil dos participantes

Foram convidados para participar do experimento alunos de graduação, pós-graduação e egressos de cursos relacionados à área de Ciência da Computação na Universidade de São Paulo (USP), na Universidade Federal de Goiás (UFG) e na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Foram convidados cerca de 30 indivíduos, sendo que o experimento foi concluído por 10 (dez) deles.

Dos voluntários, cinco declararam ter cinco anos ou mais de experiência com programação, quatro declararam ter de dois a quatro anos de experiência com programação e um declarou ter apenas de um a dois anos de experiência. Em relação à utilização prévia de *Unity*, quatro voluntários não tinham experiência e seis já tinham utilizado a *engine*. Dentre os seis, três classificaram sua experiência como nível 3, enquanto os demais a classificaram como avançada (níveis 5 e 6).

Quanto às habilidades como desenvolvedor de jogos, quatro voluntários declararam ter experiência maior que o índice 3 da escala de Likert. Em relação à experiência como jogadores, apenas um voluntário declarou ter experiência inferior ao mesmo índice. No que diz respeito à formação acadêmica, quatro voluntários apresentaram doutorado concluído ou em andamento, três apresentam formação concluída ou em andamento em nível de mestrado, enquanto três apresentam formação concluída ou em andamento em nível de graduação. Do total de participantes, apenas dois não tinham conhecimentos anteriores a respeito de Computação Afetiva.

Interações do usuário

Ao concordarem em participar do experimento, os voluntários receberam um *e-mail* contendo login e senha únicos para acessar ao módulo destinado aos programadores, denominado Controlador (Seção 5.2.3), o endereço de um documento compartilhado com os pesquisadores e o endereço de um site que continha as instruções a respeito da realização do experimento.

Inicialmente, o participante foi convidado a preencher o Formulário de Caracterização de Perfil do Programador (Apêndice D), logo em seguida, ao Formulário de Autoeficácia do Programador (Apêndice E).

Em seguida, foi exibido ao voluntário uma série de informações a respeito de Computação Afetiva e do *framework EasyAffecta*, incluindo vídeos explicativos com animações. Após a leitura das informações, o voluntário foi convidado a responder novamente ao Formulário de Autoeficácia do Programador. Iniciou-se, então, a etapa prática do experimento. O voluntário foi solicitado a executar um projeto *Unity* pelo período de cinco minutos. Posteriormente, iniciaram-se os procedimentos de inclusão da adaptação afetiva ao jogo, conforme atividades previstas no Roteiro do Programador (Apêndice C). Após a realização das atividades de programador, o voluntário foi solicitado a executar as atividades do Roteiro do Fisioterapeuta (Apêndice H) no sistema. Enquanto realizava as atividades, o voluntário deveria fazer anotações no arquivo compartilhado com os pesquisadores.

Finalizado o período de comparação, o voluntário respondeu pela terceira vez ao Formulário de Autoeficácia do Programador, encerrando sua participação com o preenchimento do Formulário de Aceitação de Tecnologia.

4.4.2 Experimento com fisioterapeutas

Com o intuito de verificar se a proposta apresentava aceitação e viabilidade de uso por parte dos fisioterapeutas, um experimento foi realizado com profissionais especializados em reabilitação motora. O objetivo foi analisar se tais profissionais conseguiam utilizar o sistema corretamente, se os mesmos entendiam que o sistema poderia contribuir para a melhoria do desempenho dos pacientes e, por fim, se tais profissionais desejariam utilizar este sistema no dia-a-dia.

Para que o objetivo do experimento fosse alcançado, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

- **QF1:** Quais as dificuldades e facilidades encontradas pelos fisioterapeutas e profissionais especialistas em reabilitação quando estes utilizam o *EasyAffecta* para adaptar os jogos?
- **QF2:** Os fisioterapeutas e demais profissionais especialistas em reabilitação se consideram capazes de configurar adaptações automáticas em jogos? O *EasyAffecta* pode promover alterações nesta auto-percepção de habilidade?

- **QF3:** Os fisioterapeutas e especialistas em reabilitação consideram que o sistema é útil?
- **QF4:** Os fisioterapeutas e especialistas em reabilitação consideram que o sistema apresenta facilidade de uso?
- **QF5:** Os fisioterapeutas e especialistas em reabilitação apresentam o desejo de usar o sistema em terapias futuras?

Como no experimento anterior, para responder à primeira pergunta (QF1), foi utilizada uma metodologia baseada na Teoria Fundamentada nos Dados. Os voluntários foram solicitados a escreverem em um documento compartilhado com os pesquisadores a opinião deles a respeito do *framework*, incluindo sugestões, facilidades e dificuldades encontradas durante a execução das atividades. Cada documento foi analisado e os comentários escritos foram categorizados em grupos como “Sugestões de Interface” ou “Sugestão sobre a proposta”. A análise foi encerrada quando não foram identificadas novas categorias a partir dos relatos textuais.

Para responder à segunda questão (QF2), um questionário de autoeficácia (BANDURA, 2006) foi elaborado e preenchido pelos voluntários em duas etapas: antes e após a realização das atividades. O Apêndice J apresenta as questões deste formulário. Um questionário baseado no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) (LEGRIS; INGHAM; COLLERETTE, 2003) foi usado para responder às questões QF3, QF4 e QF5 (Apêndice K). A avaliação experimental foi baseada em (STEINMACHER et al., 2016). Todos os questionários (autoeficácia e TAM) foram respondidos com escala de Likert com valores entre 1 (Discordo totalmente) e 6 (Concordo totalmente). O termo de consentimento livre e esclarecido consta no Anexo C.

Perfil dos participantes

O experimento contou com a participação de seis voluntários - todos eles fisioterapeutas com larga experiência na área de reabilitação. Cinco deles afirmaram ter cinco anos ou mais de experiência com a utilização de jogos sérios no processo de reabilitação motora. Ainda, os voluntários foram questionados a respeito de um conhecimento prévio sobre Computação Afetiva, sendo que quatro voluntários afirmaram ter conhecimento prévio sobre o tema.

Interações do usuário

O experimento foi conduzido individualmente em um ambiente controlado. Os voluntários receberam um termo de consentimento e, em seguida, foram introduzidos a um *website* contendo textos e vídeos que explicam a proposta desta pesquisa. Após a leitura do material, os voluntários foram convidados a responderem ao Formulário de Caracterização de Perfil do Fisioterapeuta e ao Formulário de Autoeficácia do Fisioterapeuta.

Os voluntários foram convidados a jogar por dois minutos o jogo “Esquilo Corredor 3D”, proposto por SILVA (2016) e que consiste na manipulação de um esquilo em um jogo de corrida infinita. Em seguida, os voluntários receberam um roteiro (Apêndice H) com as instruções passo-a-passo para configurar adaptações para o jogo. As atividades envolviam a classificação das emoções como desejáveis ou indesejáveis, o envio de arquivos e a criação dos grupos de perfis de usuários. Assim que cada voluntário concluía as atividades, ele jogava o jogo novamente pelo período de cinco minutos, porém agora com a adaptação configurada durante as atividades.

Após usar o jogo com a adaptação afetiva, os voluntários foram solicitados a responder novamente ao Formulário de Autoeficácia do Fisioterapeuta. Posteriormente, para encerrar o experimento, responderam ao Formulário de Aceitação de Tecnologia pelo Fisioterapeuta.

4.4.3 Experimento com pacientes

Com o intuito de verificar os impactos proporcionados pelo *EasyAffecta* na reabilitação motora de pacientes, um experimento foi realizado em parceria com pesquisadores da UNIFESP na Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de Diadema, na Grande São Paulo. Para a realização do experimento, foram instalados no local dois computadores, duas *webcams* e dois sensores *Kinect One*. Dois fisioterapeutas foram treinados para utilizar o jogo *Ajude o Gui*, apresentado na Seção 4.2, durante as sessões de fisioterapia com um determinado grupo de pacientes. O Anexo A apresenta a aprovação no Comitê de Ética.

Para este experimento, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

- QPA1: A utilização do jogo com as adaptações afetivas proporcionadas pelo *EasyAffecta* propiciou um maior engajamento nos usuários?

Tabela 3 – Descrição dos dados dos pacientes participantes do experimento

Paciente	Idade	Data do AVC	Sequela
Paciente 1	51 anos	12/2014	Lado esquerdo
Paciente 2	78 anos	08/2012	Lado direito
Paciente 3	50 anos	09/2015	Lado direito
Paciente 4	64 anos	12/2014	Lado direito

- QPA2: Nas jogadas em que o paciente utilizou a adaptação afetiva houve uma redução no tempo utilizado para executar as atividades?
- QPA3: Nas jogadas em que o paciente utilizou a adaptação afetiva as emoções identificadas eram mais positivas?

Perfil dos participantes

Foram convidados a participar do experimento pacientes que já estavam sendo tratados pela instituição parceira. Estes pacientes já haviam sido atendidos em uma primeira etapa, que consistia na realização destas mesmas atividades, porém em um ambiente real, sem a utilização de recursos computacionais. A Figura 18 apresenta um paciente durante a sessão de fisioterapia com o jogo desenvolvido durante esta pesquisa e a Tabela 3 apresenta o perfil dos pacientes participantes do experimento.

Interações do usuário

Ao aceitarem participar do experimento, os voluntários declararam concordar com o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo B). Para a condução do experimento, foi definido que cada sessão de fisioterapia do experimento teria a duração de uma hora, sendo este tempo dividido da seguinte forma: durante 40 minutos, os pacientes utilizaram o jogo e nos 20 minutos restantes responderiam a formulários de acompanhamento dos fisioterapeutas. O tempo de utilização do jogo, de 40 minutos, também foi dividido. Em cada sessão, o paciente deveria utilizar cerca de 20 minutos para cada atividade, sendo este tempo também dividido: 10 minutos com adaptação afetiva e 10 minutos sem adaptação afetiva. Com a finalidade de evitar eventual viés, a ordem da abordagem utilizada (com e sem adaptação afetiva) foi alternada para cada jogada.

Figura 18 – Paciente durante sessão de fisioterapia com adaptação afetiva.

Fonte: Willian Severino da Silva, 2017

O jogo foi programado para que, após o tempo decorrido de 10 minutos em cada atividade, o fisioterapeuta fosse lembrado a alternar a modalidade do jogo - de adaptativa para sem adaptação e vice-versa. Coube também ao fisioterapeuta a escolha do grupo de perfil de usuário e das configurações das adaptações aplicadas ao jogo.

É importante ressaltar, por fim, que para cada jogada, que consiste em uma execução da atividade, foram coletados o tempo despendido para a finalização da jogada, a média do nível de engajamento e a média do nível de valência, que são apresentados na Seção 5.2.2.

4.4.4 Discussão dos dados

Conforme explicitado anteriormente, diferentes estratégias foram utilizadas nos experimentos para responder às questões de pesquisa. Para os programadores e fisioterapeutas, foram definidos formulários de autoeficácia, respondidos mais de uma vez pelos voluntários em algumas etapas específicas do experimento. A aplicação deste tipo de formulário permite identificar se a percepção de autoeficácia do voluntário foi alterada durante e após a realização do experimento. De modo complementar, foram desenvolvidos formulários para verificar a aceitação da tecnologia proposta, com variações nas questões para os fisioterapeutas e para os programadores. A análise

destes formulários permite identificar se os voluntários identificam a utilidade do *framework* e apresentam o desejo de usá-lo no futuro. Já os diários baseados na Teoria Fundamentada nos Dados permitem analisar a experiência de utilização do *framework* pelos voluntários.

Em relação aos pacientes, diferentemente dos fisioterapeutas e programadores, não foram aplicados formulários para investigar os impactos da utilização da adaptação afetiva nos jogos. Os dados coletados consistem no tempo utilizado para a realização da atividade e índices relacionados ao estado emocional, que serão apresentados no próximo Capítulo.

Análises dos comentários dos diários preenchidos foram conduzidas para identificar a experiência e as dificuldades de uso do *framework* pelos programadores e fisioterapeutas. Gráficos e tabelas foram construídos para sumarizar os demais dados quantitativos. Os resultados e as discussões decorrentes dos experimentos serão apresentados no Capítulo 6.

4.5 Considerações finais do capítulo

Este capítulo apresentou as atividades realizadas durante o desenvolvimento desta pesquisa, como a criação de jogos sérios para reabilitação motora, a condução de uma revisão sistemática (apresentada no Capítulo 3), que permitiu um maior conhecimento a respeito de Computação Afetiva e apontou limitações e desafios que permitiram a definição do proposta.

No próximo capítulo, o *framework* proposto e seus componentes serão apresentados, como também informações relativas ao desenvolvimento para prova de conceitos. Os resultados experimentais são apresentados e discutidos no Capítulo 6.

5 Framework EasyAffecta

Com o intuito de facilitar o desenvolvimento de aplicações - especialmente jogos - com adaptação afetiva, durante esta pesquisa foi desenvolvido o *framework EasyAffecta*. Este *framework* reduz significativamente para o programador o custo de implementação da adaptação afetiva e habilita profissionais de saúde, especialmente fisioterapeutas, a escolherem quais adaptações deverão ser realizadas no jogo. Este capítulo apresenta uma visão geral do *framework* proposto, como também detalha a implementação realizada. Na Seção 5.1 o *framework* e seus componentes são descritos conceitualmente, enquanto detalhes de implementação são discutidos na Seção 5.2. As considerações finais do capítulo são apresentadas na Seção 5.3.

5.1 Definição do framework

A abordagem proposta para contribuir com a inclusão de adaptação afetiva em jogos de reabilitação considera três tipos de usuários: o programador, o fisioterapeuta e o paciente. Os três tipos de usuários são beneficiados com a utilização do sistema, pois o programador pode incluir a funcionalidade de adaptação afetiva em seu jogo sem grande esforço de programação, o fisioterapeuta terá o controle das alterações que serão promovidas, enquanto o paciente poderá utilizar um jogo que se adapta ao seu estado emocional e ao seu perfil, atendendo aos critérios de identidade e customização, desejáveis na elaboração de um jogo sério, conforme apresentado na Seção 2.1.

Para tornar essas funcionalidades possíveis, o *EasyAffecta* consiste em um conjunto de três módulos interligados: (a) módulo de **Reconhecimento**, que é responsável por capturar sinais de entrada do usuário e inferir o estado emocional do mesmo; (b) módulo **Controlador**, no qual são configuradas as adaptações que serão realizadas na aplicação em resposta à emoção identificada pelo módulo anterior e (c) módulo de **Adaptação**, inserido na aplicação final, que receberá as instruções a serem executadas. A divisão do *framework* em três módulos é interessante por possibilitar o baixo acoplamento com alta coesão entre os componentes do *EasyAffecta*, possibilitando que tanto a técnica de reconhecimento de emoção quanto o jogo com adaptação afetiva sejam substituídos. Assim, é possível empregar diferentes técnicas para o reconhecimento da emoção, assim como aplicar os conceitos em quaisquer jogos desenvolvidos com a tecnologia considerada na implementação.

A Figura 19 apresenta uma visão geral do *framework EasyAffecta*, ilustrando o relacionamento entre os módulos do sistema, as atividades previstas em cada módulo e as atribuições que os usuários programador e fisioterapeuta terão em cada um desses módulos. Cada módulo que compõe o *framework* é descrito a seguir.

Figura 19 – Visão geral do *framework*, composto pelos módulos de Reconhecimento, Controlador e Adaptação. O *framework* tem três tipos de usuário (programador, fisioterapeuta e paciente), tendo cada um deles diferentes interações com o sistema.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

O Módulo de Reconhecimento é responsável por se comunicar com o dispositivo de captura de informações do usuário, analisar as informações obtidas a partir do monitoramento, inferir o estado emocional do usuário e registrar tais informações. A Figura 20 ilustra o funcionamento do Módulo de Reconhecimento com a análise de expressões faciais.

Após a captura e análise de informações do usuário, os dados relativos aos estados emocionais devem ser registrados para posterior tomada de decisão pelo módulo Controlador. Além do registro detalhado das emoções identificadas, o baixo acoplamento deste módulo em relação aos demais possibilita que a técnica de reconhecimento de emoção seja facilmente substituída. Isso ocorre porque o módulo Controlador não faz uma comunicação direta com o módulo Reconhecimento, apenas lê os registros no banco de dados, como será descrito a seguir.

Figura 20 – Representação do funcionamento do Módulo de Reconhecimento.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Na utilização prática, caberá ao fisioterapeuta, no início de cada sessão de fisioterapia, realizar os procedimentos necessários para garantir que a coleta de dados do usuário aconteça, independentemente da técnica. Ao longo da sessão, este profissional deverá verificar se a captura e a análise do estado emocional estão sendo realizadas.

De modo complementar, o módulo Controlador é o responsável por analisar as informações dos estados emocionais coletadas pelo Módulo de Reconhecimento e, ainda, informar ao Módulo de Adaptação a ação que deverá ser executada na aplicação final. A comunicação entre o módulo Controlador e a aplicação final se dá por meio de um *webservice*. Desse modo, considerando as configurações realizadas pelo fisioterapeuta, o módulo Controlador definirá a ação que deverá ser executada segundo o estado emocional identificado, posteriormente a disponibilizando para consulta da aplicação final.

No jogo, o programador deverá **acoplar** um pacote que fará o monitoramento do *webservice*, conforme os parâmetros informados pelo módulo Controlador. Este pacote, chamado de Módulo de Adaptação, possui em sua implementação funções que permitem alterações gerais para um projeto de jogo, como o ajuste de iluminação, a remoção ou alteração da música de fundo, entre outras.

A execução das funções acontecerá exclusivamente quando o *webservice* do módulo Controlador exibir a requisição equivalente a determinadas funções. Essa abordagem é interessante porque torna mínima a preocupação do desenvolvedor da aplicação, que não necessitará realizar alguma implementação específica para tornar seu jogo compatível com adaptação afetiva, bastando apenas inserir a biblioteca no projeto.

5.2 Implementação

Com o intuito de verificar a aplicação dos conceitos embutidos nos módulos apresentados, foi realizada uma implementação do *framework*, considerando-se algumas definições de escopo tecnológico, que serão descritas a seguir.

5.2.1 Definições de tecnologia

Nos estudos de caso desta pesquisa, foram consideradas aptas para adaptação aplicações desenvolvidas na *engine* de jogos *Unity* (UNITY-3D, 2016a), especialmente na linguagem de programação C-Sharp. A escolha por esta ferramenta se deu por sua popularidade, pela característica de exportação multiplataforma e pela existência de uma licença de uso gratuita, o que permite o desenvolvimento de jogos adaptativos com grande alcance, sem implicar em elevados custos financeiros.

Para a implementação dos módulos Reconhecimento e Controlador, foi utilizada a plataforma web com as linguagens de programação PHP e *JavaScript*, além do sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) *MySQL*, com o intuito de torná-los acessíveis por meio de diferentes dispositivos, superando limitações tecnológicas de diferentes plataformas ou sistemas operacionais que pudessem prejudicar o funcionamento conjunto dos sistemas.

5.2.2 Módulo de Reconhecimento

Para prova de conceitos, definiu-se que o reconhecimento do estado emocional do usuário no contexto desta pesquisa se daria por meio de expressões faciais. A escolha da análise de expressões faciais se justifica pelo fato de que a mesma não necessita que um sensor esteja acoplado ao corpo do usuário, característica importante para o tipo de cenário em que os experimentos serão realizados, além do baixo custo de implementação, considerando que muitos *notebooks*, *smartphones* e *tablets* já apresentam *webcam* integrada.

Foi implementado em plataforma web um sistema de reconhecimento de emoções com a utilização do *Software Development Kit* (SDK) *Affective* (AFFECTIVA, 2017b) na linguagem *JavaScript*. O *Affective* é um SDK que permite reconhecer o estado emocional do usuário por meio de um mapeamento da face baseado no modelo FACS (AFFECTIVA, 2017c). A

inferência da emoção se dá por meio da análise de expressões faciais, ilustradas pela Figura 22. Outras ferramentas, como o *CLMTrackr* (MATHIAS, 2017), foram testadas, porém escolheu-se o *Affectiva* considerando-se sua popularidade e precisão. Estudos realizados pela empresa responsável pelo desenvolvimento do software apontam que o *Affectiva* alcança uma acurácia de 90% no reconhecimento de emoções (AFFECTIVA, 2017a). Para garantir tal acurácia, testes foram realizados em uma base composta por 3,2 milhões de vídeos faciais em que indivíduos de 75 países, com diferenças étnicas, de gênero e idade, por exemplo, expressavam emoções faciais espontâneas em diferentes níveis de iluminação (AFFECTIVA, 2017a).

O *SDK Affectiva* reconhece sete emoções (alegria, medo, tristeza, surpresa, desgosto, raiva e desprezo), além do nível de engajamento e da valência, que indica se a emoção atual tende à felicidade ou tristeza. A documentação do *SDK Affectiva* explica que o nível de engajamento é calculado a partir de uma soma ponderada das seguintes expressões faciais: *brow raise*, *brow furrow*, *nose wrinkle*, *lip corner depressor*, *chin raise*, *lip pucker*, *lip press*, *mouth open*, *lip suck*, *smile*, ilustradas pela Figura 22. A valência, por sua vez, é inferida com base na verossimilhança de expressões faciais, sendo positiva para *smile* e *cheek raise* e negativa para *inner brow raise*, *brow furrow*, *nose wrinkle*, *upper lip raise*, *lip corner depressor*, *chin raise*, *lip press*, *lip suck*. Tais indicadores são registrados e armazenados a cada instante no banco de dados. A interface do sistema, apresentada na Figura 21, indica em tempo real os índices inferidos.

Para cada uma das sete emoções, o índice consiste na probabilidade da expressão de cada estado emocional em um intervalo de 0 a 100. O nível de engajamento também é expresso em um intervalo de 0 a 100, em que 100 indica que o usuário está totalmente engajado. O índice da valência, por sua vez, é expresso em um intervalo de -100 a 100, sendo que quanto mais próximo de 100 mais positiva é a emoção e quanto mais próximo de -100 mais negativa é a emoção.

5.2.3 Módulo Controlador

O módulo Controlador é um sistema *web* desenvolvido na linguagem de programação PHP com o apoio do *framework CakePHP* e a utilização do SGDB *MySQL*, no qual foram gravadas as configurações realizadas pelos fisioterapeutas e o cadastro do jogo realizado pelo programador.

O módulo Controlador concentra o principal envolvimento do fisioterapeuta com a adaptação, contendo funções que deverão ser desempenhadas por tal profissional. Para tanto, é

Figura 21 – Captura da tela do módulo de Reconhecimento, que indica o nível de probabilidade, de 0 a 100, de cada emoção, além do índice de engajamento (de 0 a 100) e de valência (em um intervalo de -100 a 100).

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

necessário que o programador **registre no módulo qual é o jogo** que terá a adaptação afetiva. Por padrão, ao cadastrar o jogo, o programador pode classificar as emoções como desejáveis ou indesejáveis até que o fisioterapeuta faça as alterações. A Figura 23 ilustra este processo.

Após o cadastro, são exibidas instruções para que, com base nos parâmetros informados, o módulo de Adaptação seja acoplado ao projeto. A Figura 24 apresenta a tela de instruções, onde o programador pode efetuar o *download* do pacote de importação do *framework* para a *Unity*.

Assim que o jogo for cadastrado pelo programador no módulo Controlador, o fisioterapeuta deverá **classificar as emoções** em desejáveis ou indesejáveis. Esta classificação faz-se necessária pois a característica de uma emoção pode variar de acordo com o roteiro e o objetivo de um jogo. Em um exemplo prático, em um jogo de corrida o sentimento de alegria tende a ser desejável, enquanto em um jogo de terror tal sentimento tende a ser indesejável. A Figura 25 ilustra a interface do módulo, que foi desenvolvido considerando o padrão MVC (*Model*, *View*, *Controller*). Na interface, são apresentados campos de seleção no qual o fisioterapeuta deverá classificar cada uma das sete emoções como desejável ou indesejável.

Figura 22 – Expressões faciais consideradas na inferência do estado emocional.

Fonte: Affectiva, 2017

Após a classificação das emoções, o fisioterapeuta deverá **gerenciar grupos**. Esta funcionalidade do sistema visa a definir perfis de usuários, permitindo ao fisioterapeuta definir uma só configuração para vários usuários diferentes. O fisioterapeuta comunica ao jogo qual será a intervenção automática a ser realizada quando um determinado evento acontecer. Por exemplo:

USP

Renan Vinicius Online

MENU PRINCIPAL

- Jogos
- Grupos
- Arquivos

EasyAffecta - Semi-intrusive application adaptation

Cadastrar jogo

Nome do jogo:

Emoções

Caractize as emoções em desejáveis ou indesejáveis, de acordo com o objetivo do seu jogo

Alegria: Desejável

Tristeza: Desejável

Desgosto: Desejável

Desprezo: Desejável

Medo: Desejável

Surpresa: Desejável

Raiva: Desejável

Salvar

Figura 23 – Interface gráfica do módulo Controlador no tela de cadastro de jogo pelo programador.

Fonte: Affectiva, 2017

USP

Renan Vinicius Online

MENU PRINCIPAL

- Jogos
- Grupos
- Arquivos

Procedimentos para tornar o jogo Roteiro afetivo

- 1 Agora que você já cadastrou o jogo no Controlador, é preciso fazer o acoplamento do módulo de Adaptação no seu projeto Unity.
- 2 Para isso, faça o download do pacote Unity: [Fazer download do pacote Unity](#)
- 3 Na Unity, vá no menu superior em Assets > Import Package > Custom Package e selecione o pacote que você acabou de baixar.
- 4 Após importar o projeto, procure o prefab (objeto) "EasyAffecta" e arraste-o para a cena, fazendo com que ele apareça na listagem de Hierarchy, na lateral esquerda.
- 5 Quando o SIAAReceptor estiver aparecendo na Hierarchy, clique sobre ele e, na lateral direita, em Inspector, no campo "Chave Secreta" informe o seguinte valor numérico: 31
- 6 Por padrão, o módulo de Adaptação vai consultar o Controlador a cada 0.5 segundo. Você pode alterar este intervalo alterando o valor do campo "Intervalo Atualizacao".
- 7 Feito! Clique no botão Play para executar o jogo. Assim que você criar os grupos de perfis de usuário, eles aparecerão automaticamente lá :)

CHAVE SECRETA DESTE JOGO: 31

O que você precisa saber...

O módulo de Adaptação é persistente, então ele continuará sendo executado (mesmo com mudanças de cenas) a partir da cena em que foi inserido. Se você deseja colocá-lo em uma cena específica, desative a opção "Persistente".

EACH USP © 2016. Versão 1.0.

Figura 24 – Interface gráfica do módulo Controlador no tela de instruções para a incorporação do *framework* ao projeto *Unity*.

Fonte: Affectiva, 2017

quando for detectada uma emoção indesejável, pode-se acionar a execução de uma música. Na versão atual, dois tipos de grupos são previstos: motivados por músicas e motivados por imagens. A Figura 26 apresenta esta tela do sistema.

Figura 25 – Interface gráfica do módulo Controlador na tela de classificação das emoções desejáveis e indesejáveis para o jogo pelo fisioterapeuta.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 26 – Interface gráfica do módulo Controlador no tela de cadastro de grupo de perfil de usuário pelo fisioterapeuta.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

O fisioterapeuta pode **enviar arquivos** de músicas e imagens que serão utilizados para adaptar os jogos. Se vários arquivos forem enviados, a música ou imagem será escolhida aleatoriamente pelo *framework* toda vez que a emoção configurada anteriormente for detectada. Após o envio dos arquivos, uma biblioteca é exibida, conforme apresenta a Figura 27.

Figura 27 – Interface gráfica do módulo Controlador na biblioteca de arquivos enviados pelo fisioterapeuta.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

O módulo Controlador disponibiliza um *webservice* ao módulo de Adaptação que, quando consultado, analisa o registro das emoções inferidas pelo módulo de Reconhecimento e as configurações realizadas pelo fisioterapeuta no próprio módulo Controlador para determinar qual ação adaptativa será executada no jogo.

Considerando que o módulo de Reconhecimento registra, aproximadamente, nove registros de emoções por segundo, este volume de informações tornou necessário que, no processo de caracterização das emoções, fossem consideradas as emoções com maior permanência durante um intervalo de tempo. Por padrão, o módulo de Adaptação consulta o módulo Controlador a cada 0,5 segundo e informa como parâmetros o código do jogo e o código do grupo de perfil de usuário. Sempre que é consultado, o *script* do módulo Controlador analisa os registros do módulo de Reconhecimento no banco de dados e, dentre as emoções capturadas, faz um somatório para cada emoção dos últimos cinco registros. A emoção com maior valor no somatório é considerada como a emoção atual. A equação (1) apresenta o cálculo realizado, onde β representa o estado

emocional identificado, n o último registro do banco de dados e k cada uma das sete emoções identificáveis.

$$\beta = \max\left(\sum_{i=n}^{n-5} \text{emoção } k_i, k = 1 \dots 7\right) \quad (1)$$

Uma vez identificada a emoção de maior ocorrência, as configurações realizadas no módulo Controlador pelo fisioterapeuta são analisadas para identificar se tal emoção é desejável ou indesejável (Seção 5.1). O perfil de adaptação também é utilizado para consultar qual tipo de intervenção deverá ser realizada na aplicação. Após a classificação da emoção e a identificação da intervenção, um dos arquivos (de imagem ou música) enviados pelo fisioterapeuta no módulo Controlador será escolhido, conforme as configurações efetuadas, para ser exibido ou executado no jogo.

5.2.4 Módulo de Adaptação

O módulo de Adaptação consiste em um pacote *Unity* que pode ser acoplado em qualquer projeto existente construído utilizando esta biblioteca. O pacote é composto por *scripts*, figuras e um *prefab*, que deve ser inserido na cena principal do jogo. No contexto da *Unity*, *scripts* são códigos-fonte que “podem ser usados para criar efeitos gráficos, controlar o comportamento físico de objetos ou até mesmo implementar um sistema de inteligência artificial personalizado para personagens do jogo” (UNITY-3D, 2016b). Um *prefab* é descrito como “um recurso que permite armazenar um objeto completo com componentes e propriedades”. Neste caso, o *prefab* a ser inserido na cena contém os *scripts* necessários para o correto funcionamento do *framework*, permitindo ainda que o programador realize os ajustes necessários para a realização da adaptação afetiva.

A inserção do *prefab* na cena ocorre de modo muito simples: após efetuar o *download* no módulo Controlador e identificá-lo no computador, o programador deverá ir até o menu “*Assets*”, selecionar a opção “*Import Package*” e, em seguida, “*Custom Package*”. Uma janela será exibida e o programador deverá escolher o arquivo obtido no módulo Controlador. Após a escolha, a *engine Unity* exibirá uma janela para confirmar se o programador deseja importar o pacote com o *prefab* no projeto. A Figura 28 ilustra esta etapa do processo.

Figura 28 – Interface gráfica da *engine Unity* na etapa de importação do pacote.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Após a inserção do pacote com o *prefab* no projeto, na área inferior da *Unity* será exibida a pasta “*EasyAffecta*”, contendo o *prefab*. Agora, o programador precisa apenas arrastá-lo com o *mouse* para a lista de objetos da cena, na área à esquerda da *Unity*. Após a inserção do *prefab* na cena, as propriedades do *prefab* serão exibidas na área à direita, onde o programador deverá informar a chave secreta exibida no cadastro do jogo no módulo Controlador. Em um experimento realizado com programadores, a importação do pacote e a inserção do *prefab* na cena apresentou, em média, tempo bastante inferior a dois minutos. A Figura 29 apresenta a interface após o acoplamento do *prefab* ao projeto. Um vídeo apresentando o processo está disponível em <http://e.usp.br/8qf>.

Quando o módulo de Adaptação é acoplado ao jogo, são exibidos ícones no canto superior direito do jogo indicando o reconhecimento do estado emocional do usuário e a escolha do grupo de perfil de adaptação. A Figura 30 apresenta os ícones exibidos na tela do jogo.

Adicionalmente, também foi considerado que a adaptação será executada em todas as cenas do jogo a partir da cena em que foi inserido ou em apenas uma cena pré-determinada. Para alterar tal propriedade, o programador deve ativar ou desativar a opção “Persistência” no campo ilustrado na Figura 31.

Figura 29 – Interface gráfica da *engine* Unity após o acoplamento do *framework* no projeto.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 30 – Ícones exibidos na tela do jogo quando o módulo de Adaptação é acoplado. À esquerda, é ilustrada a interface quando o módulo de Reconhecimento está em funcionamento, indicando o estado emocional atual. Em contraponto, a situação oposta é ilustrada à direita.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

5.2.5 Limitações tecnológicas

Considerando-se que, na implementação do *framework* para prova de conceitos foram realizadas definições acerca das tecnologias utilizadas, é importante destacar algumas limitações decorrentes das escolhas efetuadas.

Em relação ao reconhecimento do estado emocional do usuário, um aspecto importante a ser considerado quando se utiliza a análise de expressões faciais por meio de *webcam* trata-se da iluminação do ambiente em que o usuário está, especialmente na face. A precisão do classificador

Figura 31 – Parametrização do módulo de Adaptação na *Unity*.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2016

é reduzida quando a face encontra-se com baixa iluminação ou retroiluminada (AFFECTIVA, 2017a). Segundo a documentação do *SDK Afectiva*, esta situação “ocorre quando o brilho médio do pixel da face cai abaixo de 30 em uma escala de 0 (totalmente escuro) para 255 (totalmente branco)”. Na Figura 32, por exemplo, os classificadores são capazes de reconhecer emoções apenas nas três imagens à direita.

Figura 32 – Variações de luminosidade na captura da imagem.

Fonte: Afectiva, 2017

No que tange às adaptações, embora o *framework* contenha adaptações afetivas já implementadas, caso o programador deseje expandir os efeitos da adaptação afetiva, incluindo elementos exclusivos do jogo, como objetos do ambiente virtual inerentes ao cenário, por exemplo, será necessário que o mesmo implemente funções específicas para alterar estes componentes. Ainda assim, o custo de implementação apresenta-se como reduzido se comparado à abordagem de implementar todas os elementos necessários à adaptação afetiva.

Analizando-se a arquitetura do *framework* como um todo, a utilização de arquivos remotos na adaptação da aplicação computacional e a configuração em sistemas *web* podem apresentar-se como barreiras para a utilização do *framework* em locais sem acesso à Internet ou em instituições com conexão lenta.

5.3 Considerações finais do capítulo

O presente capítulo apresentou o *framework EasyAffecta* e seus componentes (Reconhecimento, Controlador e Adaptação), detalhando as interações dos usuários e as decisões realizadas em relação à implementação para prova de conceitos.

No próximo capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados experimentais obtidos a partir da utilização do *framework* por programadores, fisioterapeutas e pacientes em ambientes e situações controladas, que possibilitam uma análise da experiência de uso e aceitação da proposta.

6 Resultados e discussões

Com o intuito de validar o *framework EasyAffecta* e avaliar a experiência dos três tipos de usuários (programadores, fisioterapeutas e pacientes), foram organizados e realizados três diferentes experimentos. Os resultados e discussões decorrentes de cada experimento serão descritos a seguir.

6.1 Avaliação experimental com programadores

6.1.1 Experiência do usuário

Conforme apresentado na Seção 4.4.1, um experimento foi realizado com programadores para investigar a percepção destes profissionais em relação ao *framework*. Embora o *framework* tenha sido desenvolvido para a adaptação de jogos para reabilitação motora, a proposta também apresenta benefícios aos programadores, especialmente ao reduzir custos de implementação. Por esta razão, durante o experimento, os voluntários foram solicitados a incluir a adaptação afetiva por meio do *framework EasyAffecta* em projetos *Unity* e, em seguida a avaliar a utilização do mesmo.

Os diários elaborados pelos programadores durante a condução do experimento, baseados na Teoria Fundamentada nos Dados (Seção 2.5), assim como os questionários por eles respondidos, permitem entender como tais profissionais utilizaram o *framework*, quais foram suas facilidades, dificuldades e impressões, além de possibilitar que os voluntários compartilhassem sugestões a respeito do comportamento e do funcionamento do *EasyAffecta*.

Nesse sentido, alguns voluntários declararam ter encontrado algumas dificuldades na manipulação dos arquivos na *Unity*, porém todas as dificuldades foram solucionadas, permitindo a realização de todas as atividades do experimento. Um voluntário considerou inviável a execução do módulo de Reconhecimento de emoções externamente ao jogo, embora esta abordagem traga inúmeras vantagens, como apresentado no Capítulo 5.

No que diz respeito ao reconhecimento de emoções, alguns voluntários comentaram sobre a acurácia do sistema de reconhecimento. “Bom reconhecimento de expressões. Assertividade ótima”, afirmou um voluntário, enquanto outro sugeriu que movimentos também fossem considerados na análise do estado emocional do usuário: “O módulo do reconhecimento de emoções tem uma interface bonita e reconhece bem as principais emoções por meio de expressões faciais,

porém seria interessante considerar outros movimentos não só da face mas também do pescoço como quando em uma emoção de medo, daria para capturar um movimento de ‘engolir’ do usuário”.

Tais afirmações, em conjunto com os demais dados obtidos no experimento, indicam que o *SDK Afectiva*, utilizado na implementação do módulo de Reconhecimento, tem apresentado uma boa precisão ao inferir o estado emocional dos usuários. A sugestão da inclusão de análise de movimentos no reconhecimento do estado emocional do usuário, embora não faça parte do escopo definido para prova de conceitos, poderia ser adequada facilmente ao sistema considerando o baixo acoplamento entre os módulos, o que é um dos benefícios da utilização do *EasyAfecta*.

Ainda em relação às emoções, um dos pontos questionados por alguns voluntários foi o fato de as emoções serem classificadas em desejáveis ou indesejáveis. Um voluntário escreveu: “Uma dúvida que ficou é se tem como selecionar determinadas imagens para cada tipo de emoção sentida pelo jogador em vez de somente emoções desejáveis e não desejáveis”. Outro voluntário escreveu: “Pessoalmente, a carinha que aparece no canto superior direito me chamou mais a atenção por representar rapidamente as mudanças que eu tentava induzir no jogo. Chamou mais a atenção que a própria imagem ou o som”.

No segundo caso, o voluntário explanava que, em seu entendimento, o jogo reagiria a cada uma das sete emoções identificadas quando, na realidade, uma instrução de adaptação é executada quando o estado emocional do usuário varia entre a classificação desejável para a indesejável e vice-versa. Adicionalmente, enquanto a figura do canto superior direito exibia exatamente o ícone equivalente ao estado emocional do usuário, a intervenção adaptativa acontecia apenas na variação da classificação da emoção (como apresentado na Seção 5.2.4).

Tais observações a respeito da classificação das emoções eram esperadas. A classificação das emoções em desejáveis ou indesejáveis tem como objetivo simular a classificação por estados de ânimo. Em discussões com os fisioterapeutas parceiros, a classificação das emoções em dois grupos apresentou-se como a abordagem mais adequada para a configuração das adaptações do jogo. Dessa forma, ao invés de o fisioterapeuta configurar uma adaptação para cada uma das sete emoções passíveis de reconhecimento, é possível definir somente uma adaptação para cada grupo, diminuindo a carga de trabalho dos profissionais e, ao mesmo tempo, atendendo ao requisito por eles definidos. Adicionalmente, é importante ressaltar que a consulta ao Módulo Controlador para verificar o estado emocional do usuário se dá, por padrão, a cada 0,5 segundo, como apresentado na Seção 5.2.3. Se as sete variações de emoção fossem diretamente consideradas

Figura 33 – Média e desvio padrão da autoeficácia pelos programadores por afirmação.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

para a adaptação, muito provavelmente tais adaptações, especialmente as intervenções musicais, seriam imperceptíveis.

A Figura 33 apresenta a média e a resposta máxima e mínima em cada interação com o formulário de autoeficácia, como também o desvio padrão. Conforme explicado anteriormente, cada voluntário teve três interações com o formulário de percepção de autoeficácia, visando entender como essa percepção variou nas etapas do experimento.

É possível perceber que a cada interação houve uma melhoria da percepção de autoeficácia tanto na média, quanto nos valores mínimos e máximos, excetuando-se a afirmação SP3, a qual trata justamente da percepção de autoeficácia a respeito do desenvolvimento de uma aplicação com adaptação afetiva sem a utilização de alguma biblioteca ou *framework*. Esta afirmação apresentou ainda o menor crescimento entre a segunda e a terceira interações, o que já era esperado. Esses dados indicam que o uso do *framework* proposto ratificou junto aos programadores a necessidade de recursos desta natureza para diminuir o esforço envidado no desenvolvimento de aplicações com adaptação afetiva.

Na afirmação SP1, que trata da habilidade de desenvolver aplicações com adaptação afetiva utilizando-se do conhecimento existente no momento, houve um significativo crescimento entre a primeira e a segunda interação. É interessante destacar que, após o treinamento, os voluntários já apresentaram uma melhoria na autoeficácia, o que indica que o treinamento já fornecia informações suficientes a respeito da abordagem utilizada no desenvolvimento

do *framework*, porém a utilização do *framework* propiciou um crescimento nesta percepção, incluindo a redução do valor mínimo.

Na afirmação SP2, que trata da percepção de não encontrar dificuldades para desenvolver aplicações com computação afetiva, os voluntários apresentaram um crescente nível de confiança em relação à percepção da habilidade a cada interação com o formulário. Enquanto no início do experimento a média da percepção dos voluntários era baixa, ao final do experimento tal valor havia quase triplicado (de 1,5 para 4,4) novamente fornecendo indícios que os programadores consideraram que o uso do *framework* contribuiu para facilitar o desenvolvimento de tais aplicações.

A afirmação SP4, que também registrou crescimento a cada interação, apresenta uma característica interessante: na segunda interação, após o treinamento para a realização do experimento, houve um significativo crescimento na percepção de autoeficácia, o que indica que as informações disponíveis no treinamento já apresentavam de forma detalhada o funcionamento do *framework*, tornando-se claro aos voluntários os procedimentos necessários para a inclusão da adaptação afetiva em um projeto. Ainda em relação à afirmação SP4, pode-se verificar que inicialmente (primeira interação) os programadores não se sentiam plenamente hábeis para tornar projetos compatíveis com a adaptação afetiva mesmo com a utilização de uma biblioteca ou *framework*. Na terceira interação, que ocorreu após a utilização do *framework*, o nível de percepção de autoeficácia torna evidente que houve sucesso na realização da adaptação afetiva com a utilização do *EasyAffecta* por parte dos voluntários.

6.1.2 Utilidade

A Figura 34 apresenta o nível de concordância dos programadores com as afirmações que compõem o Formulário de Autoeficácia do Programador, apresentado no Apêndice E. A percepção de utilidade do *framework* pode ser analisada por meio das afirmações TP4 e TP5, do grupo “Atitude em relação”, e também pelas afirmações TP7, TP8, TP9 e TP10, do grupo “Utilidade percebida”.

Pelas afirmações TP4 e TP5, percebe-se que a maioria dos programadores concorda que o desenvolvimento de um jogo com adaptação afetiva é preferível em relação ao desenvolvimento de um jogo tradicional, como também consideram que é mais vantajoso desenvolver um jogo com adaptação afetiva utilizando-se o *framework* quando comparado ao desenvolvimento sem

este recurso. Adicionalmente, as afirmações TP7, TP8, TP9 e TP10 também apresentaram alto nível de concordância por parte da maioria dos programadores, que declararam estar de acordo com afirmativas.

Cabe destacar a existência, nestas afirmações, de respostas com reduzido nível de concordância ou, em alguns casos, discordância. Nas afirmações TP4, TP5, TP7, TP8 e TP9, os menores índices de concordância foram expressos por um mesmo voluntário que, conforme o formulário de caracterização de perfil, apresenta pouca experiência em *Unity* e no desenvolvimento de jogos. Tal característica possivelmente influenciou as respostas do voluntário, considerando que as afirmações estavam diretamente relacionadas ao desenvolvimento de jogos. Em contrapartida, a afirmação TP10 apresenta uma “discordância leve”, expressa por um voluntário com larga experiência em desenvolvimento de jogos com *Unity*, indicando que a adaptação com imagens não parece viável para este profissional. Embora tal voluntário não tenha explicitado no diário sua percepção sobre tal afirmação, pode-se inferir que este voluntário, por sua larga experiência com a utilização da plataforma, esperava intervenções mais impactantes no jogo, incluindo a alteração do ambiente virtual, por exemplo. Cabe ressaltar que as intervenções disponibilizadas na presente versão do *framework* têm a finalidade de provar que o conceito proposto é viável. Intervenções mais elaboradas e significativas podem ser incorporadas em versão futuras do trabalho.

6.1.3 Usabilidade e desejo de uso futuro

Em relação à usabilidade e ao desejo de uso futuro, pode-se considerar os índices de concordância em relação às afirmações TP1, TP2 e TP3, do grupo “Facilidade de uso percebida”, e TP6, do grupo “Desejo de uso futuro” (Figura 34). A maior parte dos programadores declarou, em resposta às afirmações TP2 e TP3, que o *framework*, seus módulos e funcionamento apresentaram fácil compreensão e que o acoplamento do módulo de Adaptação na *Unity* não apresentou grandes complicações. A afirmação TP1, que também apresentou um alto índice de concordância, aponta um resultado que já era esperado: os programadores concordam que o tempo necessário para desenvolver uma aplicação com adaptação afetiva com o apoio do *framework* é significativamente inferior em relação ao desenvolvimento sem o apoio de uma ferramenta, o que tende a reforçar a utilidade do sistema e pode propiciar a intenção de uso futuro.

Figura 34 – Nível de concordância com as afirmações sobre aceitação de tecnologia pelos programadores.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Por conseguinte, a afirmação TP6 também apresentou um alto nível de concordância, indicando que os voluntários gostariam de utilizar o *framework* em projetos futuros se trabalhassem com o desenvolvimento de jogos. Este retorno condiz com a percepção de usabilidade do sistema e da facilidade do uso, especialmente considerando que os programadores demonstraram concordar que a utilização do *framework* reduz o tempo de implementação de um software com adaptação afetiva (TP1) e que a adaptação afetiva pode melhorar o desempenho dos jogadores e tornar os jogos mais interessantes (TP7 e TP8).

Nas afirmações TP1, TP2 e TP3 são identificadas algumas respostas nos níveis de “discordo”, “discordo parcialmente” e “concorde parcialmente”. Nestas afirmações, os usuários que apresentaram menores níveis de concordância são estudantes de doutorado em Engenharia de *Software* e, nos registros do diário, indicaram que a documentação fornecida poderia oferecer mais detalhes. Nesse contexto, cabe destacar que o conhecimento de *Unity* também pode ter influenciado as respostas, já que o único voluntário que apresentou discordância com a afirmação TP1, por exemplo, relatou no diário de bordo ter encontrado dificuldades na utilização da *Unity* e na importação do pacote, o que certamente prejudicou sua experiência de uso.

Na afirmação TP6, chama a atenção o fato de que os menores índices de concordância foram expressos por um voluntário com pouca experiência em *Unity* e outro voluntário com larga experiência. Tal fato é interessante e pode indicar que, para o programador com menor experiência no desenvolvimento de jogos, a utilização do *framework* não apresentou-se viável. O desenvolvimento de jogos exige conhecimentos de diversas áreas e execução de diversas tarefas não triviais, requerendo uma alta carga de trabalho. A ausência desta experiência, bem como a curva de aprendizagem exigida para domínio do *framework* podem ser os motivos da opinião do referido voluntário em relação à avaliação realizada. Em contraponto, o outro voluntário, embora tenha larga experiência no desenvolvimento de jogos, pode não ter apresentado o desejo de utilizar o *framework* em projetos futuros considerando que, em seus projetos, usualmente sem o caráter de jogos sérios, um modelo que considere a intervenção de fisioterapeutas seria inviável.

6.1.4 Opinião sobre a adaptação afetiva

Apesar de não constituir o objetivo principal do experimento, os programadores também opinaram sobre a adaptação afetiva, tecendo comentários sobre as interfaces e os elementos inseridos automaticamente nos jogos.

Um dos aspectos analisados diz respeito à duração da intervenção realizada pela adaptação afetiva, tanto em relação ao tempo de exibição das imagens quanto ao tempo de execução da música. Um voluntário sugeriu que o *framework* poderia “deixar a figura visível por um pouco mais de tempo, para que o usuário possa efetivamente notar que seu humor foi percebido. Fiquei com a sensação que algumas vezes eu me distraí e a figura apareceu”, também observando que “talvez a versão da ‘Macarena’ que toca pudesse ser um pouco menor, achei que demora”. Ainda em relação às intervenções musicais, outro voluntário relatou: “A troca das músicas é um pouco lenta. Poderia ser tocado apenas o refrão da música, gastando menos tempo, pois da forma que está hoje, dá a sensação que apenas a primeira emoção é abordada no jogo”.

Cabe destacar, neste ponto, que a duração da intervenção musical dependerá do tempo (em segundos) da música enviada no módulo Controlador. De fato, as músicas utilizadas no experimento são de longas duração e, por padrão, são executadas até o fim. Ainda, novas intervenções musicais são executadas apenas quando a música atual é finalizada, o que pode proporcionar a impressão de que a emoção é identificada apenas uma vez.

Figura 35 – Comparação entre os campos *select* e *radio* de formulários.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Também foram feitos comentários a respeito de elementos da interface gráfica e de documentação. Ainda, os voluntários registraram em comentários que aprovam a utilização do *framework*. “O *framework* facilita muito a implementação dos jogos, mas seria necessário uma documentação por escrito contendo ilustrações para auxiliar sua utilização”, declarou um participante. Ainda a respeito do *framework*, outro voluntário o classificou como “muito interessante, muito útil, divertido, dá para customizar com nossos próprios arquivos de imagens e músicas”. Também foram registrados comentários em relação ao *EasyAffecta* como um “sistema muito interessante” e “maravilhoso, [o *framework*] funcionou perfeitamente e gostei bastante”.

6.2 Avaliação experimental com fisioterapeutas

6.2.1 Experiência do usuário

Para responder à questão QF1 foram analisadas entradas de texto baseando-se na Teoria Fundamentada nos Dados, conforme explicado na Seção 2.5. A categorização dos registros foi realizada por dois pesquisadores com o intuito de reduzir um possível viés na análise. Os comentários disponibilizados pelos fisioterapeutas permitiram identificar quais foram as impressões deles sobre o *framework* e como aconteceu a interação com o sistema. Neste contexto, questões relacionadas à Interação Humano-Computador (IHC) foram o foco principal dos comentários, especialmente em relação aos elementos da interface do sistema.

O terceiro voluntário, por exemplo, escreveu: “Eu acredito que as opções de desejável ou indesejável poderiam ser exibidas como ícones abaixo das questões e não com setas”. Neste caso, o voluntário estava falando sobre a classificação da emoção no jogo. As opções (desejável ou indesejável) foram apresentadas por um *select* (Figura 25), quando para este profissional tais opções seriam melhor identificadas e selecionadas, por exemplo, com um *radio*. A Figura 35 apresenta uma comparação entre os dois tipos de campo.

Em outro registro, o terceiro voluntário escreveu: “Eu acredito que existem emoções que podem ser classificadas como indiferentes de acordo com o público do jogo (autismo é um deles)”. Este comentário foi considerado como uma sugestão para a plataforma porém, após algumas discussões, concluiu-se que a classificação da emoção compreende o jogo como um todo, incluindo o público-alvo de cada jogo. Todavia, a adição de uma nova categoria de classificação das emoções pode ser incorporada em novas versões do *framework*. Sobre o processo de classificação das emoções, o quinto voluntário escreveu: “Eu acredito que o roteiro do experimento foi muito intuitivo, eu não tive problemas para escolher as opções do jogo e eu acredito que as emoções disponíveis são suficientes”.

Em uma análise geral, pode-se concluir que os fisioterapeutas que avaliaram a abordagem proposta não encontraram grandes dificuldades para usar o *framework* e todos eles foram capazes de concluir o experimento sem solicitar ajuda dos aplicadores. Nenhum problema foi registrado nos documentos e a maior parte das entradas contém sugestões sobre os elementos da interface. Os fisioterapeutas também declararam que foi fácil executar as atividades do experimento. Tais fatos podem ser explicados pelo fato de que a interface gráfica foi desenvolvida com o intuito de ser a mais fácil possível de utilização por profissionais da área da saúde, aliado ao fato de que o roteiro do experimento (Apêndice H) estava bem detalhado, o que pode ter minimizado as dificuldades.

6.2.2 Percepção da autoeficácia

Por meio do formulário de autoeficácia (Apêndice K), foi possível comparar como os fisioterapeutas se sentiam sobre suas habilidades de configurar a adaptação de um jogo antes e após a execução do experimento. A análise desses dados confirma alguns dos comentários que os voluntários disponibilizaram, apresentados na seção anterior. A Figura 36 apresenta uma comparação entre a média e o desvio padrão em cada afirmação, considerando todos os voluntários e suas respectivas respostas antes e após a realização do experimento.

Como pode-se notar pela afirmação SF1, o uso do *framework* proporcionou melhora na percepção de autoeficácia dos fisioterapeutas em relação à habilidade de configurar quais adaptações devem acontecer em um jogo. Provavelmente essa melhora está relacionada às opções de adaptação disponíveis no módulo Controlador, que fornecem subsídios para a escolha do fisioterapeuta sobre a intervenção de adaptação.

Figura 36 – Média e desvio padrão do nível de concordância dos fisioterapeutas com as afirmações de autoeficácia.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

A percepção sobre a afirmação SF2 não mudou após o uso do *framework*, enquanto em SF6 houve uma ligeira melhora. Esse resultado foi esperado porque está mais relacionado com a experiência profissional com os pacientes do que com o uso do sistema computacional.

A maior variação ocorreu na afirmação SF3, que está relacionada ao envolvimento de um profissional de Tecnologia da Informação (TI) na configuração de adaptação. Antes das atividades, os fisioterapeutas não acreditavam que seriam capazes de configurar as adaptações sem a presença de um profissional de TI. Após o experimento, os fisioterapeutas mostraram mais confiança e o intervalo de erro foi reduzido de [1-6] para [5-6], especialmente para o voluntário que apresentava menor experiência. Esses resultados podem ser vistos como indicações adicionais de que o uso de nossa abordagem e *framework* é fácil e intuitivo.

As diferenças entre as médias nas afirmações SF4 e SF5 mostram que os fisioterapeutas se sentem mais confortáveis para executar algumas tarefas após o uso do *framework* como, por exemplo, classificar os pacientes em grupos de perfil e escolher a imagem e os arquivos de música que serão usados na adaptação. Estes dados fornecem indicações de que é possível construir jogos afetivos com adaptações automáticas de forma amigável, desde que haja artefatos tecnológicos que possam ser utilizados de forma intuitiva para os não especialistas em tecnologia.

Figura 37 – Nível de concordância com as afirmações sobre aceitação de tecnologia.

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

6.2.3 Utilidade

Por meio da formulário de aceitação de tecnologia pelos fisioterapeutas (Apêndice K), é possível analisar a percepção sobre quão útil pode ser o *framework*, especialmente por meio da afirmação TF5 do grupo “Atitude em relação” e as afirmações TF7, TF8, TF9 e TF10, do grupo “Utilidade percebida” (Figura 37). TF5 e TF7 têm resultados iguais, o que era esperado porque essas afirmações são complementares. Em cada afirmação (TF5 e TF7), o nível de concordância foi alto (variação na escala de Likert entre 5 e 6). Não há avaliação no sentido de desacordo, o que reforça o possível impacto positivo que o quadro pode proporcionar.

Em relação à questão TF8, todos os voluntários concordaram completamente que os pacientes podem estar mais motivados para fazer as atividades com o jogo afetivo. As afirmativas TF9 e TF10 discutem, respectivamente, a utilidade da adaptação da música e da imagem no jogo. Todos os voluntários concordaram que a intervenção musical é útil. No entanto, a intervenção de imagem foi reprovada por um voluntário, possivelmente pela rapidez que a imagem aparece e também pelo local de exibição, que pode não ter chamado a atenção deste voluntário.

A partir desses resultados, pode-se concluir que o *framework* foi considerado útil para os fisioterapeutas, especialmente porque tais profissionais afirmaram acreditar que a adaptação afetiva pode melhorar o desempenho dos pacientes durante as sessões de fisioterapia.

6.2.4 Usabilidade e desejo de uso futuro

A Figura 37 mostra o nível de concordância com as afirmações TF1, TF2, TF3 e TF4 do grupo de “Facilidade de uso percebida”. Os voluntários demonstraram acreditar que o *framework* é fácil de utilizar. As respostas deles apontam um alto nível de concordância com as afirmações e não há nenhuma resposta em sentido contrário.

O nível de concordância com as afirmações indica que os fisioterapeutas não tiveram dificuldades para utilizar o *EasyAffecta*, o que está relacionado com a análise de QF1 (Seção 4.4.3), que indica que o *framework* pode ser facilmente utilizado por estes profissionais. Adicionalmente, a categoria de afirmações de “Uso futuro” (TF6), embora contenha apenas uma afirmação, pode responder à pergunta QF5 (Seção 4.4.3), indicando que tais profissionais apresentaram o desejo de utilizar o *framework* com os pacientes no futuro. Esta conclusão está de acordo com as demais discussões deste experimento que apontam que o *framework* foi considerado útil, fácil de usar e que pode ajudar a melhorar o desempenho dos pacientes no processo de reabilitação.

Um fato interessante identificado nos resultados é que os fisioterapeutas com pouca experiência em fisioterapia e uso de jogos sérios responderam com baixos níveis de concordância em muitos casos, enquanto os profissionais com mais experiência nessas categorias responderam aos questionários com altos níveis de concordância. Adicionalmente, o voluntário que tem menor tempo de experiência entre os voluntários, embora tenha respondido a algumas afirmações com baixos níveis de concordância, foi aquele que apresentou a variação mais impactante no questionário de autoeficácia. Estes fatos mostram que os voluntários com mais experiência em usar jogos sérios em reabilitação conseguiram perceber melhor os benefícios do *framework* e se sentiram mais confortáveis para configurar as adaptações do jogo, tendo também mais facilidade para usar o sistema.

6.3 Avaliação experimental com pacientes

Com o intuito de responder às questões de pesquisas apresentadas no Capítulo 4 e verificar se a utilização de adaptação afetiva pode contribuir para melhorar a motivação do paciente para realizar o processo de reabilitação por meio do jogo, foi estabelecida uma métrica para analisar os impactos da utilização da adaptação afetiva. Para um melhor entendimento dos termos utilizados nesta discussão, cabe ressaltar que, conforme apresentado no Capítulo 4, uma **atividade** compreende um tipo de exercício presente no jogo, enquanto uma **jogada** representa uma execução deste exercício.

Como explicado na Seção 5.2.2, o *SDK Affective* fornece duas métricas relacionadas à motivação do usuário: engajamento e valência. Neste experimento, essas métricas foram empregadas da seguinte forma: para cada paciente, foi calculada a média geral do engajamento e a média geral da valência de todas as jogadas de uma atividade, ou seja, para cada uma das cinco atividades obteve-se uma média geral do engajamento e uma média geral de valência de cada paciente. Por conseguinte, a partir do conhecimento da média geral do engajamento e da média geral de valência de cada atividade, verificou-se quantas jogadas adaptativas e quantas jogadas não-adaptativas deste paciente apresentaram índice de engajamento e valência maior do que as respectivas médias gerais. A Tabela 4 (Apêndice L) apresenta tais dados e um comparativo é ilustrado pelos gráficos 38, 39, 40 e 41 respectivamente para os pacientes 1, 2, 3 e 4.

Figura 38 – Porcentagem de jogadas do paciente 1 nas modalidades adaptativas e não-adaptativas que apresentaram índices superiores às médias gerais

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 39 – Porcentagem de jogadas do paciente 2 nas modalidades adaptativas e não-adaptativas que apresentaram índices superiores às médias gerais

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 40 – Porcentagem de jogadas do paciente 3 nas modalidades adaptativas e não-adaptativas que apresentaram índices superiores às médias gerais

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

De modo complementar, com o intuito de apresentar uma discussão a respeito do desenvolvimento do paciente durante cada atividade, também serão considerados na discussão os índices de tempo, valência e engajamento de cada jogada e de cada atividade por paciente. A Figura 42 ilustra tais índices do paciente 1. Os índices individuais de cada jogada são complementados por linhas de tendência, obtida a partir da regressão linear, permitindo identificar se a variável analisada apresenta tendência crescente ou decrescente. Na Figura 42 são apresentados os dados para todas as jogadas da atividade do Palito. Embora tais discussões sejam apresentadas

Figura 41 – Porcentagem de jogadas do paciente 4 nas modalidades adaptativas e não-adaptativas que apresentaram índices superiores às médias gerais

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

a seguir, para uma melhor organização do documento, os gráficos de todas as atividades dos pacientes 1, 2, 3 e 4 serão apresentados, respectivamente, nos Apêndices M, N, O e P.

6.3.1 Engajamento

Conforme mostra a Figura 38 as jogadas adaptativas apresentaram melhores índices de engajamento para o paciente 1, excetuando-se apenas a atividade “Limpar”. A análise da linha de tendência (Apêndice M indica que, para as atividades “Palito” e “Feijão”, o índice de engajamento é decrescido ao longo das jogadas, tanto nas adaptativas quanto nas sem adaptação. Na atividade de ‘Limpar’, a linha de tendência aponta o crescimento do nível de engajamento ao longo das jogadas - tanto para as adaptativas quanto para as não adaptativas. Nas atividades “Caixa (ida)” e “Caixa (volta)”, a linha de tendência aponta um leve crescimento no nível de engajamento durante as jogadas adaptativas, enquanto o nível de engajamento é reduzido ao longo das jogadas sem adaptação. Pode-se afirmar, portanto, que para este paciente a utilização da adaptação afetiva proporcionou melhores índices de engajamento.

Para o paciente 2 (Figura 39), a situação apresenta-se significativamente diferente. Apenas em duas atividades (“Caixa (volta)” e “Limpar”) o nível de engajamento das jogadas apresentou-se maior nas jogadas adaptativas, tendo as jogadas sem adaptação apresentado maior nível de engajamento neste quesito. No entanto, não é possível fazer uma discussão comparativa em

Figura 42 – Índices do paciente 1 na atividade “Palito”

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

relação às linhas de tendência (Apêndice N) pois, em algumas atividades, este paciente não apresentou um número de jogadas superior a cinco.

Para o paciente 3 (Figura 40), as jogadas adaptativas apresentaram maiores índices de engajamento em três atividades (“Caixa (volta)”, “Limpar” e “Palito”), havendo empate nas duas outras atividades restantes. Tais valores indicam que, para este paciente, a utilização de

adaptação afetiva propiciou maiores índices de engajamento nas jogadas, embora a análise da linha de tendência (Apêndice O) indique que, em três atividades (“Palito”, “Feijão” e “Limpar”), há uma redução no nível de engajamento ao longo das jogadas.

O paciente 4 (Figura 41) apresentou dados bastante similares ao paciente 3, com as jogadas adaptativas indicando melhores índices de engajamento em três atividades: “Caixa (ida)”, “Limpar” e “Palito”, enquanto nas duas outras atividades (“Caixa (volta)” e “Feijão”) as jogadas sem adaptação apresentaram, proporcionalmente, maiores índices de engajamento. As linhas de tendência (Apêndice P) apontam que o engajamento é crescente em três atividades para as jogadas adaptativas, sendo decrescente em quatro atividades sem adaptação. Apesar das variações encontradas, pode-se concluir que a adaptação afetiva também apresentou resultados significativos com este paciente.

De um modo geral, pode-se concluir que, em relação ao nível de engajamento, a abordagem proposta apresenta viabilidade. Considerando-se todos os pacientes e todas as atividades, do total de 20, em 12 atividades os melhores índices de engajamento foram identificados em jogadas adaptativas, 6 para atividades sem adaptação e, em 2 atividades, houve empate entre as jogadas sem adaptação e com adaptação, o que indica que as jogadas adaptativas apresentaram resultados satisfatórios. Entretanto, é importante ressaltar que tal conclusão considera apenas o escopo investigado já que, por ter um número reduzido de voluntários e alguns deles terem realizado poucas jogadas de algumas atividades, os dados não apresentam significância estatística.

6.3.2 Valência

Já em relação à valência, para o paciente 1 (Figura 38) apenas duas atividades com jogadas adaptativas apresentaram índices maiores que a média geral. A análise das linhas de tendência (Apêndice M) indicam que, em três atividades (“Palito”, “Limpar” e “Caixa (ida)”), o índice de valência é crescente para o paciente01 nas jogadas com adaptação. Em contraponto, em quatro atividades (“Palito”, “Feijão”, “Caixa (ida)” e “Caixa (volta)”), a valência apresentou decréscimo em jogadas sem adaptação. Embora as linhas de tendência apontem uma melhora no índice nas jogadas adaptativas, as jogadas realizadas por este paciente indicam que, neste caso, as jogadas sem adaptação apresentaram melhores índices de valência.

O paciente 2 (Figura 39) apresentou melhores índices de valência apenas em duas atividades (“Limpar” e “Palito”). Na atividade “Caixa (ida)”, há um empate entre as jogadas

adaptativas e sem adaptação. Considerando que, em três atividades este paciente não apresentou um número de jogadas superior a cinco, não é possível fazer uma análise concreta a partir das linhas de tendência (Apêndice N).

O paciente 3 (Figura 40), por sua vez, teve em todas as atividades com jogadas adaptativas melhores índices de valência. O interessante neste aspecto trata-se do fato de que, pelas linhas de tendência (Apêndice O) o nível de valência permanece relativamente estável ao longo das jogadas de três atividades: “Feijão”, “Caixa (ida)” e “Caixa (volta)”. Na atividade “Palito”, nota-se o crescimento da valência tanto nas jogadas adaptativas quanto nas jogadas sem adaptação, enquanto na atividade “Limpar” há o decréscimo dos níveis de valência em ambas modalidades. Pode-se afirmar, portanto, que para este paciente a utilização de adaptação afetiva apresentou melhores índices de valência.

O paciente 4 (Figura 41) apresentou apenas em três atividades índices de valência superiores à média geral em jogadas adaptativas. As linhas de tendência (Apêndice P) apontam que, enquanto na atividade “Palito” há um crescimento no nível de valência em ambas as modalidades, há o decréscimo nos índices de valência para as jogadas adaptativas na atividade “Caixa (volta)”, na qual também é identificada a tendência de crescimento dos níveis de valência para as jogadas sem adaptação. Todas as demais atividades apresentam decréscimo nos índices, tanto para as jogadas adaptativas quanto para as sem adaptação.

Analisando-se todos os pacientes e todas as atividades, do total de 20 jogadas, 11 atividades apresentaram melhores índices de valência com jogadas adaptativas, enquanto 7 atividades obtiveram melhores índices de valência nas jogadas sem adaptação e também em 2 atividades houve empate.

6.3.3 Tempo

A análise do tempo, baseada exclusivamente nas linhas de tendência, indica que não foi percebida redução de tempo ao longo das jogadas adaptativas e não adaptativas. Naturalmente, espera-se que, na última sessão, por exemplo, o paciente utilize menor tempo para realizar a atividade em virtude do próprio processo de reabilitação e da superação de dificuldades de utilização de dispositivos como o sensor de movimentos *Kinect*, utilizado no jogo.

No paciente 1 (Apêndice M), por exemplo, o tempo é crescente em quatro atividades com jogadas sem adaptação, sendo crescente apenas em duas atividades com adaptação. Para

o paciente 2 (Apêndice N) , a linha de tendência aponta queda no tempo para as jogadas com adaptação para a atividade do “Palito” e crescimento na atividade “Feijão”. O inverso é observado para as jogadas sem adaptação. Para as demais atividades, não é possível discutir a linha de tendência pois há um reduzido número de jogadas.

No paciente 3 (Apêndice O) , houve o crescimento de tempo em quatro atividades com jogadas adaptativas, sendo neste cenário o tempo crescente nas jogadas sem adaptação em apenas duas atividades. O paciente 4 (Apêndice P) , por sua vez, não apresentou crescimento de tempo em nenhuma atividade com jogada sem adaptação. Em contraponto, a linha de tendência aponta o crescimento deste índice nas jogadas adaptativas em duas atividades.

6.3.4 Discussões finais do experimento

Em relação aos dados do experimento, inicialmente esperava-se que, quanto mais engajado um paciente estivesse na realização da atividade, melhor seria a valência, ou seja, mais positiva seria a emoção expressa. Esperava-se ainda que, nas sessões com adaptação afetiva, o paciente ou mantivesse ou apresentasse um maior nível de engajamento que, consequentemente, acarretaria em um menor tempo de realização das atividades. Todavia, pelos dados analisados, não é possível obter uma correlação positiva consistente entre as variáveis de engajamento e tempo, sendo esta identificada em situações específicas. É importante destacar, ainda, que foram identificadas falhas no registro dos dados. Algumas jogadas não tiveram seus registros de emoção armazenados no banco de dados, o que acarretou na exclusão destas jogadas na análise, podendo provocar influência nos resultados.

Embora os dados inerentes ao experimento com pacientes não permitam concluir se a adaptação afetiva proporcionada pelo *EasyAffecta* promoveu efetivos impactos no processo de reabilitação motora dos quatro pacientes que integraram o experimento, percebe-se que, na maioria das atividades, as jogadas com adaptação afetiva apresentam tanto melhor engajamento quanto melhor valência. Embora, como já explanado, as afirmações não podem ser conclusivas devido ao tamanho da amostra, pode-se verificar uma tendência à obtenção de maiores níveis de engajamento e valência (e, consequentemente, maior motivação do paciente) nas atividades com adaptação afetiva. No entanto, a tendência esperada de diminuição do tempo de execução da tarefa não foi confirmada.

6.4 Considerações finais do capítulo

Este Capítulo apresentou os resultados e as discussões inerentes aos experimentos realizados com programadores, fisioterapeutas e pacientes. Em relação aos programadores, a análise indica que o *framework EasyAffecta* apresentou grande aceitabilidade por parte de tais profissionais, que indicaram que melhorias podem ser feitas no que diz respeito às adaptações nos jogos.

Na avaliação dos fisioterapeutas, o sistema apresenta fácil utilização e utilidade nas terapias de reabilitação motora, podendo manter o nível de engajamento dos pacientes. Por fim, um experimento com pacientes indicou que, nos casos investigados, a utilização do *framework* apresentou influência no nível de engajamento dos pacientes, como também na valência das emoções identificadas.

No próximo Capítulo, serão apresentadas as considerações finais deste trabalho, incluindo a descrição de artigos publicados e trabalhos futuros.

7 Conclusões

Considerando que o processo de reabilitação motora tende a ser cansativo e repetitivo para muitos pacientes, diversas pesquisas investigam a utilização de jogos sérios neste cenário com o intuito de aumentar a motivação do paciente em relação à terapia e, consequentemente, reduzir o número de evasões ao tratamento. Embora os dados científicos disponíveis na literatura apontem que a utilização destes jogos tem apresentado resultados significativos, o desenvolvimento de jogos com esta finalidade não é considerado uma atividade trivial.

Além das definições de projeto comuns para o desenvolvimento de qualquer software, jogos sérios para reabilitação motora devem dispor de elementos que visem a manutenção do interesse do usuário pelo jogo. A definição destes elementos é uma tarefa complexa, especialmente porque, embora os programadores possam ter profissionais especialistas em reabilitação motora como parceiros no desenvolvimento do projeto, os programadores, em geral, não conhecem as necessidades dos pacientes. Tais necessidades, inclusive, podem ser variáveis para cada indivíduo.

Com o intuito de otimizar a utilização de jogos no processo de reabilitação motora, diversas pesquisas investigam e apontam estratégias que podem impulsionar o desempenho do usuário. Entre estas estratégias, encontra-se a adaptação automática de aplicações computacionais por meio da utilização de Computação Afetiva. Uma revisão de literatura apontou que, embora a utilização de Computação Afetiva já esteja sendo amplamente investigada, inclusive em processos de reabilitação motora, o desenvolvimento destas aplicações tende a aprender um alto custo de implementação e não considera a participação ativa do fisioterapeuta na escolha das adaptações durante as sessões.

Por esta razão, este trabalho propôs o desenvolvimento de um *framework* que, além de facilitar ao programador a implementação da adaptação afetiva em jogos, também possibilite que o fisioterapeuta configure as adaptações conforme os perfis dos pacientes que está atendendo. Ainda, do ponto de vista computacional, o baixo acoplamento e a alta coesão entre os módulos que compõem o *framework* permitem que, por exemplo, a técnica de reconhecimento de emoção seja facilmente substituída.

Para prova de conceitos, uma implementação do *framework* foi realizada e, então, três experimentos foram conduzidos: um experimento com programadores, para verificar como tais profissionais analisam a importância e a viabilidade do *framework*; um com fisioterapeutas, com

o intuito de entender a experiência de interação de tais especialistas e como os mesmos avaliam sua utilização na terapia; e, por fim, com pacientes, para verificar o impacto direto da utilização do *framework* nas sessões de fisioterapia.

Nesse sentido, as questões de pesquisa definidas para o experimento com programadores tinham como objetivo analisar a experiência de uso, a percepção da habilidade sobre a capacidade de desenvolver softwares com adaptação afetiva e, ainda, identificar se tais profissionais consideram o sistema útil, fácil de utilizar e se utilizariam o mesmo no futuro. Os dados obtidos no experimento com programadores permitem afirmar que, para estes profissionais, o *framework* apresenta utilidade e facilidade de uso. No entanto, boa parte dos voluntários que participaram do experimento sugerem alterações nas adaptações realizadas no jogo, com o intuito de torná-las mais perceptíveis em boa parte dos casos.

Da mesma forma, no experimento com fisioterapeutas as questões de pesquisa visavam identificar como foi a experiência de uso, a alteração na percepção da habilidade de configurar as adaptações afetivas, além de analisar se o *framework* é útil, fácil de usar e se tais profissionais apresentam o desejo de utilizar o *framework* durante as sessões de fisioterapia com seus pacientes. Aos fisioterapeutas o *framework* também apresentou grande aceitação e boa parte dos voluntários declarou que, se tiver acesso a um jogo desenvolvido com o *EasyAffecta* no futuro, gostaria de usá-lo com seus pacientes.

Finalmente, em relação ao experimento com pacientes, o objetivo era identificar se a utilização do jogo com adaptação afetiva propiciou maiores níveis de engajamento, valência e redução de tempo. O experimento com pacientes, por sua vez, não permite uma conclusão específica a respeito do impacto da utilização do sistema nas sessões de reabilitação motora. Isso se deve a inúmeros fatores como, por exemplo, o número reduzido de voluntários e o número limitado de sessões em algumas atividades. Adicionalmente, adaptações de músicas e imagens realizadas nos experimentos apresentam caráter de prova de conceitos. Por isso, são necessários estudos para verificar os tipos de adaptação que podem provocar maior engajamento, considerando-se as particularidades de cada indivíduo – como idade, sexo e gosto musical – e suas possíveis implicações na recepção da adaptação. Cabe ressaltar, ainda, que a exibição do ícone da emoção no jogo pode ter influenciado a expressão facial dos jogadores, sendo um ponto a ser estudado em novas investigações. Todavia, nos casos analisados, é notável que nas jogadas com adaptação afetiva os pacientes apresentaram de um modo geral melhores índices de engajamento e valência.

Embora o experimento com pacientes não permita que se faça uma discussão geral, os experimentos com programadores e fisioterapeutas apontam que esta pesquisa apresentou contribuição científica e social, indicando ainda novas investigações que podem ser realizadas futuramente como, por exemplo, no sentido de investigar quais intervenções adaptativas podem apresentar melhores impactos na manutenção do nível de engajamento do usuário.

7.1 Artigos publicados e submetidos

Como resultados já obtidos, o seguinte artigo foi publicado:

- ARANHA, Renan V., ARAÚJO, Luciano V., MONTEIRO, Carlos B.M., SILVA, Talita D., NUNES, Fátima L. S. *MoVEROffice: Virtual Reality for Upper Limbs Rehabilitation*. In: ***Virtual and Augmented Reality (SVR), 2016 XVIII Symposium on***. IEEE, 2016. p. 160-169.

O seguinte artigo foi aceito para publicação:

- ARANHA, Renan V., SILVA, Leonardo S., CHAIM, Marcos L., NUNES, Fátima L. S. *Using Affective Computing to automatically adapt serious games for rehabilitation*. In: ***30th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems***. IEEE, 2017.

O seguinte artigo foi submetido para publicação:

- ARANHA, Renan V., CORREA, Cleber G, NUNES, Fátima L. S. *Adapting applications with Affective Computing: a systematic review*. In: ***IEEE Transactions on Affective Computing***. IEEE, 2017.

7.2 Trabalhos futuros

Considerando as contribuições desta pesquisa e as discussões decorrentes das avaliações experimentais, nota-se que alguns aspectos relacionados ao trabalho podem ser investigados em trabalhos futuros. Um destes aspectos consiste na formação do grupo de perfis de usuário que, no caso deste estudo, é realizada manualmente pelos fisioterapeutas. Em trabalhos futuros é possível reavaliar a quantidade e os tipos de grupos a serem formados e, se necessário, redefinir

o *framework* para que o mesmo atenda a novas eventuais exigências neste contexto, podendo-se utilizar, inclusive, de técnicas de Inteligência Artificial para identificar o perfil do usuário e suas preferências a partir de suas redes sociais, por exemplo.

Modelos estatísticos que permitam uma melhor categorização da emoção ao longo de um período de tempo também devem ser investigados em pesquisas futuras, com o objetivo de proporcionar maior precisão à classificação do estado emocional e, conseqüentemente, da adaptação do *software*. Ainda, dentre os demais aspectos a serem investigados em trabalhos futuros, destacam-se a realização de experimentos com um maior número de pacientes, de metodologias para se analisar o impacto da utilização da adaptação afetiva e a necessidade de se investigar e comparar as melhores intervenções de adaptação. No caso deste estudo, por exemplo, as adaptações de imagem e som podem não ter sido suficientes para provocar significativas alterações no desempenho dos pacientes, tanto em relação ao tempo, quanto ao engajamento e à valência. Em relação à adaptação sonora, uma possibilidade é definir que a execução de uma música resultante de uma intervenção adaptativa não deverá exceder um tempo determinado de dez segundos, por exemplo.

A abordagem atual adota como princípio básico que o nível alto de engajamento é desejável nas aplicações computacionais, principalmente nos jogos investigados. Merece destaque, porém, que podem existir situações em que é desejável o baixo nível de engajamento. Assim, em futuras investigações essas situações deverão ser aprofundadas a fim de verificar abordagens alternativas ao *framework* proposto. Finalmente, uma linha que ainda não foi explorada na literatura e que merece aprofundamento é a definição de técnicas de inteligência computacional para aperfeiçoar o *framework*. Essas técnicas poderiam detectar o perfil e as limitações dos pacientes e permitirem uma calibração automática tanto dos jogos quanto da adaptação afetiva.

Referências¹

- ACM. ACM Digital Library. 2016. Disponível em: <http://dl.acm.org/>. Acesso em: 05/01/2016. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 132.
- AFFECTIVA. Accuracy. 2017. Disponível em: <http://developer.affectiva.com/accuracy/>. Citado 3 vezes nas páginas 48, 86 e 95.
- AFFECTIVA. Emotion Recognition Software and Analysis. 2017. Disponível em: <http://www.affectiva.com/>. Citado na página 85.
- AFFECTIVA. How do we map facial expressions to emotions? 2017. Disponível em: http://developer.affectiva.com/emotion_mapping/. Citado na página 85.
- ALBORNOZ, S. G. Jogo e trabalho: do homo ludens, de Johann Huizinga, ao ócio criativo, de Domenico De Masi. São Paulo, v. 12, n. 1, jun: Cadernos de Psicologia Social do Trabalho, 2009. Disponível em: http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-37172009000100007&lng=pt&nrm=iso. Citado na página 22.
- ARANHA, R. V. et al. Moveroffice: Virtual reality for upper limbs rehabilitation. In: Virtual Reality (SVR), 2016 XIII Symposium on. [S.l.: s.n.], 2016. p. 18–27. Citado na página 69.
- ARANHA, R. V.; RIBEIRO, M. W. S.; CAMARGO, C. A. X. Serious games e interação natural na terapêutica posterior ao tratamento do câncer de mama. Proceedings of SBGames 2014, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2014. Citado na página 28.
- ARAÚJO, M. H.; STEIN, M.; ROMAO, J. J. S. Jogo e serious games: conceito e bons princípios para análise do jogo SpaceCross, da Volkswagen. Brasília, Brasil.: SBC - Proceedings of SBGames 2012, 2012. Citado na página 26.
- BANDURA, A. Guide for constructing self-efficacy scales. Self-efficacy beliefs of adolescents, v. 5, n. 307-337, 2006. Citado na página 77.
- BARANYI, R. et al. Wristdroid - a serious game to support and motivate patients throughout their wrist rehabilitation. In: Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), 2014 IEEE Conference on. [S.l.: s.n.], 2014. p. 786–791. Citado na página 28.
- BARRETO, A. Non-intrusive physiological monitoring for affective sensing of computer users. [S.l.]: INTECH Open Access Publisher, 2008. Citado na página 43.
- BELLOTTI, F. et al. Adaptive experience engine for serious games. Computational Intelligence and AI in Games, IEEE Transactions on, v. 1, n. 4, p. 264–280, Dec 2009. ISSN 1943-068X. Citado na página 30.
- BLACKMAN, S. Serious games... and less. Computer Graphics, p. 12–16, 2005. Citado na página 22.
- BONTCHEV, B.; VASSILEVA, D. Assessing engagement in an emotionally-adaptive applied game. In: Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality. New York, NY, USA: ACM, 2016. (TEEM '16), p. 747–754. ISBN 978-1-4503-4747-1. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/3012430.3012602>. Citado 5 vezes nas páginas 40, 41, 45, 53 e 54.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

CAMARGO, C. A. X.; CARDOSO, A. Um sistema baseado em interfaces naturais para reabilitação de pacientes pós-mastectomia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 28.

CAMEIRAO, M. et al. Using a multi-task adaptive vr system for upper limb rehabilitation in the acute phase of stroke. In: Virtual Rehabilitation, 2008. [S.l.: s.n.], 2008. p. 2–7. Citado na página 30.

CEARRETA, I.; GARAY-VITORIA, N. Toward adapting interactions by considering user emotions and capabilities. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), v. 6763 LNCS, n. PART 3, p. 525–534, 2011. Cited By 0. Citado 4 vezes nas páginas 38, 50, 53 e 54.

CHAN, W. Y. et al. A serious game for learning ultrasound-guided needle placement skills. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, v. 16, n. 6, p. 1032–1042, Nov 2012. ISSN 1089-7771. Citado na página 27.

CHANG, C.-M.; CHANG, Y.-C.; HSIAO, B.-Y. The design of a shoulder rehabilitation game system. In: Frontier Computing. Theory, Technologies and Applications, 2010 IET International Conference on. [S.l.: s.n.], 2010. p. 151–156. Citado na página 28.

CHAO, C. J. et al. An affective learning interface with an interactive animated agent. In: Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGITEL), 2012 IEEE Fourth International Conference on. [S.l.: s.n.], 2012. p. 221–225. Citado 6 vezes nas páginas 38, 40, 41, 50, 53 e 54.

COUTRIX, C. et al. Supporting multi-user participation with affective multimodal fusion. In: Creating, Connecting and Collaborating through Computing (C5), 2011 Ninth International Conference on. [S.l.: s.n.], 2011. p. 24–31. Citado 8 vezes nas páginas 38, 40, 41, 47, 48, 50, 53 e 54.

CSIKSZENTMIHALYI, M. Flow: The psychology of optimal experience. Harper and Row, 1990. Citado na página 23.

DALVAND, K.; KAZEMIFARD, M. An adaptive user-interface based on user's emotion. In: Computer and Knowledge Engineering (ICCKE), 2012 2nd International eConference on. [S.l.: s.n.], 2012. p. 161–166. Citado 4 vezes nas páginas 38, 48, 53 e 54.

DUO, S.; SONG, L. X. Research on e-learning system based on affective computing. In: Information Management and Engineering (ICIME), 2010 The 2nd IEEE International Conference on. [S.l.: s.n.], 2010. p. 697–699. Citado na página 23.

DURIC, Z. et al. Integrating perceptual and cognitive modeling for adaptive and intelligent human-computer interaction. Proceedings of the IEEE, v. 90, n. 7, p. 1272–1288, 2002. Cited By 58. Citado 5 vezes nas páginas 38, 48, 49, 53 e 54.

EKMAN, P.; FRIESEN, W. Facial action coding system: a technique for the measurement of facial movement. Consulting Psychologists, San Francisco, 1978. Citado na página 67.

EKMAN, P.; FRIESEN, W. V. Facial action coding system. Consulting Psychologists Press, Stanford University, Palo Alto, 1977. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 48.

EKMAN, P.; FRIESEN, W. V. Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues. [S.l.]: Ishk, 2003. Citado na página 48.

FERREIRA, A. M. O.; COELHO, A.; RODRIGUES, R. Geração procedimental de níveis de jogo com base no conceito de play-persona. Tese (Doutorado) — Universidade do Porto, 2012. Citado na página 23.

FONG, A. et al. Generation of personalized ontology based on consumer emotion and behavior analysis. Affective Computing, IEEE Transactions on, PP, n. 99, p. 1–1, 2011. ISSN 1949-3045. Citado na página 31.

GEE, J. et al. Video games and the future of learning. Phi Delta Kappan, v. 67, n. 02, 2005. Citado na página 27.

GEE, J. P. Good video games and good learning. [S.l.]: Academic ADL Co-Lab, 2005. Citado na página 27.

GILLEADE, K.; DIX, A.; ALLANSON, J. Affective videogames and modes of affective gaming: assist me, challenge me, emote me. 2005. Citado na página 31.

GLASER, B.; STRAUSS, A. The discovery of grounded theory. 1967. Weidenfield & Nicolson, London, p. 1–19, 1967. Citado na página 32.

GOOGLE. Google Scholar. 2016. Disponível em: <http://scholar.google.com>. Acesso em: 05/01/2016. Citado na página 36.

GRAWEMEYER, B. et al. Light-bulb moment?: Towards adaptive presentation of feedback based on students' affective state. In: Proceedings of the 20th International Conference on Intelligent User Interfaces. New York, NY, USA: ACM, 2015. (IUI '15), p. 400–404. ISBN 978-1-4503-3306-1. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/2678025.2701377>. Citado 7 vezes nas páginas 38, 40, 41, 49, 50, 53 e 54.

GUO, J.; SINGER, N.; BASTIDE, R. Design of a serious game in training non-clinical skills for professionals in health care area. In: Serious Games and Applications for Health (SeGAH), 2014 IEEE 3rd International Conference on. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–6. Citado na página 28.

GUTHIER, B. et al. The affect-aware city. In: Computing, Networking and Communications (ICNC), 2015 International Conference on. [S.l.: s.n.], 2015. p. 630–636. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 31.

HARRIS, A. et al. Including affect-driven adaptation to the pac-man video game. In: . [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–4. Cited By 0. Citado 6 vezes nas páginas 38, 47, 48, 53, 54 e 55.

HUDLICKA, E.; MCNEESE, M. Assessment of user affective and belief states for interface adaptation: Application to an air force pilot task. User Modeling and User-Adapted Interaction, v. 12, n. 1, p. 1–47, 2002. Cited By 51. Citado 6 vezes nas páginas 38, 40, 41, 49, 53 e 54.

HURST, M.; JACKSON, T. W.; GLENCROSS, M. Emotion recognition - theory or practicality. In: Automation and Computing (ICAC), 2012 18th International Conference on. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–6. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 47.

IEEE. IEEE Xplore Digital Library. 2016. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org>. Acesso em: 05/01/2016. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 132.

IEPSEN, E. F.; BERCHT, M.; REATEGUI, E. Detecção e tratamento do estado afetivo frustração do aluno na disciplina de algoritmos. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. [S.l.: s.n.], 2011. v. 1, n. 1. Citado na página 31.

KARYOTIS, C. et al. An intelligent framework for monitoring students affective trajectories using adaptive fuzzy systems. In: Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2015 IEEE International Conference on. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–8. Citado 5 vezes nas páginas 38, 40, 41, 46 e 54.

KATMADA, A. et al. An adaptive serious neuro-game using a mobile version of a bio-feedback device. In: Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL), 2015 International Conference on. [S.l.: s.n.], 2015. p. 416–420. Citado 5 vezes nas páginas 38, 45, 46, 53 e 54.

KATMADA, A. et al. Developing an adaptive serious game based on students' bio-feedback. In: Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), 2015 6th International Conference on. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–6. Citado 5 vezes nas páginas 38, 45, 46, 53 e 54.

KATSIONIS, G.; VIRVOU, M. A cognitive theory for affective user modelling in a virtual reality educational game. In: Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference on. [S.l.: s.n.], 2004. v. 2, p. 1209–1213 vol.2. ISSN 1062-922X. Citado 6 vezes nas páginas 38, 40, 41, 49, 53 e 54.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1–26, 2004. Citado na página 36.

KOZAKA, M. V.; IWASSO, V. I.; BARRETO, M. R. P. Software para Reconhecimento de Emoções na voz usando Support Vector Machine. [S.l.]: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011. Citado na página 50.

LANKES, M. et al. Facial expressions as game input with different emotional feedback conditions. In: Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology. New York, NY, USA: ACM, 2008. (ACE '08), p. 253–256. ISBN 978-1-60558-393-8. Disponível em: (<http://doi.acm.org/10.1145/1501750.1501809>). Citado 5 vezes nas páginas 38, 47, 48, 53 e 54.

LEGRIS, P.; INGHAM, J.; COLLERETTE, P. Why do people use information technology? a critical review of the technology acceptance model. Information & management, Elsevier, v. 40, n. 3, p. 191–204, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 75 e 77.

LI, Y.; ELMAGHRABY, A. S.; SOKHADZE, E. M. Designing immersive affective environments with biofeedback. In: Computer Games: AI, Animation, Mobile, Multimedia, Educational and Serious Games (CGAMES), 2015. [S.l.: s.n.], 2015. p. 73–77. Citado 5 vezes nas páginas 38, 45, 46, 53 e 54.

LIU, C. et al. Dynamic difficulty adjustment in computer games through real-time anxiety-based affective feedback. International Journal of Human-Computer Interaction, v. 25, n. 6, p. 506–529, 2009. Cited By 54. Citado 5 vezes nas páginas 38, 45, 46, 49 e 54.

LIU, W. F. et al. An expression space model for facial expression analysis. In: Image and Signal Processing, 2008. CISP '08. Congress on. [S.l.: s.n.], 2008. v. 2, p. 680–684. Citado na página 47.

LOURENCO, C. et al. Effect of environment on motivation and sense of presence in healthy subjects performing reaching tasks. In: Virtual Rehabilitation, 2008. [S.l.: s.n.], 2008. p. 93–98. Citado na página 22.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.; NUNES, F. L. S. Serious games para saúde e treinamento imersivo. Abordagens Práticas de Realidade Virtual e Aumentada, Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2009. Citado na página 22.

MADEIRA, R. et al. Designing personalized therapeutic serious games for a pervasive assistive environment. In: Serious Games and Applications for Health (SeGAH), 2011 IEEE 1st International Conference on. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–10. Citado na página 30.

MAGNENAT-THALMANN, N.; ZHANG, Z. Assistive social robots for people with special needs. In: Contemporary Computing and Informatics (IC3I), 2014 International Conference on. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1374–1380. Citado na página 31.

MATHIAS, A. GitHub - auduno/clmtrackr: Javascript library for precise tracking of facial features via Constrained Local Models. 2017. Disponível em: <https://github.com/auduno/clmtrackr>. Citado na página 86.

MCGONIGAL, J. Gaming can make a better world. Palm Springs, California. Palestra: TED2010, 2010. Disponível em: http://www.ted.com/talks/lang/en/jane_mcgonigal_gaming_can_make_a_better_world.html. Citado na página 26.

MICHAEL, D. R.; CHEN, S. L. Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform. [S.l.]: Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005. ISBN 1592006221. Citado na página 22.

MICROSOFT. Kinect para Xbox One - Xbox.com. 2016. Disponível em: <http://www.xbox.com/pt-BR/xbox-one/accessories/kinect-for-xbox-one>. Citado na página 68.

MORAIS, A. M. et al. Tomada de decisão aplicada à inteligência artificial em serious games voltados para a saúde. 2009. Citado na página 22.

MORSE, J. M. The significance of saturation. [S.l.]: Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, 1995. Citado na página 33.

MORTENSEN, D.; BÆRENTSEN, K. Playing with nonverbal communication: Using grasp and facial direction to create adaptive interaction in a game. Interacting with Computers, v. 26, n. 1, p. 12–26, 2014. Cited By 0. Citado 5 vezes nas páginas 38, 47, 48, 53 e 54.

NASOZ, F.; LISETTI, C.; VASILAKOS, A. Affectively intelligent and adaptive car interfaces. Information Sciences, v. 180, n. 20, p. 3817–3836, 2010. Cited By 23. Citado 6 vezes nas páginas 38, 40, 41, 45, 46 e 54.

NEGINI, F.; MADRYK, R. L.; STANLEY, K. G. Using affective state to adapt characters, npcs, and the environment in a first-person shooter game. Games Media Entertainment (GEM), 2014 IEEE, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 29.

NIJHOLT, A.; POPPE, R. Facial and bodily expressions for control and adaptation of games (ecag'08). In: Automatic Face Gesture Recognition, 2008. FG '08. 8th IEEE International Conference on. [S.l.: s.n.], 2008. p. 1–2. Citado na página 30.

NOGUEIRA, P. A. et al. Computational models of players' physiological-based emotional reactions: A digital games case study. In: Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT), 2014 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on. [S.l.: s.n.], 2014. v. 3, p. 278–285. Citado 6 vezes nas páginas 38, 45, 46, 49, 54 e 57.

NOGUEIRA, P. A. et al. Vanishing scares: biofeedback modulation of affective player experiences in a procedural horror game. *Journal on Multimodal User Interfaces*, v. 10, n. 1, p. 31–62, 2015. ISSN 1783-8738. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s12193-015-0208-1>. Citado 7 vezes nas páginas 38, 45, 46, 49, 53, 54 e 55.

NOVAK, D.; NAGLE, A.; RIENER, R. Linking recognition accuracy and user experience in an affective feedback loop. *IEEE Transactions on Affective Computing*, v. 5, n. 2, p. 168–172, April 2014. ISSN 1949-3045. Citado 4 vezes nas páginas 38, 49, 54 e 61.

NUNES, M. Computação afetiva personalizando interfaces, interações e recomendações de produtos, serviços e pessoas em ambientes computacionais. *Projetos e Pesquisas em Ciência da Computação no DCOMP/PROCC/UFS*, v. 1, p. 115–151, 2012. Citado na página 31.

NUNES, M. A. et al. Computação afetiva e a sua influência na personalização de ambientes educacionais: gerando equipes compatíveis para uso em avas na ead. *Educação e Ciberespaço: Estudos, Propostas e Desafios*. Aracaju: Virtus Editora, v. 1, p. 308–347, 2010. Citado na página 31.

OSMAN, H. A.; DONG, H.; SADDIK, A. E. Ubiquitous biofeedback serious game for stress management. *IEEE Access*, v. 4, p. 1274–1286, 2016. ISSN 2169-3536. Citado 4 vezes nas páginas 38, 46, 53 e 54.

PAIVA, A. et al. Towards tangibility in gameplay: Building a tangible affective interface for a computer game. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Multimodal Interfaces*. New York, NY, USA: ACM, 2003. (ICMI '03), p. 60–67. ISBN 1-58113-621-8. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/958432.958446>. Citado 4 vezes nas páginas 38, 49, 53 e 54.

PARNANDI, A.; SON, Y.; GUTIERREZ-OSUNA, R. A control-theoretic approach to adaptive physiological games. In: *Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII), 2013 Humaine Association Conference on*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 7–12. ISSN 2156-8103. Citado 5 vezes nas páginas 38, 45, 46, 53 e 54.

PARSONS, T. D.; REINEBOLD, J. Neuroscience and simulation interface for adaptive assessment in serious games. In: *Games Innovation Conference (IGIC), 2011 IEEE International*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 93–96. Citado 7 vezes nas páginas 38, 40, 41, 45, 46, 53 e 54.

PASSOS, N. R. S. et al. Utilizando jogos serios na reabilitação de tronco para pacientes pós-avc. *SBC - Proceedings of SBGames 2013*, 2013. Citado na página 29.

PICARD, R. *Affective Computing*. MIT Press, 1997. ISBN 9780262661157. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=GaVncRTcb1gC>. Citado 3 vezes nas páginas 23, 30 e 39.

PICARD, R. W.; KLEIN, J. Computers that recognise and respond to user emotion: theoretical and practical implications. *Interacting with Computers*, v. 14, n. 2, p. 141–169, 2002. Disponível em: <http://iwc.oxfordjournals.org/content/14/2/141.abstract>. Citado na página 30.

PRANGE, G. et al. An explorative study into changes in reach performance after gravity compensation training in chronic stroke patients. In: *Rehabilitation Robotics, 2009. ICORR 2009. IEEE International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 867–872. ISSN 1945-7898. Citado na página 28.

PUBMED. PubMed. 2016. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>. Acesso em: 05/01/2016. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 132.

QAMAR, A.; RAHMAN, M. A.; BASALAMAH, S. Adding inverse kinematics for providing live feedback in a serious game-based rehabilitation system. In: 2014 5th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation. [S.l.: s.n.], 2014. p. 215–220. ISSN 2166-0662. Citado na página 27.

QI, G.; LE, X. Products recommend algorithm based on customer preference model and affective computing. In: Control Conference (CCC), 2010 29th Chinese. [S.l.: s.n.], 2010. p. 2981–2986. Citado na página 31.

REEVES, B.; NASS, C. How people treat computers, television, and new media like real people and places. [S.l.]: CSLI Publications and Cambridge university press, 1996. Citado na página 30.

RIZZO, G. User modeling, adaptation, and personalization: 21th international conference, umap 2013, rome, italy, june 10-14, 2013 proceedings. In: _____. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. cap. Design and Evaluation of an Affective BCI-Based Adaptive User Application: A Preliminary Case Study, p. 380–383. ISBN 978-3-642-38844-6. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-38844-6_44. Citado 4 vezes nas páginas 38, 47, 53 e 54.

RODRIGUES, A. F.; NUNES, M. A. S. N. Tornando npcs mais hábeis a simular o comportamento humano: um mapeamento sistemático da literatura sobre computação afetiva em jogos digitais. SBC – Proceedings of SBGames 2014, 2014. Citado na página 29.

SCHROEDER, A.; KROIß, C.; MAIR, T. Context acquisition and acting in pervasive physiological applications. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST, v. 73 LNICST, p. 393–400, 2012. Cited By 0. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 55.

SCOPUS. Scopus. 2016. Disponível em: <http://www.scopus.com>. Acesso em: 05/01/2016. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 132.

SELIGMAN, M. E. P. Felicidade autêntica. [S.l.]: Editora Objetiva, 2004. Citado na página 23.

SELVARAJ, J. et al. Classification of emotional states from electrocardiogram signals: a non-linear approach based on hurst. Biomed. Eng. Online, v. 12, p. 44, 2013. Citado na página 44.

SHAHID, S. et al. You make me happy: Using an adaptive affective interface to investigate the effect of social presence on positive emotion induction. In: Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, 2009. ACII 2009. 3rd International Conference on. [S.l.: s.n.], 2009. p. 1–6. Citado 10 vezes nas páginas 38, 45, 46, 47, 48, 53, 54, 57, 60 e 61.

SHUGRINA, M.; BETKE, M.; COLLOMOSSE, J. Empathic painting: Interactive stylization through observed emotional state. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Non-photorealistic Animation and Rendering. New York, NY, USA: ACM, 2006. (NPAR '06), p. 87–96. ISBN 1-59593-357-3. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1124728.1124744>. Citado 7 vezes nas páginas 38, 40, 41, 47, 48, 53 e 54.

SILVA, P. R. D. et al. Modeling cognitive structure of emotion for developing a pedagogical agent based interactive game. In: Systems, Man and Cybernetics, 2006. SMC '06. IEEE International Conference on. [S.l.: s.n.], 2006. v. 1, p. 339–344. Citado 5 vezes nas páginas 38, 40, 41, 49 e 54.

SILVA, S. K. G. e. Um modelo de avaliação da percepção de tridimensionalidade para sistemas de realidade virtual estereoscópicos. Dissertação (Mestrado) — Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2016. Citado na página 78.

SOURINA, O.; LIU, Y. Eeg-enabled affective applications. In: Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII), 2013 Humaine Association Conference on. [S.l.: s.n.], 2013. p. 707–708. ISSN 2156-8103. Citado 4 vezes nas páginas 38, 47, 53 e 54.

SRIDEVI, S. Immersive virtual reality for pain distraction methodologies and barriers. In: Advanced Computing (ICoAC), 2012 Fourth International Conference on. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–7. Citado na página 22.

STEINMACHER, I. et al. Overcoming open source project entry barriers with a portal for newcomers. In: ACM. Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering. [S.l.], 2016. p. 273–284. Citado na página 77.

SZEGLETES, L.; FORSTNER, B. Reusable framework for the development of adaptive games. In: Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2013 IEEE 4th International Conference on. [S.l.: s.n.], 2013. p. 601–606. Citado 5 vezes nas páginas 38, 40, 41, 47 e 54.

TAN, C. W.; CHIN, S. W.; LIM, W. X. Game-based human computer interaction using gesture recognition for rehabilitation. In: Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), 2013 IEEE International Conference on. [S.l.: s.n.], 2013. p. 344–349. Citado na página 28.

TAO, J.; TAN, T. Affective computing: A review. In: Affective computing and intelligent interaction. [S.l.]: Springer, 2005. p. 981–995. Citado na página 31.

TAROZZI, M. O que é a grounded theory: metodologia de pesquisa e de teoria fundamentada nos dados. Petrópolis: Vozes, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 33.

UDUPA, J. K. et al. A framework for evaluating image segmentation algorithms. Computerized Medical Imaging and Graphics, Elsevier, v. 30, n. 2, p. 75–87, 2006. Citado na página 60.

UNITY-3D. Get Unity. 2016. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/get-unity>>. Acesso em: 27/05/2016. Citado 2 vezes nas páginas 73 e 85.

UNITY-3D. Unity - Manual: Scripting. 2016. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Manual/ScriptingSection.html>>. Acesso em: 27/05/2016. Citado na página 92.

VACHIRATAMPORN, V. et al. Towards the design of affective survival horror games: An investigation on player affect. In: Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII), 2013 Humaine Association Conference on. [S.l.: s.n.], 2013. p. 576–581. ISSN 2156-8103. Citado 5 vezes nas páginas 38, 47, 48, 53 e 54.

VACHIRATAMPORN, V. et al. An implementation of affective adaptation in survival horror games. In: Computational Intelligence and Games (CIG), 2014 IEEE Conference on. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–8. Citado 5 vezes nas páginas 38, 47, 48, 53 e 54.

VANDERMAESEN, M. et al. Rehoblet: A home-based rehabilitation game on the tablet. In: e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 2014 IEEE 16th International Conference on. [S.l.: s.n.], 2014. p. 411–416. Citado na página 28.

VERHULST, A.; YAMAGUCHI, T.; RICHARD, P. Physiological-based dynamic difficulty adaptation in a theragame for children with cerebral palsy. In: . [S.l.: s.n.], 2015. p. 164–171. Cited By 0. Citado 6 vezes nas páginas 38, 40, 41, 45, 46 e 54.

WANG, H.-S. et al. Using augmented reality gaming system to enhance hand rehabilitation. In: Education Technology and Computer (ICETC), 2010 2nd International Conference on. [S.l.: s.n.], 2010. v. 3, p. V3–243–V3–246. Citado na página 22.

YANNAKAKIS, G. N. Game adaptivity impact on affective physical interaction. In: Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, 2009. ACII 2009. 3rd International Conference on. [S.l.: s.n.], 2009. p. 1–6. Citado 6 vezes nas páginas 38, 40, 41, 45, 46 e 54.

YIN, H. et al. A data-driven approach for online adaptation of game difficulty. In: 2015 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG). [S.l.: s.n.], 2015. p. 146–153. ISSN 2325-4270. Citado na página 23.

Apêndices

Apêndice A – Protocolo de revisão sistemática

OBJETIVO: Identificar o estado da arte da adaptação de aplicações usando computação afetiva.

QUESTÕES DE PESQUISA:

- a) Quais técnicas têm sido utilizadas para reconhecer o estado emocional do usuário?
 - b) Sabendo-se o estado emocional do usuário, quais são as possibilidades de adaptar a aplicação computacional?
1. **População:** Projetos que trabalham com a adaptação de aplicações baseadas no estado afetivo do usuário.
 2. **Intervenção:** Técnicas de reconhecimento de emoção e elementos adaptados.
 3. **Resultados esperados:** Visão abrangente e profunda a respeito das técnicas de computação afetiva para adaptação de aplicações a partir do estado emocional do usuário.
 4. **Aplicações:** Aplicações computacionais, especialmente voltadas para a área da saúde, que realizaram adaptação afetiva.

PALAVRAS-CHAVE: affective adaptation, affective game, affective computing.

MÉTODO DE BUSCA: Com base nas palavras-chave, strings de busca serão construídas e submetidas nas principais bases. Os artigos encontrados serão listados, terão seus títulos e resumos lidos para verificação de adequação aos critérios de inclusão e exclusão. Caso atenda aos quesitos do protocolo, o mesmo será selecionado.

CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE FONTES: As fontes deverão estar disponíveis via *web*, preferencialmente em bases de dados científicas da área. Poderão ser selecionados também,

trabalhos disponíveis em outros meios, desde que atendam aos requisitos da Revisão Sistemática.

BASES DE DADOS: As buscas acontecerão nas seguintes bases de dados: biblioteca digital do IEEE (IEEE, 2016), biblioteca digital da ACM (ACM, 2016), *Scopus* (SCOPUS, 2016) e *PubMed* (PUBMED, 2016).

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO (I) DOS ESTUDOS PRIMÁRIOS:

- (I1) trabalhos que abordem a adaptação afetiva de aplicações ou jogos, explanando desde o reconhecimento de emoções até as adaptações realizadas;
- (I2) trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas.

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO (E) DOS ESTUDOS PRIMÁRIOS

- (E1) trabalhos que não usam técnicas de CA;
- (E2) trabalhos que não usam tais técnicas para adaptação de aplicações/jogos.

CRITÉRIO DE QUALIDADE: Serão considerados apenas trabalhos que visam a adaptação de aplicações computacionais por meio da utilização de Computação Afetiva. Pesquisas com focos muito distintos serão excluídas.

Apêndice B – Treinamento dos programadores para a realização do experimento

B.1 Conhecendo a Computação Afetiva

Você já ouviu falar sobre “Computação Afetiva”? A Computação Afetiva é uma área da Computação que acredita que, se um computador for capaz de reconhecer o estado emocional de um usuário, será possível fornecer algum tipo de *feedback*.

Uma das principais aplicações de Computação Afetiva consiste na adaptação afetiva, que é adaptar uma aplicação computacional em tempo real de acordo com o estado emocional do usuário. A adaptação afetiva pode apresentar inúmeros benefícios, especialmente aos jogos, em que a manutenção do interesse e da motivação do usuário é um aspecto importante. Dessa forma, quando um jogador ficar triste, por exemplo, o jogo sofreria alguma adaptação, como a alteração da música ou, ainda, do nível de dificuldade. A adaptação afetiva pode ser dividida em três etapas: o reconhecimento da emoção, a tomada de decisão e execução da adaptação no jogo. Assista ao vídeo e entenda melhor: (https://youtu.be/S_pJ1FIBNtU).

Em uma pesquisa na literatura científica, verificamos que a maioria das aplicações que usam adaptação afetiva apresentam um alto custo de desenvolvimento: ou o programador implementa tudo, desde o reconhecimento de emoção até a adaptação afetiva, ou ele utiliza algum software que infere o estado emocional do usuário – e acopla isso ao seu projeto de alguma forma.

É com o intuito de facilitar todo esse processo nós estamos propondo um *framework*. Com ele, basta você cadastrar seu jogo no nosso sistema, importar um pacote no seu projeto *Unity* para que seu jogo seja compatível com adaptação afetiva. Por padrão, a adaptação permite a troca da música de fundo do jogo e a inserção de imagens no ambiente. No entanto, você pode se sentir livre para implementar as adaptações que quiser! O código é aberto.

O que nós queremos saber agora é: como você, programador, avalia o nosso *framework*?

B.2 Conheça os módulos do framework

B.2.1 Módulo de Reconhecimento

Este módulo é responsável pelo reconhecimento do estado emocional do usuário. A função desse módulo é bastante simples: capturar as expressões faciais, inferir os estados

emocionais e registrá-los em um banco de dados. Existem diversas técnicas que permitem o inferir o estado emocional do usuário. Neste experimento, nós utilizaremos a análise de expressões faciais por meio de uma *webcam*. Caso você deseje trocar a técnica de reconhecimento de emoção no futuro, não tem problema: basta que o *log* de emoções seja salvo no banco de dados, que será consultado pelo módulo Controlador.

Para o experimento, nós já disponibilizaremos o módulo implementado com o apoio do SDK *Affective*. Esse sistema foi desenvolvido em plataforma *web* e reconhece sete emoções: alegria, tristeza, desgosto, desprezo, medo, surpresa e raiva. Por conta de restrições do SDK, pedimos que você utilize o navegador *Mozilla Firefox* durante o experimento.

Assista ao vídeo (<https://youtu.be/jYaMj8EmgIg>) e veja o módulo de Reconhecimento funcionando na prática. Embora ele tenha interface gráfica, é ideal que o jogador não veja esta tela enquanto joga, apenas a tela do jogo. Assim, evita-se que o jogador simule emoções.

B.2.2 Módulo Controlador

Agora que você já sabe como reconhecer o estado emocional do usuário, é preciso configurar o que vai acontecer no jogo quando o usuário estiver triste, por exemplo. O *framework* foi desenvolvido com a premissa de que será utilizado por profissionais de saúde, como fisioterapeutas, para ampliar a motivação do paciente durante terapias que utilizem jogos digitais. Por isso, neste módulo nós teremos dois usuários:

1. O programador, que será responsável por cadastrar o projeto no Controlador (e depois acoplar o módulo de Adaptação no projeto *Unity* e disponibilizar esse jogo para terceiros); e também deverá escolher quais são as emoções desejáveis ou indesejáveis para o seu jogo. Por

exemplo: em um jogo de corrida, é ideal que o usuário sinta alegria, enquanto o medo é uma emoção não desejável. Em um jogo de terror a situação seria diferente, pois o ideal seria que o usuário sentisse medo.

2. O fisioterapeuta:

- que poderá criar grupos de perfis de usuário. A função de um grupo é simples: existe um grupo de pessoas que são motivadas por música, enquanto outro grupo de pessoas é motivado por imagens. Para cada jogo, o fisioterapeuta poderá criar diversos grupos de perfis e, para cada grupo, escolher qual adaptação deverá ser realizada quando uma emoção desejável ou indesejável é identificada.
- que poderá enviar arquivos (como músicas e imagens) para o sistema – e usá-los na adaptação do jogo.

Como assim? Ainda utilizando o Jogo de Corrida como exemplo, podemos criar dois grupos de usuário: o grupo Motivados por música e o grupo Motivados por velocidade. Para cada um desses grupos, serão escolhidas as ações de adaptação para as emoções Desejáveis e Indesejáveis. Durante o jogo, será possível escolher a qual grupo o paciente pertence. Dessa forma, para um mesmo jogo, podem acontecer diferentes adaptações para diferentes pacientes.

O módulo Controlador também foi desenvolvido em plataforma *web*, na linguagem PHP, e os vídeos a seguir apresentam sua utilização na prática:

1. Cadastrando o jogo: <https://youtu.be/QEu6F5WJ3RU>.
2. Classificando as emoções do jogo: <https://youtu.be/8ydX1hUsG2g>.
3. Enviando arquivos para o jogo (fisioterapeuta): <https://youtu.be/7tpPaDAGj68>.
4. Criação de grupos de perfis de usuário: <https://youtu.be/kLJQ1vNM1Hc>.

B.2.3 Módulo de Adaptação

Este módulo é quem vai monitorar, a cada intervalo de tempo, o *webservice* para verificar qual adaptação deve ser realizada no jogo – conforme as configurações feitas no módulo Controlador. Este módulo consiste em um pacote a ser importado no seu projeto *Unity*. Após a importação, basta inserir o *prefab* na cena desejada e digitar o código do jogo (que é obtido no módulo anterior). Assista ao vídeo e confira o processo de importação: <https://youtu.be/fi-OacBq7sM>.

Quando o módulo de adaptação é acoplado corretamente no projeto, os seguintes ícones serão exibidos na tela do jogo (quando ele estiver em execução):

Reconhecendo: quando o Módulo de Reconhecimento está em execução, inferindo corretamente o estado emocional do usuário, é apresentado na tela um *emoji* que representa a emoção inferida no momento atual, o símbolo de ondas que indica que a captura está acontecendo corretamente e, por fim, o campo de seleção onde o fisioterapeuta poderá escolher, na hora do jogo, qual perfil de adaptação será considerado para a execução das adaptações. É importante ressaltar que esses perfis de usuário são criados no módulo Controlador – e são carregados no jogo assim que a execução é iniciada.

Não reconhecendo: quando o Módulo de Reconhecimento não está em execução ou houve algum problema na captura ou aferição do estado emocional do usuário, o ícone de ondas é exibido sobreposto por um sinal amarelo, indicando ao fisioterapeuta que verifique o funcionamento do Reconhecimento. Na análise de emoções por expressões faciais, a captura pode deixar de ser realizada em alguns instantes quando o usuário vira o rosto para o lado, por exemplo.

É também aqui que você pode exercer a sua criatividade e implementar quantas adaptações desejar. Como cada projeto tem um ambiente virtual diferente, nesta etapa a personalização de cada projeto torna-se indispensável. Por isso, atualmente estão implementadas duas funções de adaptação universais: a alteração da música de fundo do jogo e a inserção de imagens bidimensionais durante a execução do jogo.

B.2.4 Como seria, na prática?

- Primeiro você cadastra, no Controlador, o jogo que está desenvolvendo e faz o *download* do pacote para Unity.
- Depois, você deverá abrir seu projeto Unity, importar o pacote e arrastar o prefab para a cena.
- Ainda na *Unity*, clique no *prefab* em *Hierarchy* (na aba esquerda) e em seguida, no Inspector (aba direita), informe a chave secreta da sua aplicação (você obtém essa chave no Controlador).
- Volte ao Controlador, cadastre grupos de perfis de usuário.
- Acesse o portal de reconhecimento de emoção e inicie a execução.

- Dê *play* no jogo e veja o sistema funcionando.

Apêndice C – Roteiro do experimento com programadores

Ao participar deste experimento, você declara estar de acordo com o Termo de Consentimento. Caso encontre algum problema ou inconsistência durante a realização do experimento, por favor, comunique ao aplicador.

Para participar do experimento, você precisará:

- Ter a versão mais recente da *Unity* instalada em seu computador.
- Ter um projeto *Unity* compatível com a última versão.
- Uma *webcam*/câmera integrada ao notebook para usar o módulo de Reconhecimento.
- Navegador *Mozilla Firefox* para executar o módulo de Reconhecimento.

Vamos lá:

1. Preencha o Formulário de Caracterização de Perfil.
2. Responda ao formulário de autoeficácia.
3. Leia o material de treinamento.

Siga as etapas:

- Responda novamente ao formulário de autoeficácia.
- Abra o projeto *Unity*.
- Pelos próximos 05 minutos, você deverá executar o projeto de testes, dar *play* e conferir como ele funciona por padrão.

Agora você poderá configurar adaptações para este jogo. Para isso, siga as etapas:

- Acesse o módulo Controlador.

O seu *login* e senha foram fornecidos pelo aplicador. Você recebeu também um *link* de acesso a um Diário onde, ao longo da realização das atividades previstas no item a seguir, deverá escrever em texto livre como está sendo utilizar o sistema: o que você entendeu, o que você teve facilidade ou dificuldade para fazer, como também suas dúvidas. Lembre-se que não estamos avaliando você, mas sim a facilidade de uso do sistema. As informações que você escrever nos ajudarão a encontrar as melhorias necessárias.

- No menu lateral, clique em “Jogos” e, na tela que será carregada, clique no botão “Novo”.

- Informe o nome de “Corredor” para o jogo e clique em “Salvar”.
- Uma tela será exibida informando os procedimentos necessários para acoplar o *framework* em seu projeto. Siga as instruções.

Agora, para testar as funcionalidades de adaptação no seu jogo, será preciso que você faça as atividades inerentes aos fisioterapeutas:

- Siga as atividades descritas no documento Roteiro do Fisioterapeuta.

Etapa final

- No Controlador, clique em “Jogos” no menu lateral e, ao lado do jogo que você criou, clique em “Reconhecimento de Emoções”. Na página que será aberta, clique em “Começar”. Lembre-se que, para este procedimento funcionar, você precisa estar utilizando o *Mozilla Firefox*.
- Volte para a *Unity* e, pelos próximos 05 minutos, você deverá executar o jogo e conferir as adaptações que configurou.
- Responda novamente ao formulário de autoeficácia.
- Responda ao Modelo de Aceitação de Tecnologia.

Obrigado pela sua participação!

Apêndice D – Formulário de caracterização de perfil do programador

*Obrigatório

Nome completo *

Sua resposta

Endereço de e-mail *

Sua resposta

Sexo *

☐ Masculino

☐ Feminino

Qual o seu nível de escolaridade? *

☐ Graduação em andamento

☐ Graduação concluída

☐ Mestrado em andamento

☐ Mestrado concluído

☐ Doutorado em andamento

☐ Doutorado concluído

☐ Outro: _____

Em qual ano você concluiu a graduação? *

Sua resposta

Quantos anos você tem de experiência com programação
(contando a experiência da graduação)? *

Escolher
Menor que um ano
De um a dois anos
De dois a quatro anos
Cinco anos ou mais

Classifique a sua habilidade com programação *

	1	2	3	4	5	6	
Baixa habilidade	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Alta habilidade

Você já desenvolveu algum jogo ou aplicação com Unity? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Se respondeu SIM à pergunta anterior, classifique o seu nível de conhecimento em Unity

	1	2	3	4	5	6	
Pequeno	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Alto

Como você avalia sua experiência com jogos como desenvolvedor?

	1	2	3	4	5	6	
Pequena experiência	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Grande experiência

Como você avalia sua experiência com jogos como jogador? *

	1	2	3	4	5	6	
Pequena experiência	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Grande experiência

Você conhecia ou já ouviu falar de Computação Afetiva antes de participar deste experimento? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Apêndice E – Formulário de autoeficácia do programador

*Obrigatório

Nome completo: *

Sua resposta

Em que fase do experimento você está? *

Escolher

Eu consigo, neste momento e com meu atual conhecimento,
desenvolver aplicações com adaptação afetiva *

[illegible]

Eu acredito, neste momento, que não terei dificuldades para desenvolver aplicações com adaptação afetiva *

[illegible]

Neste momento, eu me considero capaz de implementar um jogo com adaptação afetiva sem a utilização de um framework ou biblioteca *

[illegible]

Neste momento, eu me considero capaz de implementar um jogo com adaptação afetiva, desde que com a utilização de um framework ou biblioteca *

[illegible]

Apêndice F – Formulário de aceitação de tecnologia pelo programador

*Obrigatório

Nome completo *

Sua resposta

Atitude em relação

Na minha opinião, é preferível desenvolver jogos com adaptação afetiva do que jogos sem tal característica *

	1	2	3	4	5	6	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

Na minha opinião, é melhor desenvolver jogos com adaptação afetiva usando o framework do que sem *

	1	2	3	4	5	6	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

Intenção comportamental de uso

Se eu trabalhar com desenvolvimento de jogos futuramente, eu gostaria de utilizar o framework no projeto *

[illegible]

Utilidade percebida

Eu acredito que a adaptação afetiva pode tornar os jogos mais interessantes *

[illegible]

Eu acredito que os jogadores podem apresentar maior engajamento para realizar as atividades com o uso do jogo afetivo *

[illegible]

Eu acredito que a adaptação da música no jogo pode ajudar a motivar os usuários *

[illegible]

Eu acredito que a adaptação de imagens no jogo pode ajudar a motivar os usuários *

[illegible]

Facilidade de uso percebida

Utilizei menos tempo para tornar o jogo afetivo com o uso do framework do que gastaria sem o apoio do mesmo *

[illegible]

É fácil entender como o framework é composto e quais são as funcionalidades de cada módulo *

[illegible]

Considero fácil importar o pacote do framework no projeto Unity e efetuar as configurações necessárias *

[illegible]

Apêndice G – Treinamento dos fisioterapeutas para a realização do experimento

G.1 Introdução

O objetivo desta pesquisa é disponibilizar um sistema que facilite o desenvolvimento de jogos afetivos. O jogo afetivo tem a capacidade de reconhecer o estado emocional do usuário e se adaptar a ele. Este tipo de aplicação, que se adapta de acordo com a emoção do usuário, usa conceitos de Computação Afetiva.

Atualmente, fazer um jogo assim pode não ser uma das tarefas mais fáceis porém, com a nossa proposta, o custo para o programador tornar seu jogo afetivo se torna mínimo e, você, fisioterapeuta, poderá escolher quais adaptações deverão acontecer em um jogo afetivo. Quer um exemplo? Você está tratando um paciente que adora música. Logo, se ele estiver triste durante a utilização do jogo, você pode configurar para que a música seja trocada. Assista ao vídeo: https://youtu.be/S_pJ1FIBNtU.

Para que a adaptação afetiva possa acontecer de um modo mais fácil, nós dividimos o sistema em três partes diferentes:

G.2 Reconhecimento

Neste primeiro subsistema, é feito o reconhecimento do estado emocional do usuário. Para isso, nós utilizaremos uma *webcam*. Veja a figura e entenda como o processo funciona:

O reconhecimento da emoção por meio de expressão facial considera alguns pontos da face - como as extremidades da boca, por exemplo. Com base nos movimentos destes pontos, é possível inferir automaticamente a emoção do usuário, sem a necessidade de uma calibragem.

Você pode estar se perguntando: essa é a única forma de reconhecer emoções? Não, existem várias técnicas! O reconhecimento da emoção pela análise de expressões faciais é uma abordagem barata – e que não causa incômodo ao paciente, pois ele não terá nenhum sensor junto ao corpo.

Tipo	<i>Sem sensores</i>	<i>Com sensores</i>
Conforto

Ah, é importante lembrar que a análise da expressão facial é realizada por meio de uma teoria, que considera sete emoções: alegria, surpresa, medo, tristeza, desgosto, desprezo, raiva. Confira a imagem:

Assista ao vídeo e veja como funciona o módulo de reconhecimento de emoções na prática: <https://youtu.be/jYaMj8EmgIg>.

G.3 Controlador

G.3.1 Classificação das emoções

É aqui que entra a sua maior atuação. No módulo Controlador, você poderá escolher quais emoções são desejáveis e indesejáveis para um jogo. Como assim? Imagine que você irá usar um jogo de corrida de carro com o paciente. Neste jogo, seria interessante que esse paciente sinta surpresa, mas não sinta medo, certo? É justamente este tipo de configuração que você irá fazer: classificar as sete emoções como desejáveis ou indesejáveis. Esta classificação deverá ser feita para cada jogo, portanto, uma emoção pode ser desejável em um jogo e indesejável em outro jogo. Confira o exemplo:

Emoção	Jogo de Corrida	Jogo de Terror
Alegria	Desejável	Indesejável
Surpresa	Desejável	Desejável
Medo	Indesejável	Desejável
Raiva	Indesejável	Desejável
Desgosto	Indesejável	Indesejável
Desprezo	Indesejável	Indesejável
Tristeza	Indesejável	Indesejável

Esta classificação das emoções em duas categorias é importante porque, quando for escolher qual adaptação deverá ser realizada, você escolherá uma ação para cada categoria: ou seja, a ação de adaptação será a mesma para as emoções do grupo desejável, por exemplo.

Como assim? Utilizaremos como exemplo o Jogo de Corrida da tabela acima. Quando o usuário sentir alegria ou surpresa, a ação de adaptação será a mesma para ambas as emoções, pois a adaptação foi escolhida para a categoria Desejável. Da mesma forma, a ação escolhida para a categoria Indesejável será executada quando o usuário sentir medo, raiva, desgosto, desprezo ou tristeza.

Assista ao vídeo e veja a classificação na prática: <https://youtu.be/8ydX1hUsG2g>.

G.3.2 Grupos de perfis de usuário

Tem gente que adora música e não consegue ficar um dia sem ouvir. Para estas pessoas, as músicas podem representar muito e, inclusive, afetar o seu estado emocional. Para outras

peessoas, por exemplo, a música não importância alguma - ou o seu impacto pode ser muito, muito pequeno.

<p>GRUPO</p> <p>Motivados por música</p> <p>Aumentar volume</p> <p>Trocar música</p>	<p>GRUPO</p> <p>Motivados por imagem</p> <p>Ação para emoção desejável</p> <p>Exibir prêmios</p> <p>Ação para emoção indesejável</p> <p>Exibir imagens alegres</p>	<p>GRUPO</p> <p>Motivados por desafio</p> <p>Aumentar dificuldade</p> <p>Diminuir dificuldade</p>
---	---	--

Para cada jogo, você poderá criar diversos grupos de perfis de usuário. A função de um grupo é simples: existe um grupo de pessoas que são motivadas por música, enquanto outro grupo de pessoas é motivado por imagens. Para cada jogo, você poderá criar diversos grupos de perfis e, para cada grupo, escolher qual adaptação deverá ser realizada.

Como assim? Ainda utilizando o Jogo de Corrida como exemplo, podemos criar dois grupos de usuário: o grupo Motivados por música e o grupo Motivados por velocidade. Para cada um desses grupos, serão escolhidas as ações de adaptação para as emoções Desejáveis e Indesejáveis. Durante o jogo, você poderá escolher a qual grupo o paciente pertence. Dessa forma, para um mesmo jogo, podem acontecer diferentes adaptações para diferentes pacientes.

Assista ao vídeo e veja a configuração na prática: <<https://youtu.be/kLJQ1vNM1Hc>>.

G.3.3 Arquivos

Como você já viu, entre as adaptações previstas para os jogos, estão a alteração de músicas e a exibição de imagens. Está curioso para saber quais músicas e imagens poderá escolher? As que você quiser! As músicas e imagens que serão exibidas no jogo serão escolhidas por você. Você poderá enviá-las para o sistema e classificá-las como animadas, não-animadas ou neutra.

Como assim? Com esta classificação em “animada”, “neutra” ou “não-animada”, você pode agrupar músicas por categoria. Por exemplo: se o usuário estiver triste e você quiser animá-

lo, certamente escolherá a categoria “animada” das músicas, evitando que músicas consideradas tristes, por exemplo, sejam tocadas.

Assista ao vídeo e veja o envio de arquivos na prática: <https://youtu.be/7tpPaDAGj68>.

G.4 Adaptação

Adaptação: este módulo é responsável por monitorar o Controlador, receber e executar a adaptação que deverá ser executada (conforme as configurações que você fez).

O programador é o principal usuário deste módulo. Quando ele acoplar o módulo ao jogo, no canto superior direito aparecerão algumas informações que permitem identificar se a captura das expressões faciais do usuário está sendo realizada, como também selecionar qual o grupo de perfil de usuário será considerado para a adaptação.

No campo de seleção, você pode escolher qual o grupo de perfil de usuário deseja utilizar. O grupo de perfil de usuário pode ser trocado a qualquer momento. Por sua vez, as carinhas representam o estado emocional do usuário no instante. Quando nenhuma carinha aparecer e o desenho de ondas (sinais) estiver coberto por um círculo amarelo, o sistema está informando que houve um problema na captura das expressões faciais (final do vídeo).

Assista ao vídeo: <https://youtu.be/VFk0aoGg4Ug>.

G.5 Revisando

Você já viu que a adaptação afetiva pode ser dividida em três atividades: reconhecer a emoção, controlar as adaptações e, finalmente, aplicar essas adaptações no jogo. Na prática, no entanto, a ordem em que essas atividades acontecem é a seguinte:

- Primeiro, o programador torna o jogo compatível com a adaptação afetiva. Você não precisa se preocupar com isso pois, quando o programador enviar o jogo para você, ele já estará compatível com a adaptação afetiva. O programador deverá lhe enviar um *link* para acessar o módulo Controlador e possa efetuar as configurações necessárias, conforme você desejar.
- Depois, com acesso ao módulo Controlador, você irá classificar as emoções para o jogo, enviar arquivos e criar os grupos de perfis de usuário.

A partir daí, sempre que foi utilizar o jogo com adaptação afetiva, basta fazer o seguinte:

- Iniciar o *software* de reconhecimento de emoção.
- Abrir o jogo com adaptação afetiva.
- No jogo, escolher a qual grupo de perfil de usuário o jogador se enquadra.

Apêndice H – Roteiro do experimento com fisioterapeutas

ROTEIRO DO FISIOTERAPEUTA

Etapa 1 - Jogos

Nesta primeira etapa, precisamos classificar as emoções que serão consideradas desejáveis e indesejáveis para o jogo que iremos adaptar conforme o estado emocional do usuário.

Para isso, faça as seguintes atividades:

1. Clique na opção "Jogos" do menu lateral.
2. Identifique o jogo "Corredor" na listagem.
3. Selecione a opção "Classificar".
4. Na tela "Classificar", defina quais emoções devem ser consideradas como desejáveis e indesejáveis para este jogo.
5. Clique em "Salvar" para gravar as alterações realizadas.

Se a operação tiver ocorrido com sucesso, será exibida a seguinte mensagem: "Classificação realizada com sucesso!". Se houver erro, por favor, registre no diário e chame o aplicador do experimento.

Anote o horário de finalização da atividade.

Etapa 2 - Arquivos

Agora serão enviados para o sistema os arquivos (imagens e áudio) que serão utilizados na adaptação do jogo. Neste caso, as músicas precisam estar no formato OGG. Você pode fazer o download dos arquivos [clcando aqui](#).

Siga as atividades:

1. Selecionar a opção "Arquivos" no menu lateral.
2. Selecionar a opção "Enviar novo".
3. Clicar no botão "Escolher arquivo".
4. Na janela que se abrirá, selecione a música "Macarena".

5. Em "Nome do arquivo", digite "Macarena".
6. Em "Tipo do Arquivo", selecionar a opção "Animado".
7. Clicar em "Salvar".

Se a operação tiver ocorrido com sucesso, será exibida a seguinte mensagem: "Arquivo enviado com sucesso!".

Se houver erro, por favor, registre no diário e chame o aplicador do experimento.

Repita os procedimentos para os seguintes arquivos de áudio:

Música na pasta	Nome do arquivo	Tipo do Arquivo
Better When I'm Dancing	Better When I'm Dancing	Animado
You are Beautiful	You are Beautiful	Não-animado
We are young	We are young	Neutro

Repita os procedimentos para os seguintes arquivos de imagem:

Arquivo na pasta	Nome do arquivo	Tipo do Arquivo
Confete	Confete	Animado
Presente	Presente	Não-animado
Alvo	Alvo	Neutro

Quando finalizar, anote o horário do término dessa atividade.

Etapas 3 - Grupos

Agora serão criados os grupos, que representam os perfis dos usuários. É com base nestes perfis que as adaptações acontecerão no jogo como, por exemplo: para quem gosta de música, as músicas serão alteradas de acordo com o estado emocional.

Siga os passos:

1. Selecionar a opção "Grupos" no menu lateral.
2. Selecionar a opção "Novo".
3. Em nome do grupo, preencher: "Motivados por música".

4. Em "Jogo", selecionar a opção "Corredor".
5. Em "Ação para estado desejável", escolher a opção "Tocar música".
6. Em "Tipo de arquivo desejado", escolher a categoria "Animada".
7. Em "Ação para estado indesejável", escolher a opção "Tocar música".
8. Em "Tipo de arquivo desejado", escolher a categoria "Neutro".
9. Clicar em "Salvar".

10. Selecionar a opção "Novo".
11. Em nome do grupo, preencher: "Motivados por imagem".
12. Em "Jogo", selecionar a opção "Corredor".
13. Em "Ação para estado desejável", escolher a opção "Exibir imagem".
14. Em "Tipo de arquivo desejado", escolher a categoria "Neutro".
15. Em "Ação para estado indesejável", escolher a opção "Exibir imagem".
16. Em "Tipo de arquivo desejado", escolher a categoria "Animada".
17. Clicar em "Salvar".

Se a operação tiver ocorrido com sucesso, será exibida a seguinte mensagem: "Grupo cadastrado com sucesso!". Se houver erro, por favor, registre no diário e chame o aplicador do experimento.

Quando finalizar, anote o horário do término dessa atividade.

Apêndice I – Formulário de caracterização de perfil do fisioterapeuta

*Obrigatório

Endereço de e-mail *

Seu e-mail

Nome completo *

Sua resposta

Sexo *

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino

Qual o seu nível de escolaridade? *

- ☐ Graduação concluída
- ☐ Mestrado em andamento
- ☐ Mestrado concluído
- ☐ Doutorado em andamento
- ☐ Doutorado concluído

Em qual ano você concluiu a graduação? *

Sua resposta

Quantos anos você tem de experiência no atendimento clínico? *

Escolher

Menor que um ano

De um a dois anos

De dois a quatro anos

Cinco anos ou mais

Você já utilizou jogos digitais com pacientes de reabilitação? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Se respondeu SIM à questão anterior, quantos anos têm de experiência com a utilização de jogos em reabilitação?

Escolher

Menor que um ano

De um a dois anos

De dois a quatro anos

Cinco anos ou mais

Você conhece ou já ouviu falar de Computação Afetiva? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

Apêndice J – Formulário de autoeficácia do fisioterapeuta

Afirmações

Por favor, atribua uma nota de 1 a 5 para cada afirmação, onde 1 representa "discordo totalmente" e 5 representa "concordo totalmente"

Eu sou capaz de escolher quais adaptações devem acontecer em um jogo

	1	2	3	4	5	6	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

Eu consigo entender quais emoções o paciente pode sentir durante a utilização de um jogo

[illegible]

Eu consigo configurar alterações em um jogo (para torná-lo afetivo) sem a ajuda de um profissional de Tecnologia da Informação

[illegible]

Eu posso entender o perfil do paciente para configurar o jogo afetivo adequadamente

[illegible]

Eu consigo escolher imagens ou áudios que podem influenciar o estado emocional do usuário

[illegible]

Eu sou capaz de classificar emoções em desejáveis e indesejáveis para um jogo

[illegible]

Apêndice K – Formulário de aceitação de tecnologia pelo fisioterapeuta

*Obrigatório

Nome completo *

Sua resposta

Facilidade de uso percebida

Aprender a usar o sistema é fácil *

	1	2	3	4	5	6	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

Interagir com o sistema não requer muito esforço mental *

	1	2	3	4	5	6	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

É fácil de lembrar como realizar as atividades no sistema *

	1	2	3	4	5	6	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

Eu considero o sistema fácil de usar *

	1	2	3	4	5	6	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

Atitude em relação

Na minha opinião, é melhor usar o sistema e considerar jogos afetivos no processo de reabilitação do que utilizar os jogos digitais sem adaptação *

	1	2	3	4	5	6	
Discordo totalmente	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Concordo totalmente

Apêndice L – Análise do engajamento e da valência dos pacientes

Tabela 4 – Dados para análise da motivação dos pacientes: média geral (MG) da valência (V) e do engajamento (E) das atividades por paciente (P) nas jogadas adaptativas (A) e não-adaptativas (NA). ME indica a média do engajamento, MV a média da valência, % E> a porcentagem de jogadas com índice de engajamento superior a ME e % V> a porcentagem de jogadas com índice de valência superior a MV.

P	Atividade	MG		ME		MV		%E>		%V>	
		E	V	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA
1	Caixa-Ida	24.54	5.62	33.17	15.91	14.89	-3.66	78%	50%	22%	0%
1	Caixa-Volta	22.27	-1.80	32.04	12.49	5.46	-9.05	78%	50%	78%	100%
1	Feijao	26.43	-1.62	33.52	19.34	-1.59	-1.65	67%	40%	94%	97%
1	Limpa	28.63	-5.78	23.19	34.06	-2.39	-9.17	42%	69%	45%	31%
1	Palito	27.55	-0.69	28.17	26.93	-4.11	2.73	69%	65%	93%	100%
2	Caixa-Ida	35.65	-8.57	35.43	35.87	-10.91	-6.24	60%	67%	20%	33%
2	Caixa-Volta	17.69	-4.86	21.70	13.67	-10.86	1.14	67%	33%	33%	0%
2	Feijao	52.64	-20.88	41.76	63.52	-22.11	-19.65	42%	80%	63%	80%
2	Limpa	3.71	-1.29	5.71	1.70	-1.69	-0.90	8%	0%	15%	7%
2	Palito	59.95	-26.36	56.72	63.19	-32.99	-19.73	50%	59%	75%	71%
3	Caixa-Ida	28.93	-35.88	33.91	23.95	-30.20	-41.56	50%	50%	50%	67%
3	Caixa-Volta	37.53	-36.54	37.22	37.84	-37.10	-35.98	83%	40%	50%	40%
3	Feijao	40.60	-20.67	39.57	41.62	-19.00	-22.34	48%	48%	86%	82%
3	Limpa	39.61	-34.69	44.66	34.55	-31.05	-38.34	62%	53%	82%	74%
3	Palito	45.40	-14.80	50.21	40.59	-9.60	-19.99	58%	44%	89%	81%
4	Caixa-Ida	20.93	-7.02	22.13	19.74	-5.89	-8.15	67%	50%	67%	50%
4	Caixa-Volta	18.79	-2.06	20.55	17.03	-1.13	-2.99	67%	75%	83%	100%
4	Feijao	17.42	-3.53	20.48	14.35	-4.01	-3.05	63%	67%	73%	57%
4	Limpa	24.17	-3.40	27.76	20.58	-3.44	-3.36	88%	68%	50%	50%
4	Palito	15.93	-3.69	16.80	15.07	-2.72	-4.65	82%	77%	70%	53%

Apêndice M – Gráficos comparativos do paciente 1 nas atividades

Figura 43 – Índices do paciente 1 na atividade da Caixa (ida)

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 44 – Índices do paciente 1 na atividade da Caixa (volta)

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 45 – Índices do paciente 1 na atividade do Feijão

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 46 – Índices do paciente 1 na atividade de Limpar

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 47 – Índices do paciente 1 na atividade do Palito

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Apêndice N – Gráficos comparativos do paciente 2 nas atividades

Figura 48 – Índices do paciente 2 na atividade da Caixa (ida)

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 49 – Índices do paciente 2 na atividade da Caixa (volta)

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 50 – Índices do paciente 2 na atividade do Feijão

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 51 – Índices do paciente 2 na atividade de Limpar

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 52 – Índices do paciente 2 na atividade do Palito

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Apêndice O – Gráficos comparativos do paciente 3 nas atividades

Figura 53 – Índices do paciente 3 na atividade da Caixa (ida)

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 54 – Índices do paciente 3 na atividade da Caixa (volta)

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 55 – Índices do paciente 3 na atividade do Feijão

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 56 – Índices do paciente 3 na atividade de Limpar

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 57 – Índices do paciente 3 na atividade do Palito

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Apêndice P – Gráficos comparativos do paciente 4 nas atividades

Figura 58 – Índices do paciente 4 na atividade da Caixa (ida)

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 59 – Índices do paciente 4 na atividade da Caixa (volta)

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 60 – Índices do paciente 4 na atividade do Feijão

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 61 – Índices do paciente 4 na atividade de Limpar

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Figura 62 – Índices do paciente 4 na atividade do Palito

Fonte: Renan Vinicius Aranha, 2017

Anexos

Anexo A – Experimento com pacientes - parecer do comitê de ética

Plataforma Brasil - Ministério da Saúde

Escola de Artes, Ciências e Humanidades - EACH/USP

PROJETO DE PESQUISA

Título: Realidade Virtual em deficientes físicos: proposta de intervenção prática.

Área Temática:

Pesquisador: Carlos Bandeira de Mello Monteiro

Versão: 2

Instituição: Escola de Artes, Ciências e Humanidades -
EACH/USP

CAAE: 03851012.7.0000.5390

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Número do Parecer: 81015

Data da Relatoria: 20/08/2012

Apresentação do Projeto:

Realidade Virtual em deficientes físicos: proposta de intervenção prática.

Objetivo da Pesquisa:

Verificar as dificuldades existentes nos jogos de realidade virtual disponíveis no mercado e principalmente propor modificações para viabilizar a funcionalidade e participação do deficiente em jogos virtuais.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos minimos

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto de pesquisa adequado aos objetivos propostos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

P TCLE está adequado!

Recomendações:

Aprovação do projeto

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências foram sanadas e o projeto deve ser aprovado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Colegiado concorda com a análise do parecerista e considera o projeto de pesquisa aprovado.

23 de Agosto de 2012

Assinado por:
Beatriz Aparecida Ozello Gutierrez

Anexo B – Termo de consentimento livre e esclarecido (paciente)

EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Carlos Bandeira de Mello Monteiro, Professor Doutor do curso de Ciências da Atividade Física da EACH-USP, realizo uma pesquisa intitulada de Realidade Virtual em deficientes físicos: proposta de intervenção prática. Essa pesquisa tem como objetivos: desenvolver e adaptar os jogos virtuais existentes às necessidades do deficiente físico possibilitando sua participação e inclusão social.

Para tanto, gostaria que você participasse desta pesquisa, na qual me comprometo a seguir a Resolução CNS 96/1996, relacionada à Pesquisa com Seres Humanos, respeitando o seu direito de:

- 1- Ter liberdade de participar ou deixar de participar do estudo, sem que isso lhe traga algum prejuízo ou risco,
- 2- Manter o seu nome em sigilo absoluto, sendo que o que disser não lhe resultará em qualquer dano à sua integralidade,
- 3- Interromper a participação na pesquisa caso se sinta incomodado(a) com a mesma,
- 4- Responder as questões levantadas pelo pesquisador(a) caso seja solicitado(a) para uma entrevista, onde será marcado um local na instituição, horário e data em que possa se sentir mais confortável,
- 5- Garantia de receber uma resposta a alguma dúvida durante ou após a participação na pesquisa.

Esclareço-lhe que ao participar dessa pesquisa, poderá correr risco mínimo de escorregar durante as tarefas devido ao fato de exigir movimentos dos braços e pernas, por isso sempre haverá duas pessoas responsáveis ao lado para ensinar as tarefas e garantir a segurança.

Esclareço-lhe ainda que o tempo estimado de sua participação será de 30 minutos.

A sua participação nesta pesquisa ajudará a responder várias perguntas sobre como pessoas com deficiência conseguem ou não fazer algum movimento. Estes dados irão ajudar vários familiares e deficientes a entender melhor as dificuldades de movimento.

Este Termo de Consentimento será emitido em duas vias, sendo que uma via ficará em poder do pesquisador e a outra em poder do participante.

Deixo o telefone e o endereço do CEP-EACH-USP no rodapé deste impresso, para que possa obter mais esclarecimentos ou informações sobre o estudo e sua participação.

Grato (a) pela atenção

Assinatura do (a) pesquisador (a)

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/____.

Assinatura do sujeito de pesquisa (ou responsável legal)

Identificação do CEP-EACH-USP: Endereço: Av. Arlindo Bétio, 1000 – Ermelino Matarazzo – CEP: 05508-000 – São Paulo – SP - Telefone: 3091-1046 - e-mail: cep-each@usp.br

Anexo C – Termo de consentimento livre e esclarecido (fisioterapeuta e programador)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

APRESENTAÇÃO

Prezado (a),

O(A) Senhor(a) está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa acadêmica intitulada “**Computação afetiva para adaptação de contexto em jogos sérios**”, que tem como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema computacional que permita a adaptação de jogos (digitais) sérios com base no estado emocional do usuário, permitindo que o fisioterapeuta escolha quais adaptações devem acontecer no jogo.

O experimento está dividido nas seguintes etapas: **1)** Fornecimento de instruções sobre Computação Afetiva, os componentes do sistema computacional e a tarefa a ser realizada no mesmo; **2)** Preenchimento do termo de consentimento, dos formulários de caracterização de perfil e de autoeficácia; **3)** Efetiva participação do(a) voluntário(a), utilizando-se um jogo computacional e executando-se uma bateria de atividades que consiste em interagir com o sistema computacional, configurando as adaptações que serão realizadas em cada jogo; **4)** Utilização do jogo após a realização das atividades, preenchimento do formulário com o Modelo de Aceitação de Tecnologia e, novamente, do formulário de caracterização de perfil.

CONFIDENCIALIDADE

Os dados obtidos serão empregados no aprimoramento do sistema computacional, possibilitando o desenvolvimento de um sistema adequado, com facilidade de uso, sendo publicados em dissertação de mestrado e artigos científicos.

Toda informação coletada neste estudo é confidencial e seu nome não será identificado em momento algum. Da mesma forma, você se compromete a não comunicar os seus resultados enquanto não terminar o estudo, bem como manter sigilo dos documentos apresentados e que fazem parte do estudo.

RISCOS E DESCONFORTOS

Os riscos envolvendo sua participação neste estudo não são maiores do que aqueles existentes nas suas atividades regulares com o uso de sistemas computacionais.

BENEFÍCIOS

Sua participação será muito valiosa para nossa pesquisa. Você provavelmente não terá benefícios diretos ao participar deste estudo. No entanto, a ferramenta avaliada no experimento estará disponível como um programa para você usar. Esperamos que os resultados do experimento levem

a uma melhor compreensão sobre o processo de adaptação afetiva, especialmente sua utilização nos jogos computacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Informações sobre a pesquisa ou dúvidas sobre a utilização do sistema computacional poderão ser solicitadas a qualquer momento, direto ao pesquisador responsável, que acompanhará os experimentos. A participação na pesquisa não acarretará nenhum tipo de despesa ao(a) voluntário(a). Deve-se ressaltar que a participação é voluntária e que não haverá nenhuma espécie de remuneração.

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o(a) Sr.(a), _____, portador(a) da C.I.R.G. nº _____, órgão emissor _____-_____, sexo _____, nascido(a) em ____/____/_____, telefone (____) _____, email _____, profissão _____, declara que foi realizada leitura minuciosa das informações constantes neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, com explicações detalhadas, ficando ciente dos procedimentos aos quais será submetido(a). Deve-se ressaltar que o(a) voluntário(a) pode a qualquer momento retirar seu Consentimento Livre e Esclarecido, deixando de participar da pesquisa e ciente de que todas as informações prestadas tornar-se-ão confidenciais e guardadas por força de sigilo profissional.

Por fim, o(a) voluntário(a) declara que, após convenientemente esclarecido(a) pelo pesquisador e ter entendido o que foi explicado, aceita participar da pesquisa “Computação Afetiva para adaptação de contexto em jogos sérios”, firmando o termo em duas vias (uma via para o(a) voluntário(a) e outra para o pesquisador responsável), que serão rubricadas em todas as suas páginas e assinadas ao seu término.

Voluntário(a) _____

Data ____/____/____

Pesquisador _____

____/____/____