



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

VIRGÍNIA CARRAZZONE CAVALCANTI

**PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE PARA SISTEMAS
INTERATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA NA PRÁTICA DE
REABILITAÇÃO MOTORA**

Recife

2019

VIRGÍNIA CARRAZZONE CAVALCANTI

**PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE PARA SISTEMAS
INTERATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA NA PRÁTICA DE
REABILITAÇÃO MOTORA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Design.

Área de concentração: Planejamento e contextualização de artefatos.

Orientador: Prof. Dr. Walter Franklin Marques Correia

Coorientadora: Profa. Dr^a. Alana Elza Fontes da Gama

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Jéssica Pereira de Oliveira, CRB-4/2223

C376p Cavalcanti, Virgínia Carrazzone
Proposta de avaliação de usabilidade para sistemas interativos de realidade aumentada na prática de reabilitação motora / Virgínia Carrazzone Cavalcanti. – Recife, 2019.
146f.: il.

Orientador: Walter Franklin Marques Correia.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design, 2019.

Inclui referências e anexos.

1. Realidade aumentada. 2. Reabilitação motora. 3. Usabilidade.
I. Correia, Walter Franklin Marques (Orientador). II. Título.

745.2 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2019-148)

VIRGÍNIA CARRAZZONE CAVALCANTI

**PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE PARA SISTEMAS
INTERATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA NA PRÁTICA DE
REABILITAÇÃO MOTORA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Design.

Aprovada em: 17/04/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Walter Franklin Marques Correia (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Marcelo Xavier Natario Teixeira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dr^a. Helda Oliveira Barros (Examinadora Externa)
CESAR School

Com esperança de trazer novas possibilidades para nosso futuro, dedico este trabalho ao meu marido, que sempre acreditou em meu potencial, e aos meus filhos, que surgiram e preencheram nossas vidas durante esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço imensamente ao meu companheiro, por acreditar em mim e me dar toda a força e o incentivo necessário à conclusão deste trabalho, sendo sempre positivo nos momentos em que eu não conseguia enxergar além. Em seguida, agradeço a minha família, em especial minha mãe, pelo suporte incondicional, carinho e atenção. A minha sogra Ivanise, e também Natália, Dani, Maria e Fátima pelos braços e amor nos cuidados com meu filho, nas horas em que trabalhava.

Aos amigos e colegas do programa, agradeço pelas colaborações em trabalhos que realizamos juntos, que me trouxeram renovação e novas experiências como designer. Agradeço as meninas do Departamento de Engenharia Biomédica: Vitória Monteiro e Iziane Santana, em especial Izi por me ajudar no planejamento, aplicação dos testes e colaborações em artigos. Aos meninos do Departamento de Informática: Daniel Cavalcanti pela ajuda com os testes; Ricardo Barioni e Zé Roberto, pelo conhecimento técnico que tornaram o ARkanoidAR, objeto de estudo deste trabalho, possível.

Agradeço à equipe do Laboratório de Neurociência Aplicada (LANA) do Departamento de Fisioterapia da UFPE, pela disponibilidade do espaço e a colaboração em meus experimentos com os pacientes. Também aos servidores do departamento de pós-graduação em Design, Flávia e Marcelo, pela atenção e solicitude sempre que precisei. Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro concedido através de bolsa de estudos que viabilizou a realização desta pesquisa.

E por último, mas de extrema importância pra minha evolução neste programa, agradeço a todos os professores que estiveram comigo nessa caminhada, especialmente ao meu orientador Walter Franklin, por estar sempre disponível para ajudar no que precisasse. Obrigada também a minha co-orientadora Alana Elza, que entrou no momento em que eu mais precisava de uma luz na pesquisa. Agradeço a ambos pela disponibilidade do seu tempo e sua experiência, pois me abriram portas importantes nesta pesquisa.

RESUMO

O aumento no número de estudos que envolvem o uso de realidade aumentada (RA), demonstra um crescente interesse por esta tecnologia. Na área de saúde, em especial nos tratamentos para reabilitação motora, a RA tem sido utilizada para guiar e orientar os movimentos necessários às terapias. Para que estes tratamentos possam ser efetuados remotamente com sucesso, é necessário que os usuários tenham autonomia, compreendam bem as informações transmitidas e realizem os movimentos de forma correta e segura. Para isso, mecanismos de avaliação de usabilidade são fundamentais na entrega de um produto condizente com as capacidades dos indivíduos e suas limitações. Este trabalho uniu os requisitos para reabilitação motora e princípios e diretrizes de RA, para formular uma proposta de avaliação que contemplou a interação do usuário com o sistema e a percepção de uso. Os métodos definidos foram aplicados em dois estudos de caso que contaram com uma amostragem de 75 usuários divididos em três grupos. Os dois primeiros envolveram usuários jovens com boa saúde, e o terceiro usuários com idades entre 30 e 80 anos que possuíam déficit de mobilidade. Foi utilizado como objeto de estudo o jogo ARkanoidAR, que utiliza RA para rastrear os movimentos corpo em 3D e exibir instruções precisas para correção dos movimentos através de feedbacks. A análise das interações verificou semelhanças nos resultados, porém o desempenho no grupo de pacientes sofreu mais variações e apresentou médias mais baixas, quando comparado ao grupo de usuários saudáveis. Houveram indicativos de aprendizado ao longo das fases e os dados demonstraram que alguns feedbacks foram mais eficientes que outros. Já as avaliações de percepção de uso tiveram as análises prejudicadas devido à diversidade no grau de instrução, idade e seqüelas dos participantes. No grupo dos usuários saudáveis estes dados contribuíram significativamente para detectar problemas críticos de usabilidade. A proposta de avaliação deste trabalho contribuiu para melhorar a usabilidade do jogo, e as diferenças expostas na aplicação dos métodos entre os grupos de usuários contribuem com informações relevantes para designers e pesquisadores planejem, selecionem métodos de avaliação e desenvolvam jogos semelhantes.

Palavras-chave: Realidade aumentada. Reabilitação motora. Usabilidade.

ABSTRACT

The increase in the number of published studies involving the use of augmented reality (AR) demonstrates a growing interest in this technology. In the area of health, especially in motor rehabilitation treatments, AR has been used to guide the movements required for therapies. For the success of remotely treatments it is necessary the users have autonomy, understanding the information transmitted by the applications, and performing the movements correctly and safely. Resources for usability evaluation are fundamental in the delivery of a product that is compatible with the capabilities of individuals and with their limitations. This work combined the requirements for motor rehabilitation, and principles and guidelines applied to AR, to formulate an evaluation proposal that contemplated user's interaction with the system and the perception of use. The selected methods were applied in two case studies that had a total sample of 75 users divided into three groups. The first two involved young users with good health, and the third used users between the ages of 30 and 80 who had mobility deficits. The game ARkanoidAR was used as object of study. It uses RA to track body movements in 3D and display accurate instructions for correcting movements through feedbacks. Was verified similarities in the results through the analysis of the interactions, however, the performance in the group of patients suffered more variations and presented lower means when compared to the group of healthy users. There was evidences of learning verified through the data compared throughout the phases, which also showed that some feedbacks were more efficient than others. On the other hand, the perceptions of use evaluations may have been impaired in the patient's group for they had diversity in education, age, and motor sequelae. However, in the group of healthy users, this data contributed significantly to detect critical usability problems. The proposed evaluation presented in this work contributes to the improvement the game usability, and the differences exposed in the application of the methods between the two groups of users contribute to designers and researchers to receive relevant information for the planning, selection of evaluation methods and development of similar games.

Keywords: Augmented reality. Motor rehabilitation. Usability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Evolução das interfaces.....	28
Figura 2 -	Realidade Mista segundo o continuum de Milgram.	29
Figura 3 -	Modelo de atributos para aceitação do sistema (NIELSEN, 1993). Traduzido pela autora desta dissertação.....	32
Figura 4 -	Diagrama PRISMA da seleção dos artigos validados para elegibilidade.	46
Figura 5 -	Tipo de avaliação em número de artigos (A) e em porcentagem (B).	48
Figura 6 -	Tipo de abordagem em número de artigos (A) e em porcentagem (B).....	49
Figura 7 -	Métodos utilizados em número de artigos (A) e em porcentagem (B).	50
Figura 8 -	Sexo dos participantes.....	51
Figura 9 -	Perfil dos participantes.....	51
Figura 10 -	Deficiências a que se destinam as soluções.	51
Figura 11 -	Fluxo da relação no entre os requisitos de reabilitação motora, atributos de usabilidade e os princípios e diretrizes de usabilidade para RA.	58
Figura 12 -	Modelo da proposta de avaliação realizada nesta pesquisa.	68
Figura 13 -	Fluxograma dos estudos de caso aplicados.....	70
Figura 14 -	Print screen da interface.....	72
Figura 15 -	Print screen da interface mostrando o feedback de texto e imagem para correção de erro.....	72
Figura 16 -	Orientações para os movimentos: (A) “Deixe seu braço mais aberto”; (B) “Deixe a coluna mais ereta”; (C) “Deixe seu braço mais fechado”; e (D) “Estique seu cotovelo”.....	74
Figura 17 -	Elementos do ARkanoidAR 1.0 que foram alterados.....	76
Figura 18 -	Print screen da interface ARkanoidAR 2.0 mostrando o feedback de texto e imagem para correção de erro, agora com indicativo de correto/errado na posição.....	77
Figura 19 -	Print screen da interface ARkanoidAR 2.0 mostrando a área delimitada para aparecer o feedback para correção do movimento através da imagem animada.	78
Figura 20 -	Orientações para os movimentos: (A) “Deixe seu braço mais aberto”; (B) “Deixe a coluna mais ereta”; (C) “Deixe seu braço mais fechado”; e (D) “Estique seu cotovelo”.....	79

Figura 21 -	Print screen da interface do ARkanoidAR 2.0 mostrando a área delimitada para aparecer o feedback para correção do movimento através da imagem animada.	80
Figura 22 -	Disposição dos participantes durante o experimento: (1) pesquisador que configura e administra os recursos para jogo; (2) usuário posicionado a uma distância mínima de 2m do Kinect®; (3) Kinect®; (4) projetor; (5) quadro branco ou parede branca livre de interferências; (6) pesquisador que toma nota de observações empíricas sobre o comportamento do usuário e administra os questionários após as rodadas.	85
Figura 23 -	Fluxo de atividades do protocolo da primeira fase dos experimentos: usuários saudáveis.	87
Figura 24 -	Disposição dos participantes durante o experimento: (1) pesquisador que configura e administra os recursos para jogo, toma nota de observações empíricas sobre o comportamento do usuário e aplica os questionários após as rodadas; (2) usuário posicionado a uma distância mínima de 2m do Kinect®; (3) Kinect®; (4) monitor; (5) formulários dos questionários em papel.	89
Figura 25 -	Fluxo de atividades do protocolo da segunda fase dos experimentos: usuários pacientes.	90
Figura 26 -	Taxa de sucesso dos movimentos para todos os usuários.	94
Figura 27 -	Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo ATI.	94
Figura 28 -	Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo TIA.	94
Figura 29 -	Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo IAT.	94
Figura 30 -	Comparativo entre as médias da taxa de sucesso dos movimentos entre os grupos.	96
Figura 31 -	Notas do questionário para todos os usuários.	97
Figura 32 -	Notas do questionário para o grupo ATI.	97
Figura 33 -	Notas do questionário para o grupo TIA.	97
Figura 34 -	Notas do questionário para o grupo IAT.	97
Figura 35 -	Comparativo entre as médias das respostas dos questionários entre os grupos.	98
Figura 36 -	Média da taxa de sucesso dos movimentos dos usuários saudáveis utilizando o jogo ARkanoidAR 2.0 com todos os feedbacks ativos, na primeira e na segunda fase.	105

Figura 37 -	Taxa de sucesso dos movimentos para todos os usuários pacientes.....	107
Figura 38 -	Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo ATI de pacientes.....	107
Figura 39 -	Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo TIA de pacientes.....	107
Figura 40 -	Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo IAT de pacientes.....	107
Figura 41 -	Comparativo entre as médias da taxa de sucesso dos movimentos entre os grupos de pacientes.	109
Figura 42 -	Notas do questionário para todos os usuários pacientes.	110
Figura 43 -	Notas do questionário para o grupo ATI de pacientes.	110
Figura 44 -	Notas do questionário para o grupo TIA de pacientes.	110
Figura 45 -	Notas do questionário para o grupo IAT de pacientes.	110
Figura 46 -	Comparativo entre as médias das respostas dos questionários entre os grupos de pacientes.	112
Figura 47 -	Média da taxa de sucesso dos movimentos dos usuários saudáveis e pacientes utilizando o jogo ARkanoidAR 2.0 com todos os feedbacks ativos.	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Requisitos que impactam positivamente na reabilitação motora.	27
Tabela 2 -	Princípios de design e diretrizes de usabilidade distribuídos por atributos para aceitação de sistema interativo de Nielsen (1993).	35
Tabela 3 -	Requisitos para avaliação de aplicação com interação em RA.	41
Tabela 4 -	CrITÉrios de inclusão e exclusão, fase da Triagem.	43
Tabela 5 -	CrITÉrios de inclusão e exclusão, fase da Elegibilidade.	43
Tabela 6 -	Práticas metodológicas mais aplicadas nos experimentos.	55
Tabela 7 -	Composio dos métodos para proposta de avaliao.	59
Tabela 8 -	Itens originais do SUS com sentenças alternadas entre positivas e negativas e características investigadas em cada item, segundo Lewis e Sauro (2009).	64
Tabela 9 -	Questionários específicos para cada feedback, estruturados conforme o SUS (com sentenças positivas e negativas) e características investigadas em cada item.	65
Tabela 10 -	Configuraes editadas no ARkanoidAR 1.0	75
Tabela 11 -	Configurao para ARkanoidAR 2.0	81
Tabela 12 -	Médias e desvios padrão por grupos na taxa de sucesso dos movimentos.	95
Tabela 13 -	Médias e desvios padrão dos questionários separados por grupos.	98
Tabela 14 -	Médias e desvios padrão por grupos de pacientes na taxa de sucesso dos movimentos.	108
Tabela 15 -	Médias e desvios padrão dos questionários separados por grupos de pacientes.	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVC	Acidente Vascular Cerebral
CIn	Centro de Informática
CLI	Command Line Interfaces
Dpto.	Departamento
GUI	Graphical User Interface
HCI	Human-Computer Interaction
LANA	Laboratório de Neurociência Aplicada
NUI	Natural User Interface
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
TA	Tecnologia Assistiva
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UX	User Experience
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VST	Video See-Through
Vs.	Versão
3D	Três Dimensões

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	JUSTIFICATIVA	19
1.2	OBJETIVOS	21
1.2.1	Geral	21
1.2.2	Específicos	21
1.3	DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1	REABILITAÇÃO MOTORA	23
2.1.1	Tecnologia assistiva (TA)	24
2.1.2	Fatores que impactam nos resultados da reabilitação	25
2.1.3	Resumo dos requisitos para reabilitação motora	27
2.2	REALIDADE AUMENTADA E DIRETRIZES DE USABILIDADE	28
2.2.1	Potencial de uso para terapias motoras	29
2.2.2	Diretrizes para usabilidade em RA.....	31
2.2.2.1	Facilidade de aprendizagem	36
2.2.2.2	Eficiência	37
2.2.2.3	Facilidade de memorização	38
2.2.2.4	Poucos erros	39
2.2.2.5	Satisfação	40
2.2.3	Resumo dos requisitos para avaliação de RA.....	41
2.3	REVISÃO SISTEMÁTICA	42
2.3.1	Protocolo da revisão	42
2.3.1.1	Identificação	42
2.3.1.2	Triagem	43
2.3.1.3	Elegibilidade	43
2.3.1.4	Classificação	44
2.3.1.4.1	<i>Tipos de avaliação</i>	<i>44</i>
2.3.1.4.2	<i>Tipos de abordagem</i>	<i>45</i>
2.3.2	Resultados	46
2.3.2.1	Resultados dos tipos de avaliação	47
2.3.2.2	Resultados dos tipos de abordagem	48

2.3.2.3	Métodos de avaliação utilizados	49
2.3.2.4	Perfil dos participantes	50
2.3.2.5	Classificação por notas do QualSyst	51
2.3.3	Discussão	53
3	PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE.....	57
3.1	COMPOSIÇÃO DOS MÉTODOS	57
3.2	MÉTRICAS PROPOSTAS	61
3.2.1	Desempenho de tarefa	61
3.2.2	Percepção e cognição	62
3.2.3	Experiência do usuário	66
3.3	MODELO DA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO	67
4	METODOLOGIA.....	69
4.1	OBJETO DO ESTUDO	70
4.1.1	ARkanoidAR 1.0	71
4.1.1.1	Feedbacks do ARkanoidAR 1.0	73
4.1.1.2	Configurações utilizadas	74
4.1.2	ARkanoidAR 2.0	75
4.1.2.1	Feedback de texto do ARkanoidAR 2.0	76
4.1.2.2	Feedback de imagem do ARkanoidAR 2.0	77
4.1.2.3	Feedback de áudio do ARkanoidAR 2.0	80
4.1.2.4	Interface e configuração	80
4.2	PARTICIPANTES	82
4.2.1	Grupo de usuários saudáveis	82
4.2.2	Grupo de usuários pacientes	82
4.3	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS	83
4.4	MATERIAIS	83
4.4.1	Grupo de usuários saudáveis	83
4.4.2	Grupo de usuários pacientes	83
4.5	PROTOCOLO	84
4.5.1	Grupo de usuários saudáveis	84
4.5.2	Grupo de usuários pacientes	88
4.6	ANÁLISE DE DADOS	91
5	ESTUDOS DE CASO	93
5.1	ESTUDO DE CASO 1: ARKANOIDAR 1.0	93

5.1.1	Resultados para ARkanoidAR 1.0 com usuários saudáveis	94
5.1.1.1	Análise de desempenho	94
5.1.1.2	Questionários	96
5.1.1.3	Entrevistas	99
5.1.1.4	Relação entre os resultados	101
5.1.2	Discussão do Estudo de caso 1	102
5.2	ESTUDO DE CASO 2: ARKANOIDAR 2.0	104
5.2.1	Resultados para ARkanoidAR 2.0 com usuários saudáveis	105
5.2.2	Resultados para ARkanoidAR 2.0 com pacientes	105
5.2.2.1	Análise de desempenho	106
5.2.2.2	Questionários	109
5.2.2.3	Entrevistas	113
5.2.2.4	Relação entre os resultados	114
5.2.3	Comparativo dos resultados ARkanoidAR 2.0 com pacientes e usuários saudáveis	115
5.2.4	Discussão do Estudo de caso 2	116
6	DISCUSSÃO.....	118
7	CONCLUSÃO.....	123
7.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	123
7.2	PRINCIPAIS DIFICULDADES	124
7.3	INDICAÇÃO DE TRABALHOS FUTUROS	125
7.4	CONTRIBUIÇÕES PARA O DESIGN	125
7.5	PRODUÇÃO CIENTÍFICA REFERENTE AO PROJETO	127
7.5.1	Artigos publicados	127
7.5.2	Artigos enviados para publicação	127
7.5.3	Apresentação de trabalhos em congresso	128
7.5.4	Resumos publicados em anais de congressos	128
7.5.5	Participação em projeto de extensão em andamento	128
7.5.6	Prêmios	128
7.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
	REFERÊNCIAS	130
	ANEXO A - TABELA COM OS 14 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO QUALSYST PARA ESTUDOS QUANTITATIVOS	137

ANEXO B - NOTAS DO QUALSYST, ATRIBUÍDAS PELAS 2 PESQUISADORAS	138
ANEXO C - ARTIGOS SELECIONADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA, ORDENADOS PELO ESCORE QUALSYST, DO 1º AO 16º	139
ANEXO D - ARTIGOS SELECIONADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA, ORDENADOS PELO ESCORE QUALSYST, DO 17º AO 32º	140
ANEXO E - REPORT DE LOG DO JOGO ARKANOIDAR	141
ANEXO F - TCLE PARA USUÁRIOS PACIENTES	142
ANEXO G - APRESENTAÇÃO ARKANOIDAR VERSÃO 01: APLICADA A USUÁRIOS SAUDÁVEIS	144
ANEXO H - APRESENTAÇÃO ARKANOIDAR VERSÃO 02: APLICADA A PACIENTES	145
ANEXO I - QUESTIONARIO SUS COM ESCALA LIKERT E PICTOGRAMAS	146

1 INTRODUÇÃO

A área da saúde tem grande relevância no contexto social e a demanda permanente de melhorias tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias assistivas. A reabilitação motora tem proporcionado oportunidades para que fisioterapeutas e pesquisadores explorem novos recursos tecnológicos que objetivam melhorar a recuperação motora de pacientes acometidos por acidente vascular cerebral, acidentes traumáticos, ou até mesmo idosos em busca de uma melhor manutenção de suas funcionalidades.

Neste cenário, a Realidade Aumentada (RA) tem sido uma tecnologia amplamente estudada, pois torna os jogos e aplicativos uma alternativa atraente para os serviços de saúde, fornecendo uma variedade de aplicações com características como imersão, interação e envolvimento de acordo com sua finalidade (NUNES et al., 2014). Os jogos foram incorporados às soluções de saúde para facilitar o engajamento do usuário. O uso dessas tecnologias interativas para movimentar áreas afetadas pelo corpo, como braços e mãos, estimula a prática repetitiva de tarefas motoras necessárias para as mudanças neuroplásticas, responsáveis pela recuperação dos movimentos (REGENBRECHT et al., 2014).

Na fisioterapia, os jogos têm proporcionado melhoras no comprometimento do paciente, motivando as sequências de movimento estabelecidas pelo terapeuta durante as sessões de tratamento (FREITAS et al., 2012) e também incentivando aspectos motivacionais e interações que permitem o engajamento e o desafio cognitivo (BURKE et al., 2009a). Porém existem algumas dificuldades pertinentes ao usuário no uso de jogos em terapias, tais como: limitações físicas e cognitivas, pois estes usuários podem apresentar paralisia em um ou mais membros; ter dificuldade em se comunicar; não estar familiarizado com o equipamento; sofrer de depressão e, portanto, achar difícil se concentrar em um programa de terapia e não se envolver com o jogo (BURKE et al., 2009a).

As particularidades de cada indivíduo também podem interferir nos resultados e a utilização de usuários não representativos no desenvolvimento de tecnologias assistivas e de reabilitação, sem considerar suas necessidades clínicas, pode resultar em produtos com baixa aplicabilidade (COOPER et al., 2007). Sendo assim, o envolvimento de usuários no processo de desenvolvimento e validação tem um importante papel para direcionar a aplicabilidade da solução.

Diferente de jogos voltados apenas ao lazer, os jogos para saúde precisam fazer com que os usuários realizem corretamente os movimentos, pois é importante para a segurança dos pacientes enquanto realizam os movimentos. Para isso, a mensagem deve ser passada de forma adequada e compreensível a eles, dentro de suas capacidades. Porém, uma revisão da literatura para pesquisas de usabilidade em reabilitação motora com RA mostrou que a prática mais comum é a utilização de usuários saudáveis nos experimentos (Seção 2.3.2), sem considerar as particularidades que demandam os pacientes a quem se destinam as aplicações em estudo. Em relação aos métodos empregados nestes testes, vem-se priorizando a análise de performance (Seção 2.3.2) em detrimento de análises subjetivas da experiência percebida pelos usuários (CAVALCANTI et al., 2018).

No entanto, não há consenso na literatura sobre uma abordagem metodológica adequada à diversidade de condições do paciente. Para o contexto de avaliações de usabilidade para realidade mista, Bach et al. (2004) afirmaram não encontrar métodos especificamente projetados para estes sistemas. E para usabilidade de jogos com interação gestual, Simor et al. (2016) constataram também não ser evidente uma padronização nas avaliações de usabilidade que abordem quem deve ser avaliado e como isto deve ser feito.

Este trabalho procurará levantar os requisitos para o sucesso de terapias assistivas que envolvam a reabilitação motora, e os princípios e diretrizes de usabilidade de sistemas interativos de RA, que juntos possam compor uma proposta de avaliação de usabilidade. Esta proposta relacionará os requisitos e princípios aos atributos de usabilidade definidos por Nielsen (1993) (aprendizagem, eficiência, memória, erros e satisfação), focando nos dados obtidos a partir da interação do usuário com o sistema e com sua percepção de uso. Espera-se que os métodos definidos para obtenção dos dados auxiliem no aprimoramento destas interfaces para torná-las mais compreensíveis, eficientes e adequadas a qualquer tipo de usuário. Além disso, contribuam para auxiliar designers e desenvolvedores a criar estratégias dentro do processo de design para melhorar a usabilidade.

A proposta de avaliação será aplicada a 2 grupos de usuários: comuns e usuários representativos (pacientes). O intuito é identificar diferenças na aplicação dos métodos entre os dois perfis. Duas hipóteses foram previamente elaboradas: (1) que a percepção dos elementos da interface é equivalente para usuários saudáveis e para pacientes, e por isso seria válido aplicar testes prévios com usuários saudáveis de modo a levar apenas questões em aberto ou soluções para validação com os pacientes. E (2) que a diversidade nas limitações

dos usuários-pacientes interferem na captura de dados quantitativos, como os de performance, não sendo esta análise muito precisa para se chegar a conclusões apenas com este perfil de usuário.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com potencial de aplicação em diversas áreas do conhecimento (KREVELEN; POELMAN, 2010), foi percebido através de revisões sistemáticas da área um crescente interesse por RA nas últimas duas décadas. Porém, segundo essas revisões, carecem estudos abordando testes com usuários ou metodologias para avaliar aplicações de RA (NUNES et al., 2014; DEY et al., 2018).

Em Dey et al. (2018) foi verificado em trabalhos publicados em conferências e periódicos, que o número de artigos de RA publicados em 2014 foi cinco vezes superior ao publicado em 2005, porém a proporção das publicações que realizaram estudos com usuários correspondeu a menos de 10% das publicações de cada ano (DEY et al., 2018). Além da escassez de estudos com usuários, dados demográficos coletados dos participantes mostraram que 62% dos artigos que realizaram estudos com usuários o fizeram com jovens participantes, a maioria estudantes universitários com idade média de 30 anos (DEY et al., 2018).

Apenas 5,8% dos artigos de RA submetidos em congressos específicos da área¹ tratavam de temas sobre avaliações com usuários, enquanto a maioria dos trabalhos submetidos abordavam técnicas de mapeamento (20,1%) e de interação (14,7%) (ZHOU et al., 2008). Este maior esforço de pesquisa para o meio do desenvolvimento técnico acaba se sobressaindo às publicações com temas que propunham analisar o comportamento e a relação emocional dos usuários com as aplicações em RA, deixando de lado as avaliações da experiência de uso (*user experience* - UX) e resultando no design de interfaces geralmente mal desenhadas e pouco testadas com os usuários (ZHOU et al., 2008).

¹International Workshop on Augmented Reality (IWAR), International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), International Symposium on Mixed Reality (ISMR), International Symposium on Augmented Reality (ISAR).

Em publicações que realizavam experimentos com jogos voltados a saúde (*Serious Games*), apenas 17% dos estudos entre o período de 2002 e 2016 envolveram pacientes ou uma combinação de usuários com diferentes capacidades. Os outros 83% analisados foram realizados com usuários saudáveis (YÁÑEZ-GÓMEZ et al., 2016). Os autores deste trabalho ressaltam que o perfil de “usuários-pacientes” podem especialmente interferir ou modificar a forma como interagem, por suas condições físicas e mentais, mas que, na literatura, o número recomendado de usuários envolvidos em uma avaliação é controverso e dependeria da técnica utilizada (YÁÑEZ-GÓMEZ et al., 2016).

Além da variedade das condições físicas dos usuários-pacientes, os pesquisadores costumam se deparar com usuários iniciantes, ou leigos, que não tiveram qualquer experiência anterior de interação com RA ou jogos com finalidades terapêuticas. Estes usuários são comumente surpreendidos com a experiência única proporcionada pela RA, porém podem se deparar com limitações tecnológicas, tais como: latência na renderização, falha no rastreamento, erro de registro e problemas de percepção, que eles normalmente não experimentariam em um ambiente de interação convencional, constituindo-se um desafio a mais para a avaliação da experiência de uso (BAI; BLACKWELL, 2012).

A amostragem tendenciosa e diversa, e a não inclusão de usuários representativos nos testes, conforme exposto acima, podem dificultar as avaliações de usabilidade por obterem dados que não refletem as necessidades, desejos e limitações dos usuários finais destas aplicações. Aplicar uma abordagem do design centrado no usuário para o desenvolvimento de tecnologias interativas em saúde poderia melhorar a funcionalidade e a usabilidade para os pacientes, aumentando a probabilidade de promover os comportamentos e os resultados de saúde pretendidos (DABBS et al., 2009).

Por outro lado, a maior disponibilidade de uma amostragem de usuários saudáveis que são mais facilmente recrutados em escolas e universidades, e as informações que podem ser obtidas com eles, tais como: satisfação, aceitação e engajamento (YÁÑEZ-GÓMEZ et al., 2016). Além do mais, usuários saudáveis podem vir a ser usuários de tecnologias assistivas em algum momento da vida, seja por um acidente traumático ou por uma condição de saúde adquirida, como por exemplo seqüelas causadas por um AVC (COOPER et al., 2007).

A oportunidade deste estudo surgiu da necessidade de se encontrar uma solução adequada para avaliar aplicações para fisioterapias motoras que utilizam RA. Para os

pacientes, seria prudente poupá-los fisicamente de testes desnecessários devido à diversidade de limitações que os acometem. Já para usuários saudáveis, o questionamento seria que tipo de informações poderiam ser obtidas para contribuir com a melhora da usabilidade para os usuários finais. O sucesso desta pesquisa contribuirá fornecendo informações relevantes que podem ser utilizadas no processo de design de soluções semelhantes.

1.2 OBJETIVOS

Diante do exposto acima, chegou-se ao problema de pesquisa: **Como avaliar adequadamente a usabilidade em jogos ou aplicações para reabilitação motora, que fazem uso de RA para interagir com os usuários?** Para responder a pergunta da pesquisa, foram definidos os objetivos geral e específicos detalhados a seguir.

1.2.1 Geral

Estruturar uma proposta de avaliação que contemple a interação do usuário com o sistema e a percepção de uso através da investigação de problemas de usabilidade em sistemas interativos de RA relacionando à prática de reabilitação motora. Objetiva-se que os métodos selecionados nesta proposta contribuam satisfatoriamente com o aprimoramento das interações destas soluções e, que possa ser aplicado a diferentes perfis de usuários.

1.2.2 Específicos

Esta pesquisa propõe-se a:

- Contextualizar o atual cenário de avaliações de usabilidade para aplicações de reabilitação motora com uso de RA através de uma revisão sistemática da literatura;
- Pesquisar princípios e diretrizes para avaliação de uso de tecnologias de RA e os requisitos para o desenvolvimento de tecnologias para terapias motoras;
- Determinar as diferenças na aplicação da proposta de avaliação entre usuários saudáveis e pacientes através de experimentos;
- Verificar se a percepção dos elementos da interface é equivalente para usuários saudáveis e para pacientes;

- Verificar se medidas de desempenho durante o uso de aplicações de RA em reabilitação motora podem fornecer dados equiparáveis a ambos os perfis de usuários.

1.3 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

A proposta de avaliação desta dissertação almeja ser de interesse para desenvolvedores, pesquisadores, designers e fisioterapeutas, e pode fornecer informações relevantes para ser utilizada no processo de design de soluções semelhantes, por exemplo, na definição de protocolos para experimentos e em testes de validação de aplicações.

Esta pesquisa foi dividida em 6 etapas. A primeira delas foi o levantamento dos conceitos necessários ao estudo, através da exposição do referencial teórico (Seção 2) que foi subdividido em 3 tópicos: ‘Reabilitação Motora’, onde foi contextualizado o campo desta pesquisa, expondo os requisitos que impactam positivamente o resultado da terapias assistidas por tecnologias (Seção 2.1); ‘Realidade Aumentada e diretrizes de usabilidade’ onde foi apresentado o potencial desta tecnologia para terapias motoras, e expostos os princípios e diretrizes que norteiam as avaliações de usabilidade para interações com RA (Seção 2.2); e Revisão sistemática da literatura, onde os dados obtidos ajudaram a contextualizar o cenário atual das avaliações de usabilidade dentro deste recorte, identificando os tipos e abordagens de avaliação, métodos para coleta de dados e o perfil dos usuários presente nas amostragens dos testes (Seção 2.3).

A segunda etapa (Seção 3) consistiu na apresentação e construção da proposta de avaliação, onde os conceitos e as práticas apresentados no referencial teórico foram relacionados entre si para se chegar nos métodos e métricas utilizados nos experimentos. Na terceira etapa (Seção 4), a Metodologia detalhou as características do objeto de estudo, e a formatação definida para os experimentos aplicados nos estudos de caso. A quarta etapa (Seção 5) contemplou os estudos de caso, onde foram expostos os resultados e discussões de cada fase dos experimentos. E a quinta e sexta etapas (Seção 6 e 7) foram respectivamente as discussões gerais e conclusões finais deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma visão geral sobre o referencial teórico que norteia esta pesquisa. Através da interdisciplinaridade das três áreas que contemplam este estudo (reabilitação motora, realidade aumentada e usabilidade) propõe-se um formato de avaliação que focará na interação do usuário com o sistema e na percepção de uso. Além dos requisitos para cada área, as práticas correntes abordadas na revisão da literatura foram levadas em consideração para estruturar a proposta de avaliação (Seção 3) de usabilidade com os dois perfis de usuários (saudáveis e pacientes).

Para reabilitação motora foi preciso consultar estudos que abordavam orientações importantes para o bom desempenho nos tratamentos. E para a tecnologia de RA, buscou-se na literatura diretrizes de usabilidade adaptadas ou específicas, que orientassem o foco das avaliações diante das interações com esta tecnologia. Estes assuntos são abordados a seguir divididos em dois tópicos: reabilitação motora e realidade aumentada.

2.1 REABILITAÇÃO MOTORA

A reabilitação abrange um conjunto de intervenções, criadas para otimizar o funcionamento e reduzir incapacidades em indivíduos que possuem limitações físicas e/ou cognitivas, dando melhores condições para que eles possam interagir com o ambiente. A reabilitação busca maximizar a capacidade das pessoas de viverem, trabalharem e aprenderem até o máximo de seu potencial, podendo também reduzir dificuldades funcionais associadas ao envelhecimento e melhorar sua qualidade de vida (WHO, 2017).

Os profissionais desta área trabalham em parceria com os pacientes, os ajudando a melhorarem seus movimentos e reduzir a dor, para atingir o objetivo de se recuperarem de deficiências ou aprenderem a conviver com sua condição motora. Existem divergências entre os médicos sobre as indicações para fisioterapia, e os critérios para estabelecer uma indicação concreta para o tratamento não são explícitos e podem variar conforme diagnóstico médico e funcional (HENDRIKS et al., 2000). Porém algumas condições de saúde demandam mais comumente o tratamento com exercícios terapêuticos, tais como: traumatismos, lesões musculares, artrites, osteoporose, esclerose múltipla, queimaduras, pacientes ortopédicos no

pós-operatório, anomalias congênitas, envelhecimento, acidentes vasculares cerebrais (AVC, popularmente conhecido como “derrame”), dentre outros (TAYLOR et al., 2007).

Para os próximos 16 anos, projeções apontam que a população continuará envelhecendo, aumentando a faixa da população com 65 anos ou mais (ORTMAN et al., 2014; COLBY; ORTMAN, 2015). Estima-se que o número de AVC irá mais que duplicar em 40 anos, predominando a ocorrência entre os mais idosos (acima de 75 anos) (HOWARD; GOFF, 2012). Atualmente o AVC é a segunda causa mais comum de morte e principal causa de incapacidade entre os idosos. A alta incidência de AVC demanda uma crescente busca por terapias assistivas para os sobreviventes, chegando os gastos com saúde e políticas sociais representar na ordem de 2 - 4% do orçamento total de saúde segundo estimativas (DONNAN et al., 2008).

2.1.1 Tecnologia assistiva (TA)

Segundo o Comitê de Ajudas Técnicas Brasileiro, instituído pela da Secretaria Especial dos Direitos Humanos em 2016, com o intuito de dar transparência e legitimidade ao desenvolvimento de tecnologias de ajuda técnica e assim promover os direitos humanos e a inclusão social, o termo “tecnologia assistiva” (TA) foi definido como:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (SEDH, 2009)

As tecnologias assistivas, através da ampliação da comunicação, mobilidade, controle do ambiente, habilidades de aprendizado e trabalho, podem ser compreendidas como um auxílio e uma ferramenta para promoção ou recuperação de uma habilidade funcional que encontra-se deficitária ou impedida por circunstância de deficiência ou envelhecimento (BERSCH, 2017). No Brasil, a falta de profissionais, a vasta extensão do território nacional e o baixo investimento em políticas públicas para atenção primária em saúde, dificultam o acesso dos pacientes aos recursos de TA na reabilitação (MARTEN et al., 2014; SANTOS; CAMPOS, 2015). Uma alternativa para a expansão dos tratamentos para além das áreas metropolitanas, e que tem potencial para apresentar redução nos custos dos tratamentos,

comparado com os tratamentos presenciais tradicionais, é a telereabilitação (PERETTI et al., 2017). A telereabilitação emprega o uso da telecomunicação e computação para entrega de TA, que tornam possível a assistência remota, poupando a necessidade dos profissionais de saúde se deslocarem até os pacientes, ou estes se deslocarem por longas distâncias para continuarem seus tratamentos (COOPER et al., 2007).

Os produtos assistivos são importantes para melhorar as funcionalidades e aumentar a independência dos pacientes, contudo os usuários precisam fazer o uso seguro e de forma eficaz para manutenção do tratamento. Para isso a solução de TA deve permitir ajustes, que cabem aos profissionais de reabilitação configurar corretamente as aplicações conforme a necessidade dos pacientes evolui ao longo do tratamento (WHO, 2017). Além disso, o sucesso no desenvolvimento dessas terapias depende da compreensão das particularidades e subjetividades que envolvem o comportamento destes pacientes e o contexto do ambiente onde estão inseridos (COOPER et al., 2007).

Porém, apesar do aumento notável no número de pacientes tratados pela telereabilitação desde 2007, uma barreira na aceitação desta tecnologia como ferramenta para terapias é o ceticismo por parte dos pacientes devido à interação remota com seus médicos ou terapeutas (PERETTI et al., 2017). Além da competência técnica para o desenvolvimento e o treinamento adequados para as pessoas envolvidas, o feedback dos pacientes pode contribuir para adaptar técnicas e abordagens de reabilitação às suas necessidades, ajudando a melhorar a qualidade da reabilitação remota no futuro (PERETTI et al., 2017).

2.1.2 Fatores que impactam nos resultados da reabilitação

Os métodos utilizados nas terapias estão sendo orientados cada vez mais pelo conhecimento de vários campos, não apenas entre fisioterapeutas e médicos, mas também com biomecânicos, fisiologistas, psicólogos e cientistas da computação. Os terapeutas estão começando deixar a forma individualizada de terapia para utilizar mais os recursos tecnológicos disponíveis, tais como: sistemas computadorizados interativos, máquinas de exercício que dão feedback motivacional, sistemas de apoio, esteiras inteligentes, etc (SHEPHERD, 2001). No entanto, ainda precisam ser levadas em consideração as necessidades dos pacientes como um indivíduo ativo no desenvolvimento de soluções para as

terapias (SHEPHERD, 2001), de forma que estas contribuições estejam alinhadas com as reais necessidades destes usuários.

Para pacientes incapacitados que sofreram derrames, evidências apontam que as funcionalidades motoras podem ser recuperadas pela plasticidade cortical, ou seja, o cérebro tem a capacidade de se reorganizar sozinho alternando áreas de outras funcionalidades. O treinamento motor teria então o potencial de impulsionar a reorganização do cérebro e otimizar este desempenho funcional (SHEPHERD, 2001; DOBKIN, 2008).

Desta forma, a reabilitação está cada vez mais focada no treinamento e no exercício para melhorar a força, o tempo das ativações musculares, a aptidão cardiovascular e o treinamento para obter habilidade em ações funcionais (SHEPHERD, 2001). Em casos de pacientes que sofreram derrames, evidências indicam que pacientes com níveis de comprometimento e incapacidade leves a moderados podem se beneficiar de intervenções que dependem de práticas orientadas para tarefas repetitivas na intensidade e duração, necessárias para readquirir uma habilidade (DOBKIN, 2008).

Alguns dos fatores que apresentam impacto positivo na recuperação do paciente e podem auxiliar a configurar estratégias terapêuticas para os tratamentos seriam então:

- **Frequência e intensidade do tratamento**, pois uma maior intensidade na prática de tarefas específicas melhora a independência do indivíduo no desempenho, velocidade e precisão durante as atividades (KWAKKEL et al., 2004; DOBKIN, 2008);
- **Prática e repetição do movimento**, que demonstram ser eficazes para consolidação de memória motora durante a noite na área do córtex do cérebro responsável pelas habilidades motoras (GABITOV et al., 2014);
- **Especificidade do treinamento**, que deve ser voltada para os déficits motores específicos dos pacientes e combinadas com outras técnicas e tratamentos (KRAKAUER, 2006).

Além dos fatores acima, aspectos subjetivos da percepção de uso podem interferir no sucesso e aceitação das tecnologias interativas de saúde, tais como (COOPER et al., 2007):

- **vantagens e desvantagens percebidas nos dispositivos**, pois se os benefícios (percebidos) superam as desvantagens (percebidas), então há uma chance maior de

que o dispositivo seja utilizado. Do contrário (desvantagens superarem benefícios), haverá uma chance de não ser usado;

- **acessibilidade com o ambiente**, pois a presença de barreiras que possam limitar o acesso destes usuários aos tratamentos pode prejudicar a aceitação desses dispositivos;
- **barreiras sociais**, pois dispositivos que indicam publicamente qualquer incapacidade dos indivíduos podem vir a ser considerados constrangedores, e consequentemente interferir na sua aceitação.

Sendo assim, além de estratégias que estimulem os usuários a utilizarem as aplicações, a realização de investigações para medir a experiência de uso faz com que o design centrado no usuário contribua para alcançar a boa funcionalidade e a usabilidade para os pacientes, melhorando a probabilidade de promover comportamentos adequados e melhores resultados de saúde (DABBS et al., 2009).

2.1.3 Resumo dos requisitos para reabilitação motora

Abaixo (Tabela 1) pode-se resumir os requisitos verificados através da literatura exposta, que impactam positivamente na aplicação de reabilitação motora, e que podem ser adequados para configurar a proposta de avaliação pretendida.

Tabela 1 - Requisitos que impactam positivamente na reabilitação motora.

REQUISITOS PARA REABILITAÇÃO MOTORA	
Objetivos:	Frequência e intensidade do tratamento
	Prática e repetição do movimento
	Especificidade do treinamento
Subjetivos:	Vantagens e desvantagens percebidas
	Acessibilidade com o ambiente*
	Barreiras sociais

* Devido à extensão do assunto, este requisito não será abordado no estudo de caso.

2.2 REALIDADE AUMENTADA E DIRETRIZES DE USABILIDADE

Segundo Bonsiepe (1997), a interface é o instrumento onde ocorre a interação entre o usuário e a ferramenta para se chegar a um objetivo. As interações do homem com a interface permitem que se revele o potencial instrumental tanto dos artefatos materiais quanto dos artefatos comunicativos. Para sistemas interativos baseados em computador a ISO 9241-210 (ISO, 2010) define a interface de usuário como: “*todos os componentes de um sistema interativo (software ou hardware) que fornecem informações e controles para o usuário realizar tarefas específicas*”.

O avanço tecnológico dentro do campo da computação permitiu que as interações com as interfaces evoluíssem, passando por linhas de comandos (*Command Line Interfaces - CLI*), interfaces gráficas (*Graphical User Interfaces - GUI*) e hoje interfaces naturais de usuários (*Natural User Interfaces - NUI*) (Figura 1) (HINMAN, 2012).

Figura 1 - Evolução das interfaces.



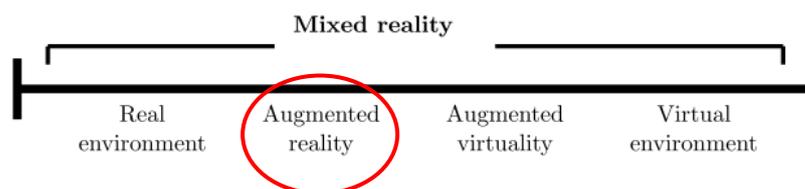
As interfaces CLI surgiram junto com a computação por volta de 1950, e eram voltadas para os desenvolvedores e especialistas que podiam instruir o computador sobre o que fazer, digitando os comandos através de linhas de código. Já as GUI surgiram por volta da década de 1980 e contribuíram com a popularização dos computadores, pois baseavam suas funções em metáforas que traziam objetos gráficos representativos (ícones, menus, janelas, pastas), possibilitando contextualizar o usuário a respeito de seu funcionamento. Isso permitiu que os computadores se disseminassem amplamente, fazendo com que surgissem os computadores pessoais (FERREIRA, 2014).

Hoje, com o surgimento de telas sensíveis ao toque e dispositivos que detectam movimentos, as NUI estão se tornando cada vez mais comuns. Essas interfaces tentam aproveitar interações baseadas em ações naturais humanas como: gestos, comandos de voz, movimentos e até mesmo do olhar, que funcionam como recursos para interagir com o ambiente e outros dispositivos (FERREIRA, 2014).

Estes três tipos de interfaces coexistem e por vezes se completam, porém apesar no nome sugerir, a NUI não é uma interface de usuário natural, mas uma interface que faz seu usuário agir e sentir-se natural ao utilizá-la (WIGDOR; WIXON, 2011). Tem como proposta reduzir as barreiras à computação, ao mesmo tempo em que aumentam o poder do usuário e permitem que a computação acesse outros nichos de uso (WIGDOR; WIXON, 2011).

A RA seria um desses nichos, pois permite a criação de interações com NUI e pode utilizar o ambiente em que está inserido o usuário como dispositivo de interação. Seu objetivo básico é melhorar a percepção e interação do usuário com o mundo real, complementando-o com objetos virtuais que parecem coexistir no mesmo espaço que o mundo real (AZUMA et al., 2001). O continuum de Milgram (MILGRAM, 1994) apresenta em uma escala os ambientes de Realidade Mista que vão do real para o virtual (Figura 2). Nele pode-se visualizar que a RA possui o ambiente circundante mais próximo da realidade do que da virtualidade.

Figura 2 - Realidade Mista segundo o continuum de Milgram.



Segundo Azuma (1997), são três os critérios para classificação de uma aplicação como RA:

- combinar objetos reais e virtuais em um ambiente real;
- possuir interação em tempo real;
- realizar o registro (alinhamento) de objetos reais e virtuais em 3D.

2.2.1 Potencial de uso para terapias motoras

Por utilizar elementos virtuais que simulam o comportamento de movimento, tais como: colisão, reação, simulação física, por exemplo, RA permite criar interações críveis e imersivas (TORI et al., 2006). E ao sobrepor elementos virtuais com imagens captadas por câmeras ou sensores de movimento, a RA tem sido utilizada para reabilitação motora e permite ao usuário receber informações em tempo real durante a realização de suas atividades ou exercícios (REGENBRECHT et al., 2014).

Além de recursos visuais, estas aplicações fornecem a possibilidade de usar feedbacks hápticos, áudio e imagens em movimento (HOSSAIN et al., 2016; SOUSA et al., 2016), que proporcionam ao usuário várias oportunidades de receber a mensagem que está sendo transmitida. Estes feedbacks podem ajudar os usuários a executar o movimento corretamente, dando uma maneira segura de praticar os exercícios prescritos pelo profissional de saúde (SIGRIST et al., 2013).

Na reabilitação motora, os jogos têm proporcionado melhoras no comprometimento do paciente, motivando as sequências de movimento estabelecidas pelo profissional de saúde durante as sessões de tratamento (FREITAS et al., 2012) e também incentivando aspectos motivacionais e interações que permitem o engajamento e o desafio cognitivo (BURKE et al., 2009a). Alguns exemplos de situações para o bom uso desta tecnologia são: a possibilidade de treinamento para profissionais de saúde e estudantes (BARSOM et al., 2016); motivar os pacientes durante as terapias (RASIMAH et al., 2015); e reduzir os riscos durante o processo de aprendizagem do exercício (SOUSA et al., 2016).

A RA pode ser de grande auxílio para reabilitação motora porque possui a possibilidade de promover (ONG et al., 2011):

- Ambiente aumentado controlável, onde os usuários podem ter realismo e interagir de forma intuitiva;
- Treinamento minimamente supervisionado e de baixo custo;
- Reiteração de movimento para tarefas específicas;
- Treinamento individualizado para atender as necessidades de pacientes com diferentes condições físicas;
- Coleta de dados para customização de treinamentos;
- Feedback para promover recompensa e motivação aos pacientes, de modo a tornar as práticas mais intensivas, melhorando a eficácia do tratamento.

Algumas dificuldades para consolidação desta tecnologia entre os usuários ficariam a cargo de limitações técnicas, como: dificuldades na percepção de profundidade pelos usuários; falhas no rastreamento dos movimentos causados por ruídos no ambiente ou falhas nos dispositivos; e fatores subjetivos como: constrangimento social e satisfação com o uso, que interferem na aceitação pelo usuário (ONG et al., 2011).

Além de fatores técnicos e subjetivos, o processo de desenvolvimento também possui dificuldades para se chegar em soluções satisfatórias para o usuário. Os desenvolvedores, por terem a condição de especialista em suas áreas, estão normalmente inseridos dentro do contexto do desenvolvimento e por vezes julgam ser simples utilizar suas aplicações. Os usuários, por outro lado, geralmente tem pouco ou nenhum conhecimento técnico, pouca paciência e expectativas de uso diferentes da esperada pelos desenvolvedores (RUBIN; CHISNELL, 2008). Isto cria uma necessidade de se integrar o desenvolvimento com as demandas dos usuários para criar uma boa experiência na perspectiva destes usuários finais.

Outro fator importante para se criar uma experiência satisfatória aos usuários dentro do contexto de jogos para saúde envolve transmitir uma mensagem boa e eficiente, pois o uso de um nível inadequado de linguagem pode alienar o usuário rapidamente e afetar negativamente o desejo de usar o programa, além de afetar sua eficácia no entendimento e uso da ferramenta (OLSEN et al., 2011). Desta forma, mostra-se prudente que as aplicações voltadas a saúde que utilizam interações por meio de RA realizem avaliações de usabilidade contextualizadas em diretrizes de design adaptadas ou específicas para este meio. Os dados resultantes destas avaliações podem contribuir para o processo de desenvolvimento, direcionando demandas que aprimorem a usabilidade, e que possam acarretar no bom funcionamento e aceitação pelos usuários.

2.2.2 Diretrizes para usabilidade em RA

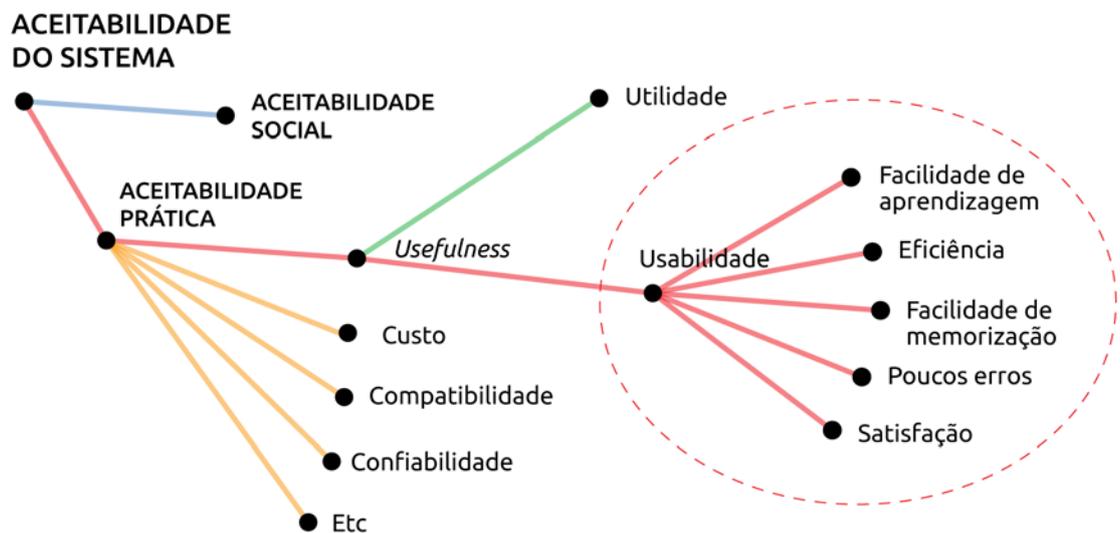
A usabilidade é um dos fatores que asseguram que os produtos serão fáceis de usar, eficientes e agradáveis na perspectiva dos usuários. Isto implica em otimizar as interações estabelecidas entre as pessoas e os produtos interativos, para realizar a atividade a que destina o produto (PREECE et al., 2005). Para alcançar estes resultados, autores recomendam que as avaliações de usabilidade devem ser realizadas com usuários representativos para o qual o sistema se destina (NIELSEN, 1993) e ocorrer reiteradamente ao longo do ciclo de vida do projeto, detectando e resolvendo problemas antes de despender recursos consideráveis nos estágios finais do desenvolvimento (DIX et al., 2012).

Segundo o modelo de atributos para aceitação de sistema de Nielsen (1993) (Figura 3), ‘*Usefulness*’ (sucesso do sistema para atingir seus objetivos) é dividido em duas categorias: ‘Utilidade’ e ‘Usabilidade’. A ‘Utilidade’ é o quanto o sistema pode exercer as

funcionalidades para qual foi feito, e a ‘Usabilidade’ está associada a quão bem os usuários podem utilizar estas funcionalidades. Dentro de ‘Usabilidade’, cinco atributos quando juntos garantem a aceitabilidade do sistema pelos usuários, são eles (NIELSEN, 1993):

- **Facilidade de aprendizagem:** o sistema deve ser de fácil aprendizado para que o usuário comece a utilizá-lo rapidamente;
- **Eficiência:** o sistema deve ser eficiente, uma vez que o usuário tenha aprendido a utilizá-lo, obtenha uma boa produtividade com ele;
- **Facilidade de memorização:** deve ser fácil de lembrar como utilizá-lo, para que o usuário retome seu uso imediatamente após um período sem utilizá-lo;
- **Poucos erros:** o sistema deve ter uma baixa taxa de erros, de modo que o usuário cometa poucos erros ao utilizá-lo e, caso ocorram, se recuperem facilmente deles;
- **Satisfação:** deve ser agradável de utilizar para que os usuários fiquem subjetivamente satisfeitos em utilizá-lo.

Figura 3 - Modelo de atributos para aceitação do sistema (NIELSEN, 1993). Traduzido² pela autora desta dissertação.



² O termo “*Usefulness*” corresponde ao sucesso do sistema para atingir seus objetivos e engloba a Utilidade e Usabilidade. Não foi traduzido para o português, pois ficaria igual a “*Utility*” (Utilidade).

Além dos cinco atributos de usabilidade de Nielsen (1993), que quando bem avaliados representam a aceitação do sistema, a seleção adequada de princípios e diretrizes pode auxiliar a avaliação e o desenvolvimento de sistemas interativos, norteados pela atividade do design. Segundo Preece et al. (2005):

- **Princípios de design:** são conceitos generalizáveis, destinados a orientar designers a pensar sobre os diferentes aspectos de seu projeto. São derivados de conhecimento baseado em teoria, experiência e senso comum.
- **Diretrizes de usabilidade** (também chamados heurísticas): são os princípios de design aplicados na prática. Enfatizam o que deve ser feito com os princípios de design aplicados aos problemas existentes e precisam ser interpretados dentro do contexto do design utilizando experiências anteriores. São utilizados sobretudo para avaliação de protótipos e sistemas existentes.

Porém, diretrizes que foram desenvolvidas para um tipo de interface não devem simplesmente ser aplicadas às interfaces de RA, pois possuem diferenças fundamentais entre suas interações (D'YNSER et al., 2007). Por exemplo, enquanto nas GUIs o usuário interage com uma tela de computador, teclado e mouse, na RA são incorporados outros meios de interagir com o sistema, como as interações por gestos (NUI). Os diferentes tipos de interação devem ser levados em consideração, no entanto a base do conhecimento de HCI (*Human-computer interaction*) possui princípios básicos que podem ser aplicáveis aos seres humanos interagindo com diferentes tipos de interfaces (D'YNSER et al., 2007).

Em experimentos de RA centrados no usuário, Swan et al. (2005) verificaram que os métodos tradicionais de HCI (*Human-computer interaction*) poderiam ser utilizados para análise das necessidades dos usuários e de tarefas, e que são aplicados com sucesso em RA para determinar quais informações deveriam ser apresentadas aos usuários. Porém, careciam de investigações de como as informações deveriam ser apresentadas (SWAN, J. EDWARD; GABBARD, 2005).

Desta forma, foram pesquisados princípios e diretrizes de usabilidade que possuíssem proximidade com o tema de interações com sistemas de RA, e organizados conforme suas finalidades entre os cinco atributos de usabilidade de Nielsen (1993) (Tabela 2). Dentro dos temas utilizados estão: princípios básicos para o design (NORMAN, 1990), diretrizes para avaliação de sistemas interativos (NIELSEN, 1993), HCI (SHNEIDERMAN; PLAISANT,

2005), recomendações para o desenvolvimento de interações NUI (BLAKE, 2013), princípios de HCI que foram adaptados para RA (DÿNSER et al., 2007), além de recomendações para o design centrado no usuário em tecnologias de saúde (DABBS et al., 2009).

Tabela 2 - Princípios de design e diretrizes de usabilidade distribuídos por atributos para aceitação de sistema interativo de Nielsen (1993).

	FACILIDADE DE APRENDIZAGEM	EFICIÊNCIA	FACILIDADE DE MEMORIZAÇÃO	POUCOS ERROS	SATISFAÇÃO
1 The Design of Everyday Things (NORMAN, 1990)	<ul style="list-style-type: none"> • Descoberta • Affordances • Significantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo conceitual 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Feedback • Restrições 	
2 Usability Engineering (NIELSEN, 1993) (NIELSEN; MOLICH, 1990a).	<ul style="list-style-type: none"> • Correspondência entre o sistema e o mundo real • Design e estética minimalista 	<ul style="list-style-type: none"> • Consistência e padrões • Flexibilidade e eficiência de uso 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento ao invés de lembrar 	<ul style="list-style-type: none"> • Controle e liberdade do usuário • Visibilidade do status do sistema • Prevenção de erros • Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros • Ajuda e documentação 	
3 Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, (SHNEIDERMAN; PLAISANT, 2005)	<ul style="list-style-type: none"> • Usabilidade universal 	<ul style="list-style-type: none"> • Consistência • Mantenha os usuários no controle 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a carga de memória de curto prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oferecer feedback informativos • Crie diálogos para gerar fechamento • Evitar erros • Permitir reversão fácil de ações 	
4 Natural User Interfaces in .NET (BLAKE, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Experiência instantânea 	<ul style="list-style-type: none"> • Interação direta 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir carga cognitiva • Aprendizado progressivo 		
5 Applying HCI principles to AR systems design (DÝNSER et al., 2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Affordance • Aprendizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade de uso • Baixo esforço físico 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir sobrecarga cognitiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de resposta e feedback • Tolerância a erros 	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfação do usuário
6 User-centered design and interactive health technologies for patients (DABBS et al., 2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Aprendizagem 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficácia • Eficiência • Flexibilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Memorabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Erros 	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfação do usuário

2.2.2.1 Facilidade de aprendizagem

Para que o usuário comece a utilizar um sistema imediatamente é preciso que a aprendizagem de como utilizá-lo seja fácil e rápida. Norman (1990) definiu princípios básicos para o design que são amplamente difundidos e podem ser aplicáveis a produtos, interfaces e até mesmo serviços. Segundo o autor, quando o usuário precisa interagir com um produto, precisa descobrir como utilizá-lo, isso implica em interagir com ele para descobrir o que fazer, como funciona e quais operações são possíveis, este seria o princípio da ‘Descoberta’ (NORMAN, 1990). Junto com ‘Affordances’³ e ‘Significantes’, estes princípios contribuem com o atributo da usabilidade de ‘Facilidade de aprendizagem’ (Tabela 2), pois juntos eles ambientam os usuários para as primeiras utilizações do sistema.

Affordance seria a relação entre as propriedades de um objeto e o conhecimento prévio do usuário, e sugere como o objeto pode ser utilizado e quais ações são possíveis (NORMAN, 1990). Affordances também é mencionado no estudo de Dýnser et al (2007), que frisa que metáforas de interação apropriadas para RA podem facilmente comunicar sua função e reduzir a curva de aprendizado para o usuário (DÝNSER et al., 2007). Já os ‘Significantes’ comunicam onde estas ações devem ocorrer, atuando como símbolos que especificam como as pessoas descobrem o que pode ser feito (NORMAN, 1990).

Especificamente para interações NUI, Blake (2013) define que a experiência deve ser instantânea, pois a parte mais difícil do uso de novas habilidades é aprendê-las. Recomenda-se que o designer deve reutilizar as habilidades conhecidas e existentes dos usuários, assim eles não precisarão aprender algo novo, e simplesmente aplicarão as habilidades que já conhecem à nova situação, permitindo que o usuário domine a interação rapidamente (BLAKE, 2013).

Além de utilizar o conhecimento prévio do usuário para interagir com o sistema, a diretriz de ‘Correspondência entre o sistema e o mundo real’ de Nielsen e Molich (1990) recomenda aplicar linguagem e conceitos familiares ao usuário, além de fazer com que as informações apareçam numa ordem natural e lógica. Estes autores elaboraram diretrizes para

3 Palavra sem tradução em português. *"Propriedade de um objeto ou um aspecto do ambiente, especialmente relacionada à sua potencial utilidade, que pode ser inferida a partir de sinais visuais ou perceptivos. Qualidade ou utilidade que é prontamente aparente ou disponível."* Oxford Dictionaries <<https://en.oxforddictionaries.com/english>>

guiar avaliações de inspeção de usabilidade por especialistas, que podem ser aplicadas a qualquer tipo de interações com interfaces gráficas. Recomendam também que o sistema deve possuir ‘Design e estética minimalista’, ou seja, que os diálogos não devem conter informações irrelevantes ou desnecessárias, pois cada informação extra em um diálogo compete com informações relevantes e pode diminuir sua visibilidade (NIELSEN; MOLICH, 1990a).

A importância do rápido aprendizado também é reforçada por Dýnser et al. (2007), que adaptou princípios usabilidade de HCI para RA, e por Dabbs et al. (2009), que os especificou para aplicações de saúde. Ambos argumentam que o sistema deve ser fácil para o usuário aprender como utilizá-lo, do contrário pode impactar na sua aceitação (DÝNSER et al., 2007; DABBS et al., 2009).

Além do rápido aprendizado, o sistema deve transmitir uma mensagem boa e eficiente, para qualquer perfil de usuário, sejam eles iniciantes, especialistas, de diferente faixa etária ou deficiências, prezando pela usabilidade universal. Através da inclusão de recursos para novatos, como explicações, e recursos para especialistas, como atalhos para um uso mais rápido, a usabilidade universal enriqueceria o design da interface e melhoraria a qualidade percebida para seus usuários (SHNEIDERMAN; PLAISANT, 2005).

Entende-se então que o atributo da ‘Fácil aprendizagem’ pode propiciar a facilidade de uso, desde que utilize informações simples e diretas, que façam referência clara às ações que são possíveis e familiares aos usuários, como por exemplo os controles para as interações semelhantes aos movimentos conhecidos e praticados nas terapias de reabilitação motora.

2.2.2.2 Eficiência

Para que o usuário obtenha boa produtividade com o sistema, foram mapeados os princípios abordados pelos autores deste referencial, que contribuem para a eficiência no uso de sistemas interativos. Foram eles: consistência e padrões, flexibilidade de uso, controle do usuário, interação direta e baixo esforço físico (Tabela 2). Para Nielsen e Molich (1990), ‘Consistência’, que também contribui para o aprendizado, considera que as seqüências das ações para os usuários devem ser requeridas em situações semelhantes, não deixando dúvidas se palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa (NIELSEN; MOLICH, 1990a). O sistema deve também possuir consistência nas terminologias, cores, layout, tipografias empregados por toda interface (SHNEIDERMAN; PLAISANT, 2005).

‘Baixo esforço físico’ e ‘Interação direta’ são princípios similares e tratam do esforço do usuário para efetuar ações. Segundo Dýnser et al. (2007), a recomendação de baixo esforço físico envolve o sistema permitir que os usuários sejam capazes de realizar uma tarefa com um mínimo de etapas de interação e não envolver intervenções desnecessárias do usuário. Desta forma o sistema funcionaria de forma eficiente, se reduzisse a probabilidade de fadiga para o usuário (DÝNSER et al., 2007). Para Blake (2013), a recomendação para interação direta em sistemas de NUI significa que as interações devem ser diretas e apropriadas ao contexto em que o usuário está inserido, resultando em interação fluida e natural sem sobrecarregar o usuário.

Visando a eficiência de uso também para usuários experientes, o sistema deve possuir flexibilidade de uso para que estes usuários possam ter outras maneiras de alcançar as tarefas pretendidas (DABBS et al., 2009), pois ao projetar interações para RA, pesquisadores precisam estar cientes das preferências e habilidades distintas dos usuários e, quando possível, integrar diferentes modalidades de interação (DÝNSER et al., 2007). Para Nielsen e Molich (1990), o uso de atalhos funciona como aceleradores para interação, e permite aos usuários personalizar ações freqüentes, fazendo o sistema atender os perfis de usuários experientes e inexperientes.

Após o usuário receber recursos que contribuem para o aprendizado da ferramenta (Seção 2.2.2.1), o atributo da ‘Eficiência’ é importante para obter uma boa produtividade no uso, pois proporciona a fluidez da atividade através da consistência nas informações, controle, interação direta e baixo esforço do usuário.

2.2.2.3 Facilidade de memorização

O atributo da ‘Facilidade de Memorização’ requer que um usuário casual de um sistema utilize-o bem após um período sem utilizá-lo (NIELSEN, 1993). Para isso alguns princípios se adequam para alcançar este objetivo, tais como ‘Reduzir a carga de memória de curto prazo’ de Shneiderman e Plaisant (2005) e ‘Reconhecimento ao invés de lembrança’ de Nielsen e Molich (1990) (Tabela 2). Ambos os princípios possuem semelhanças e visam minimizar a carga de memória do usuário. Nielsen e Molich (1990) recomendam que as instruções de uso do sistema devem ser visíveis ou facilmente recuperáveis sempre que apropriado, para isso os objetos, ações e opções devem estar visíveis, o usuário não deve ter que lembrar de informações de uma parte do diálogo para outra (NIELSEN; MOLICH, 1990a). A redução da

sobrecarga cognitiva faz com que os usuários mantenham o foco em sua tarefa atual, promovendo uma melhor aprendizagem e auxiliando treinamentos com RA (DÿNSER et al., 2007).

Norman (1990) apresenta conceito semelhante chamando-o de ‘Mapeamento’. Afirma ser importante o layout de controles e exibições, pois um dispositivo torna-se fácil de usar quando o conjunto de ações possíveis é visível, ou seja, quando os controles e exibições exploram os mapeamentos naturais sendo fácil determinar como usá-los (NORMAN, 1990).

Para projetos de interfaces que utilizam NUI, o desenvolvedor deve certificar-se de que as interações mais comuns utilizam habilidades prévias dos usuários, e que as habilidades que os usuários precisarão aprender serão fáceis de compreender e configurarão um ‘Aprendizado progressivo’, ou seja, as tarefas básicas devem evoluir para tarefas avançadas sem criar obstáculos para os usuários. Para isso, as tarefas avançadas devem ser divididas em tarefas menores para que o usuário possa continuar usando habilidades simples para realizá-las e não precise aprender habilidades novas e complicadas (BLAKE, 2013).

O atributo da ‘Memorização’ visa garantir que o usuário retome o uso da ferramenta imediatamente após um período sem utilizá-lo, sem precisar despender tempo para o aprendizado novamente.

2.2.2.4 Poucos erros

Para que o sistema tenha uma baixa taxa de erros, os princípios aqui listados orientam os designers a transmitir o status do sistema e promover a devida orientação para correção de erros. Dois princípios de Norman (1990) podem se adequar à correção e prevenção de erros: ‘Feedbacks’ e ‘Restrições’. Os feedbacks seriam os retornos das ações com o sistema, e ajudam o usuário a entender como interagir com ele e quais foram os efeitos de suas ações. O sistema deve então fornecer informações continuamente sobre os resultados das ações e seu estado atual. Porém, antes mesmo de utilizar o recurso dos feedbacks, Norman (1990) recomenda que o design deve deixar claro suas limitações sejam elas físicas, lógicas, semânticas ou culturais, de modo a transmitir orientações das ações possíveis, este seria o princípio da ‘Restrição’, que facilitaria a interpretação quanto ao uso (NORMAN, 1990).

Segundo Dÿnser (2007), os usuários toleram atrasos de um sistema até certo ponto e o uso de feedback para manter o usuário informado pode ajudar a minimizar os problemas induzidos pela falta de resposta. Porém, o feedback não deve ser usado apenas para superar

problemas, a interface deve transmitir claramente para os usuários quando um controle tiver sido usado e qual é o status atual do sistema (D'YNSER et al., 2007).

Para avaliar como o sistema procede diante de erros de uso, Nielsen e Molich (1990) definiram diretrizes específicas que ajudam a desenvolver prevenção e ajuda para os usuários se recuperarem de erros. 'Controle e liberdade' garantem ao usuário a entrada e saída de funções acessadas indesejadamente, ou seja, dão ao usuário a possibilidade de desfazer e refazer ações. 'Visibilidade do status do sistema' mantém os usuários informados sobre o que está acontecendo, através de feedback apropriado e dentro de um prazo razoável. 'Reconhecer, diagnosticar e recuperar erros' define que as mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples, indicando precisamente o problema e sugerindo construtivamente uma solução. 'Prevenção de erros' afirma que o ideal é impedir que um problema ocorra. Para isso, deve-se eliminar as condições propensas a erros, apresentando aos usuários uma opção de confirmação antes de se comprometerem com alguma ação. E como último recurso 'Ajuda e documentação', que afirma que o sistema deve fornecer ajuda e documentação, que deve ser fácil de pesquisar e focada na tarefa do usuário (NIELSEN; MOLICH, 1990a).

O atributo de 'Poucos erros' pode prevenir que o usuário interrompa o uso do sistema mesmo numa situação frustrante como a ocorrência de erros, dando a possibilidade e os recursos para que o usuário se recupere e prossiga com o uso da ferramenta.

2.2.2.5 Satisfação

Ao listar seus princípios de design, Norman (1990) afirma que a satisfação é subjetiva e é alcançada por uma combinação de fatores que variam de indivíduo para indivíduo. Desta forma o design precisa ser pensado como uma experiência total, levando em consideração a necessidade das pessoas, a função pretendida, sua compreensão pelo usuário, além da capacidade de proporcionar satisfação emocional, orgulho e prazer (NORMAN, 1990).

Seria a 'Satisfação' de uso uma percepção subjetiva do usuário ao interagir com o sistema que deve desempenhar um papel importante durante o desenvolvimento de interfaces de RA (D'YNSER et al., 2007) e podem interferir na frequência para utilização do sistema e seus recursos (DABBS et al., 2009).

Apesar da individualidade e subjetividade para se alcançar o atributo da ‘Satisfação’, é primordial garantir que o sistema seja de uso agradável, pois desta forma pode-se promover uma boa experiência para o usuário ao executar tarefas no sistema.

2.2.3 Resumo dos requisitos para avaliação de RA

Os princípios selecionados e abordados no tópico anterior (Seção 2.2.2) visam promover a boa usabilidade de sistemas que utilizam RA para interagir com os usuários. Estes princípios também podem ser úteis para guiar o desenvolvimento das aplicações de saúde, pois focam no entendimento imediato do correto funcionamento das aplicações, e quando não, numa rápida compreensão para recuperação dos erros por parte dos usuários.

Abaixo (Tabela 3) estão listados e livres de repetição, os princípios e diretrizes abordados, que serão utilizados na proposta de avaliação para alcançar os atributos de usabilidade pretendidos. São eles:

Tabela 3 - Requisitos para avaliação de aplicação com interação em RA.

REQUISITOS EM RA	
Atributos	Princípios e diretrizes
Facilidade de aprendizagem	Rápida aprendizagem; Descoberta; Affordances; Significantes; Correspondência entre o sistema e o mundo real; Design e estética minimalista; Usabilidade universal; Experiência instantânea
Eficiência	Modelo conceitual; Consistência e padrões; Flexibilidade no uso; Mantenha os usuários no controle; Interação direta; Baixo esforço físico; Eficácia e Eficiência
Facilidade de memorização	Mapeamentos; Reconhecimento ao invés de lembrar; Reduzir a carga de memória de curto prazo; Reduzir carga cognitiva; Aprendizado progressivo; Memorabilidade
Poucos erros	Feedback; Restrições; Controle e liberdade do usuário; Visibilidade do status do sistema; Prevenção de erros; Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros; Ajuda e documentação; Crie diálogos para gerar fechamento; Permitir reversão fácil de ações; Tolerância a erros
Satisfação	Satisfação subjetiva do usuário (emocional, orgulho e prazer)

2.3 REVISÃO SISTEMÁTICA

Com base na revisão sistemática realizada por Cavalcanti et al. (2018), que abordou estudos com usuários dentro do tema de “realidade aumentada” e “reabilitação motora”, foram selecionados 32 estudos em uma amostra de 666 resultados. O período das buscas abrangeu 10 anos, entre de janeiro de 2007 e setembro de 2017.

Os objetivos desta revisão foram: (a) levantar como estão sendo conduzidos os estudos de reabilitação motora que utilizam aplicações de RA para interagir com os usuários; (b) quais tipos de avaliação, métodos e abordagens são mais comumente utilizados; (c) qual é o perfil de usuário mais presente nas avaliações; (d) o que diferencia os estudos melhor avaliados dos demais; (e) quais foram os maiores problemas relatados. Os resultados desta revisão contribuíram para definir os métodos e estruturar o protocolo de avaliação (Seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) que foi aplicado aos dois perfis de usuários desta pesquisa (saudáveis e pacientes), além de coletar informações relevantes ao recorte do tema abordado.

2.3.1 Protocolo da revisão

A pesquisa foi realizada por dois avaliadores (a pesquisadora desta dissertação e uma aluna voluntária da graduação de Engenharia Biomédica) e os resultados encontrados foram contados e catalogados conforme a *check list* de recomendações para revisões sistemáticas do PRISMA (LIBERATI et al., 2009). Os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados nas fases: ‘Identificação’ (Seção 2.3.1.1), ‘Triagem’ (Seção 2.3.1.2), ‘Elegibilidade’ (Seção 2.3.1.3). Na ‘Classificação’ (Seção 2.3.1.4) os artigos finais selecionados foram eleitos para leitura completa e classificação. Para esta última fase, os artigos em que houve conflitos entre os revisores foram lidos e selecionados por um terceiro revisor.

2.3.1.1 Identificação

As quatro bases de dados desta revisão (IEEE Xplore, Springer Link, Science Direct e ACM Digital Library) foram também utilizadas em revisões semelhantes (DÜNSER et al., 2008; KIM, 2012; RASIMAH et al., 2015) e escolhidas por serem referência na área de pesquisas relacionadas à RA.

As palavras-chave incluídas nas buscas foram escritas em inglês e concatenadas com ‘AND’: “*Augmented Reality AND Rehabilitation*”.

2.3.1.2 Triagem

Após a identificação dos artigos nas buscas, a triagem foi realizada através da leitura dos títulos e resumo dos artigos. Os critérios para seleção foram:

Tabela 4 - Critérios de inclusão e exclusão, fase da Triagem.

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
<ul style="list-style-type: none"> • Estudos que envolviam aplicação em RA; • Realizavam testes com usuários sobre o uso e benefícios da aplicação; • Ser escrito em idioma inglês, português, espanhol ou francês; • Ter sido publicado nos entre os anos de 2007 a 2017. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artigos curtos (artigos com 4 páginas ou menos); • Revisões sistemáticas da literatura.

Após serem selecionados, cada avaliador baixou e catalogou artigos em pastas usando o Mendeley Desktop© (MENDELEY). O programa permitiu que os avaliadores trabalhassem individualmente, verificando artigos duplicados e incluindo *tags* como 'SELECT' e 'OUT' para identificar os artigos que seriam selecionados ou excluídos para as próximas etapas.

2.3.1.3 Elegibilidade

Esta fase identificou artigos avaliando metodologia de pesquisa e conclusões.

Tabela 5 - Critérios de inclusão e exclusão, fase da Elegibilidade.

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
<ul style="list-style-type: none"> • Ser uma pesquisa Experimental; • Ser uma pesquisa quantitativa podendo utilizar simultaneamente uma abordagem qualitativa; • Ter grupo controle na amostragem ou utilizar critérios para validação dos dados encontrados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentos voltados exclusivamente para avaliação de desempenho ou avaliação técnica de sistema / software / robô / rastreamento.

Após esta seleção, os avaliadores cruzaram seus resultados, e contaram apenas uma vez os artigos selecionados por ambos. Os conflitos (artigos selecionados apenas por um dos avaliadores) foram solucionados por um terceiro avaliador (Prof^ª Dr^ª do Departamento de Engenharia Biomédica), que definiu se a publicação era incluída ou excluída para próxima fase.

2.3.1.4 Classificação

As publicações que chegaram até esta fase final foram lidas em sua íntegra e examinadas para receber de cada um dos dois avaliadores uma pontuação conforme os critérios do sistema de avaliação QualSyst (KMET et al., 2004).

O QualSyst é uma ferramenta de avaliação aplicada originalmente a pesquisas de tecnologia em saúde, composto por 14 questões (ANEXO I) que avaliam a aplicação metodológica da pesquisa reforçando as evidências encontradas e, conseqüentemente, trazendo mais credibilidade aos dados coletados. Alguns dos critérios de avaliação QualSyst consideraram aspectos, como por exemplo: i. Descrição do objetivo da pesquisa; ii. Desenho de estudo adequado; iii. Métodos analíticos bem descritos e justificados; iv. Tamanho da amostra; v. Randomização ou uso de grupos de controle; vi. Resultados suficientemente detalhados.

Para a composição da nota, os revisores dão pontos para cada questão de acordo com sua própria avaliação e compreensão, sendo: "sim" (2 pontos), "parcialmente" (1 ponto), "não" (0) e "N/A" quando a questão não se aplica ao estudo analisado. A pontuação é calculada somando o total de pontos obtidos entre itens relevantes e dividindo pela pontuação total possível (KMET et al., 2004). A pontuação final é dada como uma porcentagem e apresentada neste estudo pela média combinada das pontuações dos dois avaliadores (ANEXO II).

Através desta nota, os artigos foram catalogados por ordem de melhor pontuação, e em seguida as informações pertinentes ao objetivo desta revisão (tipo de avaliação, métodos e abordagens utilizados, número e perfil dos usuários presentes nas avaliações) foram coletados e dispostos na 'Tabela de Classificação' (ANEXO III e IV).

A classificação por tipos de avaliação e abordagens utilizadas nesta revisão foram baseadas conforme revisões anteriores para esta mesma área de pesquisa (SWAN, J EDWARD; GABBARD, 2005; DÜNSER et al., 2008; BAI; BLACKWELL, 2012). A seguir, uma breve explicação sobre cada uma delas.

2.3.1.4.1 Tipos de avaliação

Os experimentos baseados nos usuários seguem por quatro linhas de investigação:

- **Desempenho de tarefa** (*User task performance studies*): Focados em medir o desempenho de tarefas com usuários em aplicativos específicos de RA, a fim de obter uma compreensão de como a tecnologia pode afetar as tarefas subjacentes.
- **Percepção e cognição** (*Perception and cognition studies*): Estudam tarefas de baixo nível, com o objetivo de compreender como a percepção e a cognição humana operam em contextos de RA.
- **Colaboração** (*Collaboration studies*): Avaliam as interações genéricas entre o usuário e a comunicação entre múltiplos usuários participantes.
- **Experiência do usuário** (*User Experience*): Estuda os sentimentos subjetivos e experiências dos usuários. Pode ser apresentado de duas maneiras: formal e informal. As avaliações formais envolvem experiências controladas com uma amostra fixa de usuários voluntários e coletam as experiências dos participantes com pesquisas estruturadas ou questionários. As avaliações informais envolvem entrevistas ou observações não estruturadas com uma amostra aleatória de potenciais usuários ou especialistas no domínio.

2.3.1.4.2 Tipos de abordagem

Os tipos de abordagem de pesquisa utilizados na classificação foram agrupados em cinco categorias, conforme descrito a seguir:

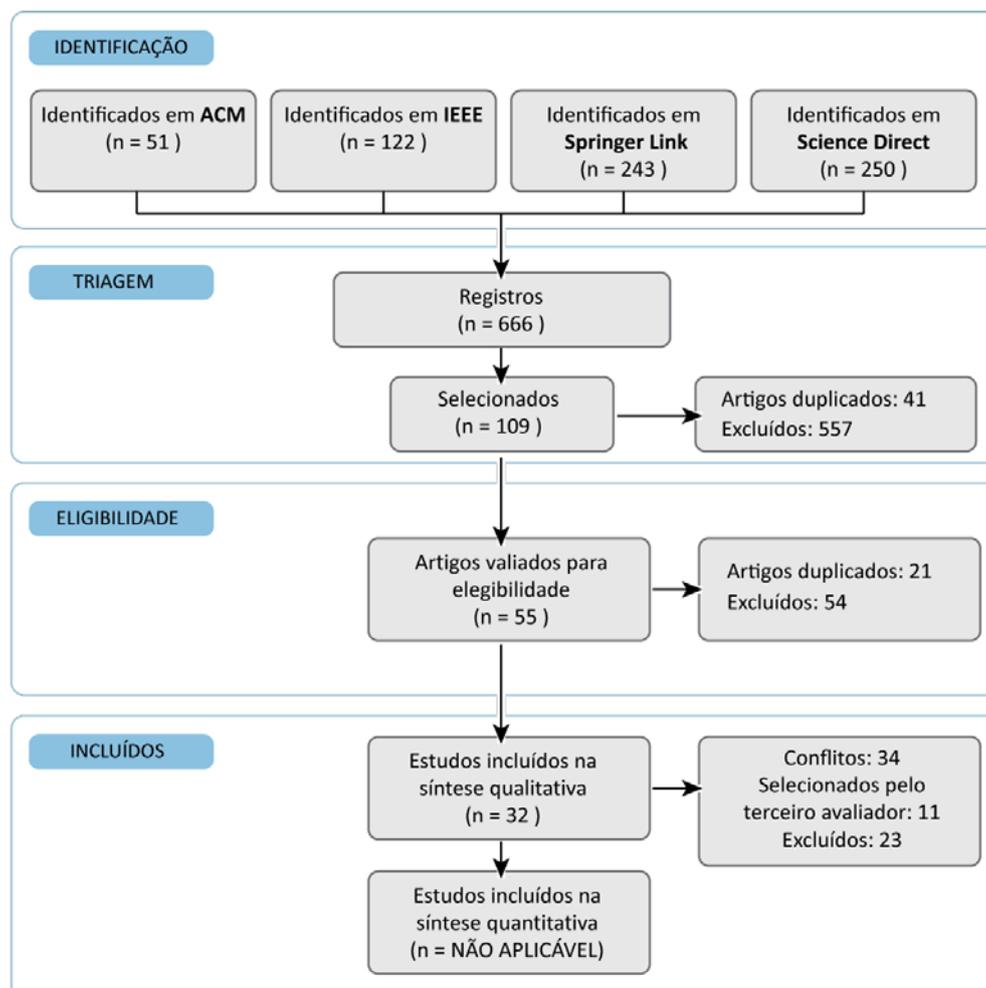
- **Medidas objetivas** (*Objective measurements*): Alguns exemplos mais comuns de medidas objetivas incluem: tempo de conclusão das tarefas, precisão e taxas de erro. Em geral, empregam análises estatísticas das variáveis medidas, e alguns incluem análises descritivas dos resultados.
- **Medidas subjetivas** (*Subjective measurements*): Estudam questionários e classificação de usuários ou realizam julgamentos subjetivos. Alguns desses estudos também podem empregar análise estatística dos resultados, enquanto outros incluem apenas uma análise descritiva.
- **Análise qualitativa** (*Qualitative analysis*): estudos com observações formais do usuário, entrevistas formais ou classificação, ou ainda análise do comportamento do usuário.

- **Técnicas de avaliação de usabilidade** (*Usability evaluation techniques*): publicações que empregam técnicas de avaliação que são frequentemente utilizadas em avaliações de usabilidade de interfaces, como avaliação heurística (baseada em especialistas), análise de tarefas, *Think Aloud*, entre outros.
- **Avaliações informais** (*Informal evaluations*): avaliações como observações informais de usuários ou coleta informal de comentários de usuários.

2.3.2 Resultados

Seguindo o protocolo descrito, 666 publicações foram encontradas, restando 32 ao final da seleção. O número de artigos por etapa pode ser visto na Figura 4 a seguir:

Figura 4 - Diagrama PRISMA da seleção dos artigos validados para elegibilidade.



Na fase de 'Identificação', foram encontradas 666 publicações com as palavras-chave '*Augmented Reality*' e '*Rehabilitation*', e 77% destas (557 artigos) foram excluídas por não atenderem aos requisitos da 'Triagem' (Seção 2.3.1.2). Desta forma, foram selecionadas 150 publicações, das quais 41 foram selecionadas simultaneamente pelos dois revisores e contadas apenas uma vez, resultando em 109 publicações.

Na fase de 'Elegibilidade', dos 109 artigos, apenas 76 permaneceram dentro dos requisitos da seleção (Seção 2.3.1.3), dos quais 21 foram escolhidos simultaneamente pelos dois revisores, passando assim 55 para a fase de leitura e classificação. Destes 55, 21 foram selecionados por ambos os avaliadores e 34 foram conflitantes (selecionados por um ou por outro avaliador). Para resolver estes conflitos, um terceiro revisor avaliou e aprovou 11 dessas publicações. Desta forma, finalizou-se em 32 artigos (ANEXO III e IV), que seguiram para fase de 'Classificação', onde foram lidos em sua íntegra para compor a nota do QualSyst, e classificados conforme critérios definidos para esta fase (Seção 2.3.1.4).

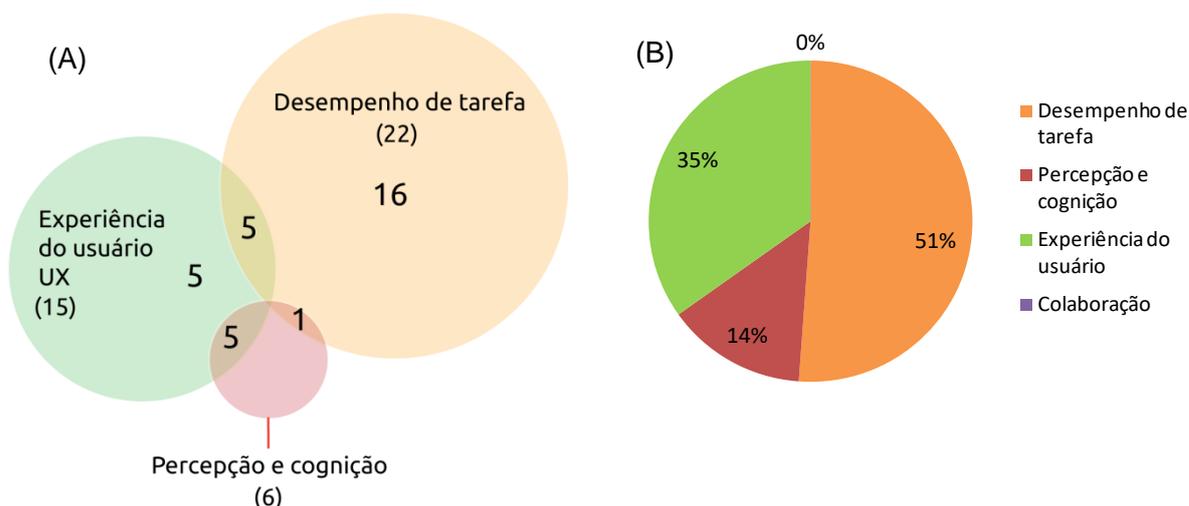
2.3.2.1 Resultados dos tipos de avaliação

Para os tipos de avaliação, os resultados apontam que o mais comum foi 'Desempenho de Tarefa', presente em 22 estudos (51%), posteriormente seguido por 15 estudos (35%) que realizaram investigações com foco em 'Experiência do Usuário' (UX) (Figura 5 A e B). A Figura 5 A mostra o tipo de avaliação através da frequência com que aparecem, e as interseções entre os conjuntos indicam a quantidade de estudos que realizaram uma combinação entre os tipos de avaliação.

Dos 15 artigos que avaliaram UX, 5 avaliaram apenas UX e seus aspectos subjetivos durante o uso das soluções, tais como: facilidade de uso, utilidade e atitude (HSIAO; RASHVAND, 2015); melhora na frequência de atividades físicas (LIN; CHANG, 2015); níveis de eficácia, eficiência e satisfação (REGENBRECHT et al., 2011); motivação (DIONISIO CORREA et al., 2013); preferência e imersão entre diferentes sistemas e terapia clássica (INES et al., 2011). Outros 5 estudos (HODA et al.; GAMA et al., 2012; COLOMER et al., 2016; GAMA, DA et al., 2016; KIM; LEE, 2016) realizaram coleta e análise de dados que configuraram os dois tipos de avaliação.

Os outros 6 estudos (14%) se propuseram a investigar a 'Percepção e cognição' dos usuários em relação às tecnologias estudadas, 5 deles também foram associados com UX. Nenhum estudo foi encontrado utilizando análises para 'Colaboração' entre múltiplos usuários.

Figura 5 - Tipo de avaliação em número de artigos (A) e em porcentagem (B).

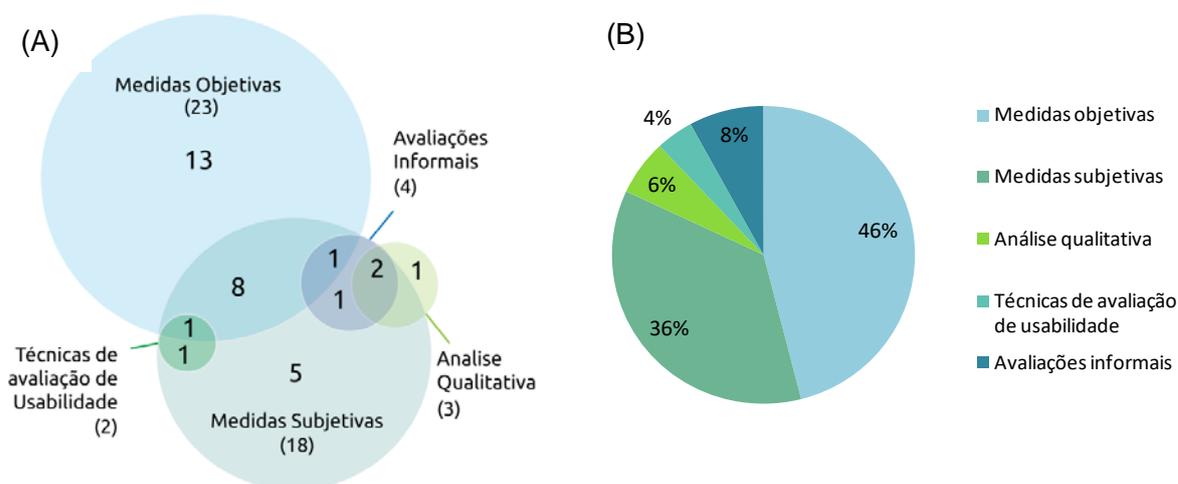


2.3.2.2 Resultados dos tipos de abordagem

Para as abordagens das avaliações, 23 artigos utilizaram medidas objetivas (46%) e 18 medidas subjetivas (36%) (Figura 6 A e B). Destes, 10 fizeram uso de ambas as abordagens, ficando 3 deles (COLOMER et al., 2016; GAMA, DA et al., 2016; KIM; LEE, 2016) entre os 10 com melhor avaliação conforme QualSyst.

As demais publicações foram: 3 em 'Análise qualitativa', 2 em 'Técnicas de avaliação da usabilidade' e 4 em 'Avaliações informais', que utilizaram predominantemente entrevistas e observações não estruturadas. Em 'Técnicas de Avaliação de Usabilidade' 2 estudos (ALLEN et al., 2013; LEE et al., 2016) realizaram o método *Think Aloud* durante a execução dos experimentos.

Figura 6 - Tipo de abordagem em número de artigos (A) e em porcentagem (B).

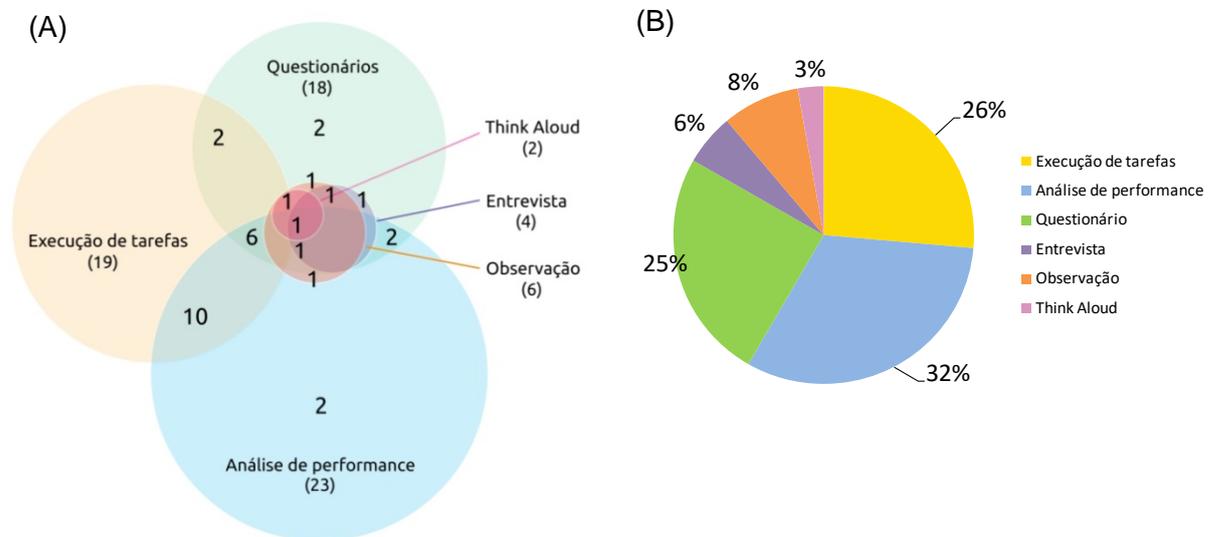


2.3.2.3 Métodos de avaliação utilizados

Os métodos de avaliação são o recurso que os pesquisadores usam para coletar dados em seus experimentos. Eles podem ser utilizados sozinhos ou com outros para fortalecer evidências nas análises. Entre os métodos mais utilizados, 91% dos artigos da seleção optaram por fazer uma combinação deles, sendo a mais comum: 'Execução de Tarefas' juntamente com 'Análise de Performance', realizada em 16 artigos (Figura 7 A).

'Análise de Performance' foi o método mais aplicado; aparecendo em 23 dos 32 estudos, representando 32% dos métodos encontrados. 'Execução de tarefas' apareceu em 19 publicações (26%) e questionários em 18 (25%). Os demais foram 'Observações' (8%), 'Entrevistas' (6%) e 'Think Aloud' (3%) (Figura 7 B). Não foi encontrado nesta seleção nenhum estudo que aplicou avaliação heurística com especialistas.

Figura 7 - Métodos utilizados em número de artigos (A) e em percentagem (B).



2.3.2.4 Perfil dos participantes

Nos 32 artigos selecionados, havia um total de 806 participantes com idade média de 39,89 anos, distribuídos por uma proporção de 37% de homens, 23% de mulheres e os outros 40% não foi informado (Figura 8). Deste total, 14 não relataram a idade dos participantes, 2 relataram dentro de uma faixa etária (20-30 anos e 27-35 anos) (INES; ABDELKADER, 2011; CLEMENTE et al., 2016) e 3 artigos relataram a média de idades por grupo (GAMA et al., 2012; HSIAO; RASHVAND, 2015; GAMA, DA et al., 2016).

As investigações do perfil do usuário incluíram uma mistura de usuários saudáveis (59%), pacientes (34%) e estudos que contemplaram ambos os perfis (7%) (Figura 9). Dos 10 estudos que relataram a média de idade, 6 utilizaram indivíduos com menos de 30 anos e os 4 restantes com média acima de 58 anos. Os estudos que possuíam a amostragem com faixa etária mais elevada trabalharam 3 perfis de usuários: idosos que gozavam de boa saúde para estudar os efeitos negativos do envelhecimento (LEE et al., 2016), indivíduos com doença de Parkinson (PALACIOS-NAVARRO et al., 2015) e aqueles que sofreram AVC recentemente nos últimos 3 meses (HOERMANN et al., 2015; COLOMER et al., 2016).

Figura 8 - Sexo dos participantes.

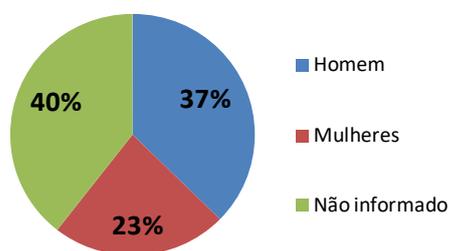
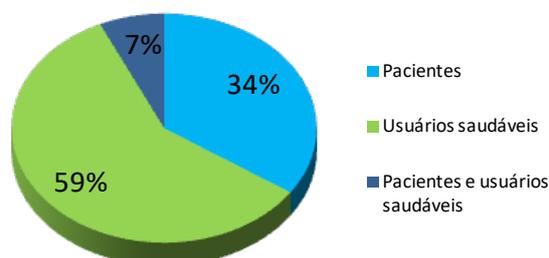
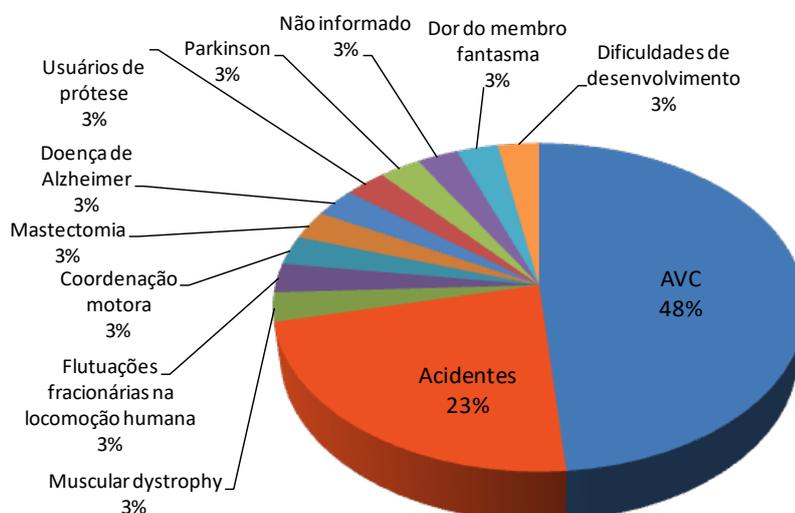


Figura 9 - Perfil dos participantes.



As mais frequentes deficiências e condições de saúde para as quais as soluções eram destinadas foram: AVC, aparecendo em 17 publicações (48%), que incluíram tanto pacientes com limitações motoras ou cognitivas; e lesões por acidentes traumáticos, em 8 estudos (23%). Os demais tiveram ocorrências únicas dentro da seleção e envolviam várias condições, como Parkinson, mastectomia, Alzheimer, usuários de próteses, etc (Figura 10).

Figura 10 - Deficiências a que se destinam as soluções.



2.3.2.5 Classificação por notas do QualSyst

Todos os 32 artigos foram cuidadosamente lidos pelos dois revisores e receberam as notas do QualSyst (Seção 2.3.1.4)(ANEXO II). As pontuações para cada item (ANEXO I) foram atribuídas individualmente por cada revisor, e a nota final para o artigo foi feita pela média da nota dos avaliadores. As notas variaram de 97 a 25, com os 10 primeiros artigos avaliados entre 97 e 81 (ANEXO III).

Destes 10 artigos que obtiveram as maiores notas, 6 realizaram análise dos dados coletados por meio da Análise de Variância (ANOVA) para três ou mais grupos baseados em uma variável de resposta contínua. Foram eles: percepção de temperatura com diferentes variações e entre sujeitos (REGENBRECHT et al., 2012); diferenças entre 6 condições experimentais (CLEMENTE et al., 2016); comparação entre os resultados de pontuações (COLOMER et al., 2016); comparação de resultados entre grupos com diferentes fases de exercício (GAMA, DA et al., 2016); resultados de desempenho e questionários entre três abordagens distintas (KIM; LEE, 2016); e análise de 36 indivíduos caminhando em esteira com três condições diferentes (TERRIER, 2016).

Outros dois estudos utilizaram médias especificando seus desvios padrão. Um deles (REGENBRECHT et al., 2011) teve como objetivo verificar duas variáveis independentes: o valor de amplificação da mão esquerda e o conhecimento prévio sobre a amplificação. O teste de usabilidade verificou os níveis de eficácia, eficiência e satisfação envolvidos no uso do sistema. Foi utilizado um questionário de pesquisa demográfica do participante e questionário pós-estudo que foi dividido em duas seções com itens selecionados e adaptados do Questionário de Satisfação de Usabilidade da IBM (*IBM Usability Satisfaction Questionnaire* (LEWIS, 1993)). O outro estudo (HOSSAIN et al., 2016) utilizou a média e o desvio padrão do tempo de conclusão da tarefa para seis jogos realizados pelos pacientes, além de analisar as respostas às questões relacionadas à usabilidade do jogo.

E finalmente, dois artigos não fizeram uso de análise estatística (CORREA et al., 2013; HOERMANN et al., 2015). Hoermann et al. (2015) estruturaram seu experimento com base em um protocolo validado para terapia de espelho (*Berlin Mirror Therapy Protocol*) e utilizaram três tipos de questionários como método de coleta de dados, 2 para terapeutas e 1 para pacientes. Um deles foi baseado no questionário meCUE (*Modular Evaluation of Key Components of User Experience* (MINGE; THUERING, 2016)), que teve como objetivo medir a experiência do usuário através de quatro diferentes grupos de perguntas: percepção do produto, emoção do usuário e consequências do uso e avaliação geral. As notas foram atribuídas com as médias dadas pelas escalas para cada item avaliado. Correa et al. (2013) utilizaram um avaliador cego que aplicou um questionário semi-estruturado a cada grupo, desenvolvido pelos próprios autores. As alternativas buscaram medir o grau de satisfação, a motivação e a percepção da eficácia do exercício. As respostas percentuais serviram para comparar os resultados das terapias com e sem a tecnologia.

2.3.3 Discussão

Nesta revisão constatou-se predomínio dos testes com usuários estruturados em métodos de execução de tarefas e análise de performance (Figura 7 A), que também foram apontados como uma prática comum em outras publicações que investigavam testes de usabilidade para RA (DÜNSER et al., 2008; BAI; BLACKWELL, 2012; DEY et al., 2018). Em geral, os estudos que utilizaram análise de performance obtiveram dados suficientes para responder suas perguntas de pesquisa. No entanto, os resultados desta revisão demonstram o pouco uso de métodos observacionais (8%) e entrevistas (3%), que poderiam ser utilizados para contrapor ou explicar eventos associados aos dados quantitativos (Figura 7 B).

Os resultados da classificação dos artigos pela nota do QualSyst indicam que os melhores artigos (ANEXO III) realizaram uma combinação entre os tipos de avaliação (Figura 5 A) que forneceram evidências baseadas na coleta de dados quantitativos e também na análise de sentimentos subjetivos da experiência dos usuários. As análises empíricas, como observação e entrevistas, foram métodos pouco utilizados dentro do recorte desta revisão (Figura 7 B) e deveriam ser melhor explorados. A realização de entrevista, por exemplo, poderia contribuir trazendo informações intrínsecas sobre as opiniões, valores, emoções e percepção da experiência do usuário e ajudaria a compreender o comportamento e as expectativas dos usuários (MERRIAM; TISDELL, 2016).

Os estudos que coletaram dados subjetivos, como: preferências e percepções do usuário ou outros fatores que envolviam a experiência de uso, utilizaram predominantemente questionários estruturados e semi-estruturados, com uma proporção menor deles também utilizando observações e entrevistas. Dos 18 estudos que aplicaram questionários, 6 eram adaptações de questionários validados, como o meCUE (HOERMANN et al., 2015), VRUSE (GAMA et al., 2012), GEQ - *Game Experience Questionnaire* (INES; ABDELKADER, 2011) e IBM (REGENBRECHT et al., 2012); outros 11 foram questionários próprios e 1 não forneceu informação suficiente para verificar a procedência (REGENBRECHT; HOERMANN; OTT; MÜLLER; et al., 2014).

Em geral (59% dos artigos) os experimentos foram realizados com usuários que não sofrem das deficiências que a aplicação se propunha a tratar (Figura 9) e a média de idade entre os participantes (39,89 anos) refletiu um perfil de jovens adultos. Porém, deve-se ressaltar que o número de estudos com maior amostragem e menor faixa etária contribuiu para

diminuir esta média geral, uma vez que os estudos foram geralmente realizados com estudantes saudáveis dentro do ambiente universitário.

Já os estudos com pacientes englobaram uma faixa etária acima dos 58 anos e uma amostragem mais baixa (Figura 9), o que reflete a baixa quantidade de pesquisas que testam seus aplicativos com os usuários a quem se destina a solução estudada. Segundo Cooper et al. (2007), no processo de desenvolvimento de tecnologias assistivas e reabilitadoras além de considerar indivíduos fisicamente aptos, que podem vir a ser futuros usuários das aplicações, deve-se incluir grupos de usuários representativos, ou seja, indivíduos com limitações sensoriais, cognitivas e motoras, pois apenas o uso de usuários não representativos poderia resultar em produtos com baixa aplicabilidade para os usuários finais. Estes usuários representativos precisam estar envolvidos no processo de desenvolvimento, incluindo prototipagem e validação para melhorar e direcionar a aplicabilidade da solução (COOPER et al., 2007).

Três dos estudos que trabalharam com pacientes, e portanto usuários representativos, apontaram algumas dificuldades em trabalhar com esse tipo de participante. O primeiro deles indicou a dificuldade das pessoas mais velhas usarem novas tecnologias com as quais não estão acostumadas. Além da baixa amostragem, as características estavam intrinsecamente ligadas ao serviço especializado de neuroreabilitação onde o estudo foi realizado, e desta forma pode ter restringido a generalização dos resultados (COLOMER et al., 2016). O segundo, que estudou indivíduos com doença de Parkinson, também avaliou uma intervenção com um pequeno grupo e não incluiu um grupo controle. Eles enfatizaram a necessidade de uma avaliação de acompanhamento para poder considerar possíveis efeitos residuais e recomendaram pesquisas adicionais com mais sujeitos, com o intuito de ampliar os resultados para que reflitam esta população (PALACIOS-NAVARRO et al., 2016). O terceiro apontou a dificuldade em recrutar os participantes, porque a intervenção era relativamente nova para os idosos, ou porque os participantes tinham tempo limitado para o teste por causa da rotina pessoal. Recomendaram o recrutamento e o registro de amostras maiores para fornecer evidências mais fortes (LEE et al., 2016).

Os critérios de avaliação do QualSyst contribuíram para classificar os melhores estudos conforme sua aplicação metodológica, solidez e consistência na descrição dos dados coletados e resultados (KMET et al., 2004). Percebe-se que dentre as publicações com as notas mais altas, algumas utilizaram uma combinação de métodos de coleta de dados (REGENBRECHT

et al., 2011, 2012; DIONISIO CORREA et al., 2013; GAMA, DA et al., 2016; HOSSAIN et al., 2016) e buscaram quantificar esses resultados, validando-os com análises estatísticas. Para isso, eles experimentaram diferentes configurações, seja pelo agrupamento de perfis de usuários (GAMA, DA et al., 2016), testando diferentes versões do sistema (REGENBRECHT et al., 2011, 2012), comparando com e sem o uso de tecnologia (DIONISIO CORREA et al., 2013), com o intuito de obter dados para realizar comparações ou detectar padrões de mudanças.

Verificou-se que embora o sucesso técnico e prático das aplicações de reabilitação seja fundamental para melhorá-las, as pesquisas que fazem julgamentos subjetivos dos usuários são essenciais para a melhoria da usabilidade. Dos 10 estudos que receberam melhores pontuações da QualSyst, 7 utilizaram questionários (validados ou de autoria) para verificar aspectos relacionados à experiência do usuário, como: motivação (GAMA, DA et al., 2016; HOSSAIN et al., 2016), satisfação (REGENBRECHT et al., 2011; DIONISIO CORREA et al., 2013), percepção (REGENBRECHT et al., 2012; HOERMANN et al., 2015) e facilidade de uso (KIM; LEE, 2016). Estas análises trouxeram parâmetros além dos fornecidos pelas avaliações de desempenho e ajudaram a justificar ou explicar eventos relacionados a mudanças nos padrões de comportamento do usuário.

Esta revisão permitiu coletar informações que elucidaram as práticas correntes das avaliações com usuários dentro da área de reabilitação motora com RA. Listamos a seguir as práticas metodológicas aplicadas aos experimentos dos artigos que obtiveram melhor avaliação, e que apareceram em maior frequência:

Tabela 6 - Práticas metodológicas mais aplicadas nos experimentos.

Tipo de Avaliação	Tipo de Abordagem	Métodos
<ul style="list-style-type: none"> • Desempenho de tarefa • Experiência do Usuário • Percepção e cognição 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas objetivas • Medidas subjetivas • Análise qualitativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Execução de tarefas • Análise de performance • Questionários • Observação • Entrevistas

A utilização das práticas acima (Tabela 6) em testes de usabilidade podem trazer informações proveitosas que permitam aprimorar as interações dos usuários com sistemas. Porém precisa ser avaliado se sua aplicação com os 2 perfis de usuários desta pesquisa podem

contribuir para realizar um comparativo entre estes dois perfis, de modo a validar, ou refutar, sua utilização por eles. A seguir, serão abordados os métodos e métricas utilizados para compor a proposta de avaliação de usabilidade aplicada nos experimentos.

3 PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

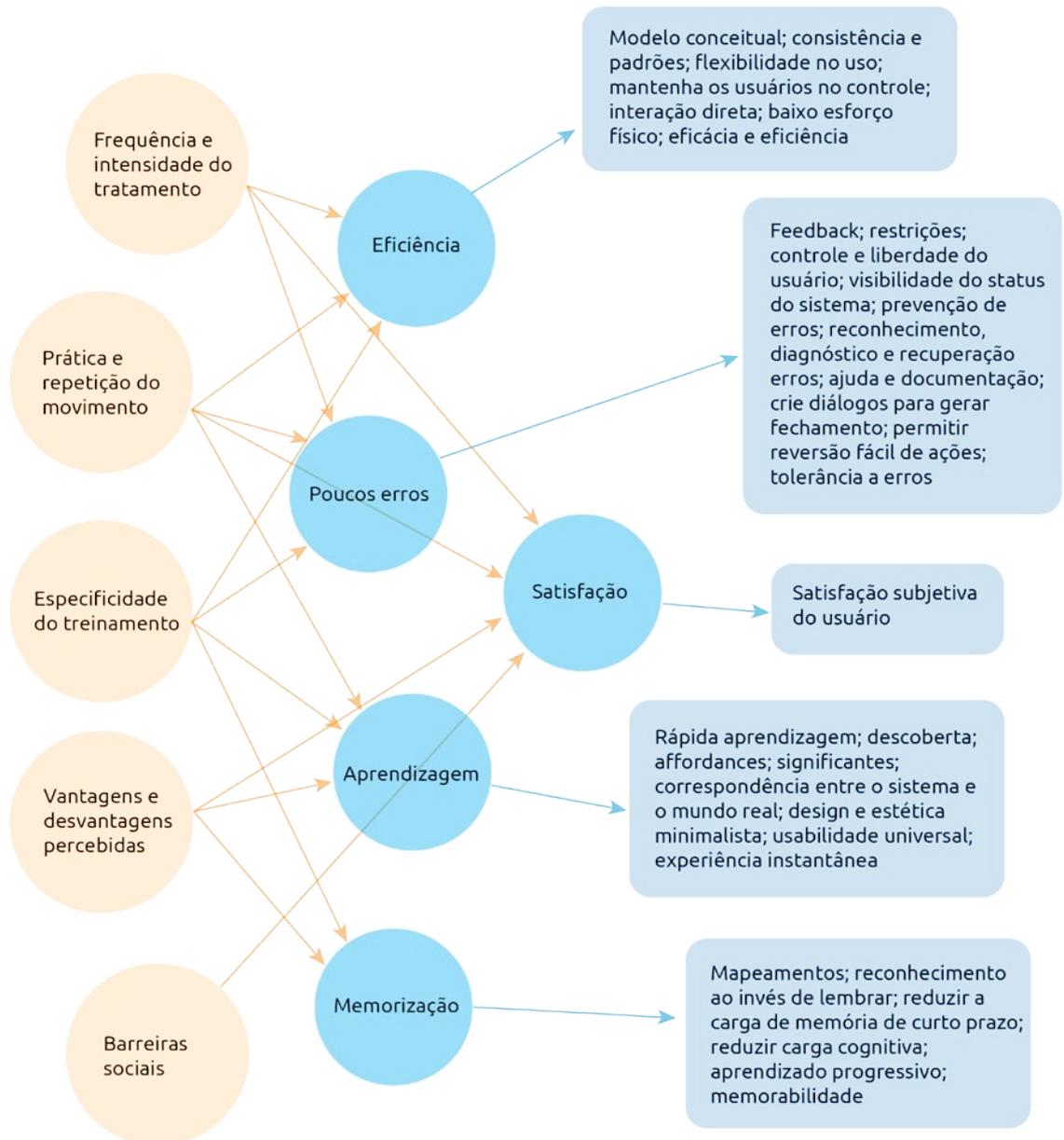
A proposta de avaliação foi construída a partir da união dos conceitos apresentados no referencial teórico (Seção 2.1 e 2.2) com as práticas verificadas na revisão sistemática (Seção 2.3) para estudos que envolviam testes com usuários em pesquisas de recorte semelhante ao deste estudo. Este capítulo abordará como foram definidos os métodos (Seção 3.1) e métricas (Seção 3.2) utilizados para a coleta de dados nos experimentos, e ao fim apresentará um modelo com o resumo desta proposta de avaliação de usabilidade (Seção 3.3).

3.1 COMPOSIÇÃO DOS MÉTODOS

Conforme resumido no item 2.1.3, para o sucesso de terapias que envolvem a reabilitação motora é recomendável a prática freqüente, repetições e especificidade nos movimentos, e fazer com que o usuário perceba as vantagens de se utilizar o sistema para os tratamentos. Já para o sucesso de sistemas interativos, a usabilidade depende de fatores que influenciam a aprendizagem, eficiência, memória, erros e satisfação (Seção 2.2.3), e poderia ser alcançada com princípios e diretrizes que norteiam o design adaptados para RA.

Fazendo um paralelo entre estas informações, foi configurado um fluxo da relação entre os requisitos para reabilitação motora e os atributos de usabilidade para sistemas interativos de RA (Figura 11).

Figura 11 - Fluxo da relação no entre os requisitos de reabilitação motora, atributos de usabilidade e os princípios e diretrizes de usabilidade para RA.



No requisito de 'Frequência e intensidade do tratamento', para melhorar a independência do indivíduo no desempenho, velocidade e precisão das atividades, os atributos associados foram 'eficiência', 'poucos erros' e 'satisfação' (Figura 11). A satisfação porque seria importante manter os usuários motivados durante os exercícios. Interação com poucos erros contribuiria para manter a intensidade e continuidade dos movimentos. E eficiência, pois

através do bom funcionamento os usuários poderiam alcançar um melhor desempenho nas atividades.

Para ‘Prática e repetição do movimento’, os atributos de ‘eficiência’, ‘poucos erros’, e ‘satisfação’ aparecem pelos mesmos motivos acima, acrescentando ‘aprendizagem’ (Figura 11). ‘Aprendizagem’ foi incluída por contribuir com a facilidade de uso, pois a rápida e fácil aprendizagem garantiria a repetição e precisão dos movimentos.

O atributo de ‘memorização’ apareceria em ‘Especificidade do treinamento’ e ‘Vantagens e desvantagens percebidas’, pois a redução da sobrecarga cognitiva ajudaria a manter o foco dos usuários em sua tarefa atual, promovendo uma melhor aprendizagem e consequente realização dos exercícios (Figura 11). Além disso, a facilidade de uso promovida por um menor esforço cognitivo poderia ser interpretada como uma vantagem pelo usuário, estimulando-o subjetivamente a prosseguir com o tratamento.

Para superar as ‘Barreiras sociais’ foi associado o atributo da ‘satisfação’, pela proximidade do tema subjetivo que envolve as avaliações de cada indivíduo. Uma aplicação que trouxesse satisfação em seu uso poderia amenizar possíveis constrangimentos e auxiliar sua aceitação pelos usuários. Percebe-se que os atributos de eficiência, aprendizagem, poucos erros e satisfação foram os mais solicitados para se alcançar os requisitos das terapias. Memorização, por sua vez, seria importante para consolidar a frequência de uso.

Para selecionar os métodos que irão ser utilizados na proposta de avaliação, as práticas metodológicas encontradas na revisão sistemática da literatura (Tabela 6) foram dispostas conforme objetivos dos atributos de usabilidade (Tabela 7).

Tabela 7 - Composição dos métodos para proposta de avaliação.

Atributos de usabilidade	Tipo de avaliação (Seção 2.3.2.1)	Tipo de abordagem (Seção 2.3.2.2)	Métodos (Seção 2.3.2.3)
Eficiência	Desempenho de tarefa	Medidas objetivas	Execução de tarefas Análise de performance
Poucos erros	Desempenho de tarefa Percepção e cognição	Medidas objetivas Medidas subjetivas Análise qualitativa	Execução de tarefas Análise de performance Questionários Observação
Satisfação	Experiência do Usuário	Medidas subjetivas Análise qualitativa	Questionários Entrevistas Observação
Aprendizagem	Desempenho de tarefa	Medidas objetivas Medidas subjetivas	Análise de performance Questionários

	Percepção e cognição	Análise qualitativa	Observação
Memorização	Percepção e cognição	Medidas objetivas Medidas subjetivas	Análise de performance* Questionários

** neste trabalho, o tempo de intervalo entre uma fase e outra foi de no máximo 5 minutos, correspondendo ao tempo de repouso entre os exercícios.*

Para mesurar os atributos de ‘Eficiência’ e ‘Poucos erros’, o tipo de avaliação ‘Desempenho de tarefa’ foi selecionado por fornecer dados que permitem avaliar a performance dos usuários utilizando o sistema (Tabela 7). Através de medidas objetivas, pode-se obter indícios que apontem que a tecnologia auxiliou ou prejudicou o desempenho dos usuários. A métrica da taxa de sucesso dos movimentos, por exemplo, poderia indicar se a aplicação atingiu eficiência no desempenho ou, caso a taxa de sucesso tenha sido baixa, indicar que há erros que precisam ser corrigidos (JAKOB NIELSEN, 2001).

Para o atributo de ‘Poucos erros’, além do tipo de avaliação ‘Desempenho de tarefas’, foi incluído ‘Percepção e cognição’ (Tabela 7). Neste caso, o uso de medidas subjetivas obtidas por questionários, e complementadas pela análise qualitativa como observações do comportamento dos usuários durante a execução de tarefas, poderia fornecer informações que permitissem verificar se usuários compreenderam as mensagens e instruções fornecidas pelo sistema.

Os sentimentos subjetivos e a experiência dos usuários estariam atrelados ao atributo da ‘Satisfação’, e poderiam ser medidos através de dados subjetivos e análise qualitativa. Na análise qualitativa, por exemplo, observações do comportamento do usuário e entrevista poderiam explicar o comportamento do usuário e obter mais profundidade em suas preferências, uma vez que do ponto de vista da usabilidade, estes métodos são voltados a entender a opinião dos usuários em relação ao uso da interface (NIELSEN, 1993).

Em ‘Aprendizagem’ e ‘Memorização’ o tipo de avaliação adequado foi associado a ‘Percepção e cognição’. Através de medidas subjetivas, como questionários, o objetivo seria mesurar se os usuários reconhecem símbolos, linguagem e conceitos aplicados na interface, além de entender o contexto com que as informações aparecem. Para ‘Aprendizagem’, a análise de performance poderia medir o progresso no entendimento do usuário ao longo das rodadas, e as observações registrariam nuances do comportamento do usuário que explicariam suas atitudes. Em ‘Memorização’, além das medidas subjetivas, a análise quantitativa baseada

na performance após um intervalo sem interagir com o sistema poderia medir a memorização de funcionalidades já aprendidas e assimiladas para aquele intervalo de tempo.

3.2 MÉTRICAS PROPOSTAS

As métricas definidas para os experimentos vão fornecer dados quantitativos e qualitativos que são igualmente importantes para o processo de avaliação. Os quantitativos podem indicar que existem problemas prejudicando o desempenho do usuário, e os dados qualitativos indicam onde (e às vezes porque) estes problemas ocorreram (BOWMAN et al., 2002). As métricas foram selecionadas para abordar os diferentes tipos de avaliação previstos (Tabela 7): desempenho de tarefa, percepção e cognição e experiência do usuário, e contemplar amplamente a relação entre os requisitos de reabilitação motora, e os princípios e diretrizes para RA (Figura 11).

3.2.1 Desempenho de tarefa

As métricas de desempenho são ferramentas poderosas para avaliar a usabilidade de qualquer produto e são baseadas exclusivamente no comportamento dos participantes (TULLIS; ALBERT, 2013). Segundo Tullis e Albert (2013), cinco métricas são as mais utilizadas: taxa de sucesso, aprendizagem, tempo para execução de tarefas, erros e eficiência.

Para Nielsen (2001), a ‘taxa de sucesso’ é uma medida objetiva que fornece dados quantitativos e está associada à performance do usuário utilizando o sistema, podendo indicar a eficiência da aplicação para atingir seus objetivos. Os dados são geralmente fáceis de coletar, e geram informações que podem ser tratadas estatisticamente. Porém, as informações obtidas não explicam porque os usuários falharam ou o quão bem eles executaram as tarefas que realizaram (JAKOB NIELSEN, 2001).

A ‘capacidade de aprendizagem’ é outra métrica de desempenho e envolve observar como uma medida de eficiência muda ao longo do tempo. Serve para examinar como e quando os participantes atingem a proficiência no uso de um produto (TULLIS; ALBERT, 2013). Já o ‘tempo para execução de tarefa’ averigua a rapidez com que os usuários executam tarefas com o produto. Uma das formas de se obter dados para esta métrica é através da observação do tempo necessário para que os participantes concluam uma tarefa, ou a

proporção de participantes que concluem uma tarefa dentro de um limite de tempo estipulado (TULLIS; ALBERT, 2013).

A ‘quantidade de erros’ também pode ser utilizada como métrica de desempenho e indicar o número de erros cometidos durante a tentativa de completar uma tarefa. Uma tarefa pode ter uma única oportunidade de erro ou várias, e alguns tipos de erros podem ser considerados mais graves que outros (TULLIS; ALBERT, 2013). Já a ‘eficiência’ pode ser avaliada examinando a quantidade de esforço (cognitivo e físico) que um usuário gasta para concluir uma tarefa, como o número de cliques em um site ou o número de toques em um telefone celular, por exemplo. A eficiência é frequentemente medida pelo número de etapas ou ações necessárias para concluir uma tarefa ou pela razão entre a taxa de sucesso da tarefa e o tempo médio por tarefa (TULLIS; ALBERT, 2013).

Desta forma, a métrica de desempenho escolhida para compor a proposta de avaliação para o estudo de caso desta pesquisa foi a taxa de sucesso, pois dentro de um intervalo de tempo fixo para atividade ela também pode contribuir para medir a evolução do desempenho do usuário ao longo de várias utilizações do jogo e, conseqüentemente, indicar um possível aprendizado. Uma baixa taxa de sucesso poderia significar a ocorrência de problemas com o sistema ou com sua utilização, e por outro lado uma taxa elevada demonstrar eficiência na prática dos exercícios corretamente.

3.2.2 Percepção e cognição

Medidas subjetivas podem fornecer informações importantes sobre a percepção do usuário a respeito do sistema e sua interação com ele. Os dados podem até mesmo indicar como os usuários se sentem em relação ao uso do sistema e quais suas preferências individuais (TULLIS; ALBERT, 2013). Estas medidas são geralmente obtidas através do uso de questionários e escalas de atitudes (BROOKE, 1996), e optou-se por utilizá-las para coletar dados que fornecessem informações sobre a usabilidade do ponto de vista do usuário, e que trouxessem dados para comparação entre grupos distintos de usuários do sistema.

Alguns dos atributos que se pode obter com estes dados subjetivos incluem: satisfação geral, facilidade de uso, eficácia da navegação, conhecimento dos recursos, clareza das terminologias, apelo visual, dentre outros (TULLIS; ALBERT, 2013). Porém, deve haver um cuidado na formulação das perguntas para que não pareçam tendenciosas. Os termos

utilizados devem ser claros, e até mesmo a ordem de apresentação das questões deve ser cuidadosamente pensada para não confundir ou prejudicar a compreensão dos usuários. Já as respostas podem ser de múltipla escolha, possuir escalas com valores ou atributos distintos, ou até mesmo serem abertas (KOTHARI, 2004).

Dentre as vantagens de se aplicar questionários estão: baixo custo; ser livre do viés do entrevistador; os entrevistados terem tempo suficiente para dar respostas bem pensadas; poder ser utilizado em grandes amostras; gerar dados confiáveis (KOTHARI, 2004). Já as desvantagens ficariam a cargo de algumas dificuldades, tais como: só poder ser utilizado quando os entrevistados cooperam; os usuários não preencherem devidamente, fornecerem respostas ambíguas, ou omitir-se em algumas questões dificultando sua interpretação; e ser um método de coleta lento (KOTHARI, 2004).

Na revisão sistemática realizada (CAVALCANTI et al., 2018), verificou-se que dentre os 18 estudos que aplicaram questionários, 6 eram adaptações de questionários validados, como o meCUE, VRUSE, GEQ e IBM; e que outros 11 foram questionários próprios (Seção 2.3.3). Por possuir uma escala simples, ser rápido, conciso, confiável com vários tamanhos de amostragem e próprio para interfaces interativas, optou-se por utilizar o SUS (*System Usability Scale*) para obter dados sobre a percepção da usabilidade geral do sistema pelos usuários (TULLIS; STETSON, 2004).

O SUS foi apontado como um dos questionários de estrutura mais simples (com apenas 10 itens de avaliação), e rendeu resultados confiáveis entre tamanhos das amostras pequenos (entre pelo menos 12-14 participantes). O SUS foi criado por Brooke (1996) para fornecer uma medida das percepções subjetivas dos usuários sobre a facilidade de uso e a usabilidade geral de um sistema interativo (BROOKE, 2013). O SUS é voltado para questões que abordam diferentes aspectos da reação do usuário com o sistema interativo, ao invés de focar na avaliação de características específicas da interface, tais como: aparência visual, organização da informação, etc (TULLIS; STETSON, 2004).

Porém o SUS não configura-se como uma ferramenta de diagnóstico, pois não é capaz de fornecer informações específicas sobre o que o usuário enfrentou ou ignorou ao usar o sistema (PERES et al., 2013). Desta forma é frequentemente utilizado como um ponto de partida nos esforços de usabilidade, pois pode indicar que existem problemas na usabilidade do sistema, porém sem especificar quais realmente são (FINSTAD, 2010). Além disso, o

resultado do SUS sozinho pode não ter relação com a eficiência na usabilidade do sistema, pois os indivíduos podem basear suas avaliações em seus próprios julgamentos a respeito de suas capacidades para realização das tarefas (PERES et al., 2013).

Tabela 8 - Itens originais do SUS com sentenças alternadas entre positivas e negativas e características investigadas em cada item, segundo **Lewis e Sauro (2009)**.

Questionário	Perguntas	Sentença	Característica investigada
SUS	1. Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente.	Positiva	Usabilidade
	2. Eu acho o jogo desnecessariamente complexo.	Negativa	Usabilidade
	3. Eu achei o jogo fácil de usar.	Positiva	Usabilidade
	4. Eu acho que eu precisaria de suporte técnico para ser capaz de usar esse jogo.	Negativa	Aprendizagem
	5. Eu achei que as várias funcionalidades do jogo estavam bem integradas.	Positiva	Usabilidade
	6. Eu achei que havia muita inconsistência no jogo.	Negativa	Usabilidade
	7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar esse jogo rapidamente.	Positiva	Usabilidade
	8. Eu achei o jogo muito complexo de se usar.	Negativa	Usabilidade
	9. Eu me senti muito confiante usando o jogo.	Positiva	Usabilidade
	10. Eu precisei aprender várias coisas antes que eu pudesse usar o jogo adequadamente.	Negativa	Aprendizagem

Para poder medir a percepção e compreensão dos usuários a respeito dos recursos de feedback visuais e sonoros para correção de erros emitidos pela da interface do jogo, utilizou-se questionários específicos customizados baseados na estrutura e pontuação do SUS (mais detalhes no item 4.6). Estes questionários procuraram coletar dados entre os diferentes grupos de usuários para averiguar se os usuários visualizaram e compreenderam as mensagens transmitidas e quais as suas preferências em relação a estas informações.

As características investigadas em cada item (Tabela 9) remeteram predominantemente às diretrizes que averigam o atributo de poucos erros para o sistema (Figura 11). Porém houve uma exceção em cada feedback analisado, onde o item em questão remeteu à percepção para rápida aprendizagem. Foram abordados a compreensão da linguagem e termos utilizados nos feedbacks com a diretriz de ‘Correspondência entre o sistema e o mundo real’ (Tabela 9, Áudio item 2, e Texto item 3), e ‘Significantes’ e ‘Rápido Aprendizado’, onde o usuário

responderia a respeito da compreensão da mensagem que o símbolo (ilustração) estava transmitindo (Tabela 9, Imagem item 3).

Tabela 9 - Questionários específicos para cada feedback, estruturados conforme o SUS (com sentenças positivas e negativas) e características investigadas em cada item.

Questionário	Perguntas	Sentença	Característica investigada
IMAGEM	Não entendi a frequência com que a ilustração aparecia.	Negativa	Visibilidade do status do sistema
	A ilustração me ajudou a perceber o que eu estava errando.	Positiva	Reconhecimento diagnóstico e recuperação de erros
	Não consegui entender a mensagem que a ilustração animada queria passar.	Negativa	Significantes / Rápido aprendizado
	A ilustração me ajudou a realizar o movimento corretamente.	Positiva	Prevenção de erros
	O local onde a imagem apareceu não favoreceu sua visualização.	Negativa	Visibilidade do status do sistema
	O tempo de exibição da imagem foi suficiente para compreendê-la.	Positiva	Visibilidade do status do sistema
AUDIO	Os sons me estimularam a continuar jogando.	Positiva	Feedback
	A linguagem e termos utilizados na mensagem de áudio eram de difícil compreensão.	Negativa	Correspondência entre o sistema e o mundo real
	A quantidade de sons no jogo me irritou.	Negativa	Visibilidade do status do sistema
	Os sons me ajudaram a perceber que eu estava errando.	Positiva	Reconhecimento diagnóstico e recuperação de erros
	A velocidade da mensagem de áudio foi suficiente para compreendê-la.	Positiva	Visibilidade do status do sistema
	Os sons me ajudaram a realizar o movimento corretamente.	Positiva	Prevenção de erros
TEXTO	Consegui ler claramente as mensagens de texto que o sistema exibia.	Positiva	Visibilidade do status do sistema
	O texto me ajudou a compreender o que eu estava errando.	Positiva	Reconhecimento diagnóstico e recuperação de erros
	A linguagem e termos utilizados pelo sistema eram de difícil compreensão.	Negativa	Correspondência entre o sistema e o mundo real
	O tempo de exibição do texto foi suficiente para a leitura.	Positiva	Visibilidade do status do sistema
	O local onde o texto apareceu não favoreceu sua visualização.	Negativa	Visibilidade do status do sistema
	O texto apresentava bom tamanho e cor para sua leitura.	Positiva	Visibilidade do status do sistema

3.2.3 Experiência do usuário

Para medir os sentimentos subjetivos e experiências dos usuários foram utilizados métodos formal e informal. A avaliação formal envolveu uma entrevista semi-estruturada opcional para os participantes. E o método informal foi observação não estruturada realizada pelos pesquisadores, com o intuito de registrar dificuldades e dúvidas verbalizadas pelos participantes, além de ações e atitudes imprevistas durante os experimentos.

A entrevista foi utilizada com o intuito de trazer informações intrínsecas sobre as opiniões, valores, emoções e percepção da experiência do usuário, que poderiam ajudar a compreender o comportamento dos usuários e suas expectativas (MERRIAM; TISDELL, 2016). Dentre as vantagens de se realizar entrevistas estão: a possibilidade do entrevistador contornar alguma resistência por parte dos respondentes; uma maior flexibilidade, pois existe a oportunidade de reestruturar questões; a possibilidade de se coletar informações suplementares sobre as características pessoais e o ambiente do entrevistado; além de poder ser aplicado junto ao método de observação, registrando respostas verbais, e atitudes não expressas verbalmente (KOTHARI, 2004).

Como desvantagens o método é caro e sua aplicação mais demorada, especialmente quando a amostra é grande; existe a possibilidade de haver viés do entrevistador, bem como do entrevistado; a presença do entrevistador pode estimular excessivamente o entrevistado, ou inibi-lo; a análise das respostas é mais complexa (KOTHARI, 2004).

As perguntas realizadas procuraram captar sugestões e deixar que o usuário se expressasse a respeito da experiência que acabara de vivenciar. A partir das respostas e da disposição do usuário em respondê-las, mais perguntas poderiam ser formuladas para aprofundar o assunto ou obter mais informações. As perguntas estruturadas inicialmente realizadas foram:

- O que você adicionaria ao jogo para torná-lo mais interessante?
- Você gostaria de dar alguma sugestão ou expressar livremente sua opinião sobre o assunto da pesquisa?

Já o método de observação foi utilizado para complementar as informações a respeito do comportamento dos usuários. Existem várias limitações para este método: é caro; pode fornecer informações muito limitadas; e fatores imprevisíveis podem interferir na tarefa de

observação (KOTHARI, 2004). Porém, é comumente utilizado em estudos relacionados às ciências comportamentais e torna-se uma ferramenta científica quando serve a um propósito de pesquisa sistematicamente planejado, devidamente registrado, sujeito a verificações e controles de validade. A informação é coletada por meio da observação direta do próprio investigador, e relaciona-se com o que está acontecendo no momento (KOTHARI, 2004).

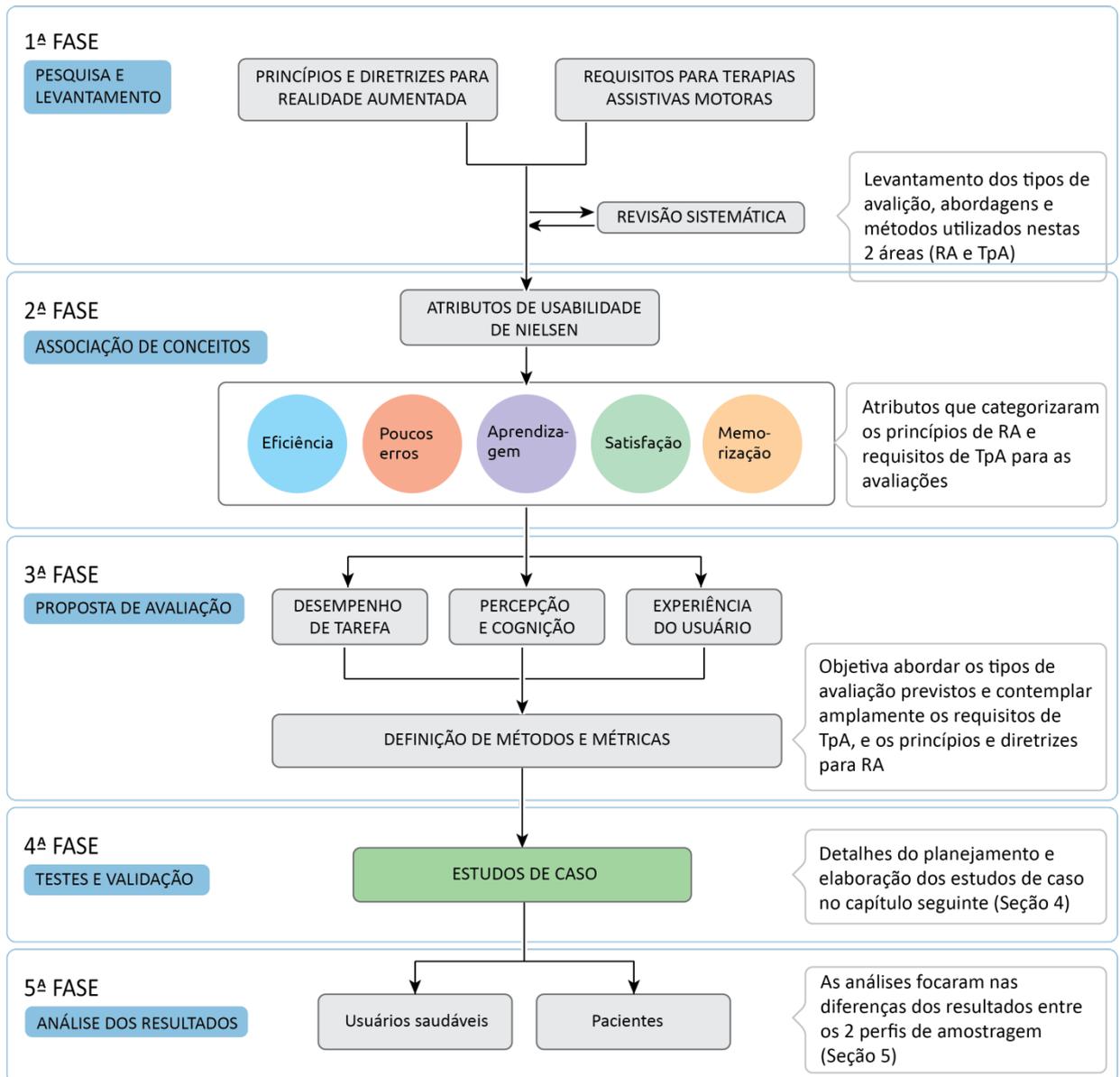
Espera-se que o método de observação registre as dificuldades e dúvidas não relatadas verbalmente pelos participantes, além de ações e atitudes imprevistas durante os jogos. Estes dados, alinhados com as entrevistas destes indivíduos, podem detectar pontos de contradição ou explicações para ocorrência de eventos.

3.3 MODELO DA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO

A avaliação de usabilidade proposta foi representada através de um modelo dividido por fases, conforme indicado na Figura 12. Na 1ª e 2ª fase, foi realizado um levantamento e associação entre os conceitos encontrados com os 5 atributos de usabilidade indicados por Nielsen (1990), e que auxiliaram no direcionamento dos objetivos das avaliações (Figura 11). Procurou-se abordar estes atributos contemplando os requisitos das terapias e as diretrizes para RA através de 3 tipos de avaliação: desempenho de tarefa, percepção e cognição, e experiência do usuário.

Os métodos e métricas selecionados foram aplicados em dois estudos de caso (Seção 5), onde esta proposta de avaliação foi testada. Priorizou-se nas análises dos resultados as diferenças entre os perfis de usuários utilizados (Seção 6).

Figura 12 - Modelo da proposta de avaliação realizada nesta pesquisa.



4 METODOLOGIA

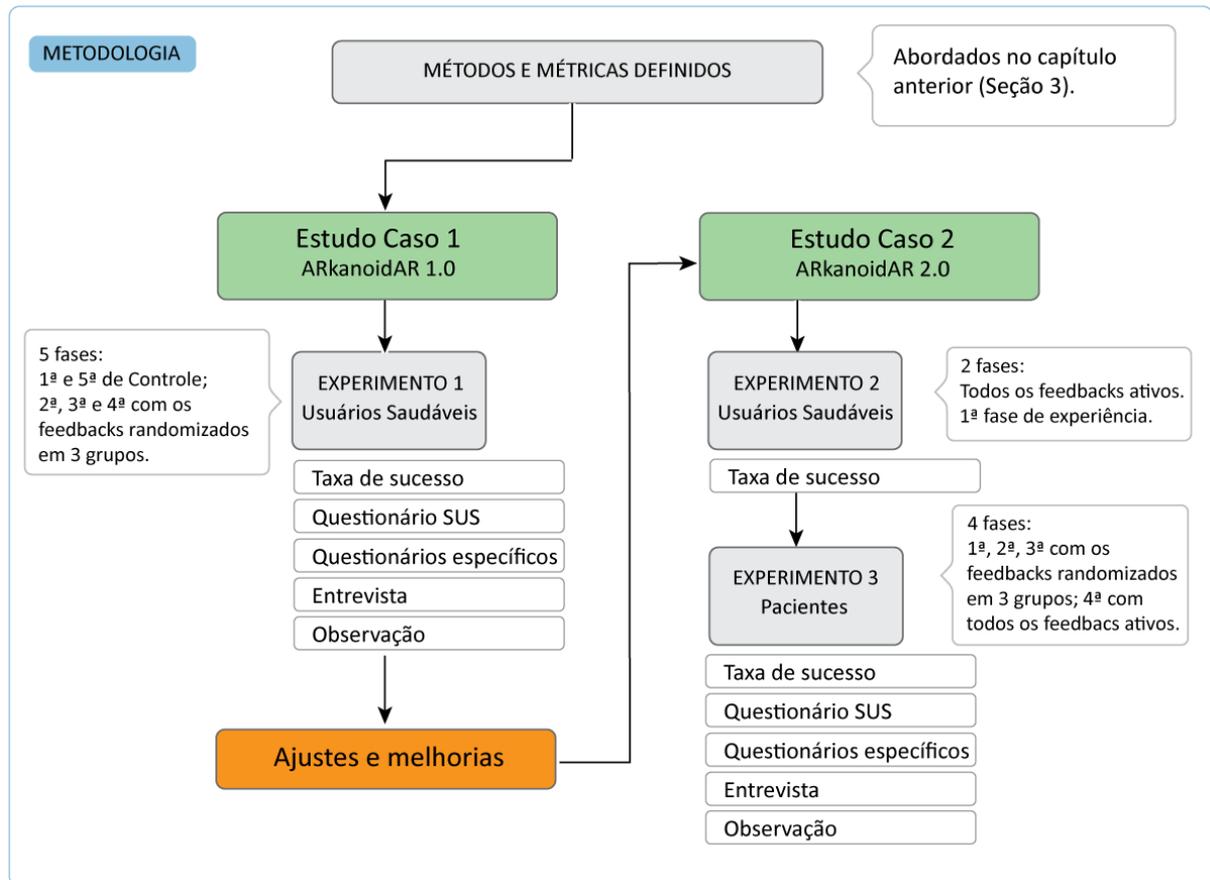
Este capítulo apresentará: o objeto de estudo desta pesquisa, que utilizou o jogo ARkanoidAR, o qual possui propósitos terapêuticos e utiliza RA para transmitir aos usuários orientações para os movimentos motores (Seção 4.1); a amostragem selecionada para os testes (Seção 4.2); e o planejamento detalhado do protocolo (Seção 4.5) aplicado aos testes.

No primeiro estudo de caso foi utilizada a versão inicial do ARkanoidAR 1.0 (Seção 4.1.1) e convocados usuários saudáveis como amostragem (Seção 4.2.1). Os resultados destes experimentos apontaram algumas falhas na usabilidade e algumas melhorias foram realizadas, gerando a versão 2.0 deste mesmo jogo (Seção 4.1.2).

No segundo estudo de caso, um experimento simplificado foi realizado, com os usuários saudáveis utilizando a versão 2.0, apenas para testar o desempenho do mesmo perfil de amostragem utilizando a nova versão com todos os feedbacks ativos (Seção 5.2.1). Estes dados serviram para efetuar um comparativo com o desempenho do grupo de usuários de pacientes utilizando a versão 2.0 do jogo, também com todos os feedbacks ativos. As melhorias implementadas nesta segunda versão podem ser vistas na descrição do objeto de estudo ARkanoidAR 2.0 (Seção 4.1.2).

A amostragem de pacientes do segundo estudo de caso foi proveniente do Laboratório de Neurociência Aplicada (LANA) do Departamento de Fisioterapia da UFPE (Seção 4.2.2). O protocolo neste grupo teve pequenas alterações para que fosse viável e possível aos pacientes participarem do experimento até o fim. Porém, os métodos para coleta de dados foram exatamente os mesmos utilizados no primeiro estudo de caso com usuários saudáveis (Seção 3). O fluxo com o resumo dos testes realizados nesta pesquisa pode ser visto a seguir (Figura 13) e será detalhado individualmente no Protocolo (Seção 4.5):

Figura 13 - Fluxograma dos estudos de caso aplicados.



4.1 OBJETO DO ESTUDO

O ARkanoidAR é um jogo para reabilitação motora, baseado no clássico Arkanoid do Atari[®]. O ARkanoidAR foi criado para orientar e motivar os pacientes a realizar movimentos terapêuticos de forma correta e objetiva melhorar o desempenho destes pacientes por meio de feedbacks visuais e sonoros. O jogo utiliza RA para rastrear os movimentos do corpo em 3D, e promover instruções precisas para a correção dos exercícios (BARIONI et al., 2017).

ARkanoidAR usa o sensor Kinect[®] para rastrear articulações do corpo e assim medir ângulos e reconhecer movimentos de acordo com os padrões da *International Society of Biomechanics* (ISB), que descreve os movimentos do ombro de acordo com a anatomia triaxial (GAMA, DA et al., 2018). Esse reconhecimento permite que o sistema identifique o plano de movimento de acordo com as regras biomecânicas e, quando o movimento ocorre errado, o jogo fornece informações para gerar feedback de erro e orientação aos usuários.

O primeiro estudo de caso (Seção 5.1) utilizou a versão 1.0 do ARkanoidAR, que foi desenvolvida no VOXAR Labs do Departamento de Informática (CIn) da UFPE e a amostragem contou apenas com usuários saudáveis. A partir dos resultados deste primeiro estudo de caso, foram detectadas falhas na usabilidade e uma nova versão foi formulada corrigindo ou amenizando os problemas encontrados, que foi testada novamente em um segundo estudo de caso (Seção 5.2).

O segundo estudo de caso utilizou a versão 2.0 do jogo, e num primeiro momento foi testado com o mesmo perfil de amostragem do primeiro estudo de caso (Seção 5.2.1). O propósito foi adquirir dados de desempenho destes usuários utilizando a nova versão para comparar com o desempenho dos pacientes utilizando esta mesma versão do jogo e com todos os feedbacks ativos (Seção 5.2.3). Num terceiro experimento, conforme demonstrado na Figura 13, os testes foram aplicados aos pacientes (Seção 5.2.2).

4.1.1 ARkanoidAR 1.0

A interface do jogo é composta por um canvas onde é projetada a imagem do usuário, duas bolas que se movem aleatoriamente neste canvas, tijolos coloridos que variam conforme a fase e nível de dificuldade, uma barra móvel utilizada para rebater as bolas (Figura 14). Na área externa ao canvas, existe o painel de pontos, e é onde os feedbacks de texto e imagem são exibidos quando, eventualmente, ocorre um erro na execução do movimento feito pelo usuário (Figura 15).

Figura 14 - Print screen da interface.

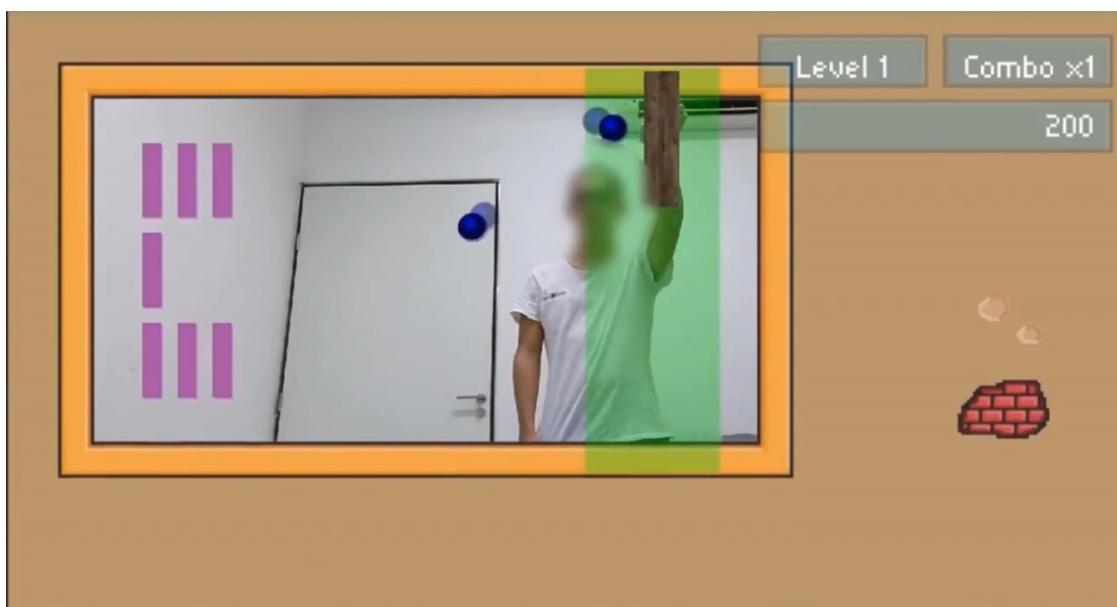


Figura 15 - Print screen da interface mostrando o feedback de texto e imagem para correção de erro.



A barra móvel é controlada pelo movimento do braço, especificamente pelo ângulo de flexão / extensão do ombro. Os tijolos coloridos posicionados no lado oposto ao usuário precisam ser atingidos pelas bolas para marcar pontos. As bolas precisam acertar novamente a barra no caminho de volta, caso contrário, ficarão desabilitadas e não vão marcar quando baterem nos tijolos novamente (Figura 15).

O jogo possui várias configurações que podem ser definidas, ativadas e desativadas de acordo com as necessidades do paciente e especificadas pelo fisioterapeuta. Algumas delas seriam: os tipos de feedback para correção de erros (texto, imagem, áudio); o lado do membro superior a ser trabalhado (direito ou esquerdo); tolerância de postura; ângulo mínimo de flexão do cotovelo; ângulo máximo de abertura do ombro permitido durante a rotação; tempo de tolerância dos erros (em segundos); tolerância de plano (BARIONI et al., 2017).

No final de cada partida, o sistema gera automaticamente um relatório que permite ao terapeuta realizar avaliações contínuas do paciente (ANEXO V). As informações fornecidas neste relatório são: duração da sessão; porcentagem da sessão sem erros de movimento; porcentagem da duração da sessão para cada tipo de erro; lista de erros de movimento detectados, contendo que tipo de erro foi detectado e quanto tempo durou até ser corrigido (BARIONI et al., 2017).

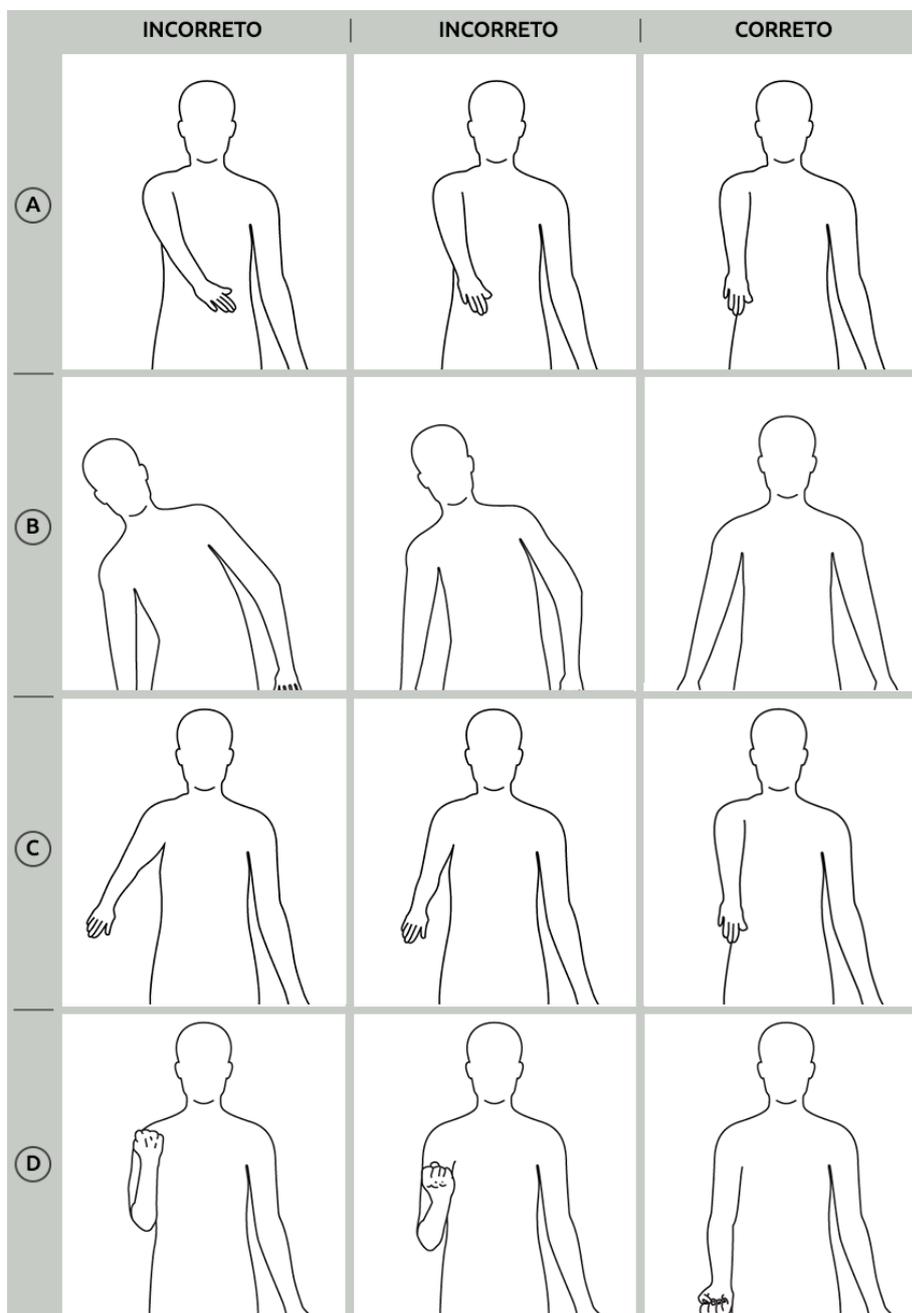
4.1.1.1 Feedbacks do ARkanoidAR 1.0

Os feedbacks de áudio, texto e imagem funcionam como alertas e instruções em tempo real para correção de erros. Quando o usuário executa algum movimento errado, o sistema o traz mensagens visuais e sonoras que procuram orientar o usuário como proceder. Os feedbacks de áudio e texto possuem as mesmas mensagens e possuem atualmente duas opções de idioma: inglês ou português.

O feedback de texto aparece na parte inferior da tela (Figura 15). Tem uma faixa preta com transparência e a fonte em vermelho. A faixa preta foi colocada para evitar dificuldades na leitura, pois dependendo da distância em que o usuário está posicionado em relação ao Kinect[®], os elementos do jogo se ajustam podendo ocorrer sobreposições.

O feedback da imagem consiste em uma seqüência de três *frames* que compõem uma animação para cada tipo de erro que o jogo detecta (Figura 16). As imagens ilustram o contorno de um corpo na vista frontal, e os movimentos são reproduzidos sucessivamente enquanto durar o erro.

Figura 16 - Orientações para os movimentos: (A) “Deixe seu braço mais aberto”; (B) “Deixe a coluna mais ereta”; (C) “Deixe seu braço mais fechado”; e (D) “Estique seu cotovelo”.



4.1.1.2 Configurações utilizadas

Como a primeira fase dos experimentos envolvia usuários saudáveis, o jogo foi configurado pela equipe que iria realizar as coletas, que tomou como base configurações que visassem uma boa jogabilidade, e dentro dos padrões da ISB, que descreve os movimentos do ombro de acordo com a anatomia triaxial (GAMA, DA et al., 2018). As configurações foram especificadas para que apresentassem um nível de dificuldade compatível com a aptidão dos

usuários saudáveis. Era preciso fazer com que os usuários tivessem a experiência de cometer erros para que visualizassem os feedbacks indicando a devida correção do movimento.

Além dos tipos de feedback para correção de erros exibidos (texto, imagem, áudio), e o lado do membro superior a ser trabalhado, o jogo foi configurado com os ângulos e segundos de tolerâncias abaixo:

Tabela 10 - Configurações editadas no ARkanoidAR 1.0

Item	Configuração
a) Escolha a margem de tolerância do plano de movimento principal	15°
b) Escolha a tolerância para compensação postural	10°
c) Insira o ângulo desejado a ser alcançado para o movimento principal	180°
d) Escolha a duração da tolerância de erro	1 segundo
e) Para cada intervalo de _ segundos:	60
f) Fazer contração isométrica por _ segundos;	20
g) Momentos de descanso por _ segundos;	20
h) Faça contração isotônica por _ segundos.	20

4.1.2 ARkanoidAR 2.0

Uma equipe composta por uma designer (pesquisadora desta dissertação), uma aluna voluntária de engenharia biomédica e uma Prof^a Dr^a em engenharia Biomédica (co-orientadora desta dissertação) analisaram os resultados da primeira fase dos experimentos. Além dos dados da taxa de sucesso dos movimentos foram levadas em consideração as opiniões dos usuários expressas via questionários e entrevistas.

As análises destes resultados e discussões promovidas entre a equipe contribuíram para encontrar deficiências na interface e nos três feedbacks para correção de erro presentes no jogo. As discussões dos resultados podem ser vistas com mais detalhes no item 5.1.2. Desta forma, as melhorias foram planejadas e implementadas na interface por esta mesma equipe, dentro dos limites técnicos de cada participante, e as alterações geraram a versão 2.0 do ARkanoidAR.

As melhorias a seguir foram implementadas e testadas novamente em um segundo estudo de caso, dividido em mais dois experimentos (Figura 13): um aplicado com o mesmo perfil de usuários saudáveis (Seção 5.2.1), e outro com os pacientes (Seção 5.2.2) utilizando a

mesma proposta de avaliação, e contemplando os mesmos métodos utilizados no primeiro estudo de caso (Seção 3).

4.1.2.1 Feedback de texto do ARkanoidAR 2.0

A tipografia utilizada na versão 1.0 do ARkanoidAR não agradou aos usuários (Figura 17 A) e demonstrou problemas de legibilidade conforme exposto nos resultados na primeira fase dos experimentos (Seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Uma das possíveis explicações seria o uso de fonte bitmap sobre o fundo de reserva preta com transparência. As fontes bitmap funcionam como uma matriz de pixels (pontos) que compõe o caractere. Foram concebidas para terem rápida renderização e serem utilizadas em monitores de baixa resolução ou de pequeno tamanho⁴. Porém, a qualidade visual tende a ser ruim quando dimensionadas, pois foram criadas para utilizar tamanhos predefinidos dentro da resolução destes monitores. Ao serem exibidas em tamanho maior que o programado, provocam um efeito serrilhado em suas extremidades que não delimitam bem o corpo da fonte e diminuem o contraste com o fundo (Figura 17 A).

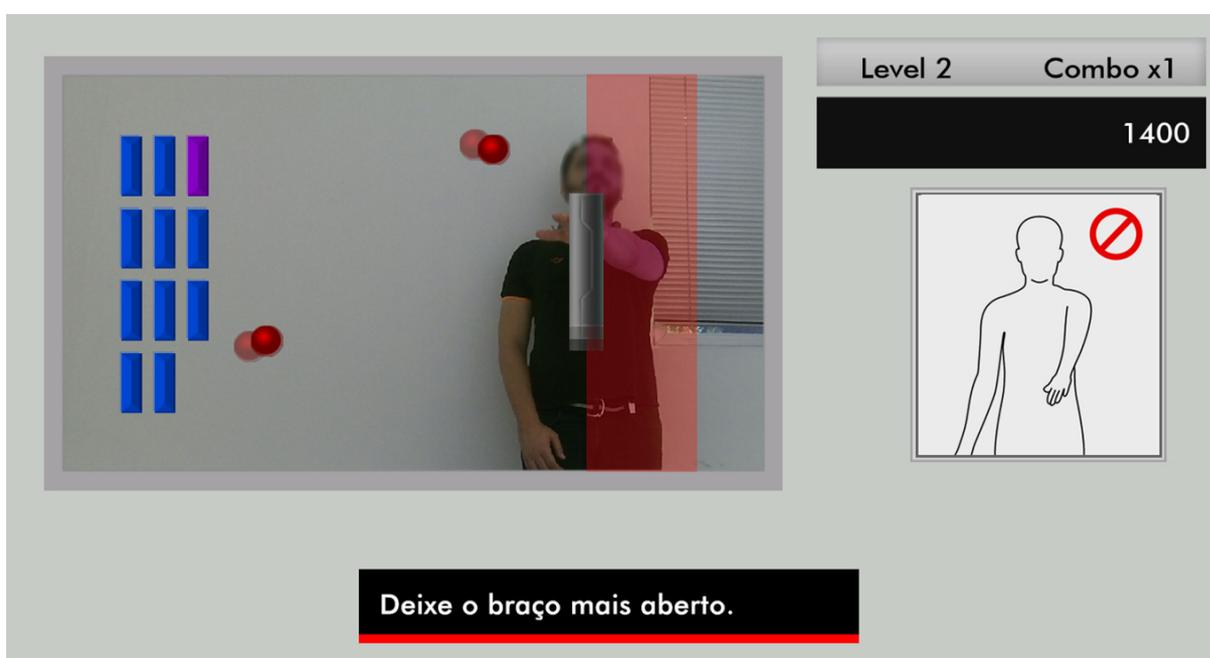
Figura 17 - Elementos do ARkanoidAR 1.0 que foram alterados.



⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_font#Bitmap_fonts

Foi proposto então alterar o tipo de fonte e cor, para tornar a leitura mais legível. O corpo da fonte utilizada deixou de ser em bitmap, para ser True Type sem serifa. Este outro formato de fonte outline (também chamadas de fontes vetoriais) utilizam fórmulas matemáticas para descrever as curvas e instrução do desenho que formam o caractere, tornando seus contornos redimensionáveis para qualquer tamanho³. A família tipográfica utilizada foi a Futura Medium BT, por ter boa resolução em telas, e boa leitura em títulos e chamadas (Figura 18).

Figura 18 - Print screen da interface ARkanoidAR 2.0 mostrando o feedback de texto e imagem para correção de erro, agora com indicativo de correto/errado na posição.



A cor da tipografia, antes vermelha sobre um fundo de reserva preto com transparência (Figura 17 A), foi ajustada para branco com fundo de reserva em preto, sem transparência com o intuito de aumentar o contraste e melhorar a leitura (Figura 18). Seguindo as diretrizes de Nielsen (1993) para visibilidade do status do sistema, e também por atribuir significado imediato conforme princípios de Norman (1990), uma linha inferior vermelha foi posta rente à reserva preta, para remeter à mensagem de alerta/erro (Figura 18).

4.1.2.2 Feedback de imagem do ARkanoidAR 2.0

O feedback da imagem apresentou vários problemas. Um deles foi a reprodução dos movimentos pelos usuários da posição correta para a errada. Isto aconteceu provavelmente porque na versão 1.0 da interface não havia um indicativo visual na imagem indicando a posição correta e a errada para o movimento (Figura 17 B), e também por haver uma repetição

na animação que confundiu alguns usuários, conforme exposto com mais detalhes nas discussões dos experimentos no primeiro estudo de caso (Seção 4.1.3).

Para amenizar este problema foi proposto na versão 2.0 incluir um ícone em cada frame da animação indicando se a posição está correta ou errada (Figura 18 e Figura 19). A inclusão dos ícones visava melhorar o entendimento sobre o significado da imagem. Na Figura 20 pode-se ver como ficou em todos eles.

Figura 19 - Print screen da interface ARkanoidAR 2.0 mostrando a área delimitada para aparecer o feedback para correção do movimento através da imagem animada.

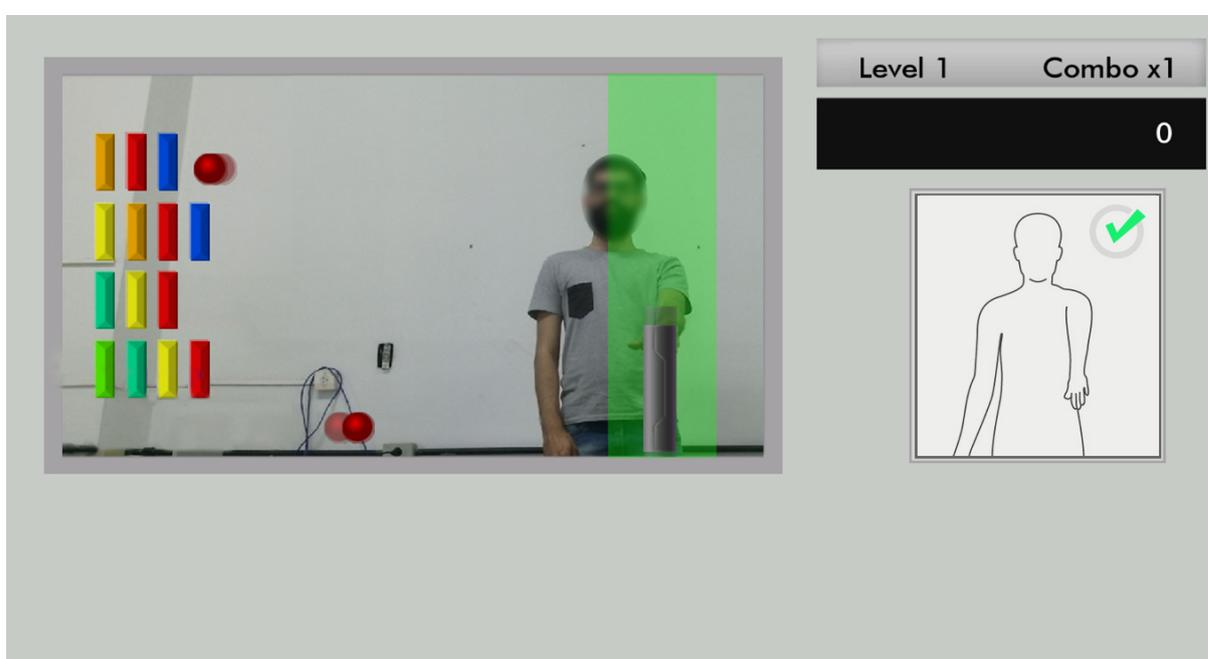
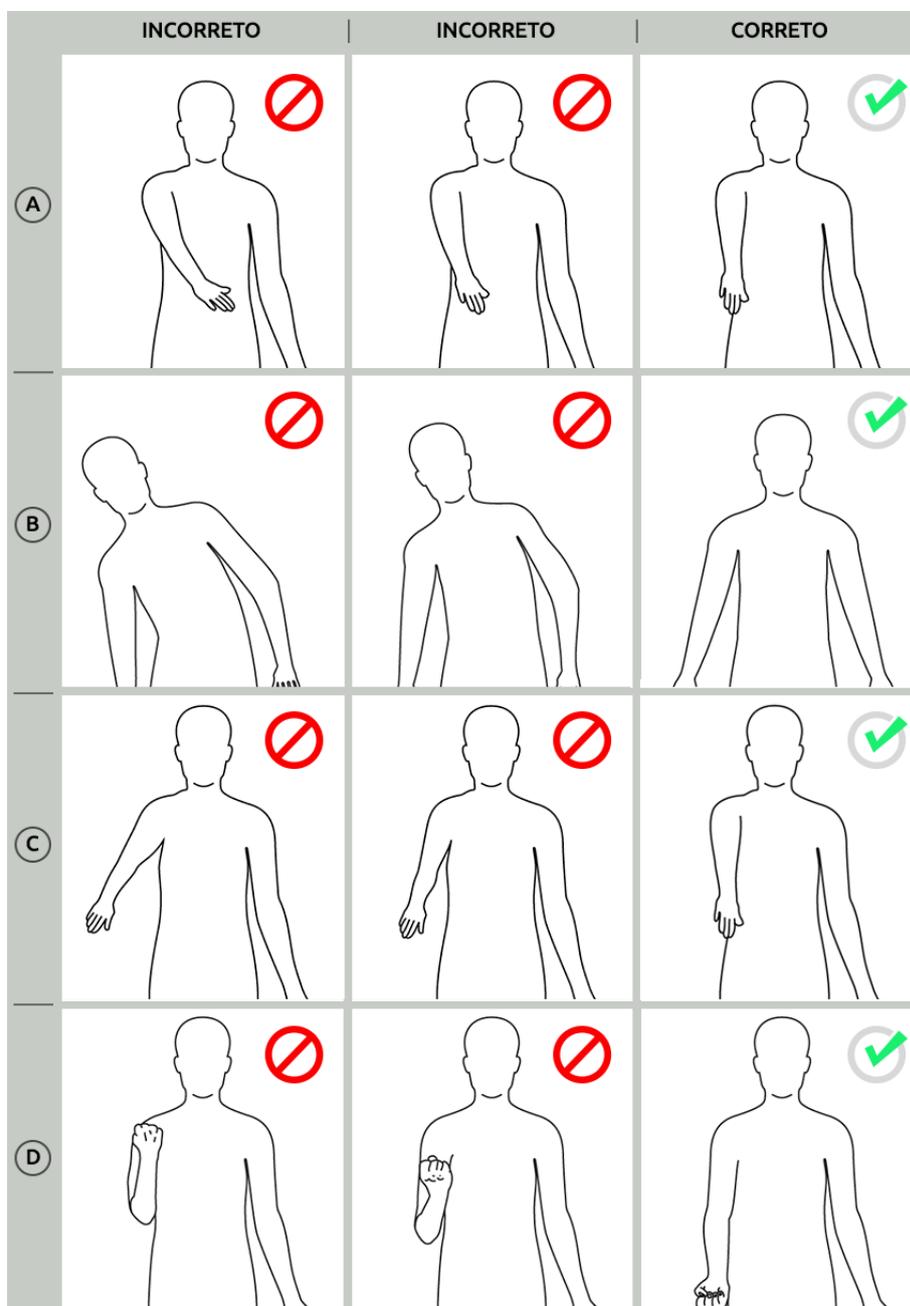


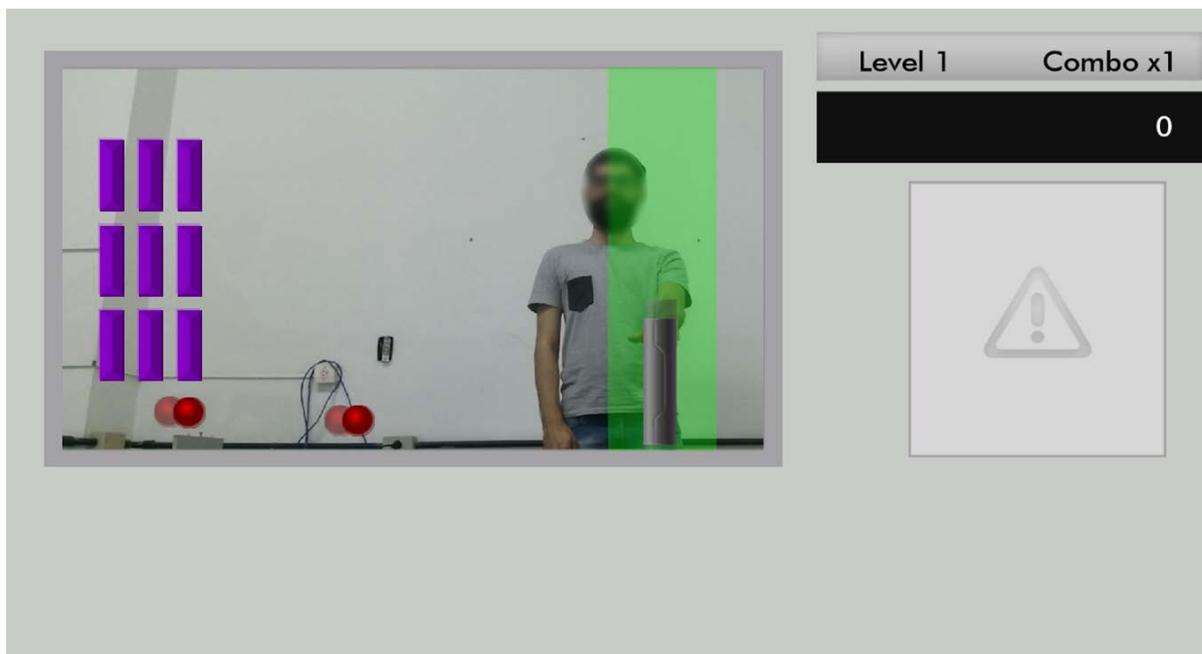
Figura 20 - Orientações para os movimentos: (A) “Deixe seu braço mais aberto”; (B) “Deixe a coluna mais ereta”; (C) “Deixe seu braço mais fechado”; e (D) “Estique seu cotovelo”.



Outra queixa foi em relação ao usuário não ter visualizado a imagem por estar concentrando sua atenção ao canvas do jogo onde aparecia a imagem do jogador (Figura 17 C). Como na versão anterior não havia nenhum indicativo que na área lateral fora do canvas apareceria alguma mensagem (Figura 14), uma hipótese estruturada com os testes foi de que o usuário não tinha como prever que ali apareceria alguma mensagem. Para tentar contornar

este problema definiu-se que, mesmo antes do usuário precisar do feedback de orientação, uma área estaria delimitada e visível, indicando que poderia aparecer alguma informação nela (Figura 21).

Figura 21 - Print screen da interface do ARkanoidAR 2.0 mostrando a área delimitada para aparecer o feedback para correção do movimento através da imagem animada.



4.1.2.3 Feedback de áudio do ARkanoidAR 2.0

O áudio por vezes foi relatado como irritante pela frequência com que aparecia e pelas mensagens que se sobrepunham umas sobre as outras, mesmo antes de serem finalizadas (Seção 5.1.1.3). As configurações do jogo nesta primeira fase de experimentos podem ter sido especificadas com as tolerâncias muito baixas para os ângulos e segundos, podendo ter ocasionado o excesso de mensagens de erros para alguns usuários (Tabela 10).

Para a versão 2.0 do jogo as tolerâncias dos movimentos e do tempo de erro foram ampliadas (Seção 4.1.2.4, Tabela 11). O intuito desta alteração foi dar mais conforto e não desestimular ou irritar os usuários que utilizariam a versão 2.0 do jogo, que seriam os usuários pacientes. Estas alterações fizeram com que a ocorrência de erros fosse menos frequente e, conseqüentemente o nível do jogo mais acessível.

4.1.2.4 Interface e configuração

A interface foi trabalhada para dar mais visibilidade aos elementos visuais que compõem o jogo. A cor cinza clara do background e a borda cinza escura do canvas do jogo

foram escolhidas pra dar mais visibilidade ao jogo e aos elementos que compõem a interface, como por exemplo a área onde aparecem os feedbacks de texto e de imagem (Figura 18). A barra de ação que o usuário controla (Figura 17 C) foi modificada para se destacar mais como um elemento de jogo, assim como os tijolos que as bolas batem, que receberam uma textura.

Como muitos usuários relataram insatisfação quando as bolas do jogo ficaram fixas na parte superior ou inferior, algumas configurações foram alteradas para dar mais dinâmica ao jogo. Foi diminuído o ciclo do tempo de cada rodada para 30 segundos, além do tempo para os movimentos de contração isométrica, descanso e contração isotônica para 10 segundos cada (Tabela 11, itens ‘e’, ‘f’, ‘g’ e ‘h’).

Além disso, para melhor se adequarem as condições de limitação motora dos pacientes que viriam a testar a versão 2.0 do ARkanoidAR, foram alteradas outras configurações pré-definidas, tais como: ângulos de tolerância e segundos da permanência em erro. Os ângulos de tolerância dos movimentos foram ampliados para 25° (Tabela 11, itens ‘a’ e ‘b’), enquanto o tempo de tolerância do erro para ativar a mensagem para correção foi ampliado para 2 segundos (Tabela 11, item ‘d’).

Tabela 11 - Configuração para ARkanoidAR 2.0

Item	Configuração
a) Escolha a margem de tolerância do plano de movimento principal	25°
b) Escolha a tolerância para compensação postural	25°
c) Insira o ângulo desejado a ser alcançado para o movimento principal	180°
d) Escolha a duração da tolerância de erro	2 segundos
e) Para cada intervalo de _ segundos:	30
f) Fazer contração isométrica por _ segundos;	10
g) Momentos de descanso por _ segundos;	10
h) Faça contração isotônica por _ segundos.	10

Não foram previstas nos experimentos avaliações que contemplassem o painel de pontos, ou percepções subjetivas dos usuários em relação a ele. Porém, o painel foi modificado para ficar harmônico com o restante de interface (Figura 18). Foi utilizada a mesma tipografia do feedback de texto, e diagramado com cores que hierarquizam a informação. Para os pontos realizados no momento, um box com fundo preto e fonte branca foi utilizado para priorizar esta informação diante das demais do painel. As informações secundárias de nível em que o usuário se encontra e o combo de pontos acumulado nas jogadas, ficaram em boxes cinzas, acima do preto dos pontos (Figura 18).

4.2 PARTICIPANTES

4.2.1 Grupo de usuários saudáveis

O perfil para este grupo contou com adultos saudáveis, com idade entre 18 e 59 anos, sem disfunção motora e sem formação na área de reabilitação motora (fisioterapia, educação física ou terapia ocupacional) ou em desenvolvimento de software (informática, engenharia da computação e similares). O propósito de excluir especialistas na área foi o de evitar feedbacks técnicos e vieses de investigação, pois acabaria fugindo do escopo desta pesquisa, onde o interesse era avaliar a interação e percepção do uso em usuários iniciantes.

Após os 12 primeiros participantes foi realizado o cálculo amostral, onde o software GPower3.1® (FAUL et al., 2007) foi usado para calcular a amostragem necessária ao estudo. O cálculo foi realizado usando a categoria de tamanho de amostra para estudos de medidas repetitivas (ANOVA *one-way*) configurado para 95% em significância e poder, e 0,05 de margem de erro. Resultou em uma amostra de 15 usuários por grupo, conforme detalhado no tópico 4.5.1.

4.2.2 Grupo de usuários pacientes

O critério de inclusão para os usuários que participaram dos experimentos como pacientes foi: ter idade entre 30 e 80 anos, possuir déficit de mobilidade, pacientes de pós-acidentes traumáticos e pós-AVC, indivíduos que estivessem fazendo ou com indicação para tratamentos de fisioterapia motora. Foram coletadas informações sobre o grau de severidade das seqüelas classificadas em: GR (grave) com amplitude do braço menor ou igual a 45°; MO (moderada) amplitude de até 90°; e LEV (leve) com boa amplitude, até 180°. Também foram anotadas informações como grau de instrução, tipo de lesão e idade dos participantes.

Por ser uma amostragem sensível e com muitas características que poderiam envolver riscos, foram utilizados como critérios de exclusão: usuários com comprometimento cognitivo ou visual grave ou moderado, comprometimento auditivo, epilepsia, labirintite, dor aguda, alucinações visuais e hipertensão não controlada ou qualquer condição que impedisse a interação com a ferramenta.

Para definir a amostragem, contou-se com a disponibilidade dos pacientes que freqüentavam terapias no Laboratório de Neurociência Aplicada (LANA) do Departamento de Fisioterapia da UFPE, entre o período de novembro de 2018 a janeiro de 2019. A expectativa eram de 15 usuários que estavam cadastrados para atividades no laboratório neste período.

4.3 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O presente projeto (CAAE: 96912718.1.0000.5208) foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco, e aprovado pelo parecer de número 2.956.936, emitido por esta autarquia. Os convidados só participaram após consentir e assinar os termos. Não houve qualquer permuta, recompensa ou pagamento pela participação dos usuários nos testes.

4.4 MATERIAIS

4.4.1 Grupo de usuários saudáveis

Para os testes envolvendo o grupo de usuários saudáveis, participaram dois pesquisadores munidos de equipamentos para exibir o jogo e para coletar os dados da pesquisa. Foram utilizados um Kinect[®], um projetor e um notebook para exibir o jogo aos usuários. Para coleta de dados, foram utilizados: um notebook para os questionários, um smartphone para gravar o áudio das entrevistas, um caderno para anotar observações, uma tabela dos participantes para coletar dados demográficos e registrar dia e hora por participante, e termo de autorização de uso de imagem que os usuários deveriam assinar se concordassem participar.

4.4.2 Grupo de usuários pacientes

Já para os testes envolvendo o grupo de usuários pacientes, devido ao espaço disponível, participou apenas um pesquisador munido dos equipamentos para exibir o jogo e para coletar os dados da pesquisa. Foram utilizados um Kinect[®], um projetor e um notebook para exibir o jogo aos usuários. Para coleta de dados, foram utilizados: questionários impressos, canetas, um smartphone para gravar o áudio das entrevistas, um caderno para anotar observações, uma tabela dos participantes para coletar dados demográficos e registrar

dia e hora por participante, e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para usuários pacientes (ANEXO VI).

4.5 PROTOCOLO

4.5.1 Grupo de usuários saudáveis

Os usuários foram abordados aleatoriamente pelo campus da Universidade Federal de Pernambuco, e convidados através de uma breve explicação a participar do experimento. Os que consentiram participar foram acompanhados até a sala onde estava montada a estrutura para os testes. Ao chegarem, receberam instruções sobre o jogo e como ocorreria a participação deles no experimento, conforme a sequência de etapas abaixo:

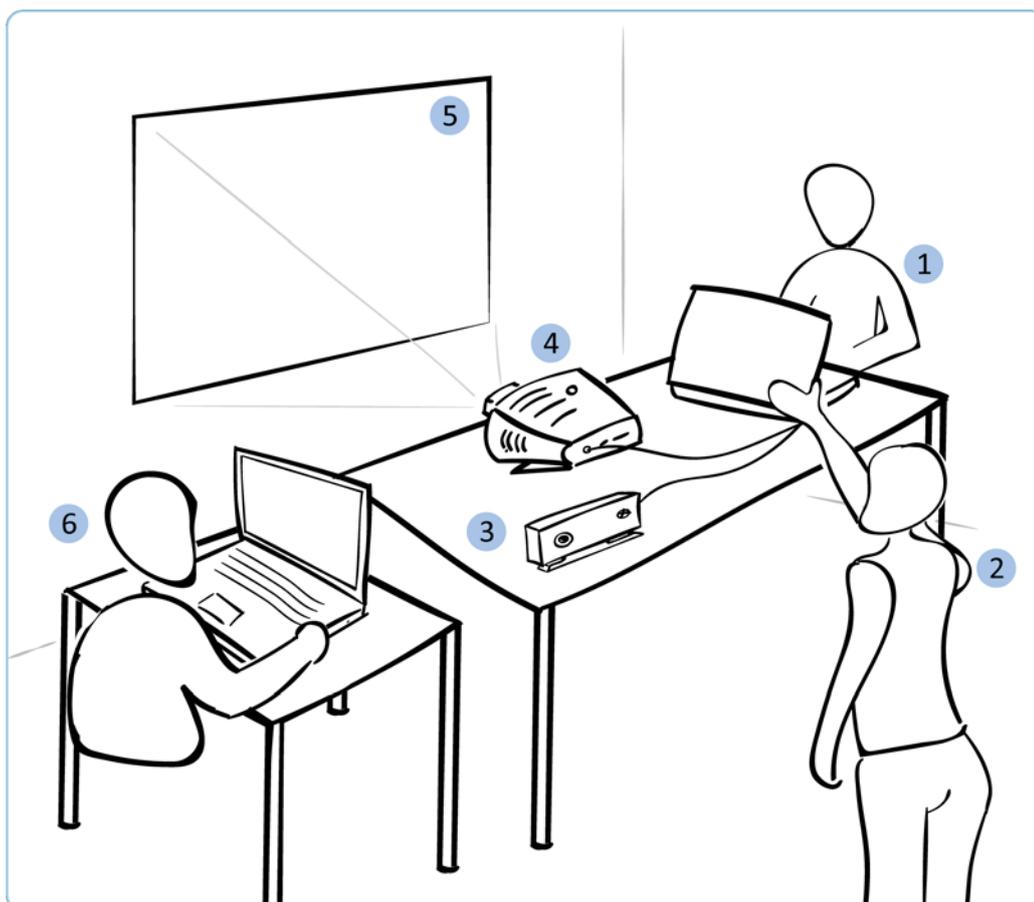
- 1) Os participantes foram introduzidos à interface do ARkanoidAR 1.0 através de 3 slides de apresentação, onde foram abordados o objetivo e os comandos para controle do jogo (ANEXO VII);
- 2) Foi perguntado aos participantes qual a predominância natural de lateralidade (destro ou canhoto) para efetuar os exercícios;
- 3) Com o intuito de verificar se eles entenderam as instruções para controle do jogo, foi solicitado que eles reproduzissem o movimento de flexão de ombro ilustrado na apresentação com o braço de predominância natural (ANEXO VII);
- 4) Foi explicado o número de fases do experimento, o tempo de cada partida e que seriam solicitados a responder questionários após a segunda fase;
- 5) Foi perguntado aos participantes se gostariam de prosseguir com sua participação;
- 6) Em caso positivo, assinavam o Termo de Autorização de Uso de Imagem e Depoimentos;
- 7) E, após posicionar o participante no local correto (Figura 22), iniciava-se o jogo.

Não foram fornecidas informações sobre o que estaríamos investigando no experimento.

Para que o rastreamento de esqueleto do Kinect[®] funcionasse nas melhores condições, os testes foram realizados em uma sala ampla e limpa. Os experimentos contaram com um usuário por vez e dois pesquisadores: um controlando o jogo ARkanoidAR 1.0; e o outro fornecendo as instruções iniciais para o participante, administrando a aplicação dos

questionários e anotando observações empíricas sobre o comportamento do usuário (Figura 22).

Figura 22 - Disposição dos participantes durante o experimento: (1) pesquisador que configura e administra os recursos para jogo; (2) usuário posicionado a uma distância mínima de 2m do Kinect®; (3) Kinect®; (4) projetor; (5) quadro branco ou parede branca livre de interferências; (6) pesquisador que toma nota de observações empíricas sobre o comportamento do usuário e administra os questionários após as rodadas.



Este experimento foi composto por 5 fases (Figura 23): Controle 1, Feedback 1, Feedback 2, Feedback 3 e Controle 2. A ordem dos feedbacks de Áudio, Texto e Imagem, analisados para cada usuário, foi definida aleatoriamente por um site de randomização⁵. Com a randomização das sequências, era esperado gerar dados quantitativos sem resultados de dados enviesados. Cada partida do jogo duraria no máximo três minutos, e poderia ser interrompida a qualquer momento caso o usuário se sentisse cansado ou desconfortável por

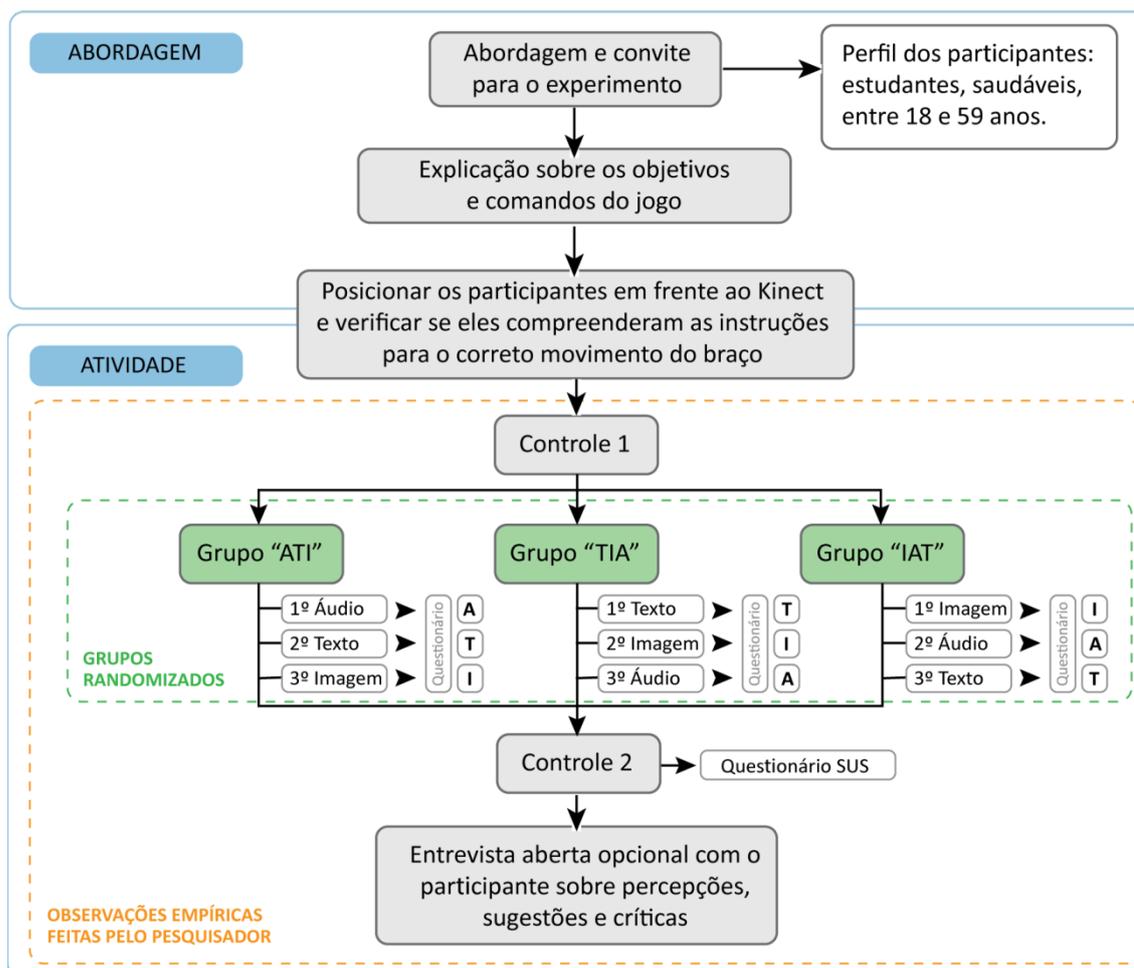
⁵ <http://www.randomization.com>

algum motivo. Entre cada partida houve tempo de descanso de pelo menos um minuto, ou até o usuário sentir-se recuperado para a próxima fase.

A fase Controle 1 sempre foi aplicada no início e Controle 2 no final. Ambos não habilitaram feedbacks para correção de erros, apenas sinalização básica de erro, como a área da barra de controle e a bola do jogo, que ficam vermelhos na ocorrência de erros. As fases de Controle objetivavam comparar o desempenho dos usuários no início e após todas as rodadas, podendo sinalizar em seus resultados algum nível de aprendizado ao longo do tempo. Os experimentos foram classificados em três grupos (Figura 23) e sua sequência priorizou a exibição de cada feedback em uma posição diferente:

- ATI: Após a fase de Controle 1, o usuário joga a sequência definida como: 'Áudio', seguida de 'Texto' e em seguida 'Imagem', finalizando com o Controle 2.
- TIA: Após a fase de Controle 1, o usuário joga a sequência definida como: 'Texto', seguida de 'Imagem' e em seguida 'Áudio', finalizando com o Controle 2.
- IAT: Após a fase de Controle 1, o usuário joga a sequência definida como: 'Imagem', seguida de 'Áudio' e em seguida 'Texto', finalizando com o Controle 2.

Figura 23 - Fluxo de atividades do protocolo da primeira fase dos experimentos: usuários saudáveis.



Ao final de cada fase, exceto em Controle 1, foi solicitado aos usuários que respondessem a questionários compostos de seis sentenças específicas sobre o feedback testado (Seção 3.2.2). Após a última fase (Controle 2) foi aplicado o questionário SUS composto de 10 sentenças. Todos os questionários foram aplicados no computador (Figura 21, item '6') através de arquivo em formato PDF com campos dinâmicos, e utilizaram escala likert com números e pictogramas. Na escala, 1 representava 'discordo completamente' e 5 'concordo totalmente' (ANEXO IX). As sentenças dos questionários foram alternadas entre afirmativas e negativas, para não induzir o usuário nos resultados.

A última etapa do experimento foi a opcional entrevista semi-estruturada composta por duas perguntas. As respostas foram gravadas em áudio para posterior análise e transcrição (Seção 3.2.3).

4.5.2 Grupo de usuários pacientes

Para o segundo grupo, onde foram convocados os usuários pacientes, os testes foram conduzidos no LANA do Departamento de Fisioterapia da UFPE, que possui parceria com o Voxar Labs, laboratório do Centro de Informática (CIn), desenvolvedor do objeto desta pesquisa. Os usuários foram convidados pessoalmente nos dias em que estavam presentes no LANA realizando tratamentos experimentais. Explicou-se a natureza da pesquisa, fornecendo também informações sobre os riscos e benefícios. Os pacientes poderiam participar no mesmo dia em que foi feito o convite, ou agendar data e hora para realização dos experimentos. Os estudantes monitores do laboratório LANA deram suporte e acompanharam indiretamente os experimentos.

Os pacientes que consentiram participar foram acompanhados até a sala onde estava montada a estrutura para os testes. Ao chegarem, receberam instruções sobre o jogo e como ocorreria a participação deles no experimento, conforme a sequência de etapas abaixo:

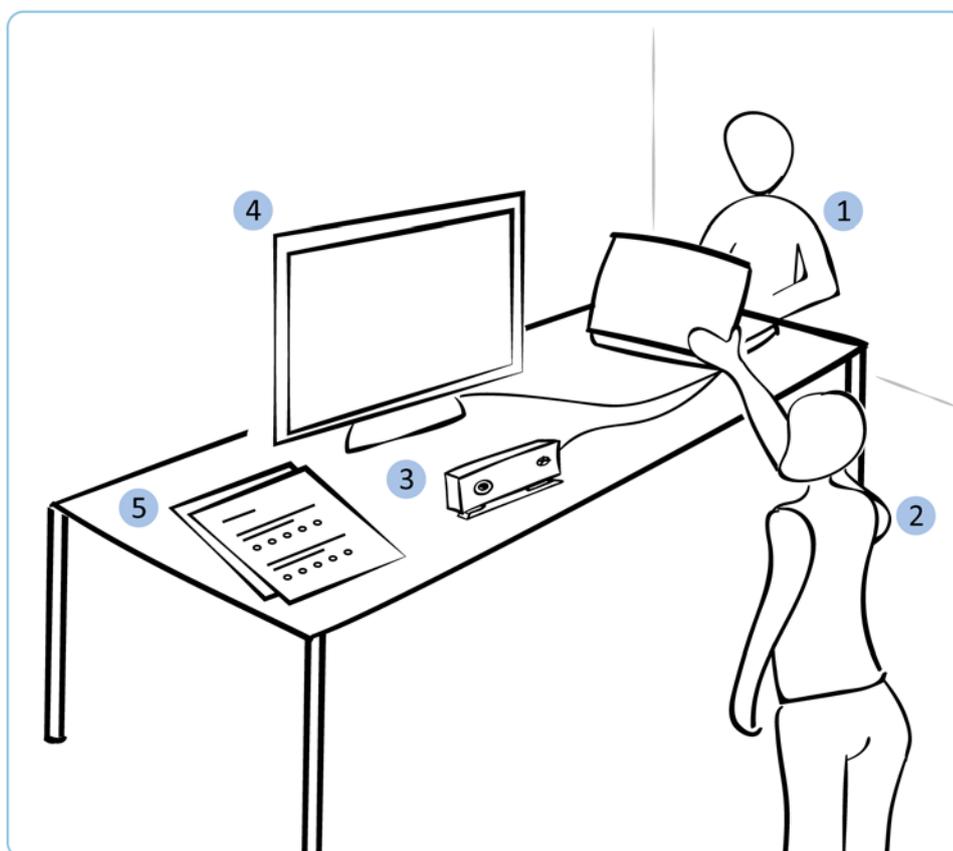
- 1) Os participantes foram introduzidos à interface do ARkanoidAR 2.0 através de 3 slides de apresentação, onde foi abordado o objetivo e comando para controle do jogo (ANEXO VIII);
- 2) Foi perguntado aos participantes a natureza da enfermidade que os acometeu, e quais seqüelas motoras eles possuíam;
- 3) Com o intuito de verificar se eles entenderam as instruções para controle do jogo, foi solicitado que eles reproduzissem o movimento de flexão de ombro ilustrado na apresentação com o braço que eles possuíam seqüelas motoras (ANEXO VIII);
- 4) Foi explicado o número de fases do experimento, o tempo de cada partida e que seriam solicitados a responder questionários após cada uma das fases;
- 5) Foi perguntado aos participantes se gostariam de prosseguir com sua participação;
- 6) Em caso positivo, assinavam ao TCLE (ANEXO VI);
- 7) E, após posicionar o participante no local correto (Figura 24), iniciava-se o jogo.

Não foram fornecidas informações sobre o que estaríamos investigando no experimento.

Os testes foram realizados em uma sala privada e livre de interferências, e contaram com um usuário por vez e apenas um pesquisador, devido ao tamanho do espaço disponível no LANA, e as condições especiais dos usuários que exigiam um cuidado a mais com a privacidade. Um único pesquisador então forneceu as instruções, realizou a configuração do

jogo, administrou o tempo das partidas, aplicou os questionários e tomou nota de observações empíricas sobre o comportamento do usuário (Figura 24).

Figura 24 - Disposição dos participantes durante o experimento: (1) pesquisador que configura e administra os recursos para jogo, toma nota de observações empíricas sobre o comportamento do usuário e aplica os questionários após as rodadas; (2) usuário posicionado a uma distância mínima de 2m do Kinect®; (3) Kinect®; (4) monitor; (5) formulários dos questionários em papel.

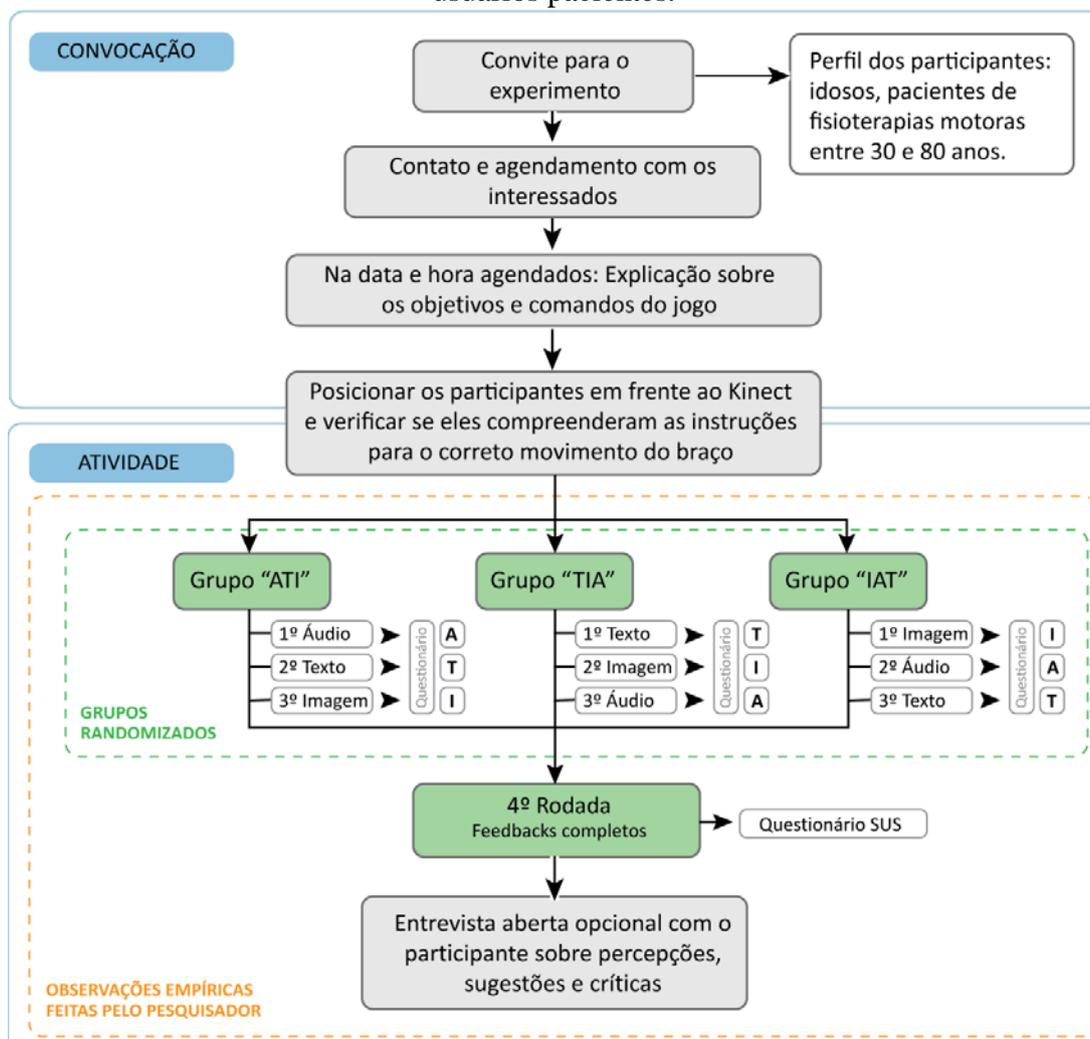


Diferente do grupo de usuários saudáveis, este experimento foi reduzido e composto por 4 fases: Feedback 1, Feedback 2, Feedback 3 e todos os Feedbacks ativos na última fase (Figura 25). A última fase, que possuía todos os feedbacks ativos, objetivava comparar o desempenho destes usuários com o grupo de usuários saudáveis utilizando a versão 2.0 do ARkanoidAR. Cada partida do jogo duraria no máximo três minutos, e entre cada uma delas havia um tempo de descanso de pelo menos cinco minutos. Caso o usuário durante o jogo demonstrasse alguma fadiga ou incômodo por qualquer motivo, a partida seria interrompida e o tempo assinalado. As rodadas seguintes seriam reduzidas a este novo tempo. Caso houvesse nova interrupção, um novo tempo seria assinalado para as partidas restantes.

A ordem dos feedbacks de Áudio, Texto e Imagem analisados para cada usuário foi alternada entre os grupos (Figura 25) e sua seqüência priorizou a exibição de cada feedback em uma posição diferente:

- ATI: O usuário joga a seqüência definida como: ‘Áudio’, seguida de ‘Texto’ e em seguida ‘Imagem’, finalizando com todos os feedbacks ativos.
- TIA: O usuário joga a seqüência definida como: ‘Texto’, seguida de ‘Imagem’ e em seguida ‘Áudio’, finalizando com todos os feedbacks ativos.
- IAT: O usuário joga a seqüência definida como: ‘Imagem’, seguida de ‘Áudio’ e em seguida ‘Texto’, finalizando com todos os feedbacks ativos.

Figura 25 - Fluxo de atividades do protocolo da segunda fase dos experimentos: usuários pacientes.



Ao final de cada fase, foi solicitado aos usuários que respondessem aos mesmos questionários aplicados aos usuários saudáveis (Seção 3.2.2), diferenciando-se apenas pelo fato de estarem impressos em papel. A última etapa do experimento foi uma opcional entrevista semi-estruturada, composta também pelas mesmas duas perguntas dos usuários saudáveis (Seção 3.2.3). As respostas foram gravadas em áudio para posterior análise e transcrição.

Um resumo da proposta de avaliação pode ser visto na Seção 3.3, no capítulo anterior.

4.6 ANÁLISE DE DADOS

Esta pesquisa é um estudo randomizado, transversal, cego. Os dados analisados consistiram no desempenho da atividade, na opinião dos usuários através dos questionários e entrevistas, e em observações empíricas da pesquisadora. O desempenho foi avaliado pela taxa de sucesso na execução do movimento, que representa a porcentagem de tempo em que o exercício foi realizado corretamente (Seção 3.2.1) e foram registrados automaticamente pelo sistema do jogo ARkanoidAR (Seção 4.1).

Os questionários foram utilizados para coletar a opinião e percepções dos usuários em relação a cada feedback utilizado nas fases do jogo, além da opinião geral sobre a facilidade de uso e preferências através do SUS (Seção 3.2.2). Para o cálculo da pontuação do questionário do SUS, utilizou-se seu sistema que produz uma nota representando uma medida da usabilidade geral do sistema em estudo. Os itens do questionário alternam sentenças positivas e negativas, com respostas dentro de uma escala de 1 a 5. Cada item contribui de 0 a 4 pontos para o somatório total. Nos itens de sentença positivas, a contribuição da pontuação é a posição da escala menos 1. Para os itens negativos, a contribuição é de 5 menos a posição da escala. Após o somatório da pontuação gerada pelos 10 itens, deve-se multiplicar este total por 2,5 para obter o valor global do SUS, que resulta num valor de intervalo entre 0 a 100 (BROOKE, 1996).

Para manter o mesmo sistema de pontuação para os outros três questionários específicos dos feedbacks (áudio, texto e imagem), foi preciso realizar uma adaptação do sistema de nota do SUS. Por possuírem 6 sentenças cada questionário, foi necessário ajustar o valor da multiplicação ao somatório de pontos das sentenças para 4,1666 para poder gerar valores entre 0 e 100. As respostas de todos os questionários, bem como os registros da taxa de

sucesso dos movimentos foram transcritos em tabelas onde consta a identificação do usuário, data, hora e grupo experimental. Todos estes dados quantitativos foram analisados usando o IBM SPSS Statistics 20[®] (CORP, 2011) e avaliados conforme médias e desvio padrão, detalhados por grupo e também pelo total de usuários.

Já as observações foram feitas contextualizando situações adversas durante os experimentos, tais como: dificuldades para a realização dos exercícios, atitudes e comportamentos inesperados dos usuários, opiniões verbalmente expressas, e problemas na aplicação do protocolo. Estes dados foram transcritos na tabela de observações sempre ao final dos experimentos, onde também foram incluídos os principais pontos mencionados nas entrevistas (Seção 3.2.3).

Ao final, foi realizada análise entre os dados quantitativos e os qualitativos para verificar discrepâncias entre o comportamento e a percepção dos usuários. E análises empíricas, com base nas observações e nos relatos obtidos nas entrevistas, feitas para tentar explicar e compreender fenômenos registrados nos dados obtidos.

5 ESTUDOS DE CASO

Para validar a proposta de avaliação de usabilidade deste trabalho, este capítulo descreve através de estudos de caso a aplicação dos métodos selecionados com as duas versões do objeto de estudo e os dois grupos de amostragem. O primeiro é o estudo de caso com a versão 1.0 do jogo ARkanoidAR, com amostragem de usuários saudáveis (Seção 5.1). O segundo utilizou a versão 2.0 do mesmo jogo (Seção 5.2), que recebeu ajustes com base nos resultados dos experimentos da primeira fase, e foi testado com usuários saudáveis novamente (Seção 5.2.1) e posteriormente com pacientes (Seção 5.2.2).

A proposta de avaliação foi a mesma aplicada com ambos perfis de usuários (Seção 3). Porém, no caso dos pacientes, necessitou de algumas adaptações no protocolo (Seção 4.5.2), sem alterar os objetivos da avaliação, que foi focada na percepção dos feedbacks para correção de erro disponíveis no ARkanoidAR, e no desempenho dos usuários durante os exercícios. A seguir serão apresentados os resultados e discussões para cada estudo de caso.

5.1 ESTUDO DE CASO 1: ARKANOIDAR 1.0

O primeiro estudo de caso utilizou a versão 1.0 do ARkanoidAR, e foi realizado em salas dos Departamentos CTG, CAC e AREA II da Universidade Federal de Pernambuco. A amostragem para esta fase dos experimentos contou com 45 usuários saudáveis de 18 a 59 anos, que testaram os três tipos de feedbacks para correção de erros disponíveis na aplicação (áudio, texto e imagem) habilitados um por vez a cada fase. As fases duraram até 3 minutos, ou até o usuário cansar ou pedir para parar por qualquer motivo, e totalizaram o número de cinco, onde a primeira e a última foram de Controle, sem a inclusão de qualquer feedback (Seção 4.5.1).

Os usuários foram distribuídos em 3 grupos: ATI, TIA e IAT (Seção 4.5.1) e o desempenho de cada feedback para correção de movimento foi analisado individualmente, através da taxa de sucesso dos movimentos. Questionários foram utilizados para medir subjetivamente a percepção e preferências dos usuários, e análises qualitativas foram realizadas através de entrevistas e observações.

A seguir são expostos os resultados para a primeira fase dos experimentos, que foram separados em 5 tópicos: Análise de Desempenho (Seção 5.1.1.1), Questionários (Seção

5.1.1.2), Entrevistas (Seção 5.1.1.3), Relação entre os resultados (Seção 5.1.1.4) e Discussões (Seção 5.1.2).

5.1.1 Resultados para ARkanoidAR 1.0 com usuários saudáveis

5.1.1.1 Análise de desempenho

A taxa percentual de sucesso na execução dos movimentos para todos os usuários pode ser vista na Figura 26. Ao analisá-la é possível notar uma melhora na taxa de movimentos corretos em todas as fases após a primeira de Controle 1. Este resultado mostra uma melhoria no desempenho do usuário, pois comparando os dados entre a primeira e a última fase em todos os grupos, observou-se que o resultado do desempenho no Controle 2 foi sempre maior que o Controle 1. A diferença de pontos entre as médias de Controle 1 e 2, em ordem crescente, foi: Grupo ATI: 16,99 pontos (Figura 27); Grupo IAT: 19,93 pontos (Figura 29); e Grupo TIA: 26,27 pontos (Figura 28). Controle 2 só não foi o melhor resultado nos grupos ATI (90,81%) e IAT (93%). Nestes grupos, a fase com feedback de áudio ativo (91,09% em ATI, e 96,11% em IAT) excedeu a taxa de sucesso de Controle 2.

Figura 26 - Taxa de sucesso dos movimentos para todos os usuários.

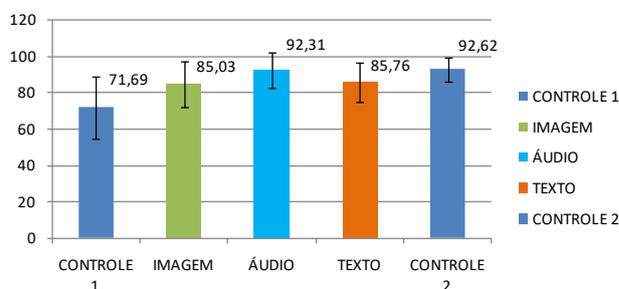


Figura 27 - Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo ATI.

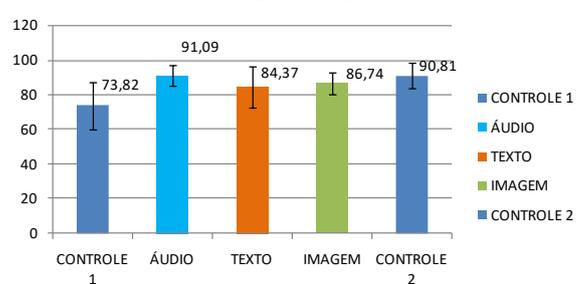


Figura 28 - Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo TIA.

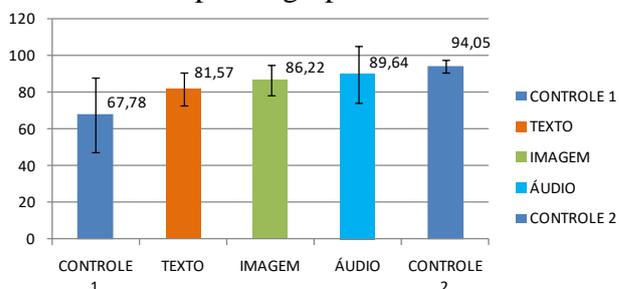
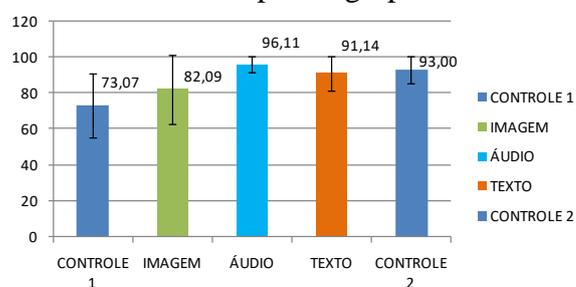


Figura 29 - Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo IAT.



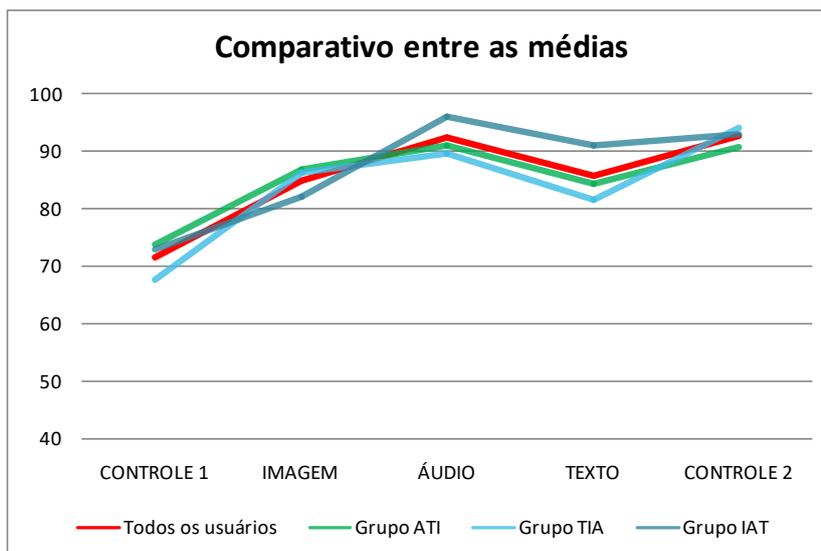
Controle 1, que sempre foi a primeira fase do experimento independente do grupo, foi onde ocorreu as maiores taxas de desvios nos dados (Tabela 12). No entanto, apenas no Grupo IAT, a segunda fase, onde avaliava-se o feedback de imagem, teve maior desvio que em Controle 1 (19,39 pontos). Mostra-se portanto que neste grupo, na fase do feedback de imagem ocorreu uma maior variedade no desempenho dos usuários (Tabela 12).

Tabela 12 - Médias e desvios padrão por grupos na taxa de sucesso dos movimentos.

GRUPO		CONTROLE 1	ÁUDIO	IMAGEM	TEXTO	CONTROLE 2
ATI	Média	73,8169	91,0931	86,7381	84,3712	90,8107
	N	16	16	16	16	14
	Desvio padrão	13,48321	5,62687	6,38552	11,93085	7,37648
TIA	Média	67,7793	89,6379	86,2171	81,5743	94,0529
	N	14	14	14	14	14
	Desvio padrão	20,34503	15,18558	8,21017	8,87346	3,75747
IAT	Média	73,0693	96,1060	82,0860	91,1407	92,9964
	N	15	15	15	15	14
	Desvio padrão	17,81154	4,45275	19,39645	9,56962	7,55900
Todos os usuários	Média	71,6893	92,3113	85,0253	85,7576	92,6200
	N	45	45	45	45	42
	Desvio padrão	17,09895	9,64144	12,56930	10,82010	6,45861

Para visualizar um comparativo das médias entre os grupos (Figura 30) ordenou-se a sequência de todos os feedbacks igual ao utilizado no gráfico da taxa de sucesso para todos os usuários (Figura 26): Controle 1, Imagem, Áudio, Texto e Controle 2. Verificou-se que o grupo ATI foi o que mais se aproximou das médias do grupo com todos os usuários (Figura 30). No gráfico da taxa de sucesso de todos os usuários (Figura 26), entre os três feedbacks analisados, o da imagem foi o que teve pior desempenho na taxa de sucesso (85,03%). No entanto, o resultado ficou muito próximo do feedback do texto (85,76%), que foi o pior nos Grupos ATI (84,37%, Figura 27) e TIA (81,57%, Figura 28).

Figura 30 - Comparativo entre as médias da taxa de sucesso dos movimentos entre os grupos.



No grupo ATI (Figura 27), o áudio foi o primeiro feedback da sequência, e mostrou-se mais efetivo para correção de movimentos. Observa-se que nas demais fases deste grupo houve um declínio na taxa de sucesso dos movimentos. Tal fato contraria a possibilidade de haver aprendido após o usuário obter mais experiência ao longo do jogo, pois não houve melhora no desempenho.

A sequência de feedback do grupo TIA (Figura 28) foi a única que mostrou um crescimento linear ao longo da taxa de sucesso dos movimentos durante o tempo em que o jogo foi utilizado. O áudio foi o feedback com o melhor desempenho em todos os grupos (92,31%, Figura 26). Os dados mostram que o áudio contribuiu para corrigir os erros dos usuários, independentemente da sequência de feedback definida para o experimento.

5.1.1.2 Questionários

Os questionários foram aplicados para obter a compreensão dos usuários sobre os feedbacks de erro usados no jogo. Nos resultados que compreendiam a todos os usuários (Figura 31), o feedback de áudio foi melhor avaliado, seguido pelo SUS, onde foram abordados aspectos gerais da usabilidade do jogo, como facilidade de uso, aprendizagem e satisfação. Ao analisar os grupos individualmente, o áudio foi o único feedback que teve unanimidade na preferência dos usuários, independentemente da sequência das rodadas do jogo em que foi utilizado.

Verificou-se que texto foi o feedback com pior avaliação nos resultados de todos os usuários (62,13 pontos, Figura 31), mas ao analisar os grupos individualmente foi o pior

apenas no grupo IAT (56,39 pontos, Figura 34). No grupo IAT (Figura 34) o feedback do texto foi o quarto na sequência de fases do experimento, e foi pior avaliado na opinião dos usuários, ficando abaixo do feedback da imagem. Nos outros grupos ATI (Figura 32) e TIA (Figura 33), imagem foi pior.

Figura 31 - Notas do questionário para todos os usuários.

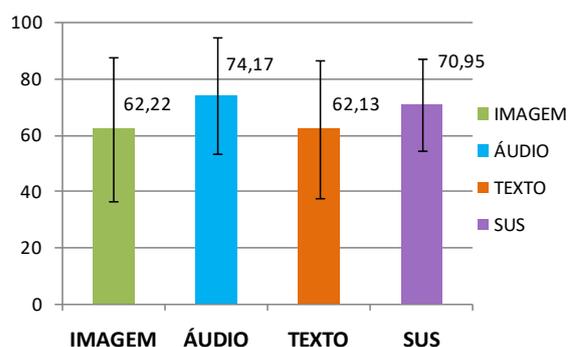


Figura 32 - Notas do questionário para o grupo ATI.

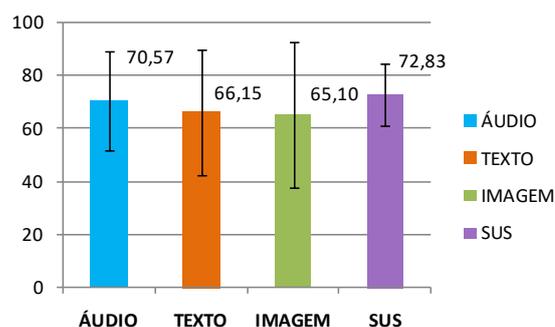


Figura 33 - Notas do questionário para o grupo TIA.

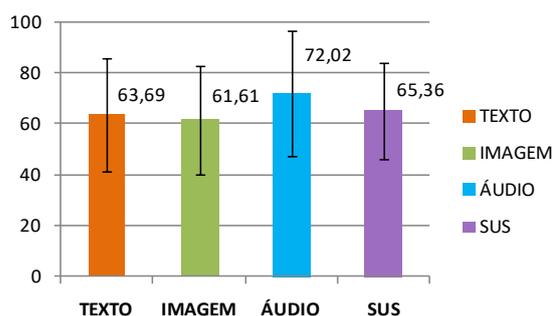
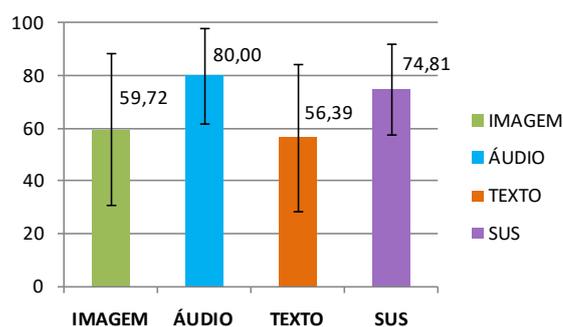


Figura 34 - Notas do questionário para o grupo IAT.



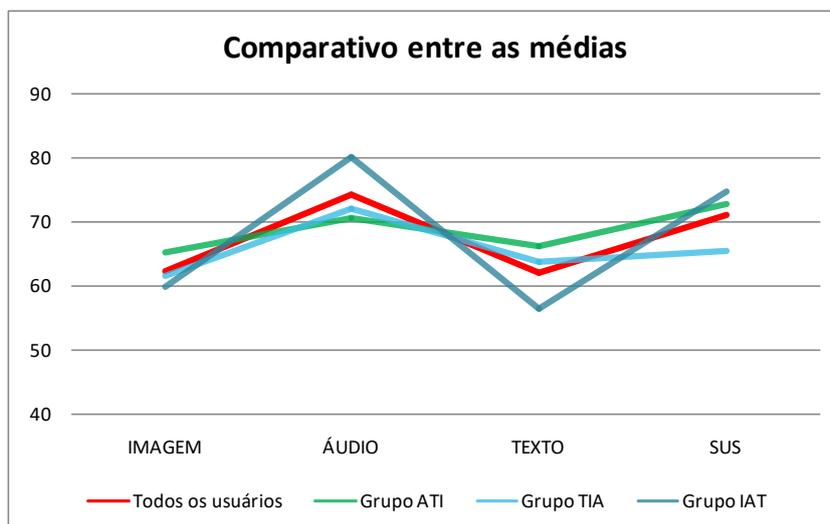
Ao analisar a opinião de todos os usuários que responderam aos questionários (Tabela 13), percebe-se grandes desvios das respostas que indicam a diversidade das percepções e preferência dos usuários. Este desvio foi sempre menor no questionário do SUS independente do grupo (Tabela 13). O SUS avalia a percepção geral da aplicação, e os desvios menores podem indicar um maior consenso na opinião dos usuários que avaliaram em geral positivamente o jogo. O grupo com os maiores desvios nas respostas foi o IAT, nos feedbacks da imagem (28,59 pontos) e texto (28,12 pontos).

Tabela 13 - Médias e desvios padrão dos questionários separados por grupos.

GRUPO		QST_AUDIO	QST_IMAGE M	QST_TEXTO	QST_SUS
ATI	Média	70,5719	65,1038	66,1456	72,8333
	N	16	16	16	15
	Desvio padrão	18,60056	27,59096	23,80848	11,75899
TIA	Média	72,0221	61,6071	63,6907	65,3571
	N	14	14	14	14
	Desvio padrão	24,70111	21,32072	22,31407	18,90912
IAT	Média	79,9993	59,7220	56,3893	74,8077
	N	15	15	15	13
	Desvio padrão	18,17642	28,59476	28,12127	17,42429
Todos os usuários	Média	74,1656	62,2220	62,1298	70,9524
	N	45	45	45	42
	Desvio padrão	20,52072	25,67610	24,69510	16,31392

O grupo TIA foi o grupo que mais se aproximou da média dos resultados de todos os usuários, diferindo de forma mais significativa na avaliação apenas no SUS (Figura 35). Comparado com os grupos ATI e IAT, o grupo TIA foi onde o questionário do SUS obteve a menor avaliação.

Figura 35 - Comparativo entre as médias das respostas dos questionários entre os grupos.



É importante relatar que houve conflitos nas informações fornecidas por alguns usuários. Em alguns casos, as respostas dos questionários não corresponderam ao comportamento do usuário durante a respectiva fase do jogo. Por exemplo, na afirmação “A ilustração me ajudou a perceber o que eu estava errando” do questionário da imagem, a

maioria dos usuários (40%) marcou “concordo totalmente”, mas foram vistos quatro casos de usuários fazendo exatamente o oposto ao movimento indicado pelo feedback (Seção 4.1.1.1). Esses usuários deram uma pontuação positiva alta no questionário, mas pelas observações do pesquisador, verificou-se que eles não conseguiram interpretar corretamente o feedback da imagem, pois reproduziram os movimentos da posição correta para a errada.

No questionário do áudio, 66,7% marcaram "concordo totalmente" em *"Os sons me ajudaram a perceber o que eu estava errando"*, e 64,4% dos usuários marcaram o mesmo para *"A velocidade da mensagem de áudio foi suficiente para compreendê-la"*. A eficiência do feedback de áudio também foi percebida na opinião dos usuários e esses dados reafirmam que foi comprovado pela análise de desempenho (Figura 26).

No questionário do texto, 60% dos usuários assinalaram “discordo totalmente” para a afirmação *"A linguagem e termos utilizados pelo sistema eram de difícil compreensão"*. Mas outras características abordadas, tais como: velocidade, localização na interface onde o texto apareceu, legibilidade; não agradaram aos usuários (Figura 31).

Não houve um consenso entre os usuários quanto à satisfação geral com o jogo. A primeira sentença do SUS *"Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente"*, que indiretamente melhor remetia ao sentimento de satisfação, foi assinalada em ‘concordo’ e ‘concordo totalmente’ por apenas com 37,77% dos usuários.

5.1.1.3 Entrevistas

A entrevista opcional foi respondida por 78% dos usuários que participaram do experimento. A maioria relatou ter gostado da dinâmica do jogo e não se sentiram entediados, porém acharam que os exercícios demandaram um grande esforço devido ao movimento contínuo do braço para cima e para baixo. Em geral os usuários disseram que o jogo era fácil de jogar, mas 13 usuários relataram ter ficado irritados quando as bolas do jogo passavam muito tempo em uma posição só, como na parte inferior ou superior da tela (posição de descanso ou com o braço elevado).

Para fase do feedback de áudio houve avaliações positivas como: *"eu achei que quando ele fala estimula mais a gente a ficar na posição ou fazer os movimentos corretos (...) achei melhor porque tem momentos do jogo que você precisa estar atento aos movimentos e aí quando ele fala você consegue ficar atento sem ter que ler..."* (feminino, 25 anos). Cinco usuários relataram preferir o feedback do áudio, pois acharam que interferia menos na

experiência do jogo e que era fácil de entender o que fazer. Porém também houve comentários negativos. Alguns usuários não entenderam o idioma que estava sendo pronunciado: *"Não consegui entender o que ele tava falando, não sabia nem que idioma estava (...) a sonoplastia achei bom porque indicavam quando as bolinhas batiam"* (feminino, 19 anos).

O feedback de áudio pode ter tido algum prejuízo em seu desempenho devido ao ruído do ambiente. O barulho do ar-condicionado, por exemplo, foi mencionado por três usuários na entrevista, e pode ter prejudicado sua compreensão. Outros usuários disseram que as mensagens de áudio eram muito rápidas, e não dava tempo para corrigir os movimentos: *"algumas frases entendi o que ele falou, mas não como fazia [pra corrigir o movimento], outras não entendia nada"* (feminino, 20).

Avaliando o feedback da imagem, alguns usuários (principalmente no grupo IAT, onde a imagem foi utilizada na segunda fase) acharam difícil entender o que a imagem estava tentando corrigir ou não a perceberam: *"Demorei um pouco pra entender a imagem porque eu não estava olhando para fora da tela [canvas com a imagem do jogador]"* (masculino, 22 anos). Dois usuários não visualizaram o feedback da imagem. Outro fez uma sugestão que julgou ser boa para melhorar a compreensão do feedback: *"quando ele dizia pra ajustar a coluna eu não sabia pra que lado deveria fazer... talvez, na minha imagem [canvas com a imagem do jogador], se vocês colocassem um contorno pro lado certo..."* (masculino, 21 anos). Apenas 1 usuário relatou preferir o feedback da imagem *"pra mim o melhor feedback foi o da imagem... foi o que me orientou bastante pra colocar na posição certa"* (masculino, 19).

Dos oito usuários que mencionaram o feedback do texto na entrevista, quatro queixaram-se de alguns fatores como: a rápida velocidade de exibição, posição inadequada, cor e tamanho da fonte. Um deles expressou-se verbalmente ainda enquanto jogava, questionando que visualizou algo, mas não compreendeu o que havia aparecido na tela. Porém ao responder o questionário do texto, assinalou positivamente as sentenças sobre o "tempo de exibição" e "bom tamanho e cor". Na entrevista, este mesmo usuário admitiu: *"Não consegui ler o texto, mas sabia que havia algo vermelho ali... não consegui ler pelo tempo e pelo contraste de cores, porque havia uma 'nuvem' [barra da reserva preta com transparência] por baixo"* (Masculino, 22 anos). Outro usuário mencionou que o feedback do texto seria importante para a acessibilidade: *"Eu entendo que o texto é necessário para acessibilidade."*

Eu gostei mais do áudio, mas o fato dele se repetir com frequência estraga a experiência do jogo, então o texto parece prejudicar menos” (feminino, 24 anos).

5.1.1.4 Relação entre os resultados

Ao comparar os dados de todos os usuários entre os resultados de desempenho (Tabela 12) e as respostas obtidas com os questionários (Tabela 13), percebe-se um nível mais elevado de desvios nos dados dos questionários. Possivelmente devido à subjetividade da percepção de cada usuário em detrimento das ações que de fato ocorrem durante os experimentos.

De acordo com os questionários, o feedback do texto no grupo IAT (Figura 34) ficou abaixo do feedback da imagem na preferência dos usuários. Porém, a análise da taxa de sucesso dos movimentos nesse mesmo grupo (Figura 29) indica que o desempenho do feedback de texto foi melhor que o da imagem. Uma explicação possível seria a de que a fase do experimento em que o feedback de texto foi exibido foi a quarta fase do experimento, então os usuários poderiam já estar familiarizados com o jogo. Apesar do melhor desempenho do feedback de texto, as características abordadas pelo questionário, como: velocidade, legibilidade, cor e localização onde ele apareceu; não agradaram a maioria dos usuários deste grupo.

O desempenho do usuário usando feedback de imagem foi pior quando foi exibido antes que os usuários experimentassem o jogo com outro feedback ativo, a exemplo da segunda fase do grupo IAT (Figura 29). Além da dificuldade em visualizá-la, a compreensão de seu significado também foi prejudicada, o que pode ser verificado na avaliação do questionário deste grupo (Figura 34), que se comparada também entre os demais grupos, percebe-se que em IAT imagem obteve a pior avaliação (Figura 34).

Para alguns jogadores, foi difícil visualizar o feedback da imagem fora do canvas onde o usuário interagia com as bolas (Figura 15). Três usuários mencionaram este fato na entrevista que reforçam esta evidência. E para aqueles que visualizaram a imagem, uma observação recorrente foi a de que os usuários tentaram replicar o movimento da posição correta para a errada, porque não entenderam onde o movimento da ilustração começava e terminava. Provavelmente, isso prejudicou ainda mais o desempenho do feedback da imagem, o que pode ser verificado na análise da taxa de sucesso com todos os usuários fornecidos pelo sistema (Figura 26).

5.1.2 Discussão do Estudo de caso 1

Investigando separadamente os feedbacks de áudio, texto e imagem, foi possível obter dados individualizados das interações do usuário com o jogo, sendo possível avaliar suas vantagens e desvantagens. A decisão sobre como combinar os recursos de feedbacks configura-se como um desafio para criar uma boa usabilidade para o usuário. Usar os recursos de feedback adequadamente pode promover a visibilidade necessária para a interação do usuário como sistema (PREECE et al., 2005) e contribui para o rápido aprendizado, ajudando o usuário iniciante a entender o movimento (SIGRIST et al., 2013).

Dentre os três feedbacks avaliados, o do áudio foi predominante na preferência dos usuários. Isto foi evidenciado pela opinião expressa nos questionários e demonstrado nos relatórios da taxa de sucesso dos movimentos em todos os grupos. Os dados sugerem que o feedback auditivo é eficaz para guiar os exercícios corretamente para estes usuários iniciantes do jogo. Isso provavelmente ocorreu devido ao fato de que tais informações não precisam competir com outros elementos visuais do jogo para transmitir sua mensagem.

As análises qualitativas ajudaram a explicar eventos registrados nos dados quantitativos, através da contextualização de informações fornecidas pelos usuários nas entrevistas e captadas por observações. Por exemplo, quando o questionário de avaliação de feedback de áudio foi aplicado, alguns usuários entenderam que, além da mensagem de áudio que corrigia o movimento, eles também deveriam avaliar a trilha sonora do jogo. Este fato talvez tenha sido ocasionado devido a um mal-entendido causado pelo uso do termo "sons" nas sentenças dos questionários (Seção 3.2.2). A interpretação dos sons como trilha sonora/sonoplastia foi mencionada na entrevista por três usuários como uma característica encorajadora do jogo, e pode ter contribuído para as boas notas na avaliação desse feedback nos questionários.

Embora tenha se mostrado mais eficaz, o feedback de áudio pode ter limitações em seu uso devido ao ambiente em que é utilizado. Como mencionado em algumas entrevistas, sons externos podem interferir na compreensão das mensagens de áudio (Seção 5.1.1.3). Tal fato reitera o cuidado de ter um ambiente melhor controlado para realizar terapias assistivas remotas utilizando recursos tecnológicos semelhantes. Além disso, a configuração de tempo utilizada para a tolerância a erros causou a sobreposição de mensagens gerando ruído, dificultando sua compreensão e irritando alguns usuários. Este tempo deveria ser ajustado para tornar sua compreensão mais confortável.

O feedback de texto teve melhor desempenho na taxa de sucesso dos movimentos que o feedback da imagem (Figura 26), porém ao analisar as respostas dos questionários, o feedback de texto parece agradar menos aos usuários (Figura 31). Talvez seu rápido tempo de exibição tenha prejudicado a compreensão da mensagem para correção dos movimentos. Alguns usuários durante a entrevista sugeriram a possibilidade de aumentar o tempo de exibição na tela e talvez utilizar outra cor na tipografia e no background do texto para permitir uma melhor leitura.

Ao analisar os dados quantitativos da taxa de sucesso dos movimentos e os dados reportados nos questionários, verificou-se a ocorrência de algumas discrepâncias nos resultados. No grupo IAT, por exemplo, houve nos questionários a preferência do usuário pelo feedback da imagem (Figura 34), mesmo este feedback obtendo o pior desempenho na taxa de sucesso dos movimentos (Figura 29). Isso demonstra a importância de avaliar aspectos mais subjetivos da usabilidade, como a percepção de usabilidade do usuário, bem como a avaliação do desempenho da tarefa.

As entrevistas foram uma importante fonte de informação qualitativa, porém devido à diversidade de opiniões emitidas, sua análise foi demorada e subjetiva, por vezes voltada primeiramente a responder eventos dos dados quantitativos, antes de indicar tendências que pudessem ser quantificadas ou aparecessem nos demais dados coletados. Por outro lado, os questionários, que quantificaram os resultados através de uma pontuação, retrataram de forma sistemática as opiniões subjetivas dos usuários. Os questionários específicos, que foram aplicados para cada feedback, contribuíram para identificar as deficiências e preferências gerais para cada um deles. E o questionário original do SUS, criado para analisar a percepção de facilidade de uso e aprendizado (BROOKE, 1996), retratou a experiência como um todo.

Não houve nos resultados dos questionários nenhum grupo que indicasse uma progressão na preferência do usuário ao longo do tempo do experimento, diferente do que ocorreu com as taxas de sucesso dos movimentos no grupo TIA (Figura 28). Isso mostra que o tempo de jogo ao longo do experimento pode não ter influenciado a avaliação dos questionários.

Deve-se enfatizar que os três tipos de feedbacks (áudio, texto e imagem), quando utilizados juntos, podem promover a usabilidade universal, pois eles devem se complementar para transmitir uma mensagem boa e eficiente, para qualquer perfil de usuários, sejam eles

iniciantes, especialistas, de diferentes faixas etárias, deficiências, cada um deles enriquece o espectro de requisitos que orientam o design (SHNEIDERMAN; PLAISANT, 2005). Como resultado detectou-se que o áudio teve um bom desempenho e aceitação, enquanto os outros precisarão de ajustes para terem melhor compreensão e funcionarem bem juntos, pois um nível inadequado na compreensão de algum feedback pode afetar a experiência e o desejo de utilizar o jogo (OLSEN et al., 2011).

5.2 ESTUDO DE CASO 2: ARKANOIDAR 2.0

O segundo estudo de caso contou com duas fases de experimentos. A primeira testou o jogo em sua segunda versão com o mesmo perfil de amostragem do primeiro estudo de caso, utilizando um protocolo mais sucinto com apenas duas fases de jogo utilizando todos os feedbacks ativos. Todos os procedimentos de abordagem, instrução e materiais utilizados foram os mesmos descritos no protocolo deste público (Seção 4.5.1).

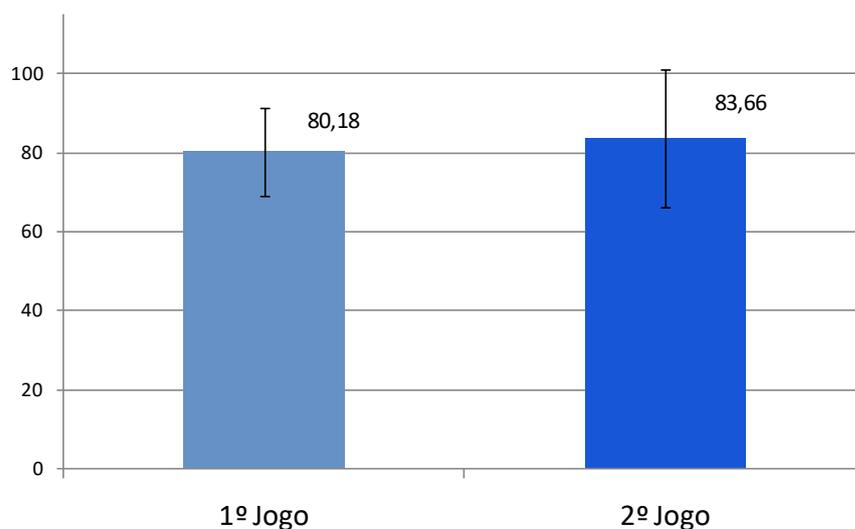
A segunda fase de testes deste estudo de caso envolveu pacientes de idade entre 30 e 80 anos que possuíam algum déficit de mobilidade, e que estavam fazendo (ou com indicação médica para fazer) tratamentos de fisioterapia motora. Os experimentos foram realizados no LANA do Departamento de Fisioterapia da UFPE. Estes usuários testaram os três tipos de feedbacks para correção de erros disponíveis na aplicação: áudio, texto e imagem, que foram habilitados um por vez a cada fase. As fases duraram até 3 minutos, ou até o usuário cansar ou pedir para parar por qualquer motivo, e totalizaram o número de quatro, onde a última fase contou com todos os feedbacks habilitados (Seção 4.5.2).

A seguir são expostos os resultados que foram separados em 4 tópicos: resultados para ARkanoidAR 2.0 com usuários saudáveis (Seção 5.2.1), resultados para ARkanoidAR 2.0 com pacientes (5.2.2), comparativo dos resultados ARkanoidAR 2.0 com pacientes e usuários saudáveis (5.2.3) e Discussões (Seção 5.2.4). Além disso, os resultados no grupo de pacientes foram organizados da mesma forma que no estudo de caso 1: Análise de Desempenho (Seção 5.2.2.1), Questionários (Seção 5.2.2.2), Entrevistas (Seção 5.2.2.3), Relação entre os resultados (Seção 5.2.2.4).

5.2.1 Resultados para ARkanoidAR 2.0 com usuários saudáveis

Para validação do ARkanoidAR 2.0 (Seção 4.1.2), foram realizados experimentos com 17 usuários de mesmo perfil de escolaridade e idade utilizado na primeira fase dos experimentos (Seção 4.2.1). A abordagem aos usuários e orientações para o jogo seguiram o mesmo protocolo do estudo de caso 1 (Seção 4.5.1), diferenciando-se apenas no número de fases e nos feedbacks exibidos. Este protocolo reduzido consistiu em apenas duas fases de jogo com todos os feedbacks ativos e não houve aplicação de questionários. O tempo de jogo de cada fase foi também de 3 minutos, sendo a primeira fase utilizada para o usuário habituar-se com a interface e sua jogabilidade. Na segunda fase, os dados obtidos com a taxa de sucesso foram considerados para realização de comparativo com o desempenho dos usuários pacientes utilizando a mesma versão 2.0 do jogo e também com todos os feedbacks ativos (Seção 5.2.3).

Figura 36 - Média da taxa de sucesso dos movimentos dos usuários saudáveis utilizando o jogo ARkanoidAR 2.0 com todos os feedbacks ativos, na primeira e na segunda fase.



Os resultados da média da taxa de sucesso dos movimentos na segunda fase de jogo demonstrou uma leve melhora em relação à primeira (Figura 36), porém os desvios nestes dados foram maiores, saindo de 11,30 na primeira rodada para 17,51 na segunda.

5.2.2 Resultados para ARkanoidAR 2.0 com pacientes

A amostragem para esta fase dos experimentos contou com 10 participantes, distribuídos em 3 grupos: ATI (4 usuários), TIA (3 usuários) e IAT (3 usuários) (Seção 4.5.2).

Porém, no grupo TIA, um dos 3 usuários não conseguiu concluir os experimentos por sentir dor aguda no braço e não conseguir mais elevá-los durante os exercícios, interrompendo a atividade após 1m 20s logo na primeira fase. Devido à baixa escolaridade e seqüelas cognitivas causadas pelo AVC que sofreu, esta usuária também não pôde responder ao questionário, pois ela não estava compreendendo o que estava sendo perguntado.

O desempenho de cada feedback para correção de movimento foi analisado individualmente, através da taxa de sucesso dos movimentos. Questionários foram utilizados para medir subjetivamente a percepção e preferências dos usuários, e análises qualitativas foram realizadas através de entrevistas e observações, conforme tópicos a seguir: Análise de Desempenho (Seção 5.2.2.1), Questionários (Seção 5.2.2.2), Entrevistas (Seção 5.2.2.3), Relação entre os resultados (Seção 5.2.2.4).

5.2.2.1 Análise de desempenho

A taxa percentual de sucesso na execução dos movimentos para todos os usuários pode ser vista na Figura 37. Ao analisá-la é possível notar que o feedback de áudio foi o que teve a melhor taxa de sucesso dos movimentos entre os usuários (87,54%), ficando próxima da média da quarta e última fase (87,09%), onde estiveram ativos todos os feedbacks. Nesta quarta fase, o desempenho dos usuários foi melhor apenas no grupo TIA com 93,42% (Figura 39). Já nos demais grupos ATI (Figura 38) e IAT (Figura 40) a fase com feedback de áudio foi a que rendeu melhor desempenho entre os pacientes ficando com 79,68% e 96,67%, respectivamente.

Figura 37 - Taxa de sucesso dos movimentos para todos os usuários pacientes.

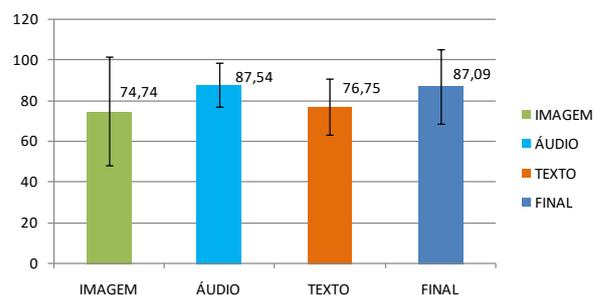


Figura 38 - Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo ATI de pacientes.

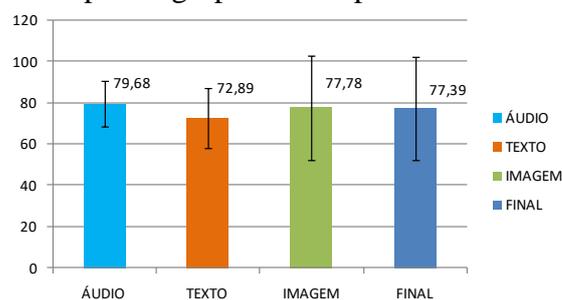


Figura 39 - Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo TIA de pacientes.

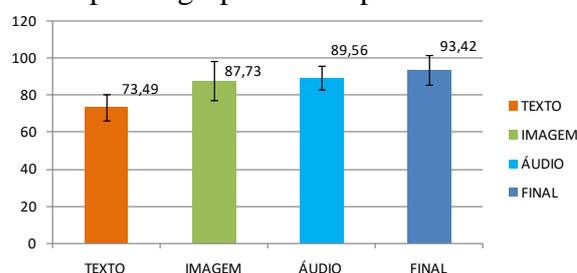
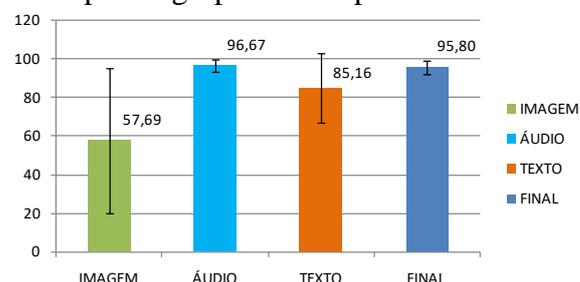


Figura 40 - Taxa de sucesso dos movimentos para o grupo IAT de pacientes.



Grupo TIA contou apenas com 2 usuários, pois o terceiro possuía limitação motora grave e apresentou dores agudas durante a segunda fase do experimento, que precisou ser interrompida. Grupo TIA foi o único que apresentou uma crescente no desempenho da taxa de sucesso.

Grupo ATI foi o que possuiu maior amostragem (4 pacientes) e teve médias semelhantes em todas as fases (Figura 38), porém nas 2 últimas apresentou grandes desvios nos resultados (Tabela 14).

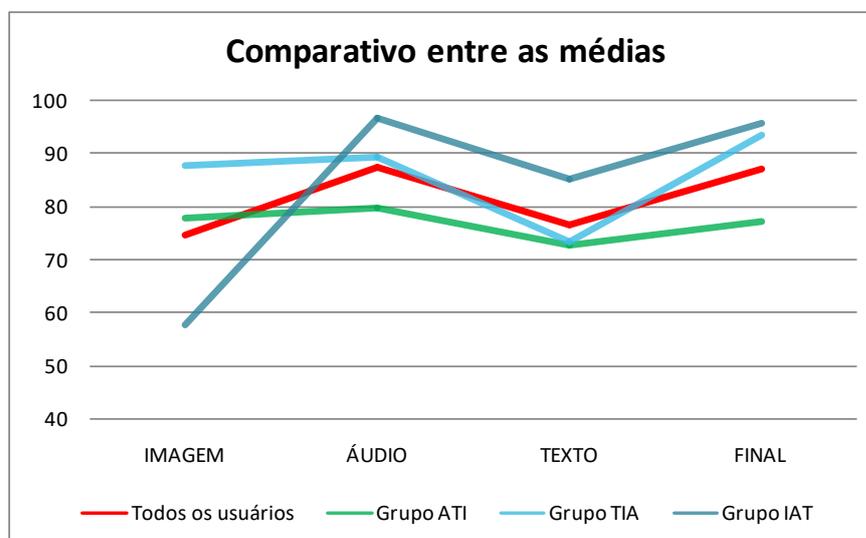
A primeira fase do grupo IAT (Figura 40), onde foi utilizado o feedback da imagem, teve o pior desempenho entre os usuários (57,69%) neste grupo, e também se comparado com os resultados de outros feedbacks entre os demais grupos (Tabela 14).

Tabela 14 - Médias e desvios padrão por grupos de pacientes na taxa de sucesso dos movimentos.

GRUPO		ÁUDIO	IMAGEM	TEXTO	FINAL
ATI	Média	79,6800	77,7800	72,8850	77,3850
	N	4	4	4	4
	Desvio padrão	10,99510	25,44364	14,48886	25,18902
TIA	Média	89,5550	87,7267	73,4900	93,4200
	N	2	3	3	2
	Desvio padrão	6,38517	10,74581	7,27858	8,03273
IAT	Média	96,6700	57,6933	85,1567	95,7967
	N	3	3	3	3
	Desvio padrão	3,40748	37,50828	18,07375	3,51543
Todos os usuários	Média	87,5378	74,7380	76,7480	87,0856
	N	9	10	10	9
	Desvio padrão	10,79339	26,66983	13,71418	18,29277

Para visualizar um comparativo das médias entre os grupos (Figura 41) ordenou-se a sequência de todos os feedbacks igual ao utilizado no gráfico da taxa de sucesso para todos os usuários (Figura 37): Imagem, Áudio, Texto e Final. Verificou-se que o grupo ATI foi o que mais se aproximou das médias do grupo com todos os usuários (Figura 41). No gráfico da taxa de sucesso de todos os usuários (Figura 37), entre os três feedbacks analisados, o da imagem foi o que teve pior desempenho (74,74%). No entanto, o resultado ficou muito próximo do feedback do texto (76,75%), que foi o pior nos Grupos ATI e TIA (Figura 38 e Figura 39 respectivamente).

Figura 41 - Comparativo entre as médias da taxa de sucesso dos movimentos entre os grupos de pacientes.



No grupo ATI (Figura 38), o áudio foi o primeiro feedback da sequência, e mostrou-se mais efetivo para correção de movimentos, inclusive ao se comparar com a última fase, onde todos os feedbacks estavam ativos. Observa-se que nas demais fases deste grupo houve um declínio na taxa de sucesso dos movimentos.

A sequência de feedbacks do grupo TIA (Figura 39) foi a única que mostrou um crescimento linear da taxa de sucesso dos movimentos ao longo do tempo em que o jogo foi utilizado. Este grupo foi o único onde a quarta fase, com todos os feedbacks ativos, teve a taxa de sucesso mais alta.

Entre os três feedbacks analisados individualmente, o áudio foi o que obteve melhor desempenho independente do grupo (Figura 37). Os dados mostram que o áudio contribuiu para corrigir os erros dos usuários, independentemente da sequência de feedback definida para o experimento.

5.2.2.2 Questionários

A percepção dos usuários a respeito dos feedbacks de erro e do jogo foi medida através dos questionários. Nos resultados que compreendiam todos os usuários (Figura 42), o feedback de áudio foi o melhor avaliado (80,09 pontos), seguido pelo SUS (69,17 pontos), onde foram abordados aspectos gerais da usabilidade do jogo, como facilidade de uso, aprendizagem e satisfação. Ao analisar os grupos individualmente, o áudio foi o único

feedback que teve unanimidade na preferência dos usuários, independentemente da sequência de fases do grupo em que foi utilizado.

Verificou-se que imagem foi o feedback com pior avaliação nos resultados de todos os usuários (Figura 42), mas ao analisar os grupos individualmente foi o pior apenas no grupo ATI (Figura 43) e no grupo IAT (Figura 45) ficou empatado na média com texto, porém possuindo um maior desvio.

Figura 42 - Notas do questionário para todos os usuários pacientes.

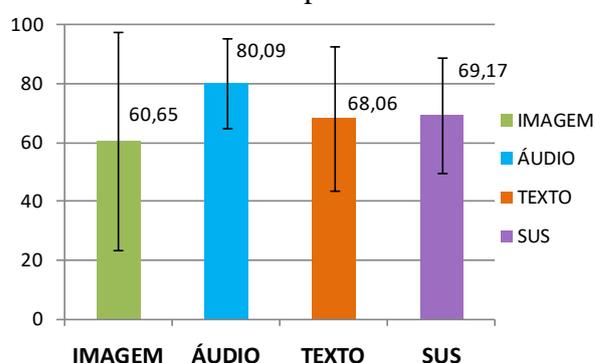


Figura 43 - Notas do questionário para o grupo ATI de pacientes.

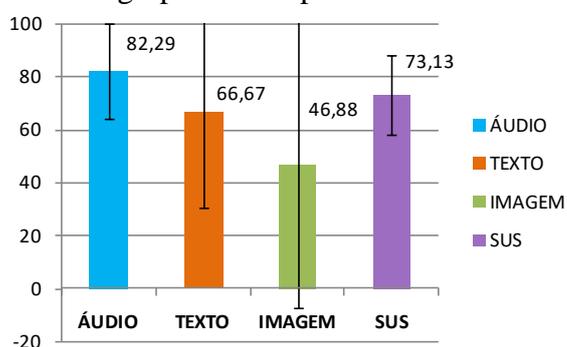


Figura 44 - Notas do questionário para o grupo TIA de pacientes.

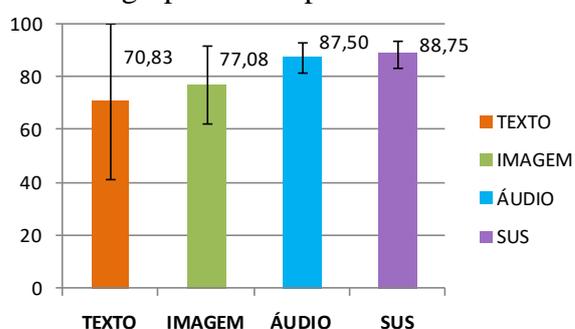
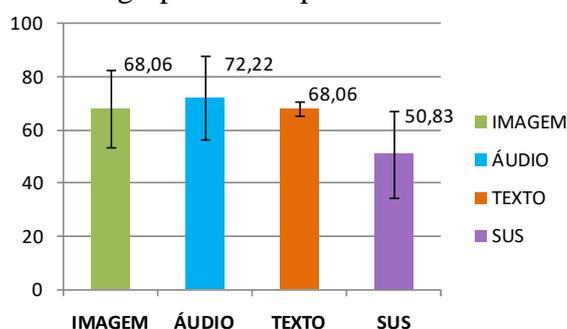


Figura 45 - Notas do questionário para o grupo IAT de pacientes.



No grupo TIA (Figura 44) o pior feedback na avaliação dos usuários foi o de texto, que foi exibido logo na primeira fase, ficando como maior desvio nos dados neste grupo (Tabela 15).

Em se tratando da avaliação geral do SUS, a nota mais baixa (50,83 pontos) foi no grupo IAT (Figura 45). Também neste grupo, a fase do feedback do texto ficou com a menor taxa de desvio nos resultados também se comparado a todas as outras fases dos demais grupos (Tabela 15).

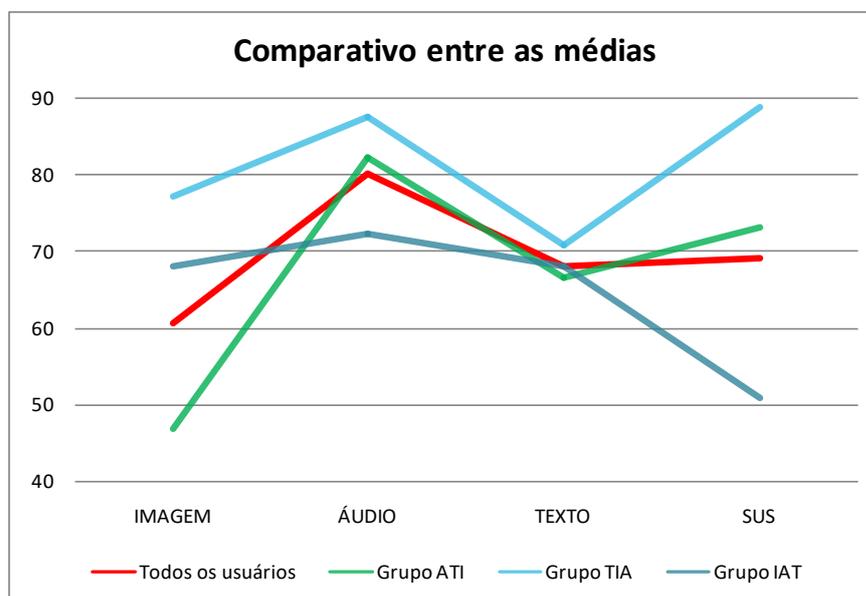
Ao analisar a opinião de todos os usuários que responderam aos questionários, percebe-se grandes desvios das respostas que indicam a diversidade das percepções e preferência dos usuários (Tabela 15). Este desvio foi decrescente apenas no grupo TIA (Figura 44), ficando menor no questionário do SUS, que avalia a percepção geral da aplicação, possivelmente porque representa um maior consenso na opinião dos usuários que avaliaram em geral positivamente o jogo.

Tabela 15 - Médias e desvios padrão dos questionários separados por grupos de pacientes.

GRUPO		QST_AUDIO	QST_IMAGEM	QST_TEXTO	QST_SUS
ATI	Média	82,2917	46,8750	66,6667	73,1250
	N	4	4	4	4
	Desvio padrão	18,12221	54,36662	36,00411	15,18977
TIA	Média	87,5000	77,0833	70,8333	88,7500
	N	2	2	2	2
	Desvio padrão	5,89256	14,73139	29,46278	5,30330
IAT	Média	72,2222	68,0556	68,0556	50,8333
	N	3	3	3	3
	Desvio padrão	15,77475	14,63285	2,40563	16,26602
Todos os usuários	Média	80,0926	60,6481	68,0556	69,1667
	N	9	9	9	9
	Desvio padrão	15,13507	37,04065	24,47363	19,64529

Para os resultados de áudio, texto e SUS, o grupo ATI foi o que mais se aproximou da média dos resultados de todos os usuários, diferindo de forma significativa apenas na avaliação do feedback da imagem (Figura 46). Dentre os 3 grupos, IAT foi onde o questionário do SUS obteve a menor avaliação (Figura 46).

Figura 46 - Comparativo entre as médias das respostas dos questionários entre os grupos de pacientes.



No feedback do texto, 55,55% discordaram completamente da afirmação “*A linguagem e termos utilizados pelo sistema eram de difícil compreensão*”, e outros 55,55% concordaram que conseguiram ler claramente as mensagens e o tempo de exibição do texto foi suficiente para a leitura.

Em áudio as avaliações positivas contaram com 77,77% dos usuários concordando com a afirmação “*Os sons me ajudaram a perceber que eu estava errando*” e 66,66% concordando com “*A velocidade da mensagem de áudio foi suficiente para compreendê-la*” e “*Os sons me ajudaram a realizar o movimento corretamente*”. Foram resultados que se refletiram na média geral alta para este feedback (Figura 42).

Porém, houve conflitos nas informações fornecidas por alguns usuários e suas atitudes durante os experimentos. Por exemplo, apesar da pior avaliação no feedback da imagem na opinião de geral de todos os usuários (Figura 42), 55,55% dos 9 usuários que responderam aos questionários afirmaram concordar totalmente com as sentenças “*a ilustração me ajudou a realizar o movimento corretamente*” e “*o tempo de exibição da imagem foi suficiente para compreendê-la*”. Para um dos usuários que concordou com estas sentenças, o feedback da imagem não chegou a ser exibido durante sua fase, pois ele não cometeu nenhum erro nos movimentos. Foram condizentes nesta avaliação apenas 2 usuários, que verbalizaram durante o questionário não saber se tratar de que imagem o questionário se referia, pois disseram não

ter visualizado elementos fora do canvas do jogo, desta forma, avaliaram negativamente o feedback fazendo zero pontos nestas sentenças.

Quanto à satisfação geral com o jogo, a primeira sentença do SUS “*Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente*” foi assinalada com ‘concordo’ e ‘concordo totalmente’ por 66,66% dos usuários que responderam aos questionários.

5.2.2.3 Entrevistas

Dos 10 usuários, 7 responderam à entrevista, sendo 4 registradas em áudio e 3 anotados os principais pontos devido a falhas na gravação. Dos 3 usuários que não quiseram fazer a entrevista, 2 não tinham nenhuma escolaridade e 1 estava atrasado para um compromisso.

Dos que responderam, 4 afirmaram que gostaram muito do jogo, mas não tinham ideias de sugestões para melhorá-lo. Destes 4, 2 também afirmaram que acharam o jogo fácil de utilizar. Uma usuária, com bom nível de instrução e severidade de seqüela leve no braço, comentou que não entendeu muito bem a dinâmica das bolas porque elas ficavam desativadas (vermelhas) “*gostaria que as bolas quando se tornasse azul destruíssem mesmo os tijolos*” (feminino, 64 anos). Também queixou-se que demorava muito para a barra de cor na frente do braço ficar verde novamente, mas afirmou imaginar que era porque estava errando muito.

Um dos pacientes com severidade de seqüela grave (jogou elevando o braço em no máximo 40° e possuía paralisia em todo o lado esquerdo do corpo) afirmou que “*gostaria que as bolas do jogo fossem mais lentas*” (masculino, 59 anos) para que pessoas com limitações como ele conseguissem jogar melhor. Compreendeu bem a dinâmica do jogo, mas queixou-se quando as bolas ficavam muito tempo em cima, pois não conseguia alcançá-las devido às suas limitações motoras.

Um usuário com bom nível de instrução mencionou achar o jogo fácil e compreendeu bem como funcionava. Questionou em entrevista se havia alguma inconsistência com o jogo, pois às vezes, quando movia o braço o jogo não acompanhava seus movimentos. Mencionou que considerou ser um problema ficar concentrado na tela do canvas e não olhar para o restante da interface “*esse é um problema porque às vezes eu ficava concentrado ali (sic) e não conseguia ver as outras coisas*” (masculino, 71 anos).

5.2.2.4 Relação entre os resultados

Áudio foi unânime na preferência de todos os usuários (Figura 42), e 77,77% dos usuários concordaram totalmente com a sentença "*Os sons me ajudaram a perceber que eu estava errando*". Fato este também averiguado na análise da taxa de sucesso dos movimentos (Figura 37), demonstrando que o áudio contribuiu para corrigir os erros dos usuários, independentemente da sequência de feedback definida para o grupo.

No grupo ATI (Figura 38) a taxa de sucesso dos movimentos variou pouco entre uma fase e outra, ficando entre 79,68% (para fase do áudio) e 72,89% (para fase do texto). O áudio foi o primeiro feedback da sequência, e mostrou-se mais efetivo para correção de movimentos segundo a taxa de desempenho dos movimentos corretos. Porém, ao avaliar os dados coletados via questionários (Figura 43), áudio ficou muito acima na preferência dos usuários, embora a taxa de sucesso dos movimentos tenha variado pouco entre uma fase e outra. Os demais feedbacks neste grupo (imagem e texto) ficaram com os maiores desvios nos dados das respostas dos questionários se comparados com outros grupos (Tabela 15).

A sequência de feedback do grupo TIA, tanto para a taxa de sucesso dos movimentos (Figura 39) quanto para os questionários (Figura 44), foi a única que mostrou um crescimento linear ao longo do tempo em que o jogo foi utilizado, ficando o feedback de texto com a pior avaliação talvez por ter sido exibido logo na primeira fase.

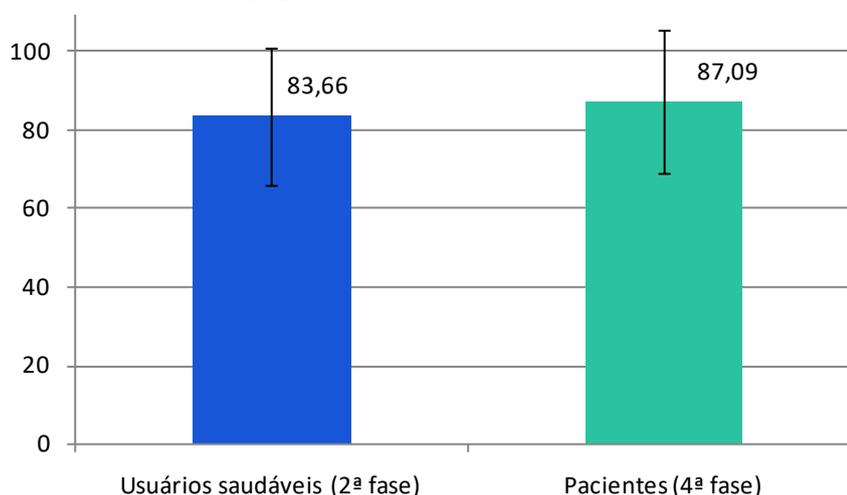
A primeira fase do grupo IAT (Figura 39), onde foi utilizado o feedback da imagem, foi a pior performance deste feedback em todos os grupos. Porém, ao analisar os questionários (Figura 44) ficou empatado na média com texto, diferenciando-se por possuir um maior desvio nos dados.

Em se tratando da avaliação geral do SUS, a nota mais baixa (50,83 pontos) ocorreu no grupo IAT (Figura 45). Porém, ao avaliarmos o desempenho dos usuários em todas as quartas fases, neste grupo (Figura 40), foi o melhor desempenho dentre todos pontuando 95,80% na taxa de sucesso dos movimentos. Esta ocorrência talvez possa ser explicada pelo fato de 2 dos 3 usuários que participaram possuírem bom nível de instrução e terem compreendido bem a jogabilidade e os termos utilizados nas sentenças do SUS (Seção 3.2.2).

5.2.3 Comparativo dos resultados ARkanoidAR 2.0 com pacientes e usuários saudáveis

Para efetuar um comparativo no desempenho entre os diferentes grupos de usuários utilizando a mesma versão do ARkanoidAR 2.0 (Seção 4.1.2), foi feito um comparativo entre a taxa de sucesso dos movimentos do grupo de 17 usuários saudáveis (Seção 5.2.1) com o desempenho dos pacientes (Seção 5.2.2.1). Em ambos os casos, os usuários utilizaram o jogo com todos os feedbacks ativos, diferenciando-se que os ângulos de tolerâncias para os movimentos e o tempo de erro estavam adaptados para seu respectivo público, conforme definido no protocolo dos experimentos (Seção 4.5), e que para os usuários saudáveis consideramos a 2ª fase de jogo, e nos pacientes a 4ª fase.

Figura 47 - Média da taxa de sucesso dos movimentos dos usuários saudáveis e pacientes utilizando o jogo ARkanoidAR 2.0 com todos os feedbacks ativos.



Os resultados demonstram que o grupo de pacientes, mesmo com limitações motoras diversas, se saiu um pouco melhor que o grupo de usuários saudáveis (Figura 47). Porém, deve-se levar em consideração que a taxa de sucesso dos movimentos não indica a quantidade de movimentos realizados, e sim o percentual de acerto nos movimentos durante o período de uso. Também indica que os pacientes tiveram mais tempo para se familiarizar com o jogo, pois para este comparativo consideramos a 4ª fase do estudo de caso com os pacientes onde todos os feedbacks estavam ativos, resultando em mais tempo de experiência com o jogo neste grupo. Tal fato pode ter contribuído para que eles melhorassem o desempenho ao longo das fases através do aprendizado adquirido com as fases anteriores.

Os desvios nos dados dos dois grupos foram quase similares, ficando com 17,51 o grupo de usuários saudáveis, e com 18,29 os pacientes.

5.2.4 Discussão do Estudo de caso 2

A amostra de participantes do grupo dos pacientes mostrou-se muito diversa no nível de escolaridade, dificultando a análise dos questionários. Dos 10 usuários pacientes que participaram: 4 possuíam ensino superior completo; 2 o 2º grau incompleto; 2 o 2ª grau completo; e 2 não possuíam qualquer escolaridade. A diversidade de opinião ou compreensão das sentenças pode ser verificada pelos grandes desvios nos dados obtidos (Tabela 15).

Para 3 usuários com baixa escolaridade e dificuldades de leitura decorrentes da idade avançada, os questionários precisaram ser lidos, e alguns termos esclarecidos, pois aparentaram não compreender algumas sentenças, tais como: "...*havia muita inconsistência no jogo*", "...*desnecessariamente complexo*", "*as funcionalidades do jogo estavam bem integradas*". Por mais imparcial que a pesquisadora procurasse ser nas explicações, é difícil afirmar se houve algum viés nas respostas destes usuários.

Além disso, as sentenças alternadas entre afirmações e negações, e as respostas apresentadas numa escala de 1 a 5 geraram confusões de interpretação, verificadas a partir da observação da pesquisadora, pois os usuários verbalizavam uma idéia e pediam pra assinalar uma respostas com significado oposto. Uma das pacientes que possuía problemas cognitivos teve a aplicação do questionário interrompida, pois não estava compreendendo o que estava em avaliação.

Os usuários pacientes deste estudo de caso precisaram receber uma classificação conforme as limitações motoras que possuíam (Seção 4.2.2) para que observações pudessem ser consideradas nas análises qualitativas. Dos 10 usuários que participaram, um não conseguiu concluir o experimento porque logo na segunda fase estava sentindo dores agudas no ombro. Outros 4 usuários (2 com limitações moderadas, 1 com limitação leve e 1 com limitação grave) tiveram o tempo de cada fase reduzido por demonstrar dor ou incômodo. O usuário com limitação grave precisou jogar a última fase sentado, pois possuía paralisia em todo lado esquerdo e estava cansado de levantar e sentar entre as fases. Esta diversidade de limitações motoras dos pacientes pode ter influenciado os dados da taxa de sucesso, que apresentaram altos desvios (Tabela 14) em algumas fases, e para estes casos, não se igualaram ao restante do grupo no tempo total do experimento.

Uma observação recorrente no grupo de pacientes foi que a maioria concentrou a atenção no canvas onde aparecia a imagem do jogador (Figura 18), e não observavam o

entorno da interface. Isso pode ser constatado pelo pior desempenho na taxa de sucesso dos movimentos no feedback da imagem, agravando no grupo IAT (Figura 40), onde este apareceu logo na primeira fase. Imagem também foi o pior segundo a avaliação dos questionários dos usuários (Figura 42) e não foi visualizado em nenhum momento por 2 usuários do grupo ATI (Figura 43) que o avaliaram com zero nos questionários.

Dentre os três feedbacks avaliados, o do áudio foi predominante na preferência dos usuários. Isto foi evidenciado pela opinião expressa nos questionários e demonstrado nos relatórios da taxa de sucesso dos movimentos em todos os grupos, inclusive se comparado ao desempenho na última fase, onde todos os feedbacks estavam ativos. A única exceção foi no grupo TIA (Figura 39), onde a última fase foi a que desempenhou melhor. Estes dados sugerem que o feedback auditivo é eficaz para guiar os exercícios corretamente para estes usuários, e provavelmente devido ao fato de que tais informações não precisam competir com outros elementos visuais do jogo para transmitir sua mensagem.

As entrevistas não forneceram informações tão relevantes no sentido das perguntas iniciais realizadas (Seção 3.2.3). Não quiseram, ou não puderam, participar da entrevista 3 usuários. E, dos 7 que participaram, 4 foram muito sucintos e não quiseram evoluir muito no tema, talvez por algum constrangimento ou por falta de conhecimento e experiência com jogos, que pode ter resultado numa dificuldade para emitir opinião a respeito de melhorias e sugestões. Dos 3 usuários que evoluíram melhor na entrevista, 2 tinham bom nível de escolaridade e o terceiro limitação motora grave. Nenhum destes 3 possuía qualquer experiência com jogo e não tiveram sugestões a serem feitas, apenas críticas e observações.

A maioria dos pacientes demonstrou-se satisfeita em participar do experimento e colaborar de alguma forma com a pesquisa que julgaram ser do seu interesse. Tanto que 66,66% deles concordaram com a primeira afirmação do questionário SUS (“*Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente*”) e 4 afirmaram verbalmente que gostaram muito do jogo.

6 DISCUSSÃO

Neste capítulo serão abordados os tópicos relevantes para discussão dos objetivos desta pesquisa. Através da análise dos dois estudos de caso, cruzando os resultados com o referencial teórico, pretende-se discorrer sobre as vantagens e desvantagens dos métodos utilizados, além de averiguar as diferenças e semelhanças de se avaliar a usabilidade com perfis de usuários distintos.

Conforme objetivo principal pretendido para este estudo, buscou-se estruturar uma proposta de avaliação que contemplasse a interação do usuário com o sistema e a percepção de uso. O intuito foi obter informações relevantes para aprimorar as interações com estas soluções, evitando fornecer uma interface com excesso de informações, linguagem difícil e estrutura de jogo confusa ao nível de habilidade do usuário. Dificuldades de uso desta natureza podem sobrecarregar os usuários e resultar em mais esforço para descobrir definições e controles, restando menos recursos disponíveis para se concentrar nos objetivos de aprendizagem (OLSEN et al., 2011). Para alcançar uma boa usabilidade os métodos selecionados procuraram contemplar os 5 atributos definidos por Nielsen (1993): aprendizagem, eficiência, poucos erros, satisfação e memorização, adaptados para os requisitos de terapias assistivas e para as diretrizes de RA.

Dos 5 atributos de Nielsen (1993), os que foram melhor contemplados pela proposta de avaliação planejada foi aprendizado e poucos erros. O atributo da aprendizagem diz que o sistema deve ser de fácil compreensão para que o usuário comece a utilizá-lo rapidamente (NIELSEN, 1993). A aprendizagem foi refletida na melhora do desempenho dos usuários a medida que adquiriam mais experiência com o jogo. Isto pôde ser verificado através da taxa de sucesso dos movimentos que demonstraram, em ambos os estudos de caso, um aumento na precisão dos movimentos entre a primeira fase e a última.

A melhora na taxa de sucesso dos usuários talvez possa ser explicada por outros motivos além da experiência adquirida com as fases do jogo. No grupo dos pacientes, alguns usuários já haviam realizado terapias motoras anteriormente. Isso pode ter contribuído para que eles reutilizassem habilidades conhecidas, não necessitando aprender algo completamente novo para utilizar o jogo (BLAKE, 2013). Já para os usuários saudáveis, por serem uma amostragem mais jovem, podem ter mais facilmente identificado o conceito e a jogabilidade

do ARkanoidAR 1.0, devido a experiências anteriores com jogos similares (NIELSEN; MOLICH, 1990b).

O atributo investigado para poucos erros ajudou no requisito da especificidade do treinamento, auxiliando os usuários a realizar movimentos específicos focados em seus déficits (KRAKAUER, 2006). Além disso, os feedbacks auxiliam na visibilidade do *status* do sistema ajudando também os usuários a identificar e se recuperar de erros (NIELSEN; MOLICH, 1990). Poucos erros foi abordado através do protocolo planejado, que isolou os feedbacks para analisá-los individualmente, e também pelos questionários específicos, onde as sentenças verificavam se as mensagens sonoras e visuais para correção de erros estavam sendo bem compreendidas e visualizadas pelos usuários. Desta forma, os feedbacks foram analisados não só com o intuito de saber se os usuários estavam superando problemas, como também verificando se a interface estava transmitindo claramente seu *status* atual (DÝNSER et al., 2007).

Já o atributo da eficiência, que seria importante para beneficiar pacientes com níveis de comprometimento e incapacidade leves a moderado na prática de tarefas repetitivas (DOBKIN, 2008), foi considerado apenas para correção dos movimentos e não para a quantidade de movimentos realizados. Este requisito para reabilitação motora não pôde ser devidamente verificado porque a taxa de sucesso informava o percentual de movimentos corretos que os usuários realizaram, e não uma maior quantidade de movimentos. Isto pode ser verificado principalmente no grupo de usuários pacientes, onde ocorreram 4 casos que precisaram ter uma redução de tempo nas fases do experimento, diminuindo assim o tempo total de uso. Porém, pode-se afirmar que houve um aprendizado ao logo das fases com sua utilização, pois se compararmos a primeira fase com a última, em geral, houve uma melhora nesta taxa ao longo do tempo.

Segundo Nielsen (1993), o atributo da memorização deve indicar que usuários casuais de um sistema devem imediatamente retomar o seu uso após um período sem utilizá-lo (NIELSEN, 1993). Duas sugestões dadas pelo autor para medir a memorização é através do tempo para execução de tarefas com estes usuários, e outra seria através de perguntas, após o uso, que remetesse a lembrança do usuário em relação aos efeitos de comandos executados pelo sistema. Porém, não se pode atestar que houve nos métodos selecionados indicativos que medissem este atributo, pois os usuários foram iniciantes (primeiro uso) e o intervalo de tempo sem usar o jogo foi muito curto, confundindo-se com a evolução do desempenho para

medir o aprendizado. Também nenhum dos itens dos questionários remeteu à lembrança de ações com o sistema.

O atributo da satisfação envolve aspectos subjetivos da experiência, e dependendo da percepção de uso dos indivíduos, pode interferir no sucesso e aceitação das tecnologias assistivas (COOPER et al., 2007), bem como na frequência para utilização do sistema e seus recursos (DABBS et al., 2009). Procurou-se medir a satisfação através de questionários, observações e entrevistas. O SUS demonstrou a percepção da facilidade de uso, mas por ele não se pode afirmar que o jogo agradou aos usuários no sentido de ser uma atividade prazerosa. A primeira sentença do SUS foi a que melhor remeteu ao sentimento de satisfação e desejo de repetir a atividade (*“Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente”*), e os usuários pacientes foram os que demonstraram estar mais satisfeitos com a experiência, também relatando espontaneamente nas entrevistas que gostaram do jogo.

O uso da taxa de sucesso dos movimentos procurou medir a interação do usuário com o sistema através do seu desempenho ao longo de várias fases de jogo, variando o feedback ativo para correção de erro. Além da taxa de sucesso, os dados adquiridos forneceram indicativos de aprendizado ao longo do tempo e mostraram que alguns feedbacks para correção de erros foram mais eficientes que outros. Segundo Nielsen (2001), a taxa de sucesso esta associada à performance do usuário utilizando o sistema, podendo indicar a eficiência da aplicação, porém os dados não explicam porque os usuários falharam ou o quão bem eles executaram as tarefas (JAKOB NIELSEN, 2001).

Ocorreram algumas semelhanças nos resultados de desempenho entre os grupos de usuários, mesmo que o grupo de pacientes se diferenciasse por possuir limitações motoras. Uma delas foi a sequência de feedback definida para o grupo TIA (texto, imagem, áudio), que em ambos os grupos de usuários (Figura 28 e Figura 39) apresentou uma crescente no desempenho. E no grupo IAT (Figura 29 e Figura 40), onde foi exibido o feedback da imagem na primeira fase, que teve o pior desempenho entre todos os grupos independente do público com que estava sendo testado.

Outra semelhança ocorreu no grupo ATI (Figura 27 e Figura 38), onde o áudio foi o primeiro feedback da sequência, e mostrou-se mais efetivo para correção de movimentos, inclusive se comprado com a última fase em ambos os grupos (4ª fase para os pacientes, onde todos os feedbacks estavam ativos, e na 5ª fase para os usuários saudáveis de Controle 2).

Também na taxa de sucesso de todos os usuários (Figura 26 e Figura 37), entre os três feedbacks analisados, o da imagem foi o que teve pior desempenho em ambos os estudos de caso. No entanto, os resultados foram próximos do feedback do texto, que foi o pior feedback exatamente nos mesmos grupos (ATI, Figura 27 e Figura 38, e TIA, Figura 28 e Figura 39) em ambos os estudos de caso, porém com taxas de sucesso de movimentos diferentes.

Desta forma, ao analisarmos um dos objetivos específicos desta pesquisa em relação à análise da usabilidade através da interação dos usuários com o sistema, verificou-se que houve resultados semelhantes nas medidas de desempenho em ambos estudos de caso, que forneceram dados equiparáveis aos dois perfis de usuários. Porém, os dados obtidos com os pacientes sofreram mais variações devido às adversidades de suas condições físicas. Verificou-se que as dificuldades ocasionadas pelas limitações motoras dos pacientes se refletiram em dados mais baixos na taxa de sucesso dos movimentos, e através dos desvios mais altos se comparados com o grupo de usuários saudáveis (Tabela 12 e Tabela 14).

Outro objetivo desta pesquisa foi verificar se a percepção dos elementos da interface foi equivalente para usuários saudáveis e para pacientes. Para isto foram aplicados os mesmos questionários em ambos os estudos de caso. Diferente do grupo de usuários saudáveis, que foram selecionados pelo campus da UFPE (Seção 4.2.1), a amostra de participantes do estudo de caso com os pacientes se mostrou muito diversa no nível de instrução e na diversidade de condições físicas. Tal fato pode ter prejudicado um pouco a análise destes dados, ainda mais porque a amostragem dos pacientes foi bem mais baixa que dos usuários saudáveis, por estar restrito aos pacientes do LANA (Seção 4.2.2).

Os questionários mostraram-se um pouco inadequados para o nível de instrução mais baixo dos pacientes, e o entendimento das sentenças em alguns casos pode ter tido viés por conta da leitura das sentenças, pois mesmo o paciente aparentando confusão com as sentenças, o questionário foi respondido. Dessa forma, conclui-se que foi válido aplicar o questionário com usuários saudáveis para detectar problemas críticos na usabilidade do sistema, e questões mais sensíveis às particularidades dos pacientes poderiam ser melhor observadas durante o uso, ou investigadas através de entrevistas não estruturadas que deixassem o usuário mais a vontade para se expressar.

Houve indicativos de melhora na interface do ARkanoidAR 2.0, verificados após os dados obtidos com os estudos de caso. Um deles foi as correções no feedback da imagem

(Seção 4.1.2.2), que após as alterações, diferente do que se observou no grupo dos usuários saudáveis, não houve entre os 10 pacientes a reprodução do movimento da forma correta para a errada. Além disso, o comparativo da taxa de sucesso entre os dois tipos de usuários utilizando o ARkanoidAR 2.0 com todos os feedbacks ativos (Seção 5.2.3) apresentou uma média bem próxima um do outro. Porém, deve-se considerar que o grupo de pacientes desenvolveu-se um pouco melhor, provavelmente porque as configurações do jogo visavam uma boa jogabilidade para este grupo, e também porque eles tiveram mais fases de experiência com o jogo (Seção 5.2.3).

Estudar a interação e a percepção dos elementos da interface fornecidos pelo jogo é apenas uma das etapas de um estudo de usabilidade mais complexo que poderia envolver investigações sobre outras motivações para o envolvimento do paciente. Sabe-se da importância de promover boas respostas aos jogadores, pois se um jogo aparentar ser muito difícil seja pela falta de habilidade com a interface, ou por controles e feedbacks falhos, pode frustrar os usuários e fazê-los desistir de utilizar o jogo (BURKE et al., 2009a). Além disso, os jogos quando bem planejados podem ser envolventes e promover o movimento correto dos membros, trazendo benefícios significativos para quem sofreu AVC (BURKE et al., 2009b).

7 CONCLUSÃO

7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Durante esta pesquisa, foram planejados e realizados estudos de usabilidade através da interação e percepção dos usuários com jogo de reabilitação motora, que utiliza RA para exibir instruções e ajudar os usuários a realizar corretamente os movimentos terapêuticos. Os estudos em usabilidade asseguram que produtos interativos sejam fáceis de usar, eficientes e agradáveis para os usuários, pois permitem otimizar as interações estabelecidas entre pessoas e produtos para realização da atividade a que se destina o produto (PREECE et al., 2005).

A interação dos usuários com o jogo foi medida através da taxa de sucesso dos movimentos, que geraram dados quantitativos que representaram o desempenho durante as fases da atividade. Houve indicativos de aprendizado ao longo das fases e os dados comprovaram que alguns feedbacks para correção de erros foram mais eficientes que outros. Ocorreram semelhanças nos dados obtidos entre os dois grupos de usuários estudados, porém no grupo dos pacientes os dados sofreram mais variações possivelmente devido às adversidades de suas condições físicas. Isto pôde ser demonstrado pelas médias com valores mais baixos, e desvios nos dados mais altos, se comparado com o grupo de usuários saudáveis.

Já a percepção da usabilidade em relação aos elementos e mensagens de feedback utilizados na interface foram medidos através de questionários e observações, gerando dados quantitativos e qualitativos que puderam ser utilizados para explicar eventos associados às diferenças entre as fases. As análises obtidas pelos questionários e observações com os usuários saudáveis na versão 1.0 do ARkanoidAR (Seção 5.1.2) foram válidas, e puderam detectar problemas críticos na usabilidade do sistema para corrigi-los antes de serem testados com os pacientes. Tanto que alguns problemas detectados no primeiro estudo de caso não foram observados no segundo com a versão 2.0 do ARkanoidAR. Por outro lado, a menor amostragem e o nível de instrução mais baixo no grupo dos pacientes pode ter prejudicado a realização do comparativo entre os dados dos questionários com o dos usuários saudáveis.

As entrevistas semi-estruturadas procuraram obter, do ponto de vista do usuário, informações sobre problemas percebidos e sugestões para melhorias. No grupo de usuários

saudáveis as entrevistas renderam bons feedbacks onde predominantemente havia uma amostragem com faixa etária mais jovem e com melhor nível de instrução. Porém, no grupo dos pacientes, não conseguiram obter informações tão relevantes no sentido das perguntas iniciais realizadas (Seção 3.2.3).

7.2 PRINCIPAIS DIFICULDADES

Uma das principais dificuldades neste estudo foi a criação e aplicação dos questionários e entrevistas. Os resultados e as observações demonstraram que para um nível de escolaridade mais baixo ou por problemas cognitivos, os termos utilizados e a estrutura das sentenças alternadas em positivas e negativas para evitar viés nas respostas dificultaram bastante sua compreensão no grupo dos pacientes.

Nas entrevistas o grupo de pacientes não conseguiu sugerir melhorias para o jogo, talvez pela total inexperiência dos participantes com jogos, ou pelo nível de instrução baixo da maioria dos usuários deste grupo. Talvez uma melhor indicação para utilização de entrevista neste grupo fosse para obter informações mais sensíveis às particularidades dos pacientes (usuários representativos), evitando perguntas de cunho técnico, que podem constranger estes usuários. Ao abordar na entrevista temas como dificuldades e expectativas dos pacientes poderia obter respostas que contribuíssem com a adaptação de técnicas e abordagens de reabilitação às reais necessidades dos pacientes, ajudando a melhorar a qualidade da reabilitação (PERETTI et al., 2017).

Outra dificuldade foram os trâmites burocráticos com o CEP para obtenção da autorização para realização desta pesquisa com os usuários. A longa lista de documentos exigidos, o portal com instruções complexas e interface pouco intuitiva, e o extenso período para averiguação dos documentos, dificultaram muito o processo e atrasaram o início dos experimentos. Além disso, a dificuldade em captar pacientes para os testes resultou numa baixa amostragem resultante da limitação no perfil de pacientes presentes no laboratório onde foram realizadas as coletas. Não foram abordados no grupo de pacientes indivíduos com outros fatores de elegibilidade, tais como: pacientes pós acidente traumático e queimados, pois não havia este perfil no escopo de pacientes que estavam frequentando o LANA no período de realização dos experimentos.

7.3 INDICAÇÃO DE TRABALHOS FUTUROS

As possibilidades de trabalhos futuros incluem expandir o foco do estudo para além da interação e percepção, de forma a melhorar o desafio e a motivação para o paciente executar mais exercícios. Fatores motivacionais podem promover uma maior satisfação e aumentar o engajamento com o jogo, pois através da motivação pode-se estimular os usuários a fazer mais movimentos, e a satisfação pode também, subjetivamente, incentivá-los. Também é interessante estudar qual seria a metodologia ideal para analisar fatores como o engajamento e a satisfação uma vez que envolvem fatores intrínsecos de cada indivíduo.

Uma possibilidade de incremento para este objeto de estudo seria aprimorar o sistema de pontos do jogo. Em geral os usuários não perceberam a presença do painel de pontos na interface ou o funcionamento do sistema de pontuação. Este tema foi abordado em alguns casos na entrevista, mas não de forma sistemática. Trabalhar melhor os recursos que tragam motivação aos usuários através de um maior desafio no jogo seria uma hipótese a ser considerada para investigação em estudos futuros.

7.4 CONTRIBUIÇÕES PARA O DESIGN

O modelo de avaliação proposto, ao analisar os feedbacks para correção de erros individualmente, conseguiu detectar problemas específicos em cada um deles, que foram corrigidos entre a versão 1.0 e 2.0 do ARkanoidAR. Algumas melhorias implementadas contribuíram para aprimorar a usabilidade e foram percebidas no segundo estudo de caso. Através dos dados da taxa de sucesso dos movimentos, verificou-se que o grupo dos pacientes mesmo possuindo limitações motoras diversas, obteve resultados próximos dos usuários saudáveis. E quando comparado os dois perfis de usuários utilizando a mesma versão do jogo com todos os feedbacks ativos (Seção 5.2.3), este resultado foi ainda mais semelhante.

As diferenças na aplicação dos métodos entre os dois estudos de caso e também as dificuldades relacionadas aos perfis dos usuários, fornecem informações que podem contribuir para formulação de orientações importantes para outras pesquisas. Desta forma, com a experiência adquirida nesta pesquisa algumas recomendações podem ser feitas para auxiliar designers e pesquisadores no planejamento e seleção de métodos de avaliação para o desenvolvimento de jogos semelhantes:

- i. **Utilizar diretrizes de usabilidade aplicadas à tecnologia que está sendo estudada para embasar os objetivos dos testes** - a pesquisa entre princípios e diretrizes para RA foi ampla e nem todas diretrizes encontradas puderam ser devidamente abordadas com os experimentos planejados. Para obter análises mais detalhadas recomenda-se focar nos objetivos desejados com os testes utilizando diretrizes direcionadas ao problema a ser investigado;
- ii. **Trabalhar com conceitos familiares aos usuários** - remeter a experiências anteriores dos indivíduos pode ter ajudado na adaptação para o jogo. No caso dos usuários saudáveis a jogabilidade do ARkanoidAR remeteu a experiências anteriores com jogos clássicos. Já os pacientes estavam familiarizados com os movimentos devido a terapias motoras praticadas anteriormente;
- iii. **Utilizar métodos de coleta de dados quantitativa e qualitativa** - os dados qualitativos podem ajudar a compreender fatos registrados nos dados quantitativos além de fortalecer evidências para as análises dos resultados;
- iv. **Adaptar questionários ao perfil da amostragem** - apesar da intenção de aplicar o mesmo questionário para realizar comparativos entre os 2 grupos de usuários (pacientes e jovens saudáveis), os termos utilizados precisariam ser mais simples no grupo de pacientes. As limitações cognitivas, um menor nível de escolaridade e pouca ou nenhuma experiência com jogos de RA neste grupo dificultaram a compreensão dos termos utilizados;
- v. **Prezar por uma estrutura simples, direta e objetiva nos questionários** - a estrutura alternada de sentenças (positivas e negativas) e a escala de 5 pontos para as respostas, causou confusão de interpretação em muitos usuários. Recomenda-se simplificar esta estrutura colocando termos mais diretos e menos alternativas para as respostas;
- vi. **Evitar perguntas técnicas ou pedir sugestões aos usuários nas entrevistas** - procurar informações mais subjetivamente, sem diretamente pôr o usuário em uma situação que exija que ele formule sugestões além de suas capacidades individuais;
- vii. **Realizar observações durante os experimentos pode ajudar a detectar problemas e situações inusitadas** - a repetição de um evento durante a observação do experimento pode ser um alerta para uma falha na usabilidade ou levar a bons insights para melhorias;

- viii. **Executar testes piloto utilizando os métodos selecionados** - realizar testes prévios é uma oportunidade de definir melhor as necessidades do perfil de usuários que vai ser trabalhado, sendo possível realizar ajustes e adaptações no planejamento dos experimentos até a realização das coletas definitivas. Neste estudo, por exemplo, se houvessem testes piloto com os pacientes, talvez fosse constatado previamente que as informações captadas pelos questionários seriam melhor abordadas se tivessem sido adaptadas para o formato de entrevista.

7.5 PRODUÇÃO CIENTÍFICA REFERENTE AO PROJETO

Partes integrantes desta pesquisa já proporcionaram algumas publicações e outras estão em andamento conforme itens a seguir:

7.5.1 Artigos publicados

CAVALCANTI, VIRGÍNIA C.; SANTANA, MARIA I. DE; GAMA, ALANA E. F. DA; CORREIA, WALTER F. M. Usability Assessments for Augmented Reality Motor Rehabilitation Solutions: A Systematic Review. *International journal of computer games technology*, v. 2018, p. 1-18, 2018 < <https://doi.org/10.1155/2018/5387896> >

CAVALCANTI, VIRGÍNIA CARRAZZONE; CORREIA, WALTER FRANKLIN MARQUES. UTILIZANDO ANÁLISES PARA PROPOR MELHORIAS DE USABILIDADE EM CÂMERA FOTOGRÁFICA PROFISSIONAL. In: 16º Ergodesign - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano Tecnológica, 2017, Santa Catarina. *Blucher Design Proceedings*. São Paulo: Editora Blucher, 2017. p. 2019 < DOI: 10.5151/16ergodesign-0212 >

7.5.2 Artigos enviados para publicação

VIRGÍNIA C. CAVALCANTI; MARIA I. DE SANTANA; RICARDO R. BARIONI; WALTER F. M. CORREIA; VERÔNICA TEICHRIEB; ALANA E. F. DA GAMA; Usability and effects of text, image and audio feedback on exercise correction during motor rehabilitation using augmented reality. *Especial Issue of Computers & Graphics Journal*. Enviado em 15/05/2019.

7.5.3 Apresentação de trabalhos em congresso

CAVALCANTI, VIRGÍNIA CARRAZZONE; CORREIA, WALTER FRANKLIN MARQUES. UTILIZANDO ANÁLISES PARA PROPOR MELHORIAS DE USABILIDADE EM CÂMERA FOTOGRÁFICA PROFISSIONAL. In: 16º Ergodesign - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano Tecnológica, 2017, Santa Catarina. Blucher Design Proceedings. São Paulo: Editora Blucher, 2017. p. 2019 < DOI: 10.5151/16ergodesign-0212 >

CAVALCANTI, V. C.; BARBOSA, C. V. T. ; CAMPOS, F. F. C. . Qualidade das Evidências Obtidas Utilizando o Método Focus Group: um estudo de caso. 2017. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

7.5.4 Resumos publicados em anais de congressos

FERREIRA, M. I. S.; CAVALCANTI, V. C.; BARIONI, R. R.; TEICHRIEB, V.; CORREIA, Walter; GAMA, A. E. F.; ARkanoidAR 2.0: Otimizações em uma solução de realidade aumentada com base em testes de usabilidade. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. Rio de Janeiro, 2018.

7.5.5 Participação em projeto de extensão em andamento

Ikapp: um sistema computacional de suporte à reabilitação motora direcionado às necessidades terapêuticas? Integrantes: Virgínia Carrazzone Cavalcanti, M.Sc; Maria Iziane de Santana Ferreira, B.Sc; Coordenador: Alana Elza Fonte da Gama, Ph.D;

7.5.6 Prêmios

Projeto Sicure/Ikapp - 1º lugar do Camp de Inovação do XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica. 2018.

7.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como consideração final deste trabalho, ressaltamos a importância da compreensão das informações transmitidas e comandos necessários para uma boa jogabilidade em *serious*

games de reabilitação motora. Pois, ao promover para o usuário uma autonomia no jogo de forma segura, pode-se ter a possibilidade de uma solução para tratamento assistido remotamente por terapeutas, melhorando assim a acessibilidade e expansão deste tipo de tratamento para interiores e áreas remotas do país.

REFERÊNCIAS

ALLEN, M.; HOERMANN, S.; PIUMSOMBOON, T.; REGENBRECHT, H. Visual Occlusion in an Augmented Reality Post-Stroke Therapy Scenario. **Proceedings of the 14th Annual ACM SIGCHI_NZ Conference on Computer-Human Interaction**, p. 7:1--7:7, 2013.

AZUMA, R. A survey of augmented reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 6, n. 4, p. 355–385, 1997.

AZUMA, R.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; et al. Recent advances in Augmented Reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34–47, 2001.

BACH, C.; SCAPIN, D. L. Obstacles and Perspectives for Evaluating Mixed Reality Systems Usability. , 2004.

BAI, Z.; BLACKWELL, A. F. Analytic review of usability evaluation in ISMAR. **Elsevier - Interacting with Computers**, v. 24, n. 6, p. 450–460, 2012.

BARIONI, R. R.; CHAVES, T. M.; FIGUEIREDO, L.; et al. ARkanoidAR: An Augmented Reality System to Guide Biomechanical Movements at Sagittal Plane. **2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)**, p. 207–214, 2017.

BARSOM, E. Z.; GRAAFLAND, M.; SCHIJVEN, M. P. Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. **Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques**, v. 30, n. 10, p. 4174–4183, 2016.

BERSCH, R. Introdução À Tecnologia Assistiva. , 2017.

BLAKE, J. **Natural user interfaces in .NET**. Manning Publications, 2013.

BOWMAN, D.; GABBARD, J. L.; HIX, D. A Survey of Usability Evaluation in Virtual Environments: Classification and Comparison of Methods. , v. 11, n. 4, p. 404–424, 2002.

BROOKE, J. SUS - A quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, v. 189, n. 194, p. 4–7, 1996.

BROOKE, J. SUS : A Retrospective. **Journal of Usability Studies**, v. 8, n. 2, p. 29–40, 2013.

BURKE, J. W.; MCNEILL, M. D. J.; CHARLES, D. K.; et al. Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. **Visual Computer**, v. 25, n. 12, p. 1085–1099, 2009a.

BURKE, J. W.; MCNEILL, M. D. J.; CHARLES, D. K.; et al. Serious games for upper limb rehabilitation following stroke. **Proceedings of the 2009 Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-GAMES 2009**, p. 103–110, 2009b.

CAVALCANTI, V. C.; SANTANA, M. I. DE; GAMA, A. E. F. DA; CORREIA, W. F. M. Usability Assessments for Augmented Reality Motor Rehabilitation Solutions: A Systematic Review. **International Journal of Computer Games Technology**, v. 2018, p. 19, 2018.

CLEMENTE, F.; DOSEN, S.; LONINI, L.; et al. Technical Correspondence Humans Can Integrate Augmented Reality Feedback in Their Sensorimotor Control of a Robotic Hand. , v. 47, n. 4, p. 1–7, 2016.

COLBY, S. L.; ORTMAN, J. M. Projections of the Size and Composition of the U. S. Population: 2014 to 2060. **U.S. Census Bureau: Current Population Reports**, p. P25-1143, 2015.

COLOMER, C.; LLORENS, R.; NOÉ, E.; ALCANIZ, M. Effect of a mixed reality-based intervention on arm, hand, and finger function on chronic stroke. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 13, n. 1, p. 45, 2016.

COOPER, R. A.; OHNABE, H.; HOBSON, D. A. **Series in Medical Physics and Biomedical Engineering: An Introduction to Rehabilitation Engineering**. Taylor & Francis, 2007.

CORP, I. IBM SPSS Statistics for Windows. , 2011.

DABBS, A. D. V.; MYERS, B. A.; CURRY, K. R. M.; et al. User-centered design and interactive health technologies for patients. **Comput Inform Nurs**, v. 27, n. 3, p. 1–16, 2009.

DEY, A.; BILLINGHURST, M.; LINDEMAN, R. W.; SWAN, J. E. A Systematic Review of 10 Years of Augmented Reality Usability Studies: 2005 to 2014. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 5, n. April, 2018.

DIONISIO CORREA, A. G.; FICHEMAN, I. K.; DEUS LOPES, R. DE; KLEIN, A. N.; NAKAZUNE, S. J. Augmented reality in occupational therapy. **Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI**, 2013.

DIX, A.; FINLAY, J.; ABOARD, G. D.; BEALE, R. **Human-computer Interaction**. 3^o ed. England: Pearson Education Limited, 2012.

DOBKIN, B. H. Training and exercise to drive poststroke recovery. , v. 4, n. 2, p. 76–85, 2008.

DONNAN, G. A.; FISHER, M.; MACLEOD, M.; DAVIS, S. M. Stroke. **The Lancet**, v. 371, n. Seminar, p. 1612–23, 2008.

DÜNSER, A.; GRASSET, R.; BILLINGHURST, M. A Survey of Evaluation Techniques Used in Augmented Reality Studies. **Technical Report**, , n. January, 2008.

DÜNSER, A.; GRASSET, R.; SEICHTER, H.; BILLINGHURST, M. Applying HCI principles to AR systems design. **HIT Lab NZ**, 2007.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.-G.; BUCHNER, A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p. 175–191, 2007.

FERREIRA, S. JOÃO C. **Natural User Interfaces**. 2014. 1 f. Universidade de Coimbra. 2014.

FINSTAD, K. Interacting with Computers The Usability Metric for User Experience. **Interacting with Computers**, v. 22, n. 5, p. 323–327, 2010.

FREITAS, D. Q.; GAMA, A. E. F. DA; FIGUEIREDO, L.; et al. Development and Evaluation of a Kinect Based Motor Rehabilitation Game. **Proceedings of SBGames 2012**, v. 2012, p. 144–153, 2012.

GABITOV, E.; MANOR, D.; KARNI, A. Done That: Short-term Repetition Related Modulations of Motor Cortex Activity as a Stable Signature for Overnight Motor Memory Consolidation. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 26, n. 12, p. 2716–2734, 2014.

GAMA, A. DA; CHAVES, T.; FIGUEIREDO, L.; TEICHRIEB, V. Guidance and movement correction based on therapeutics movements for motor rehabilitation support systems. **Proceedings - 2012 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2012**, p. 191–200, 2012.

GAMA, A. E. F. DA; CHAVES, T. DE M.; FALLAVOLLITA, P.; FIGUEIREDO, L. S.; TEICHRIEB, V. Rehabilitation Motion recognition based on the International Biomechanical Standards. **Expert Systems with Applications**, 2018.

GAMA, A. E. F. DA; CHAVES, T. M.; FIGUEIREDO, L. S.; et al. MirrARbilitation: A clinically-related gesture recognition interactive tool for an AR rehabilitation system. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 135, p. 105–114, 2016.

GUI BONSIPE. **Do Material ao Digital**. 1^o ed. LBDI Laboratório Brasileiro de Design, 1997.

HENDRIKS, H. J. M.; OOSTENDORP, R. A. B.; BERNARDS, A. T. M.; et al. The Diagnostic Process and Indication for Physiotherapy: A Prerequisite for Treatment and Outcome Evaluation. **W. S. Maney & Son Ltd**, v. 5, n. Physical Therapy Reviews, p. 29–47, 2000.

HINMAN, R. **The mobile frontier : a guide for designing mobile experiences**. Rosenfeld Media, 2012.

HODA, M.; DONG, H.; AHMED, D.; SADDIK, A. EL. Cloud-Based Rehabilitation Exergames System. .

HOERMANN, S.; SANTOS, L. F. DOS; MORKISCH, N.; et al. Computerized mirror therapy with augmented reflection technology for stroke rehabilitation: A feasibility study in a rehabilitation center. **International Conference on Virtual Rehabilitation, ICVR**, p. 199–206, 2015.

HOSSAIN, M. S.; HARDY, S.; ALAMRI, A.; et al. AR-based serious game framework for post-stroke rehabilitation. **Multimedia Systems**, v. 22, n. 6, p. 659–674, 2016.

HOWARD, G.; GOFF, D. C. Population shifts and the future of stroke : forecasts of the future burden of stroke. **ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES**, v. 1268, p. 14–20, 2012.

HSIAO, K. F.; RASHVAND, H. F. Data modeling mobile augmented reality: integrated mind and body rehabilitation. **Multimedia Tools and Applications**, v. 74, n. 10, p. 3543–3560, 2015.

INES, D. L.; ABDELKADER, G. Mixed reality serious games: The therapist perspective. **2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2011**, , n. v, 2011.

INES, D. L.; ABDELKADER, G.; LORETO, I. DI. Mixed Reality Serious Games: The Therapist Perspective. ...), **2011 5th International ...**, , n. v, 2011.

ISO, I. O. FOR S. ISO 9241-210: Ergonomics of human–system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems. **International Organization for Standardization**, v. 210, 2010.

JAKOB NIELSEN. Success Rate: The Simplest Usability Metric. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/success-rate-the-simplest-usability-metric/>>. Acesso em:

27/11/2018.

KIM, M.; LEE, J. Y. Touch and hand gesture-based interactions for directly manipulating 3D virtual objects in mobile augmented reality. **Multimedia Tools and Applications**, p. 1–22, 2016.

KIM, S. J. J. A user study trends in augmented reality and virtual reality research: A qualitative study with the past three years of the ISMAR and IEEE VR conference papers. **International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality, ISUVR 2012**, p. 1–5, 2012.

KMET, L. M.; LEE, R. C.; COOK, L. S. Standard quality assessment criteria for evaluating primary research from a variety of fields. **Alberta Heritage Founda Alberta Heritage Foundation for Medical Research (AHFMR) AHFMR - HTA Initiative #13.**, , n. February, p. 1–28, 2004.

KOTHARI, C. R. **Research Methodology: Methods and Techniques**. 2004.

KRAKAUER, J. W. Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. **Lippincott Williams & Wilkins**, p. 84–90, 2006.

KREVELEN, D. W. F. V. W. F. VAN; POELMAN, R. A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limititions. **The International Journal of Virtual Reality**, v. 9, n. 2, p. 1–20, 2010.

KWAKKEL, G.; PEPPEN, R. VAN; WAGENAAR, R. C.; et al. Effects of augmented exercise therapy time after stroke: A meta-analysis. **Stroke**, v. 35, n. 11, p. 2529–2536, 2004.

LEE, I. J.; CHEN, C. H.; CHANG, K. P. Augmented reality technology combined with three-dimensional holography to train the mental rotation ability of older adults. **Computers in Human Behavior**, v. 65, p. 488–500, 2016.

LEWIS, J. R. IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric Evaluation and Instructions for Use. **International Journal of Human-Computer Interaction**, 1993.

LEWIS, J. R.; SAURO, J. The Factor Structure of the System Usability Scale. Human Centered Design, HCII. **Anais...** . p.94–103, 2009.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, p. e1000100, 2009.

LIN, C.-Y.; CHANG, Y.-M. Interactive augmented reality using Scratch 2.0 to improve physical activities for children with developmental disabilities. **Research in Developmental Disabilities**, v. 37, p. 1–8, 2015.

MARTEN, R.; MCINTYRE, D.; TRAVASSOS, C.; et al. An assessment of progress towards universal health coverage in Brazil, Russia, India, China, and South Africa (BRICS). **The Lancet**, v. 384, n. 9960, p. 2164–2171, 2014.

MENDELEY. Mendeley Desktop. .

MERRIAM, S. B.; TISDELL, E. J. **Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation**. 4^o ed. Jossey-Bass, 2016.

MILGRAM, P. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. **IEICE Transactions on Information Systems**, 1994.

MINGE, M.; THUERING, M. The meCUE Questionnaire: A Modular Tool for Measuring User Experience. **Advances in Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations. Proceedings of the 7th Applied Human Factors and Ergonomics Society Conference 2016**, v. 486, n. January, 2016.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. London: Academic Press, 1993.

NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic Evaluation of user interfaces. **CHI '90 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, , n. April, p. 249–256, 1990a.

NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems Empowering people - CHI '90. **Anais...** . p.249–256, 1990b.

NORMAN, D. A. **The Design of Everyday Things**. Doubleday, 1990.

NUNES, F. L. S.; MACHADO, L. S.; MORAES, R. M. Evolution of Virtual and Augmented Reality in Health: A Reflection from 15 Years of SVR. **2014 XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality**, p. 220–229, 2014.

OLSEN, T.; PROCCI, K.; BOWERS, C. Serious Games Usability Testing: How to Ensure Proper Usability, Playability, and Effectiveness. , v. 6770, n. July 2011, 2011.

ONG, S.-K.; SHEN, Y.; ZHANG, J.; NEE, A. Y. C. Augmented Reality in Assistive Technology and Rehabilitation Engineering. Handbook of Augmented Reality. **Anais...** . p.603–630, 2011.

ORTMAN, J. M.; VELKOFF, V. A.; HOGAN, H. An Aging Nation : The Older Population in the United States. **U.S. Census Bureau: Current Population Reports**, p. P25-1140, 2014.

PALACIOS-NAVARRO, G.; ALBIOL-PÉREZ, S.; GARCÍA-MAGARIÑO GARCÍA, I. Effects of sensory cueing in virtual motor rehabilitation. A review. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 60, p. 49–57, 2016.

PALACIOS-NAVARRO, G.; GARCÍA-MAGARIÑO, I.; RAMOS-LORENTE, P. A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's Disease Patients: a Pilot Study. **Journal of Medical Systems**, v. 39, n. 9, 2015.

PERES, S. C.; PHAM, T.; PHILLIPS, R. Validation of the system usability scale (sus): Sus in the wild. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society**, , n. 1, p. 192–196, 2013.

PERETTI, A.; AMENTA, F.; TAYEBATI, S. K.; NITTARI, G.; MAHDI, S. S. Telerehabilitation: Review of the State-of-the-Art and Areas of Application. **JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies**, v. 4, n. 2, p. e7, 2017.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. Design de interação: Além da interação homem-computador. **Bookman**, 2005.

RASIMAH, C. M. Y.; NURAZEAN, M.; SALWANI, M. D.; NORZIHA, M. Z.; ROSLINA, I. A Systematic Literature Review of Factors Influencing Acceptance on Mixed Reality Technology. , v. 10, n. 23, p. 18239–18246, 2015.

REGENBRECHT, H.; HOERMANN, S.; MCGREGOR, G.; et al. Visual manipulations for motor rehabilitation. **Computers and Graphics (Pergamon)**, v. 36, n. 7, p. 819–834,

2012.

REGENBRECHT, H.; HOERMANN, S.; OTT, C.; MULLER, L.; FRANZ, E. Manipulating the experience of reality for rehabilitation applications. **Proceedings of the IEEE**, v. 102, n. 2, p. 170–184, 2014.

REGENBRECHT, H.; HOERMANN, S.; OTT, C.; MÜLLER, L.; FRANZ, E. Manipulating the experience of reality for rehabilitation applications. **Proceedings of the IEEE**, v. 102, n. 2, p. 170–184, 2014.

REGENBRECHT, H.; MCGREGOR, G.; OTT, C.; et al. Out of reach? - A novel AR interface approach for motor rehabilitation. **2011 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2011**, p. 219–228, 2011.

RUBIN, J.; CHISNELL, D. **Handbook of Usability Testing, Second Edition: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests**. 2^o ed. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2008.

SANTOS, L.; CAMPOS, G. W. DE S. SUS Brasil: A região de saúde como caminho. **Saude e Sociedade**, v. 24, n. 2, p. 438–446, 2015.

SEDH, S. DE D. H. DA P. DA R. **Tecnologia Assistiva, Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República**. Brasília: CORDE, 2009.

SHEPHERD, R. B. Exercise and Training to Optimize Functional Motor Performance in Stroke : Driving Neural Reorganization ? , v. 8, p. 121–129, 2001.

SHNEIDERMAN, B.; PLAISANT, C. **Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction**. 2005.

SIGRIST, R.; RAUTER, G.; RIENER, R.; WOLF, P. Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: A review. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 20, n. 1, p. 21–53, 2013.

SIMOR, F. W.; BRUM, M. R.; SCHMIDT, J. D. E.; REIDER, R.; MARCHI, A. C. B. DE. Usability Evaluation Methods for gesture-Based Games: A Systematic Review. **JMIR Serious Games**, 2016.

SOUSA, M.; VIEIRA, J.; MEDEIROS, D.; ARSÉNIO, A.; JORGE, J. SleeveAR: Augmented reality for rehabilitation using realtime feedback. **International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI**, v. 07–10–Marc, p. 175–185, 2016.

SWAN, J. E.; GABBARD, J. L. Survey of User-Based Experimentation in Augmented Reality. , p. 1–9, 2005.

SWAN, J. E.; GABBARD, J. L. Survey of User-Based Experimentation in Augmented Reality. **Proceedings of 1st International Conference on Virtual Reality**, 2005.

TAYLOR, N. F.; DODD, K. J.; SHIELDS, N.; BRUDER, A. Therapeutic exercise in physiotherapy practice is beneficial: a summary of systematic reviews 2002 – 2005. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 53, n. 1, p. 7–16, 2007.

TERRIER, P. Fractal Fluctuations in Human Walking: Comparison Between Auditory and Visually Guided Stepping. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 44, n. 9, p. 2785–2793, 2016.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC Sociedade Brasileira de Computação, 2006.

TULLIS, T.; ALBERT, B. **Measuring the User Experience**. 2013.

TULLIS, T. S.; STETSON, J. N. A Comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability. **Usability Professional Association Conference**, p. 1–12, 2004.

WHO, W. H. O. **World Health Organization: Rehabilitation in health systems**. 2017.

WIGDOR, D.; WIXON, D. **Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture**. Morgan Kaufmann, 2011.

YÁÑEZ-GÓMEZ, R.; CASCADO-CABALLERO, D.; SEVILLANO, J. L. Academic methods for usability evaluation of serious games: a systematic review. **Multimedia Tools and Applications**, v. 76, n. 4, p. 5755–5784, 2016.

ZHOU, F.; DUH, H. B.; BILLINGHURST, M. Trends in Augmented Reality Tracking , Interaction and Display : A Review of Ten Years of ISMAR. , p. 193–202, 2008.

**ANEXO A - TABELA COM OS 14 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO QUALSYST
PARA ESTUDOS QUANTITATIVOS**

	Criteria	YES (2)	PARTIAL (1)	NO (0)	N/A
1	Question / objective sufficiently described?				
2	Study design evident and appropriate?				
3	Method of subject/comparison group selection <u>or</u> source of information/input variables described and appropriate?				
4	Subject (and comparison group, if applicable) characteristics sufficiently described?				
5	If interventional and random allocation was possible, was it described?				
6	If interventional and blinding of investigators was possible, was it reported?				
7	If interventional and blinding of subjects was possible, was it reported?				
8	Outcome and (if applicable) exposure measure(s) well defined and robust to measurement / misclassification bias? means of assessment reported?				
9	Sample size appropriate?				
10	Analytic methods described/justified and appropriate?				
11	Some estimate of variance is reported for the main results?				
12	Controlled for confounding?				
13	Results reported in sufficient detail?				
14	Conclusions supported by the results?				

ANEXO B - NOTAS DO QUALSYST, ATRIBUÍDAS PELAS 2 PESQUISADORAS

Artigo n°	Journal	Titulo	Author	Virginia	Iziane	Média
				QualSyst Quantitativa	QualSyst Quantitativa	
1	ACM	SleeveAR: Augmented reality for rehabilitation using realtime feedback	Sousa, M et al	70,83%	62,50%	66,67%
2	ACM	Visual Occlusion in an Augmented Reality Post-Stroke Therapy Scenario	Allen, Max	79,17%	75,00%	77,08%
3	IEEE Xplorer	A Gesture Control System to Support Rehabilitation Exercises	Sousa, Kleber A.	40,91%	40,91%	40,91%
4	IEEE Xplorer	AR-Rehab: An augmented reality framework for post stroke-patient rehabilitation	Alamri, Atif	37,50%	37,50%	37,50%
5	IEEE Xplorer	Augmented reality in ocupacional therapy	Dionisio Correa, A.G.	76,92%	87,50%	82,21%
6	IEEE Xplorer	Cloud-Based Rehabilitation Exergames System	Hoda, Mohamad	37,50%	37,50%	37,50%
7	IEEE Xplorer	Computerized Mirror Therapy with Augmented Reflection Technology for Stroke Rehabilitation	Hoermann, S.	75,00%	87,50%	81,25%
8	IEEE Xplorer	Evaluation the Post-Stroke Patients Progress Using an Augmented Reality Rehabilitation System	Alamri, Atif	50,00%	37,50%	43,75%
9	IEEE Xplorer	Guidance and movement correction based on therapeutics movements for motor rehabilitation support systems	Gama, Alana Da	86,36%	75,00%	80,68%
10	IEEE Xplorer	Hand tracking and trajectory analysis for physical rehabilitation	Boato, G.	45,45%	50,00%	47,73%
11	IEEE Xplorer	Humans Can Integrate Augmented Reality Feedback in Their Sensorimotor Control of a Robotic Hand	Clemente, Francesco	95,83%	87,50%	91,67%
12	IEEE Xplorer	Manipulating the experience of reality for rehabilitation applications	Regenbrecht, Holger	50,00%	36,36%	43,18%
13	IEEE Xplorer	Mixed Reality Serious Games: The Therapist Perspective	Ines, Di Loreto	68,18%	86,36%	77,27%
14	IEEE Xplorer	Out of reach? - A novel AR interface approach for motor rehabilitation	Regenbrecht, Holger	91,67%	100,00%	95,83%
15	IEEE Xplorer	Rehabilitation exercise with real-time muscle simulation based EMG and AR	Aung, Yee Mon	22,73%	27,27%	25,00%
16	Science Direct	Augmented reality-based postural control training improves gait function in patients with stroke: Randomized controlled trial	Lee, Chi-Ho	80,77%	79,17%	79,97%
17	Science Direct	Augmented-reality-technology-combined-with-three-dimensional-holography-to-train-the-mental-rotation-ability-of-older-adults_2016_Computers-in-Human-B.pdf	Lee, I-Jui	91,67%	58,33%	75,00%
18	Science Direct	Design and Assessment of a Remote Vibrotactile Biofeedback System for Neuromotor Rehabilitation Using Active Markers	Montaño-Murillo, R.	31,82%	58,33%	45,08%
19	Science Direct	Interactive augmented reality using Scratch 2.0 to improve physical activities for children with developmental disabilities	Lin, Chien-Yu	77,27%	70,83%	74,05%
20	Science Direct	MirrARbilitation: A clinically-related gesture recognition interactive tool for an AR rehabilitation system	Da Gama, Alana Elza Fontes	91,67%	87,50%	89,58%
21	Science Direct	Visual manipulations for motor rehabilitation	Regenbrecht, Holger	100,00%	95,83%	97,92%
22	Springer Link	A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's Disease Patients: a Pilot Study	Palacios-Navarro, Guillermo	66,67%	68,18%	67,42%
23	Springer Link	An augmented reality home-training system based on the mirror training and imagery approach	Trojan, Jörg	63,64%	63,64%	63,64%
24	Springer Link	AR-based serious game framework for post-stroke rehabilitation	Hossain, M. Shamim	91,67%	91,67%	91,67%
25	Springer Link	Augmented reality-based training system for hand rehabilitation	Liu, Jia	45,83%	70,83%	58,33%
26	Springer Link	Data modeling mobile augmented reality: integrated mind and body rehabilitation	Hsiao, Kuei Fang	54,17%	66,67%	60,42%
27	Springer Link	Effect of a mixed reality-based intervention on arm, hand, and finger function on chronic stroke	Colomer, Carolina	95,83%	83,33%	89,58%
28	Springer Link	Fractal Fluctuations in Human Walking: Comparison Between Auditory and Visually Guided Stepping	Terrier, Philippe	90,00%	85,00%	87,50%
29	Springer Link	Functional gait rehabilitation in elderly people following a fall-related hip fracture using a treadmill with visual context: design of a randomized controlled trial.	MW, van Ooijen	73,08%	75,00%	74,04%
30	Springer Link	Touch and hand gesture-based interactions for directly manipulating 3D virtual objects in mobile augmented reality	Kim, Minseok	95,45%	81,82%	88,64%
31	Springer Link	Visually-guided gait training in paretic patients during the first rehabilitation phase: study protocol for a randomized controlled trial	Rossano, Cathia	50,00%	83,33%	66,67%
32	Springer Link	Walking adaptability therapy after stroke: study protocol for a randomized controlled trial	Timmermans, Celine	65,00%	59,09%	62,05%

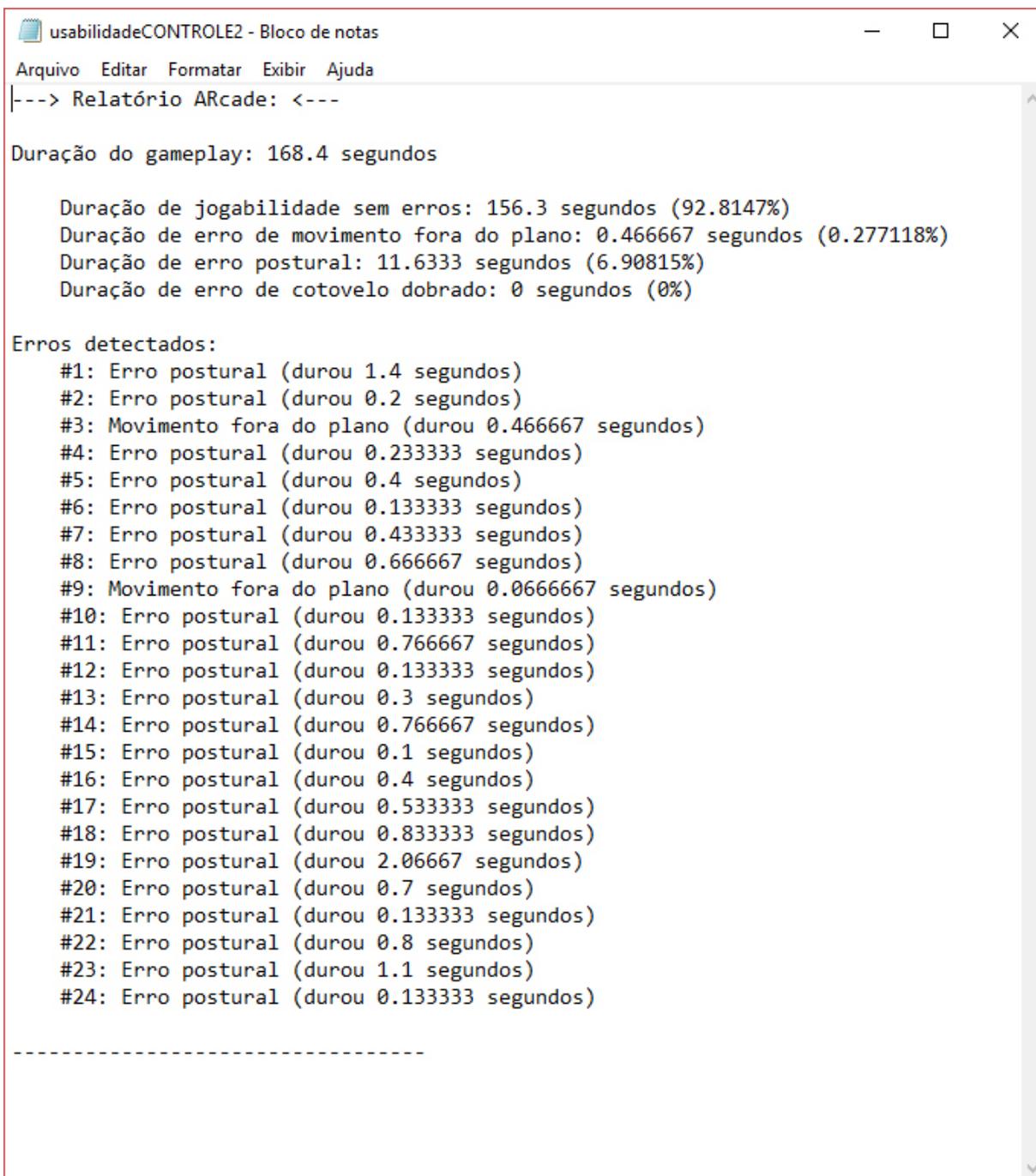
ANEXO C - ARTIGOS SELECIONADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA, ORDENADOS PELO ESCORE QUALSYST, DO 1º AO 16º

nº	Title	Author	Evaluation Type	Evaluation Approach	Method used	Subjects	Body part and Movements used to control application	Type of patologies	QualSyst Quantitative
1	Visual manipulations for motor rehabilitation	Regenbrecht, Holger	perception and cognition; UX	subjective measures; qualitative analysis; informal evaluations	task execution; questionnaire	(A) 24 participants; (B) 29 participants; (C) 43 participants	treatment of upper limb impairments	stroke	97,92%
2	Out of reach? - A novel AR interface approach for motor rehabilitation	Regenbrecht, Holger	UX	subjective measures	questionnaire; interview; observation	43 non-clinical participants	Hand and finger	stroke	95,83%
3	Humans Can Integrate Augmented Reality Feedback in Their Sensorimotor Control of a Robotic Hand	Clemente, Francesco	task performance	objective measures	task execution; performance analysis	8 participants	hand, arm	protheses users	91,67%
4	AR-based serious game framework for post-stroke rehabilitation	Hossain, M. Shamim	task performance	objective measures	task execution; performance analysis; questionnaire	11 patients	Motor function of the upper extremity of stroke patients.	Stroke and Guillain-Barré syndrome	91,67%
5	Effect of a mixed reality-based intervention on arm, hand, and finger function on chronic stroke	Colomer, Carolina	task performance; UX	objective and subjective measures	task execution; performance analysis	30 patients	upper limb; flexion and extension of the elbow, wrist, and fingers	stroke	89,58%
6	MirrARbilitation: A clinically-related gesture recognition interactive tool for an AR rehabilitation system	Da Gama, Alana Elza Fontes	task performance; UX	objective and subjective measures	performance analysis; questionnaire	33 users (11 patients, 11 physiotherapists, and 11 software developers)	shoulder abduction movement	Derrame e Mastectomia	89,58%
7	Touch and hand gesture-based interactions for directly manipulating 3D virtual objects in mobile augmented reality	Kim, Minseok	task performance; UX	objective and subjective measures	task execution; performance analysis; questionnaire	20 participants	Hands, fingers	Was not informed	88,64%
8	Fractal Fluctuations in Human Walking: Comparison Between Auditory and Visually Guided Stepping	Terrier, Philippe	task performance	objective measures	task execution; performance analysis	36 healthy individuals	Human walking; the muscles of the lower limbs	Fractal fluctuations in human locomotion	87,50%
9	Augmented reality in occupational therapy	Dionisio Correa, A.G.	UX	subjective measures	questionnaire	16 patients and 2 therapists.	upper limb rehabilitation	Muscular Dystrophy	82,21%
10	Computerized Mirror Therapy with Augmented Reflection Technology for Stroke Rehabilitation	Hoermann, S.	perception and cognition; UX	subjective measures; informal evaluations	questionnaire; observation	5 patients	mirror hand ("mirror box")	Stroke	81,25%
11	Guidance and movement correction based on therapeutics movements for motor rehabilitation support systems	Gama, Alana Da	task performance, UX	objective and subjective measures	task execution, performance analysis, questionnaire	3 physiotherapist, 4 adults and 3 elderly subjects	Shoulder Abduction	injuries, neurologic and geriatric therapies.	80,68%
12	Augmented reality-based postural control training improves gait function in patients with stroke: Randomized controlled trial	Lee, Chi-Ho	task performance	objective and subjective measures	task execution, performance analysis	21 patients	Many positions: The first stage includes six subordinated exercise programs that were	stroke	79,97%
13	Mixed Reality Serious Games: The Therapist Perspective	Ines, Di Loreto	UX	subjective measures	task execution, questionnaire	3 therapists	upper/bottom limb	Could be applied to post stroke patients.	77,27%
14	Visual Occlusion in an Augmented Reality Post-Stroke Therapy Scenario	Allen, Max	perception and cognition, UX	subjective measures, usability evaluation techniques	task execution, questionnaire, observation, think aloud	30 participants	Hand, upper limb	stroke	77,08%
15	Augmented reality technology combined with three dimensional holography to train the mental rotation ability of older adults	Lee, I-Jui	perception and cognition, UX	objective and subjective measures, usability evaluation techniques	task execution, performance analysis, questionnaire, interview, observation, think aloud	28 elderly but healthy users.	Mental spatial rotation	Neurobiological research associates it with the human ability to navigate and with other spatially related functions	75,00%
16	Interactive augmented reality using Scratch 2.0 to improve physical activities for children with developmental disabilities	Lin, Chien-Yu	UX	qualitative analysis	performance analysis, observation	3 children (2 females: 4 and 6 years; and 1 male 3 years)	A body motion interactive game to enhance the body strength of children with disabilities.	mildly intellectually retarded and seldom talks; severe cerebral palsy; has moderate multiple disabilities, weak legs and low vision	74,05%

ANEXO D - ARTIGOS SELECIONADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA, ORDENADOS PELO ESCORE QUALSYST, DO 17º AO

32º

nº	Title	Author	Evaluation Type	Evaluation Approach	Method used	Subjects	Body part and Movements used to control application	Type of pathologies	QualSyst Quantitative
17	Functional gait rehabilitation in elderly people following a fall-related hip fracture using a treadmill with visual context: design of a randomized controlled trial.	MW, van Ooijen	task performance	objective measures	performance analysis	Estimated: 126 older adults	walking ability and reducing fall incidence	injuries	74,04%
18	A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's Disease Patients: a Pilot Study	Palacios-Navarro, Guillermo	task performance	objective measures	task execution, performance analysis	(A) 7 healthy subjects; (B) 7 patients	Lower Limb; lateral leg movements	Parkinson's Disease Patients with idiopathic	67,42%
19	SleeveAR: Augmented reality for rehabilitation using realtime feedback	Sousa, M et al	task performance, perception and cognition	objective and subjective measures, informal evaluations	task execution, performance analysis, questionnaire, interview	18: 14 male and 4 female. Average 26 years old	Upper arm and forearm	injuries	66,67%
20	Visually-guided gait training in paretic patients during the first rehabilitation phase: study protocol for a randomized controlled trial	Rossano, Cathia	task performance	objective measures	performance analysis	The current estimation is that a total of 70 to 100 participants will be recruited.	Human walking; the muscles of the lower limbs	Stroke	66,67%
21	An augmented reality home-training system based on the mirror training and imagery approach	Trojan, Jörg	task performance	objective measures	task execution, performance analysis	7 healthy participants	hand training; treatment for phantom limb pain	Several clinical conditions, such as phantomlimb pain, stroke and complex regional pain syndrome	63,64%
22	Walking adaptability therapy after stroke: study protocol for a randomized controlled trial	Timmermans, Celine	task performance	objective measures	task execution, performance analysis	40 persons after stroke (≥3 months)	Human walking;	Stroke	62,05%
23	Data modeling mobile augmented reality: integrated mind and body rehabilitation	Hsiao, Kuei Fang	UX	subjective measures	questionnaire, interview	51 senior citizens	Wrist & Arm, Neck and Knee	Alzheimer	60,42%
24	Augmented reality-based training system for hand rehabilitation	Liu, Jia	task performance	objective and subjective measures	performance analysis, questionnaire	20 healthy subjects	hand rehabilitation	Stroke	58,33%
25	Hand tracking and trajectory analysis for physical rehabilitation	Boato, G.	task performance	objective measures	task execution, performance analysis	was not informed	hand	injuries or cognitive disabilities.	47,73%
26	Design and Assessment of a Remote Vibrotactile Biofeedback System for Neuromotor Rehabilitation Using Active Markers	Montaño-Murillo, R.	task performance	objective measures	performance analysis	8 patients	Upper limbs (shoulders, elbows or wrists)	injuries	45,08%
27	Evaluation the Post-Stroke Patients Progress Using an Augmented Reality Rehabilitation System	Alamri, Atif	task performance	objective measures	task execution, performance analysis	15 healthy subjects	Hand, upper limb	Stroke	43,75%
28	Manipulating the experience of reality for rehabilitation applications	Regenbrecht, Holger	perception and cognition, UX	subjective measures, qualitative analysis, informal evaluations	questionnaire	(A) 24 participants; (B) 30 participants; (C) 43 participants; (D) 2 tests: 23 participants and 30 participants; (E) 100 physiotherapists who	Hands and Fingers	Stroke	43,18%
29	A Gesture Control System to Support Rehabilitation Exercises	Sousa, Kleber A.	task performance	objective measures	task execution, performance analysis	10 participantes (19 a 24 anos, 8 homens e 2 mulheres)	15 articulações	injuries	40,91%
30	AR-Rehab: An augmented reality framework for post stroke-patient rehabilitation	Alamri, Atif	task performance	objective and subjective measures	task execution, performance analysis, questionnaire, observation	15 subjects	poststroke-patient rehabilitation of his / her hands and arms	Stroke	37,50%
31	Cloud-Based Rehabilitation Exergames System	Hoda, Mohamad	task performance, UX	objective and subjective measures	performance analysis, questionnaire	6 subjects	upper limb	Stroke	37,50%
32	Rehabilitation exercise with real-time muscle simulation based EMG and AR	Aung, Yee Mon	task performance	objective measures	questionnaire	5 healthy subjects	Shoulder	Traumatic Brain Injury (TBI), Spinal Cord Injury (SCI) and Stroke or Cerebrovascular Accident (CVA)	25,00%

ANEXO E - REPORT DE LOG DO JOGO ARKANOIDAR

```
usabilidadeCONTROLE2 - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
|---> Relatório ARcade: <---

Duração do gameplay: 168.4 segundos

Duração de jogabilidade sem erros: 156.3 segundos (92.8147%)
Duração de erro de movimento fora do plano: 0.466667 segundos (0.277118%)
Duração de erro postural: 11.6333 segundos (6.90815%)
Duração de erro de cotovelo dobrado: 0 segundos (0%)

Erros detectados:
#1: Erro postural (durou 1.4 segundos)
#2: Erro postural (durou 0.2 segundos)
#3: Movimento fora do plano (durou 0.466667 segundos)
#4: Erro postural (durou 0.233333 segundos)
#5: Erro postural (durou 0.4 segundos)
#6: Erro postural (durou 0.133333 segundos)
#7: Erro postural (durou 0.433333 segundos)
#8: Erro postural (durou 0.666667 segundos)
#9: Movimento fora do plano (durou 0.066667 segundos)
#10: Erro postural (durou 0.133333 segundos)
#11: Erro postural (durou 0.766667 segundos)
#12: Erro postural (durou 0.133333 segundos)
#13: Erro postural (durou 0.3 segundos)
#14: Erro postural (durou 0.766667 segundos)
#15: Erro postural (durou 0.1 segundos)
#16: Erro postural (durou 0.4 segundos)
#17: Erro postural (durou 0.533333 segundos)
#18: Erro postural (durou 0.833333 segundos)
#19: Erro postural (durou 2.06667 segundos)
#20: Erro postural (durou 0.7 segundos)
#21: Erro postural (durou 0.133333 segundos)
#22: Erro postural (durou 0.8 segundos)
#23: Erro postural (durou 1.1 segundos)
#24: Erro postural (durou 0.133333 segundos)

-----
```

ANEXO F - TCLE PARA USUÁRIOS PACIENTES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO para PACIENTES

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos você a participar como voluntário (a) da pesquisa “AVALIAÇÃO DE USABILIDADE PARA APLICAÇÕES DE REABILITAÇÃO MOTORA COM REALIDADE AUMENTADA”, que está sob a responsabilidade da pesquisadora Virgínia Carrazzone Cavalcanti Endereço: Rua Missionário Joel Carlson, nº 406, Imbiribeira, Recife, Pernambuco, CEP 51170-280, Fone: 81 98842-1322, Email: virginiacarrazzone@gmail.com, sob a orientação de: Walter Franklin Marques Correia, Fone: 81 99921-8886, email: wfmc10@gmail.com e co-orientação de Prof^ª. Dr^ª. Alana Elza Fontes Da Gama, Fone: 81 9873-5328, email: alanaelza@gmail.com.

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensíveis, as dúvidas podem ser esclarecidas diretamente com a mestrandia responsável. Caso concorde em participar deste estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável. Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Avaliar a usabilidade de aplicações e jogos constitui um grande desafio para o design, ainda mais quando envolve um público-alvo com diferentes perfis de usuários como os jogos voltados a terapias motoras. A diversidade das limitações motoras e cognitivas, interferem no processo de coleta dos dados, sendo necessário ao pesquisador adaptar-se para poupar fisicamente os pacientes de testes desnecessários. O objetivo desta pesquisa é obter evidências para embasar um modelo de avaliação que preveja as diferenças entre os perfis dos usuários (saudáveis e pacientes), e otimize análises para o desenvolvimento de jogos de reabilitação motora. Para isso, o convidarei a utilizar nosso jogo de reabilitação motora que faz uso de realidade aumentada para os comandos do jogo além de fornecer informações que orientam a execução correta dos movimentos. Serão 4 rodadas utilizando o jogo que terão no máximo 3 minutos cada. Você pode parar a qualquer momento se sentir-se cansado ou desconfortável por qualquer motivo. As rodadas serão intercaladas com intervalos para repouso de até 5 minutos, ou mais se desejar. Caso você demonstre alguma fadiga ou incômodo, o jogo será interrompido e o tempo assinalado. As rodadas seguintes serão reduzidas a este novo tempo. Por exemplo, se você se cansar ou pedir para parar aos 2 minutos, as rodadas seguintes, após o intervalo, serão de 2 minutos. Se novamente você parar antes de cumprir os 2 minutos, o novo tempo será assinalado para as rodadas restantes.

O sistema registrará a taxa de sucesso dos movimentos executados para que possamos investigar como os elementos da interface estão sendo interpretados pelos usuários. Ao fim de cada rodada, pediremos que você responda a questionários curtos e objetivos assinalando de 1 a 5 se você discorda ou concorda (respectivamente) com a afirmação apresentada em cada sentença. O preenchimento dos questionários não durará mais do que 5 minutos e deverá ser feito no período de repouso entre uma rodada e outra. Qualquer dúvida em como assinalar, ou caso necessite de esclarecimento sobre algum termo, pode solicitar a pesquisadora que lhe respondera prontamente.

Para toda a atividade os possíveis riscos seriam a fadiga, que procuraremos evitar com o tempo de descanso entre as rodadas, e o constrangimento, uma vez que serão solicitados a preencher questionários de acordo com as suas percepções. A pesquisadora se comprometerá a minimizar estes riscos, deixando-os à vontade para interromper os exercícios a qualquer momento e respeitando o tempo de repouso, além de preencher os questionários com privacidade, disponibilizando-se a esclarecer quaisquer dúvidas quando necessário e sem emitir qualquer julgamento. É importante esclarecer que o foco a ser estudado durante esta

pesquisa será a percepção individual dos elementos e feedbacks do jogo, isto é, não estamos avaliando seu conhecimento ou habilidades, nem realizaremos qualquer julgamento quanto a isso.

Quanto aos benefícios, você poderá apontar as principais dificuldades encontradas durante as partidas, além de contribuir com sugestões de melhoria para o jogo. Nesse sentido, espera-se que os participantes do experimento fiquem satisfeitos, ao constatar que suas percepções e suas sugestões serão registradas e apreciadas. Esperamos que os resultados encontrados neste estudo impulsionem uma reformulação no jogo que melhore sua usabilidade, beneficiando assim futuros usuários.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade da mestrandia responsável, no endereço Rua Missionário Joel Carlson, nº 406, Imbiribeira, Recife, Pernambuco, CEP 51170-280, Recife, Pernambuco, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária. Será garantido o direito à assistência imediata, integral e gratuita ao participante, em casos de danos decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão julgada em instância adequada (Resolução CNS nº 466 de 2012, itens II.3.1 e II.3.2). Se houver necessidade, as despesas para a sua participação bem como do seu acompanhante, serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação) (Resolução CNS nº 466 de 2012, itens II.11 e II.16).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br.

Assinatura do pesquisador

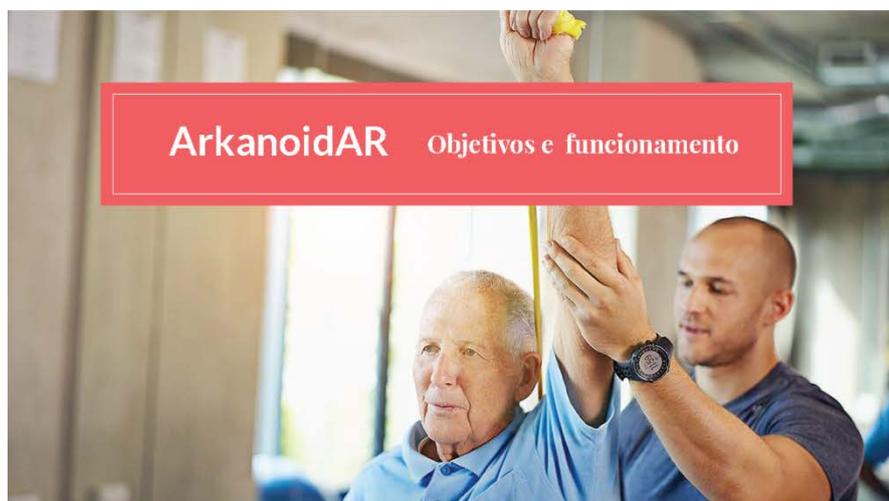
CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo “AVALIAÇÃO DE USABILIDADE PARA APLICAÇÕES DE REABILITAÇÃO MOTORA COM REALIDADE AUMENTADA” como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido(a) pela pesquisadora sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Consentimento do (da) Participante:

Assinatura: _____ Local e data: _____

ANEXO G - APRESENTAÇÃO ARKANOIDAR VERSÃO 01: APLICADA A USUÁRIOS SAUDÁVEIS



Objetivos

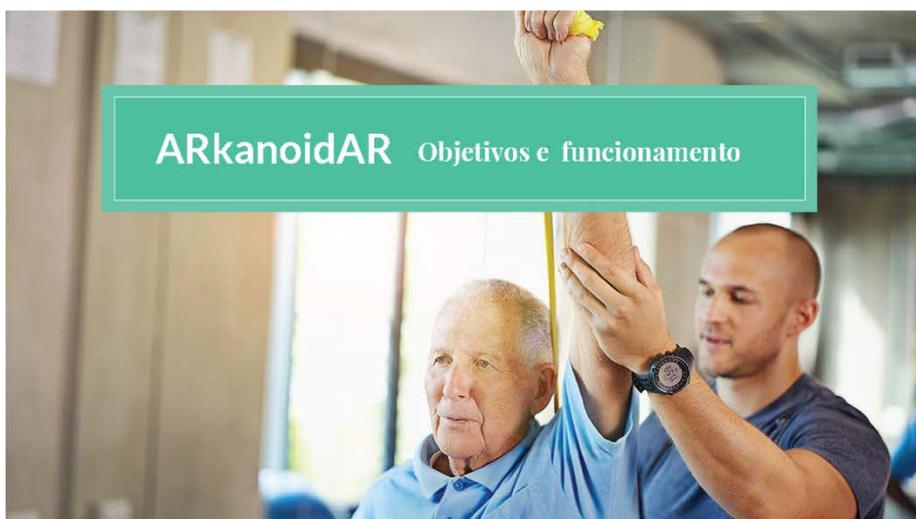
1. não deixar as bolas baterem na margem após a faixa verde, onde está posicionado o participante;
2. fazer com que as bolas batam nos tijolos no lado oposto para pontuar.



Controles do jogo

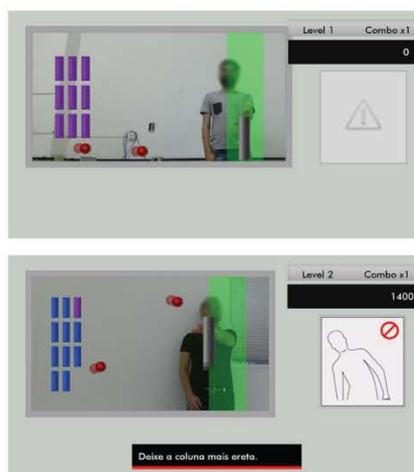
Movimentar o braço para cima e para baixo (flexão de ombro) com o cotovelo esticado para controlar a barra que rebate as bolas.

ANEXO H - APRESENTAÇÃO ARKANOIDAR VERSÃO 02: APLICADA A PACIENTES



Objetivos

1. não deixar as bolas baterem na margem após a faixa verde, onde está posicionado o participante;
2. fazer com que as bolas batam nos tijolos no lado oposto para pontuar.



Controles do jogo

Movimentar o braço para cima e para baixo (flexão de ombro) com o cotovelo esticado para controlar a barra que rebate as bolas.

ANEXO I - QUESTIONARIO SUS COM ESCALA LIKERT E PICTOGRAMAS

Participante: _____

Protocolo: _____

Marque na escala de 1 a 5 o campo correspondente a sua opinião, sendo (1) que você "Discorda completamente", e (5) onde "Concorda totalmente" com a afirmação.

1. Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente.



2. Eu acho o jogo desnecessariamente complexo.



3. Eu achei o jogo fácil de usar.



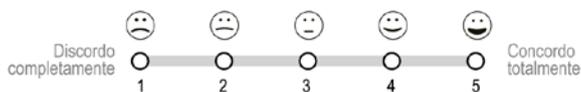
4. Eu acho que eu precisaria de suporte técnico para ser capaz de usar esse jogo.



5. Eu achei que as várias funcionalidades do jogo estavam bem integradas.



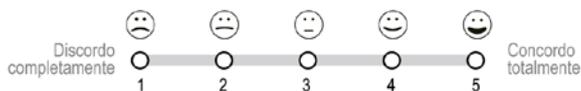
6. Eu achei que havia muita inconsistência no jogo.



7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a usar esse jogo rapidamente.



8. Eu achei o jogo muito complexo de se usar.



9. Eu me senti muito confiante usando o jogo.



10. Eu precisei aprender várias coisas antes que eu pudesse usar o jogo adequadamente.

