

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA - DAINF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA**

CARLOS COSTA CEDRO

**USAR – UM MODELO PREDITIVO PARA AVALIAÇÃO DA
ACESSIBILIDADE EM TECNOLOGIAS ASSISTIVAS BASEADAS EM
REALIDADE AUMENTADA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CURITIBA

2015

CARLOS COSTA CEDRO

**USAR – UM MODELO PREDITIVO PARA AVALIAÇÃO DA
ACESSIBILIDADE EM TECNOLOGIAS ASSISTIVAS BASEADAS EM
REALIDADE AUMENTADA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Cesar Betini

CURITIBA

2015

Dedico este trabalho à minha esposa
Angela e às minhas filhas, Ana Paula e
Ariele, pelos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço a Jesus Cristo pelo exemplo de humildade e a Deus pela oportunidade de servir de instrumento.

Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Cesar Betini, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Ao professor Dr. Paulo Cezar Stadzisz pelas inúmeras orientações ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Dr. Leonelo Dell Anhol Almeida por sua tese de doutorado que inspirou a realização desta dissertação.

Aos meus colegas de sala.

A coordenação do Curso, pela cooperação.

Aos meus pais pelo exemplo e ensinamentos repassados.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio delas seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Não deve haver limites para o esforço humano. Por pior que a vida possa parecer; enquanto há vida, há esperança.
(HAWKING, Stephen, 2012)

RESUMO

Atualmente cerca de 15% da população mundial possui algum tipo de deficiência. Para estas pessoas o uso das tecnologias assistivas é essencial. A realidade aumentada surge como uma importante alternativa, para a criação de novas tecnologias assistivas, devido às suas inúmeras formas de rastreamento do participante, que, se combinadas, conseguem proporcionar novas possibilidades de interação. Entretanto, o uso da realidade aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, não é uma panaceia, pois cada deficiência é única, assim como cada pessoa possui suas próprias particularidades. Portanto, é importante analisar a acessibilidade destas aplicações, para que o benefício do seu uso possa ser realmente assegurado. Esta dissertação propõe um modelo preditivo de avaliação, baseado no Design Universal e na norma ISO 9241-171. Este modelo é capaz de avaliar a acessibilidade de aplicações de realidade aumentada, quando usadas como tecnologias assistivas. O processo de avaliação consiste no preenchimento de questionários, compostos por questões claras e inteligíveis, para que possam atender à um público multidisciplinar, sem a exigência de qualquer conhecimento prévio em avaliação de acessibilidade. O produto da avaliação feita pelos questionários é um indicador de acessibilidade, que representa o grau de conformidade com os requisitos de acessibilidade. A aplicação dos questionários é sensível ao contexto, cada questionário inclui guias de utilização, que contém os requisitos mínimos do participante, para cada critério de avaliação, desta forma, é possível obter uma visão holística da avaliação, que pode ser customizada para cada participante ou generalizada para uma deficiência específica. O principal objetivo desta dissertação é propor um modelo preditivo, para a avaliação da acessibilidade, servindo aos educadores especiais, desenvolvedores e consumidores de tecnologias assistivas, como critério para a utilização ou não das aplicações de realidade aumentada.

Palavras-chave: Avaliação de Acessibilidade. Realidade Aumentada. Tecnologias Assistivas. Design Universal. Pessoas com deficiência.

ABSTRACT

Currently about 15% of the world population has some type of disability. For these people the use of assistive technologies is essential. Augmented reality emerges as an important alternative to the creation of new assistive technologies, due to its numerous forms of participant tracking, which, if combined, can provide new possibilities for interaction. However, the use of augmented reality in the context of assistive technology is not a panacea, as each disability is unique, as well as each person has its own peculiarities. Therefore, it is important to analyze the accessibility of these applications, to ensure the benefit of its use effectively. This work proposes a predictive evaluation model, based on universal design and ISO 9241-171 standard. This model is able to evaluate the accessibility of augmented reality applications, when used as assistive technologies. The evaluation process consists of completing questionnaires, composed of clear and intelligible issues, so that they can meet the multidisciplinary public, without requiring any prior knowledge in evaluating accessibility. The product of evaluation made by questionnaires is a numerical indicator of accessibility, which represents the degree of compliance with accessibility requirements. The questions are sensitive to context, each questionnaire includes guidelines, which contains the minimum requirements of the participant, for each criteria, it is thus possible to obtain a holistic view of the evaluation, which can be customized for each participant or generalized to a specific disability. The main objective of this work is to propose a predictive model for the evaluation of accessibility, serving special educators, developers and assistive technology consumers, as a criteria for the decision of use of augmented reality applications.

Keywords: Accessibility Evaluation. Augmented Reality. Assistive Technologies. Universal Design. Disabilities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Câmera específica de Realidade Aumentada.	18
Figura 2 – Funcionamento do rastreamento acústico.....	19
Figura 3 – Funcionamento do rastreamento mecânico.	20
Figura 4 – Sensor Microsoft Kinect®.....	21
Figura 5 – GPU típica de computadores desktop.....	22
Figura 6 – Exemplo de head-mounted display.	23
Figura 7 – Tipos de displays e sensores.....	25
Figura 8 – Textura artificial em pintura com o Revel 26	26
Figura 9 – Funcionamento da aplicação ELRA 27	27
Figura 10 – Funcionamento do Microsoft Kinect®..... 28	28
Figura 11 – Domótica com reconhecimento de gestos..... 29	29
Figura 12 – Ambiente virtual para casas inteligentes. 30	30
Figura 13 – Componentes básicos do Intellwheel. 32	32
Figura 14 – Uso de D.A.T. 34	34
Figura 15 – Uso de Realidade Aumentada com Xbox 360®. 35	35
Figura 16 – Objetivo de avaliação dos usuários 55	55
Figura 17 – Relacionamentos do Modelo USAR. 56	56
Figura 18 – Estrutura básica dos questionários do modelo USAR. 60	60
Figura 19 – Equipamentos do estudo de caso. 92	92
Figura 20 – Jogo Microsoft Kinectimals®..... 93	93
Figura 21 – Realização do primeiro estudo de caso..... 94	94
Figura 22 – Reconhecimento de gestos no jogo Kinectimals®..... 95	95
Figura 23 – Telas do jogo Kinectimals®. 96	96
Figura 24 – Preferências individuais do jogador..... 96	96
Figura 25 – Elementos sem texto 97	97
Figura 26 – Realização do segundo estudo de caso..... 98	98
Figura 27 – Reconhecimento de voz e gestos no Microsoft Xbox 360®..... 99	99
Figura 28 – Controle do Microsoft Xbox 360®. 101	101
Figura 29 – Elementos virtuais destacados..... 102	102
Figura 30 – Assistente do jogo Kinectimals®..... 103	103
Figura 31 – Nome de personagem do jogo. 104	104
Figura 32 – Exemplo de mensagem do jogo. 104	104
Figura 33 – Avisos do jogo Kinectimals®. 105	105
Figura 34 – Calibragem do sensor na inicialização 105	105
Figura 35 – Aviso de recompensas do jogo Kinectimals®..... 106	106
Figura 36 – Espaço requerido pelo jogo..... 108	108
Figura 37 – Objeto selecionado 108	108
Figura 38 – Aviso de salvamento. 110	110
Figura 39 – Exemplo de uso do comando de voz 111	111
Figura 40 – Ejetar mídia..... 113	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Questionário Q1 do modelo USAR.....	62
Tabela 2 – Questionário Q2 do modelo USAR.....	63
Tabela 3 – Questionário Q3 do modelo USAR.....	64
Tabela 4 – Questionário Q4 do modelo USAR.....	65
Tabela 5 – Questionário Q5 do modelo USAR.....	66
Tabela 6– Questionário Q6 do modelo USAR.....	66
Tabela 7– Questionário Q7 do modelo USAR.....	67
Tabela 8– Questionário Q8 do modelo USAR.....	68
Tabela 9– Questionário Q9 do modelo USAR.....	69
Tabela 10– Questionário Q10 do modelo USAR.....	70
Tabela 11– Questionário Q11 do modelo USAR.....	70
Tabela 12– Questionário Q12 do modelo USAR.....	72
Tabela 13– Questionário Q13 do modelo USAR.....	73
Tabela 14– Questionário Q14 do modelo USAR.....	74
Tabela 15– Questionário Q15 do modelo USAR.....	74
Tabela 16– Questionário Q16 do modelo USAR.....	75
Tabela 17– Questionário Q17 do modelo USAR.....	76
Tabela 18– Questionário Q18 do modelo USAR.....	77
Tabela 19– Questionário Q19 do modelo USAR.....	78
Tabela 20– Questionário Q20 do modelo USAR.....	79
Tabela 21– Questionário Q21 do modelo USAR.....	80
Tabela 22– Questionário Q22 do modelo USAR.....	81
Tabela 23– Questionário Q23 do modelo USAR.....	82
Tabela 24– Questionário Q24 do modelo USAR.....	83
Tabela 25– Questionário Q25 do modelo USAR.....	83
Tabela 26– Questionário Q26 do modelo USAR.....	84
Tabela 27– Questionário Q27 do modelo USAR.....	85
Tabela 28– Questionário Q28 do modelo USAR.....	86
Tabela 29– Questionário Q29 do modelo USAR.....	87
Tabela 30– Questionário Q30 do modelo USAR.....	87
Tabela 31– Questionário Q11 do modelo USAR modificado	118
Tabela 32– Questionário Q12 do modelo USAR modificado	118

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1.1 DESAFIOS.....	13
1.2 PROPOSTA	14
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO.....	16
2 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	17
2.1 A REALIDADE AUMENTADA.....	17
2.1.1 Sensores.....	18
2.1.2 Processadores	21
2.1.3 Displays	22
2.2 AS TECNOLOGIAS ASSISTIVAS	25
2.2.1 Auxílios para a vida diária e vida prática.....	26
2.2.2 Comunicação aumentativa e alternativa	27
2.2.3 Acessibilidade ao computador	28
2.2.4 Controle do ambiente.....	29
2.2.5 Projetos arquitetônicos	30
2.2.6 Órteses e próteses.....	31
2.2.7 Adequação postural	31
2.2.8 Auxílio de mobilidade.....	31
2.2.9 Qualificação da habilidade visual.....	32
2.2.10 Auxílio para pessoas com deficiência auditiva	33
2.2.11 Mobilidade com veículos	33
2.2.12 Esporte e Lazer	34
2.3 A AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE	35
2.3.1 A norma ISO 9241-171	36
2.3.2 O Design Universal	45
2.3.3 Uso equitativo	47
2.3.4 Flexibilidades de uso	48
2.3.5 Uso simples e intuitivo	49
2.3.6 Informação perceptível	50
2.3.7 Tolerância ao erro.....	51
2.3.8 Baixo esforço físico.....	51
2.3.9 Tamanho e espaço adequados para o uso.....	52
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	54
3.1 PESQUISA SOBRE OS PROBLEMAS EM ABERTO.....	54
3.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO USAR.....	55

4 O MODELO USAR	58
4.1 ESTRUTURA DO MODELO USAR	58
4.2 QUESTIONÁRIOS DO MODELO USAR	61
4.3 LACUNAS DO MAPEAMENTO REALIZADO	88
4.3.1 Recomendação 8.3.3 da ISO 9241-171	88
4.3.2 Requisito 8.3.4 da ISO 9241-171	89
4.3.3 Requisito 8.3.7 da ISO 9241-171	89
4.3.4 Recomendação 8.4.4 da ISO 9241-171	90
4.3.5 Recomendação 8.4.5 da ISO 9241-171	90
4.3.6 Requisito 8.4.6 da ISO 9241-171	90
4.3.7 Recomendação 8.5.6 da ISO 9241-171	91
4.3.8 Seção 8.6 da ISO 9241-171	91
5 ESTUDO DE CASO	92
5.1 CENÁRIO DO ESTUDO DE CASO	92
5.2 PRIMEIRA AVALIAÇÃO – EDUCADOR ESPECIAL	94
5.3 SEGUNDA AVALIAÇÃO – DESENVOLVEDOR DE SOFTWARE	98
5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	114
5.4.1 Aspectos de compreensão do modelo	114
5.4.2 Aspectos técnicos da avaliação	115
5.4.3 Questionários modificados	117
6 CONCLUSÃO	119
REFERÊNCIAS	121

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 DESAFIOS

Atualmente cerca de 15% da população mundial possui algum tipo de deficiência (NATIONS, 2011). Para estas pessoas o uso das tecnologias assistivas é essencial. As tecnologias assistivas contribuem para a ampliação da habilidade funcional da pessoa com deficiência.

A Realidade Aumentada surge como uma importante alternativa, para a criação de novas tecnologias assistivas, motivada, principalmente, pelas inúmeras formas de rastreamento do participante, que, se combinadas, conseguem proporcionar novas possibilidades de interação para a pessoa com deficiência (CEDRO2 e BETINI, 2014).

As aplicações de Realidade Aumentada são utilizadas em diversas formas, no contexto das tecnologias assistivas, que vão desde a identificação da cor de peças de roupa (FURHT, 2011) até o ensino da língua brasileira de sinais (RABELO, SANTOS e MAGALHÃES, 2014).

A Realidade Aumentada tem sido estudada há mais de uma década (KIPPER e RAMPOLLA, 2012), entretanto, a avaliação da acessibilidade para estas aplicações ainda é escassa até o momento.

Existem na literatura atual algumas orientações, como o Design Universal (STORY, MUELLER e MACE, 1998), e algumas normas, como o WCAG 2.0 (W3C, 2008) e a ISO 9241-171 (ISO, 2012), que podem fornecer os requisitos mínimos para a avaliação da acessibilidade em Realidade Aumentada, embora não tenham sido desenvolvidas para este fim.

A avaliação da acessibilidade (PREECE, ROGERS e SHARP, 2011) para aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, é essencial para validar os benefícios do seu uso, entretanto, não foi identificada, na literatura atual, nenhuma metodologia específica para este contexto (CEDRO1 e BETINI, 2014).

1.2 PROPOSTA

Esta dissertação propõe um modelo preditivo de avaliação de acessibilidade mínima, chamado USAR, para avaliar as aplicações de realidade aumentada, no contexto das tecnologias assistivas.

O uso deste modelo preditivo serve como parâmetro para a tomada de decisão, por educadores especiais e demais consumidores, sobre o uso da aplicação de realidade aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, antes mesmo da aquisição da aplicação.

Este modelo serve ainda como guia para desenvolvedores de aplicações, que podem garantir a acessibilidade mínima do seu software, aplicando as orientações do modelo USAR durante a fase de desenvolvimento da aplicação.

A aplicação deste modelo é feita através de questionários, com questões claras e intuitivas, que podem ser utilizados por um público multidisciplinar, sem a exigência de qualquer conhecimento técnico prévio sobre a avaliação da acessibilidade.

O modelo USAR é embasado em padrões e orientações internacionais. Seus questionários mapeiam as orientações do Design Universal para os requisitos e recomendações da norma ISO 9241-171, guiando o usuário através das fases necessárias para a avaliação da acessibilidade mínima da aplicação.

O Design Universal orienta a concepção de produtos e serviços, para que estes sejam acessíveis à maior extensão possível de pessoas, considerando principalmente aspectos de ergonomia e acessibilidade. As orientações do Design Universal são genéricas, para que sejam aplicáveis aos mais diversos contextos, desde a arquitetura de prédios até a construção de software, por exemplo.

A norma ISO 9241-171 provê as especificações para a construção de softwares acessíveis para uso em casa, no trabalho, na educação ou em lugares públicos. Como toda norma ISO, esta norma é prescritiva; ou seja, dá orientações práticas sobre o que deve ser feito; e também é auditável, ou seja, suas orientações podem servir como parâmetros de avaliação.

As orientações práticas da norma ISO 9241-171 podem ser relacionadas (mapeadas) para as orientações do Design Universal, criando assim um conjunto de orientações práticas e auditáveis, para os requisitos mínimos de acessibilidade, dispostos nas orientações do Design Universal.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo principal do modelo USAR é obter a avaliação preditiva da acessibilidade mínima, para aplicações de realidade aumentada, no contexto das tecnologias assistivas. A acessibilidade mínima compreende todas as orientações descritas pelo Design Universal.

Essa avaliação é realizada através de questionários, que guiam o usuário através do processo de avaliação da acessibilidade mínima da aplicação.

Sendo o USAR um modelo preditivo, composto por questões baseadas em exemplos de uso, é possível ao usuário avaliar a acessibilidade mínima da aplicação de realidade aumentada, antes da sua aquisição, mesmo sem nenhum conhecimento prévio sobre a avaliação da acessibilidade.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos que orientam esta dissertação são:

1. A criação de um modelo aberto para a avaliação preditiva da acessibilidade, que será disponibilizado para uso público e gratuito. Esse modelo é considerado um modelo aberto porque pode ser usado e/ou alterado, parcial ou integralmente, por consumidores, durante a tomada de decisão de compra, ou por desenvolvedores, durante o desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada, com requisitos mínimos de acessibilidade.
2. O mapeamento entre as orientações do Design Universal, que não são prescritivas; ou seja, não dizem o “como fazer”; para as recomendações e requisitos práticos da ISO 9241-171, que são orientações práticas sobre o que deve ser feito. É esperada a existência de lacunas, que representam os itens que não podem ser cobertos pelo mapeamento realizado, pois existem áreas onde o Design Universal e a ISO 9241-171 não se aplicam ao contexto das tecnologias assistivas. Como resultado deste mapeamento existirão orientações práticas para a avaliação dos requisitos mínimos da acessibilidade, de acordo com as orientações do Design Universal, ou seja, será possível avaliar as orientações do Design Universal de forma prática.

3. A classificação das orientações práticas do modelo USAR conforme o tipo de deficiência, possibilitando a avaliação da acessibilidade orientada à uma ou mais deficiências, no contexto das tecnologias assistivas.
4. A pesquisa por aplicações de realidade aumentada recentes, utilizadas no contexto das tecnologias assistivas, resumindo o atual estado da arte.
5. A criação de questionários que facilitam a compreensão do modelo USAR pelo usuário, contribuindo conseqüentemente para a sua inteligibilidade.
6. A criação de um modelo de avaliação da acessibilidade mínima, para aplicações de realidade aumentada, no contexto das tecnologias assistivas. Não foi identificado na literatura atual, nenhum modelo de avaliação da acessibilidade para realidade aumentada, o que indica uma lacuna ainda em aberto.
7. A aplicação do modelo USAR em um estudo de caso, para validar a sua aplicabilidade e sua inteligibilidade por um público multidisciplinar.
8. Durante a execução deste trabalho não havia uma versão traduzida da norma ISO 9241-171, para o português. A interpretação desta norma, no contexto das tecnologias assistivas, no idioma português brasileiro, é também uma contribuição dessa dissertação.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Esta dissertação é organizada em capítulos. O capítulo 2 introduz a revisão bibliográfica sobre Realidade Aumentada, Design Universal e avaliação de acessibilidade; o capítulo 3 descreve a metodologia de pesquisa utilizada, o capítulo 4 mostra o modelo USAR com sua estrutura e seus questionários; o capítulo 5 demonstra o estudo de caso conduzido e os seus resultados; por fim, o capítulo 6 apresenta a conclusão e trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Este capítulo aborda os conceitos básicos, sobre os três principais temas em que esta dissertação está centrada: a Realidade Aumentada, as Tecnologias Assistivas e a Avaliação da Acessibilidade. Cada conceito será explorado nos capítulos seguintes, assim como, será explicada a inter-relação entre estes mesmos, justificando o cerne desta dissertação, que é a proposição de um modelo preditivo, para avaliação da acessibilidade mínima, em aplicações de realidade aumentada, utilizadas como tecnologias assistivas.

2.1 A REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (AZUMA, 1997) é definida como a suplementação do mundo real, através da sobreposição de objetos virtuais tridimensionais com o meio físico, mostrada ao participante com o apoio de algum aparato tecnológico, proporcionando uma experiência interativa e em tempo real.

Um sistema de realidade aumentada possui dois componentes básicos: hardware e software (CRAIG, 2013). O hardware compreende os dispositivos de entrada, displays, processadores e redes. O software inclui a aplicação de realidade virtual, os posicionadores e misturadores de imagens, funções de interação e interfaces multimodais.

Todo sistema de RA tem ao menos três componentes básicos de hardware (HUANG, ALEM e LIVINGSTON, 2013), que são:

- Sensores
- Processadores
- Displays

Existem diversas formas em que estes elementos podem ser usados. Cada um destes elementos emprega também diferentes papéis em aplicações diversas. Estes elementos devem ser combinados para criar um sistema de Realidade Aumentada coeso.

2.1.1 Sensores

Em geral, a principal função dos sensores é fornecer informação sobre o mundo real, para habilitar a aplicação de Realidade Aumentada a determinar a localização e a orientação de diversos objetos (MIHELJ, NOVAK e BEGUS, 2014). Por exemplo, através do uso dos sensores, a aplicação pode determinar onde o participante está e qual a sua posição no mundo real, este processo é chamado de rastreamento (CRAIG, 2013).

Embora existam várias maneiras de executar o rastreamento em aplicações de Realidade Aumentada, a técnica mais utilizada, especialmente para aplicações indoor, é através da visão computacional, que é um dos exemplos de como ocorre o rastreamento ótico (HUANG, ALEM e LIVINGSTON, 2013). O sensor específico usado para o rastreamento ótico é a câmera. A câmera captura a intensidade da luz através de suas lentes e fornece um sinal que representa o que a câmera "vê". Esta imagem é então analisada para determinar a informação de rastreamento desejada (CRAIG, 2013).

A Figura 1 apresenta uma câmera de finalidade específica utilizada em sistemas de Realidade Aumentada, é importante observar os leds que contornam a circunferência da lente, estes leds emitem uma luz infravermelha que é detectada posteriormente pela câmera, para que seja feito o rastreamento do participante.



Figura 1 – Câmera específica de Realidade Aumentada.
Fonte: Internet (NATURALPOINT, 2015)

Para o público de pessoas com deficiência, o rastreamento ótico possibilita a interação com a aplicação através de movimentos corporais. Este rastreamento não pode ser utilizado por pessoas com deficiência física crônica, pois o movimento corporal, ainda que parcial, é essencial para a interação do participante.

Assim como as câmeras, os microfones também são usados como sensores de rastreamento, este processo é chamado de rastreamento acústico (CRAIG, 2013). O rastreamento acústico exige uma fonte de informações acústicas para que seja feita a captação da informação. Neste processo de rastreamento geralmente é utilizado o ultrassom. Ultrassom é o nome dado à um som emitido em uma frequência maior do que o aparelho auditivo humano pode perceber, estes sons são capturados por um conjunto de microfones para que o objeto possa ser rastreado. Baseado no tempo e na amplitude do som capturado em cada microfone é possível computar a localização da fonte de origem do som.

Atualmente o ultrassom é encontrado nos sensores de estacionamento de alguns veículos. Um dispositivo de rastreamento acústico possui basicamente um emissor, responsável pela emissão do ultrassom, e um receptor, responsável pela leitura do sinal recebido. A Figura 2 exemplifica o funcionamento básico do rastreamento acústico através do ultrassom.

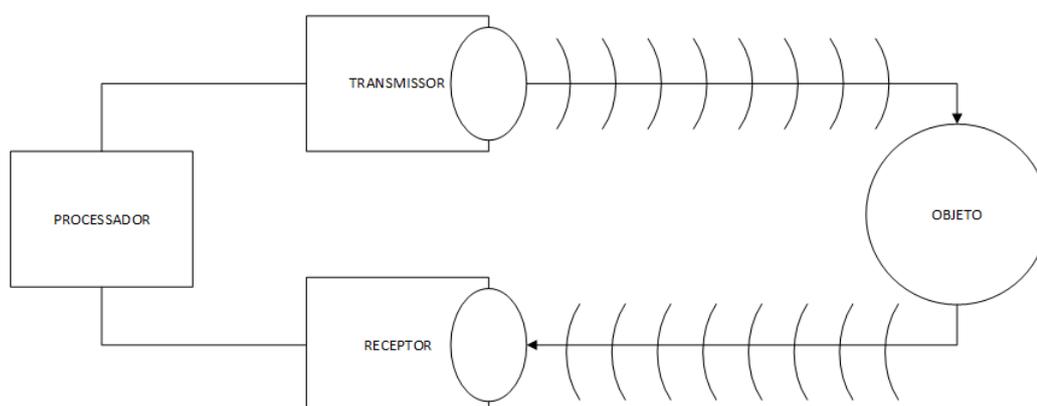


Figura 2 – Funcionamento do rastreamento acústico.

Fonte: criação do autor

Outra aplicação do rastreamento acústico para as aplicações de realidade aumentada é o reconhecimento da fala (RABINER e BIING-HWANG, 1993), que permite a transcrição das ondas sonoras, emitidas pela fala, em sinais digitais, estes sinais podem ser associados aos comandos desejados através do software.

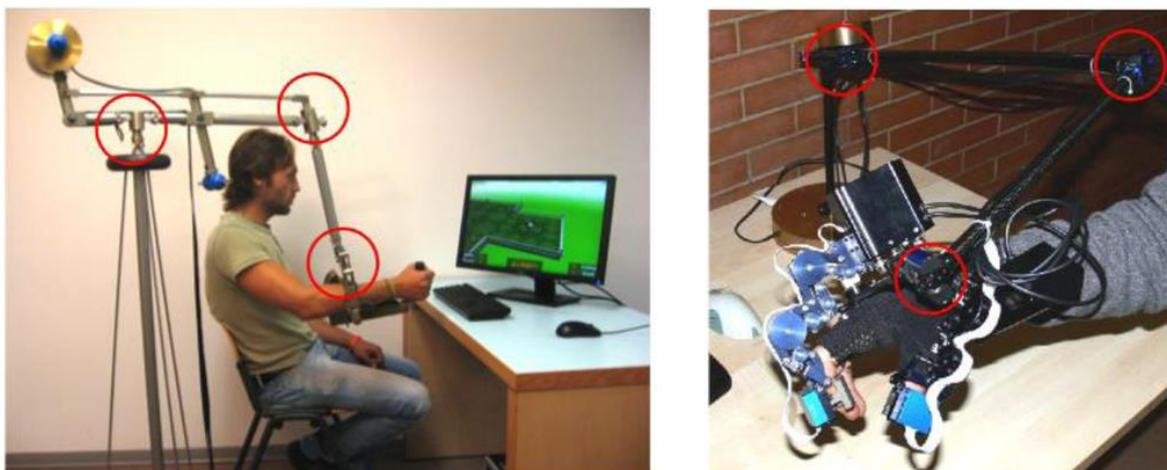
O rastreamento acústico, através do ultrassom, informa a localização do participante, portanto, há uma limitação de uso para pessoas com deficiência física crônica, que apresentem dificuldade de locomoção. O reconhecimento da fala não

deve ser utilizado com pessoas com deficiência de afonia, pois este tipo de rastreamento exige fluência oral no idioma programado.

Pessoas com deficiência física crônica, que possuem movimento parcial de alguns membros do corpo, podem utilizar o rastreamento mecânico (CRAIG, 2013) para interação com a aplicação de realidade aumentada. Este tipo de rastreamento é usado quando o rastreamento ótico ou acústico não é efetivo na localização do participante.

O rastreamento mecânico opera através de ligações físicas para o objeto a ser rastreado. Essas ligações têm sensores em cada uma das articulações que reportam o ângulo entre as mesmas. Muitas vezes, isso é feito através da colocação de uma resistência variável (potenciômetro) ao nível da articulação e a leitura da tensão emitida com os movimentos. Assim como o ângulo das ligações é alterado, a quantidade de resistência no potenciômetro muda e ocorre uma mudança correspondente na tensão. A tensão pode então ser usada para determinar o ângulo entre as ligações. Esta informação, em combinação com os ângulos entre todas as outras ligações do sistema, pode ser usada para calcular a localização e a orientação do objeto.

Este tipo de rastreamento pode ser usado na forma de luvas (FONTANA, SALSEDO e BERGAMASCO, 2013), quando o participante possui apenas movimento nos dedos. A Figura 3 apresenta a aplicação deste tipo de rastreamento.



**Figura 3 – Funcionamento do rastreamento mecânico.
Fonte: (FONTANA, SALSEDO e BERGAMASCO, 2013)**

Alguns esquemas de rastreamento requerem mais de um tipo de sensor para rastreamento, onde cada sensor pode contribuir para o objetivo maior de rastreamento, por exemplo, os acelerômetros (WARD, EVENSON, *et al.*, 2005) podem

ser utilizados para obter informação sobre movimentação relativa, mas não fornecem nenhuma informação sobre a localização exata do objeto. Além disso, muitos sistemas de rastreamento que usam acelerômetros como sua base tem um problema com propagação de erros. Porque os acelerômetros são baratos, pequenos, rápidos e leves, eles são úteis como sensores de seguimento, desde que sejam combinados com sensores adicionais.

O sensor Kinect® do Microsoft Xbox® (MICROSOFT, 2015), por exemplo, utiliza a combinação de um sensor de profundidade, câmeras VGA e infravermelho (rastreamento ótico) e um conjunto de microfones (rastreamento acústico) para criar um sistema que monitora as ações de um participante.

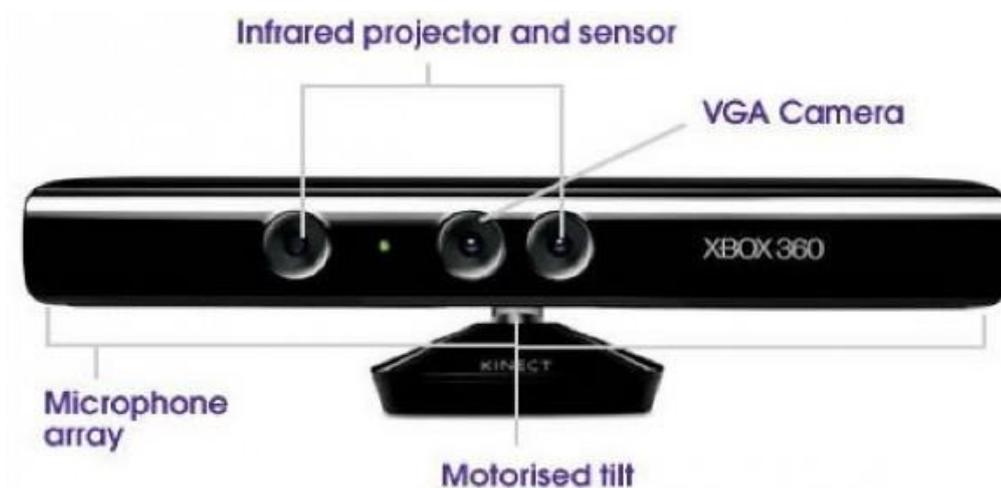


Figura 4 – Sensor Microsoft Kinect®.

Fonte: Internet (MICROSOFT, 2015)

A combinação de múltiplos sensores de rastreamento contribui para a acessibilidade da aplicação de realidade aumentada, pois emprega diversas formas de rastreamento e interação do participante.

Existem casos de pessoas, com múltiplas deficiências crônicas, que impedem o uso de qualquer forma de rastreamento e interação, mesmo com o uso de múltiplos sensores.

2.1.2 Processadores

Os Processadores são componentes essenciais aos sistemas de realidade aumentada. As funções principais dos processadores incluem receber os sinais dos sensores, executar as instruções do programa com base na informação recebida e criar sinais que serão apresentados no display do sistema (CRAIG, 2013).

Geralmente o sistema de processamento das aplicações de realidade aumentada é composto primariamente por um ou mais microprocessadores de fim geral, como uma central de processamento único (CPU) e às vezes um ou mais unidades de processamento gráfico (GPU). GPU's são tipos de hardware especialmente otimizados para executar computação de gráficos tridimensionais. Visto que os gráficos tridimensionais são pré-requisitos obrigatórios dos sistemas de realidade aumentada, as GPU's são usadas frequentemente para melhorar este efeito (HUANG, ALEM e LIVINGSTON, 2013).

A Figura 5 mostra uma GPU, comumente conhecida como “placa de vídeo”, utilizada em computadores desktop, que pode também ser utilizada em sistemas de realidade aumentada para renderização dos gráficos tridimensionais.



Figura 5 – GPU típica de computadores desktop.

Fonte: Internet

Em aplicações móveis de realidade aumentada, baseadas em smartphones, por exemplo, a função da renderização de vídeo é executada pela central de processamento único (CPU). Renderização é o processo pelo qual é possível obter o produto final de um processamento digital, como a animação e composição dos objetos virtuais, nas aplicações de Realidade Aumentada, por exemplo.

2.1.3 Displays

O display é o dispositivo que fornece os sinais que são percebidos pelos sentidos humanos. O display fornece sinais para nossos olhos, nossos ouvidos, nosso

tato, nosso olfato e algumas vezes fornece a sensação de paladar (CRAIG, 2013). Os displays mais comuns utilizados em sistemas de realidade aumentada são os displays visuais e os displays acústicos.

O papel principal do display visual é criar sinais de luz que ao sensibilizarem os nossos olhos fazem com que percebamos as imagens visuais. Somos familiares ao uso dos monitores dos computadores desktop, este é um exemplo de display visual, que mostra informações digitais do computador de forma que nossos olhos possam ver e nosso cérebro possa interpretar este sinal como imagens visuais (MIHELJ, NOVAK e BEGUS, 2014).

Os displays visuais podem ser classificados em três categorias: o display estacionário, onde o participante deve orientar a sua visão para o display; o display que se move com a cabeça do participante, que é um dispositivo normalmente vestido, como os HMD's (VIRTUAL, 2015); e o display que se move com a mão ou outra parte do corpo do participante, que são os smartphones e smart tablets (CRAIG, 2013).

Alguns sistemas de realidade aumentada usam displays que são móveis e que se movem junto com a cabeça do participante, estes displays são referenciados como head-mounted displays (HMDs) (SHIBATA, 2002). A utilização mais comum destes dispositivos é feita através de displays que são vestidos, como capacetes, óculos ou headphones (KIPPER e RAMPOLLA, 2012). A Figura 6 mostra um exemplo de HMD.

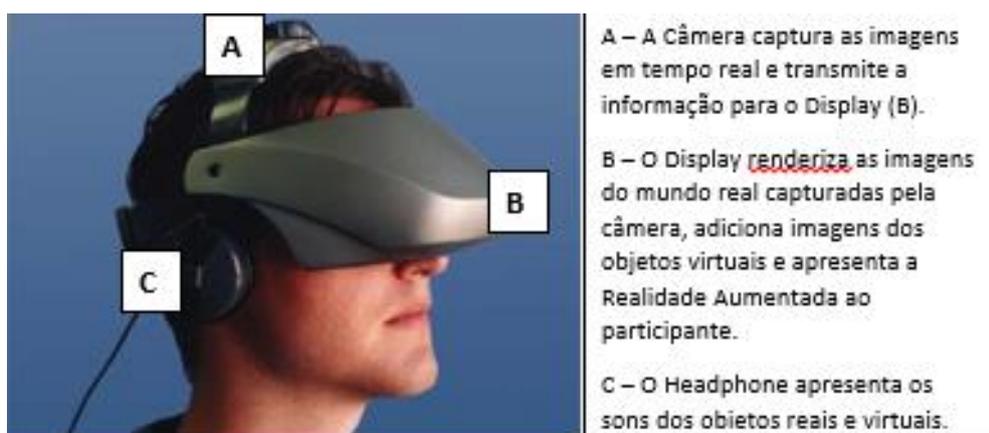


Figura 6 – Exemplo de head-mounted display.

Fonte: adaptado de Internet (VIRTUAL, 2015)

Os HMD's não atendem todas as necessidades de pessoas com paralisia múltipla, que porventura tenham os movimentos dos membros superiores comprometidos, neste cenário o uso destes equipamentos não é recomendado.

Outro ponto importante é que algumas deficiências mentais, por conta de suas limitações cognitivas, podem restringir o uso dos HMD's, sob pena de causar confusão ou comprometer o equilíbrio do indivíduo.

No contexto das tecnologias assistivas, as aplicações de realidade aumentada podem fazer o uso do display visual para simular ambientes urbanos, de forma que o portador de necessidades especiais possa ser treinado para situações do mundo real, em um ambiente controlado e de baixo risco.

O display visual não atende às necessidades dos deficientes visuais por si só, portanto, estes devem ser utilizado em conjunto com outros tipos de display, normalmente o display acústico é utilizado.

Análogo ao display visual que apresenta sinais que os nossos olhos conseguem interpretar, os displays acústicos produzem sinais de áudio compreensíveis aos nossos ouvidos. Nossos olhos e ouvidos emitem diferentes tipos de informação para o nosso corpo, que nos ajudam a perceber o mundo em nossa volta (CRAIG, 2013) (FURHT, 2011).

Os sons são diferentes das informações visuais em vários aspectos. Duas importantes distinções são que os sons existem à nossa volta, enquanto as imagens visuais impactam apenas quando as visualizamos. Portanto, se vemos uma imagem ofensiva em um local específico, podemos facilmente desviar a atenção dela. Não é tão simples desviar a atenção de sons ofensivos vindos de um local específico, por isso o uso destes displays deve ser feito com muita cautela nas aplicações de realidade aumentada, principalmente para o público de pessoas com deficiência auditiva.

Além da visão e audição, as aplicações de realidade aumentada podem sensibilizar outros sentidos humanos. Os mais comuns além destes são os sentidos háptico (tato) e olfato (HUANG, ALEM e LIVINGSTON, 2013).

O sensor háptico (INAMI, KAWAKAMI, *et al.*, 2000) em geral, refere ao nosso senso de toque. Este senso pode ser dividido em dois componentes: sensações de pele, que incluem sensações de temperatura, textura e dor e a força, que é sentida sobre como o nosso corpo responde às sensações.

O display háptico pode ser utilizado com pessoas com deficiência visual, para que estas percebam as formas de um determinado objeto, através da aplicação de realidade aumentada. Pessoas com deficiência física crônica, que não tenham os

movimentos dos membros superiores, ou pessoas com os membros superiores amputados não são candidatas ao uso deste tipo de display.

A Figura 7 apresenta todos os tipos de sensores de rastreamento e displays disponíveis atualmente no estado da arte. Os itens 7A (câmera web), 7B (microfone) e 7C (luva) apresentam os sensores de rastreamento óptico, acústico e mecânico respectivamente. Os itens 7D (televisor), 7E (caixa de som) e 7F (superfície tátil) apresentam os tipos de displays visual, acústico e háptico, nesta mesma ordem:



Figura 7 – Tipos de displays e sensores

2.2 AS TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Conforme o conceito proposto pelo Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), da Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República: "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" (BRASIL, 2013).

As tecnologias assistivas podem ser classificadas em 12 categorias (BERSCH, 2013) distintas. A Realidade Aumentada tem possibilitado a criação de

novas tecnologias assistivas, como podemos observar nos exemplos citados para as seguintes categorias:

2.2.1 Auxílios para a vida diária e vida prática

São materiais e produtos, utilizados pela pessoa com deficiência, que contribuem para a autonomia e independência, na execução de tarefas rotineiras. Geralmente as pessoas com deficiência são auxiliadas em atividades como se alimentar, cozinhar, vestir-se, tomar banho e em suas necessidades pessoais.

Um exemplo de aplicação da realidade aumentada, no auxílio para a vida diária e vida prática, é o REVEL (BAU e POUPYREV, 2012), que aumenta as sensações táteis de um objeto, através de um display háptico, para que as pessoas com deficiência física, que possuem algum comprometimento do tato, possam sentir a textura dos objetos através de impulsos vibratórios. A Figura 8 mostra um exemplo de uso do REVEL para criar sensações táteis artificiais em uma pintura:

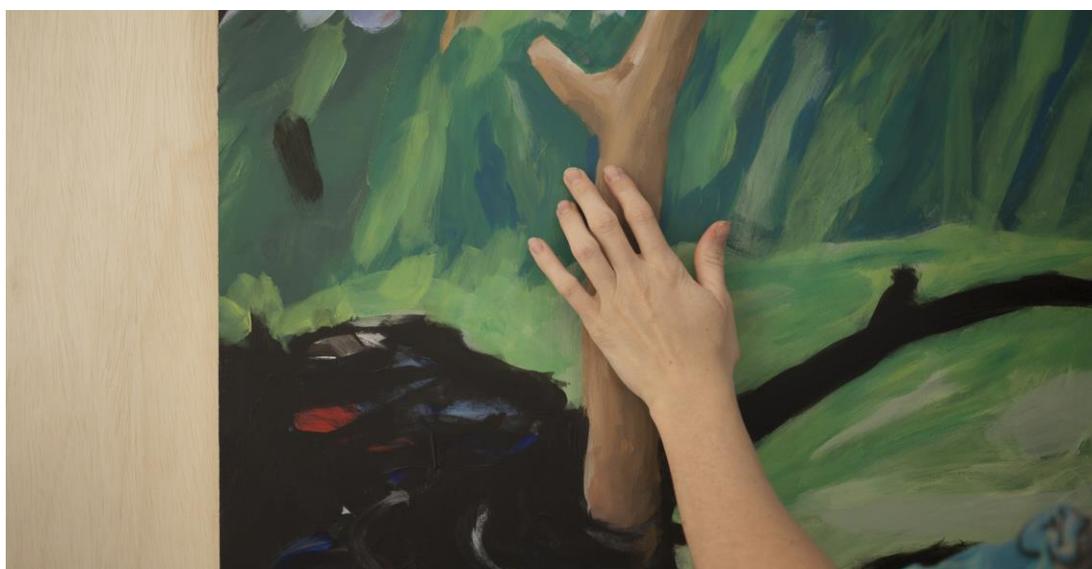


Figura 8 – Textura artificial em pintura com o Revel (BAU e POUPYREV, 2012)

No exemplo da Figura 8, parte do quadro foi pintado com uma tinta que conduz impulsos elétricos, o funcionamento do REVEL consiste na transmissão de impulsos elétricos, que são conduzidos pela tinta e que geram uma sensação de textura, através de um campo eletromagnético, percebido pelo toque das mãos.

Outro exemplo de aplicação é a utilização de marcadores em peças de roupa, para que sua cor seja informada para a pessoa com deficiência visual, através da

aplicação de realidade aumentada (FURHT, 2011). Nesta aplicação, o usuário posiciona a peça da roupa na frente do sensor, que reconhece e informa a cor, através da informação armazenada no marcador.

2.2.2 Comunicação aumentativa e alternativa

Compreende todo produto destinado a atender pessoas com afonia (mudez), pessoas sem escrita funcional ou em defasagem entre sua necessidade comunicativa e sua habilidade em falar e/ou escrever.

Existem na literatura inúmeras aplicações de realidade aumentada que tratam do ensino da língua de sinais, para pessoas com deficiência auditiva ou afonia, como, por exemplo, o trabalho de Jiang (JIANG, JIANG e KUANG, 2014), que emprega realidade aumentada para o ensino de língua de sinais, através de animações interativas tridimensionais. Neste exemplo os objetos existentes no mundo real, apresentam o seu respectivo sinal da língua de sinais, quando selecionado pelo usuário.

No Brasil, notamos o exemplo do ELRA (RABELO, SANTOS e MAGALHÃES, 2014), que é uma aplicação de realidade aumentada, que apoia o ensino da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), para crianças com deficiência auditiva. Basicamente a pessoa com deficiência apresenta um objeto e seu respectivo marcador ao sensor de rastreamento, o sinal correspondente ao objeto, na Língua Brasileira de Sinais, é apresentado no display visual ao participante, como mostra a Figura 9:

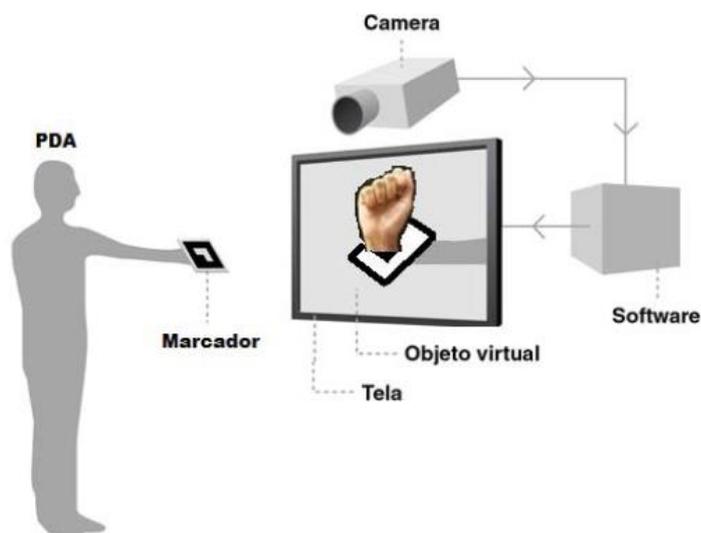


Figura 9 – Funcionamento da aplicação ELRA (RABELO, SANTOS e MAGALHÃES, 2014)

No exemplo da Figura 9, a pessoa com deficiência auditiva (PDA) apresenta um determinado objeto para a camera. O objeto contém um marcador, que é uma etiqueta com um código impresso, colada ao objeto. O marcador é reconhecido pelo software, que apresenta na tela o sinal correspondente ao objeto na língua de sinais. Desta forma a criança com deficiência auditiva aprende a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) através da associação dos sinais com os objetos reais.

2.2.3 Acessibilidade ao computador

Engloba o conjunto de hardware e software que torna o computador acessível para as pessoas com privações sensoriais (visuais e auditivas), intelectuais e motoras. Em aplicações de realidade aumentada este item está relacionado aos dispositivos de rastreamento e aos displays visuais e acústicos, sempre que conectados ao computador.

O sensor Microsoft Kinect® (MICROSOFT, 2015) possibilita a operação do computador pela fala ou reconhecimento dos gestos, elimina os dispositivos de entrada tradicionais como mouse e teclado, conseqüentemente torna o computador mais acessível. A Figura 10 apresenta um exemplo de uso do sensor Microsoft Kinect na operação de um computador pessoal.

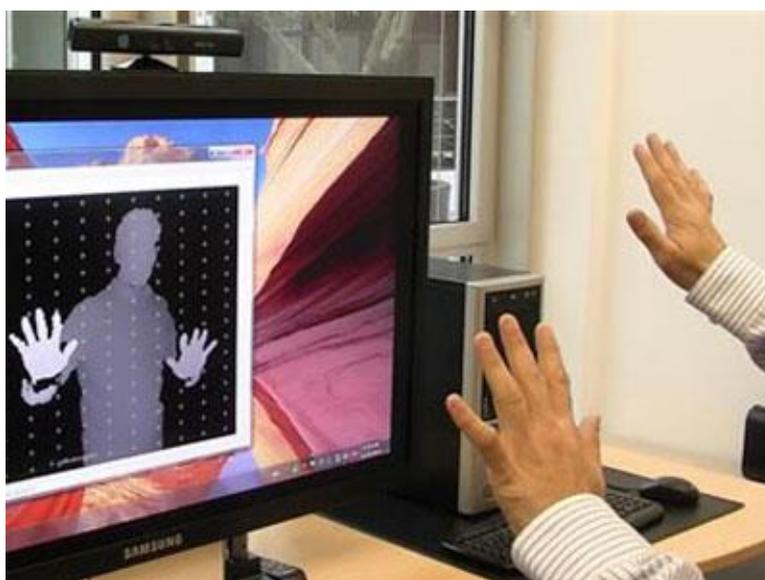


Figura 10 – Funcionamento do Microsoft Kinect® (MICROSOFT, 2015).

No exemplo da Figura 10, o sensor reconhece os gestos do usuário. Cada gesto é interpretado para uma operação correspondente do sistema operacional, como alternar entre as janelas abertas, por exemplo.

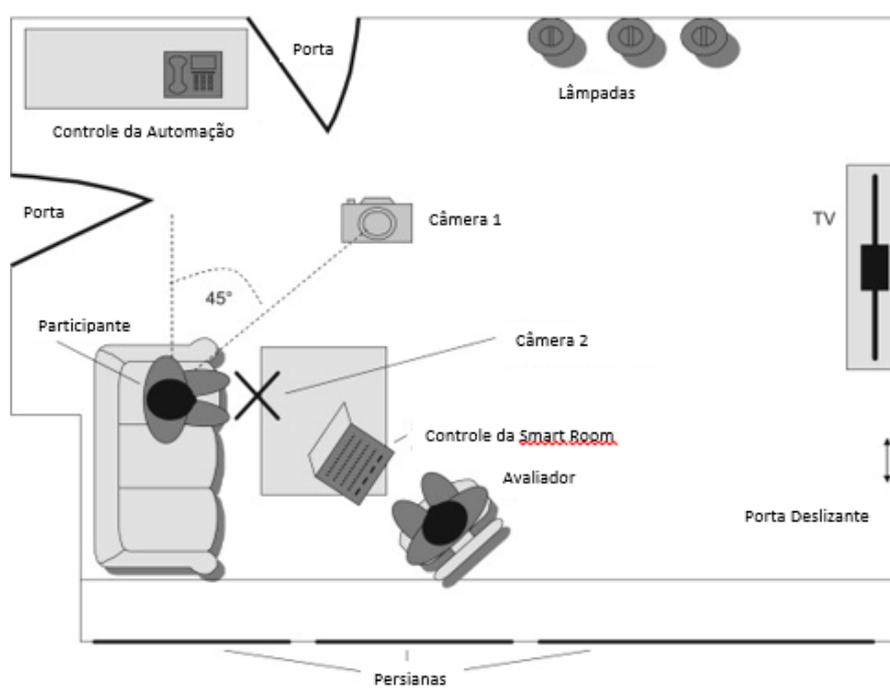
Existem ainda aplicações de realidade aumentada que traduzem a informação para um display háptico, outras aplicações que traduzem os objetos para sinais de áudio e também aplicações que traduzem a fala da pessoa com deficiência para comandos no computador (FURHT, 2011).

2.2.4 Controle do ambiente

Através de um controle remoto as pessoas com deficiência, podem ligar, desligar e ajustar aparelhos eletroeletrônicos como a luz, o som, televisores, ventiladores, executar a abertura e fechamento de portas e janelas, receber e fazer chamadas telefônicas, acionar sistemas de segurança, entre outros, localizados em seu quarto, sala, escritório, casa e arredores.

As aplicações de realidade aumentada cumprem este objetivo associadas aos conceitos da domótica (BONINO e CORNO, 2008), que é o processo de automatização das rotinas e tarefas da residência.

Um exemplo é o trabalho de Kuhnela (KUHNELA, WESTERMANNB, *et al.*, 2011), na criação de uma aplicação de realidade aumentada, baseada em reconhecimento de gestos, que permite o controle de algumas tarefas da residência, como acender a luz, como mostra a Figura 11.



**Figura 11 – Domótica com reconhecimento de gestos.
(KUHNELA, WESTERMANNB, *et al.*, 2011)**

Neste exemplo, existem duas cameras posicionadas em frente ao usuário. Estas cameras executam o rastreamento ótico, reconhecendo os gestos do usuário. A informação reconhecida é interpretada pelo software, que realiza operações como aumentar e diminuir a luminosidade das luzes, por exemplo.

2.2.5 Projetos arquitetônicos

São projetos de edificação e urbanismo que garantem o acesso, a funcionalidade e a mobilidade para todas as pessoas, independentemente de sua condição física e sensorial (BERSCH, 2013).

Da mesma forma que o item anterior, este objetivo é alcançado, pelas aplicações de realidade aumentada, em conjunto com os conceitos da domótica. A inclusão dos sensores de rastreamento, displays e aplicações de realidade aumentada na concepção dos ambientes, pode aumentar a acessibilidade destes mesmos.

Um exemplo é o trabalho de Jimenez-Mixco (JIMENES-MIXCO, HERAS, *et al.*, 2009), onde foi construído um ambiente virtual utilizando uma aplicação de realidade aumentada e os conceitos de domótica, para que pessoas com deficiência e seus acompanhantes pudessem avaliar o local antes de sua construção, como mostra a Figura 12.



Figura 12 – Ambiente virtual para casas inteligentes.
Adaptado de (JIMENES-MIXCO, HERAS, *et al.*, 2009)

Neste exemplo, o usuário consegue ter uma visão de como será o ambiente construído, através da simulação em um HMD. A primeira parte da Figura 12 mostra

a visão que o usuário tem do mundo virtual e a segunda parte da Figura 12 mostra o mundo real.

2.2.6 Órteses e próteses

A órtese é um dispositivo colocado junto a um segmento do corpo, garantindo-lhe um melhor posicionamento, estabilização e/ou função. É normalmente confeccionada sob medida e serve no auxílio da mobilidade, das funções manuais (escrita, digitação, utilização de talheres, manejo de objetos para higiene pessoal), e da correção postural, entre outros. A Prótese é um componente artificial que substitui um membro amputado da pessoa com deficiência física (BERSCH, 2013).

Este item é atendido por componentes físicos específicos, até o momento não existem aplicações de realidade aumentada que cumprem este objetivo.

2.2.7 Adequação postural

Um projeto de adequação postural diz respeito à seleção de recursos que garantam posturas alinhadas, estáveis, confortáveis e com boa distribuição do peso corporal (BERSCH, 2013).

Este item é atendido por componentes físicos específicos, até o momento não existem aplicações de realidade aumentada que cumprem este objetivo.

2.2.8 Auxílio de mobilidade

A mobilidade pode ser auxiliada por bengalas, muletas, andadores, carrinhos, cadeiras de rodas manuais ou elétricas e qualquer outro veículo, equipamento ou estratégia utilizada na melhoria da mobilidade pessoal (BERSCH, 2013).

As aplicações de realidade aumentada podem ser utilizadas, pela pessoa com deficiência, como ferramenta de detecção de colisão, prevenindo os acidentes domésticos (FURHT, 2011).

Estas aplicações podem ainda ser adaptadas às cadeiras de rodas tradicionais, incluindo novas funcionalidades, como no exemplo do Intellwheel (BRAGA, PETRY, *et al.*, 2009), que é uma aplicação de realidade aumentada que

garante o movimento autônomo para a pessoa com deficiência física. A Figura 13 apresenta os componentes básicos que compõem o Intellwheel.



Figura 13 – Componentes básicos do Intellwheel.
Adaptado de (BRAGA, PETRY, *et al.*, 2009)

Neste exemplo, a cadeira de rodas motorizada foi automatizada com um sensor de proximidade. Este sensor executa o rastreamento acústico, detectando possíveis colisões com objetos e emitindo um sinal sonoro de aviso para o usuário.

2.2.9 Qualificação da habilidade visual

Compreende os recursos que ampliam a informação para pessoas com deficiência visual, como, por exemplo, auxílios óticos, lentes, lupas manuais e lupas eletrônicas; os softwares ampliadores de tela.

Existe uma subárea da realidade aumentada que endereça os objetivos deste item, esta área é chamada de “Assistive Augmentation” (HUBER, REKIMOTO, *et al.*, 2014), que é definida pela concepção e desenvolvimento de tecnologias assistivas baseadas em dispositivos móveis, interface do usuário e demais interações, que integram a mente, o corpo e o comportamento de um usuário, expandindo a percepção dos seus sentidos naturais.

Um exemplo de aplicação nesse contexto, é o trabalho de Rodriguez-Sanchez (RODRIGUEZ-SANCHEZ, MORENO-ALVAREZ, *et al.*, 2014), sobre a criação de um aplicativo de navegação, baseado em smartphone, para pessoas com deficiência visual. Esse aplicativo complementa o mundo real, aumentando objetos reais, para que possam ser melhor percebidos pela pessoa com baixa visão.

2.2.10 Auxílio para pessoas com deficiência auditiva

São recursos que ampliam a informação para a pessoa com deficiência auditiva, como, por exemplo, os softwares que favorecem a comunicação ao telefone celular, transformando em voz o texto digitado no celular e em texto a mensagem falada.

As aplicações de realidade aumentada contribuem para este objetivo, utilizando-se de técnicas de reconhecimento da fala e de gestos, para proporcionar a comunicação da pessoa com deficiência auditiva com pessoas que não conheçam a língua de sinais.

Um Exemplo é o trabalho de Radha (RADHA, SHRUTI e KANYA, 2014) em uma aplicação de realidade aumentada composta por quatro módulos, sendo um dos módulos, responsável pela tradução da língua de sinais para texto ou áudio, além disso a aplicação possui um segundo módulo que realiza o reconhecimento da fala, traduzindo a informação capturada para texto, dessa forma, é possível que o usuário perceba a informação da língua de sinais, capturada através do reconhecimento de gestos, traduzida para texto e som.

2.2.11 Mobilidade com veículos

São os acessórios que habilitam uma pessoa com deficiência física a dirigir um automóvel, os facilitadores de embarque e desembarque, como elevadores para cadeiras de rodas, são um exemplo deste item.

Existe uma subárea das tecnologias assistivas, denominada DAT - “driver assistive technologies (GREGORIADES, PAMPAKA e SUTCLIFFE, 2014)”, que atende aos objetivos deste item. Estes sistemas buscam reduzir o risco de acidente, contribuindo para uma direção segura, através da assistência à direção do motorista.

Geralmente as aplicações de DAT tem como público alvo os idosos, como por exemplo, nos estudos de Malik (MALIK, ABDULLAH, *et al.*, 2013). A Figura 14 apresenta algumas tecnologias assistivas em DAT.



Figura 14 – Uso de D.A.T. (GREGORIADES, PAMPAKA e SUTCLIFFE, 2014)

Este exemplo mostra um carro adaptado com as tecnologias mais comuns em DAT, como o GPS e camera de ré, por exemplo. O sistema central gerencia todos os sensores e aumenta a realidade, conforme as necessidades do usuário, informando possíveis colisões e direção de tráfego, entre outros.

2.2.12 Esporte e Lazer

São os recursos que favorecem a prática de esporte e participação em atividades de lazer, pela pessoa com deficiência.

Normalmente, as aplicações de realidade aumentada fazem uso da gamificação (KORN, FUNK, *et al.*, 2014), para motivar a pessoa com deficiência a participar de terapias e práticas esportivas.

É comum a utilização dos sensores de reconhecimento de gestos dos videogames, associado a aplicação de realidade aumentada, para realização deste estímulo à prática de atividade física, como descrito no trabalho de Lin (LIN e CHANG, 2015), por exemplo.

A Figura 15 apresenta um caso de uso do console Microsoft Xbox 360© com o sensor Microsoft Kinect© (MICROSOFT, 2012), no estímulo da coordenação motora e noção de tempo e espaço, das crianças especiais de uma instituição brasileira:



Figura 15 – Uso de Realidade Aumentada com Xbox 360©. (MICROSOFT, 2012)

A Figura 15 mostra o uso do videogame Microsoft Xbox 360© na terapia dos gêmeos Felipe e Mateus, ambos com paralisia cerebral e deficiência nos membros inferiores. Através dos jogos as crianças realizam atividades físicas com maior motivação do que as atividades de fisioterapia tradicionais.

2.3 A AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE

Embora existam normas e orientações, aceitas internacionalmente, sobre a acessibilidade em interfaces multimídia de software, como a ISO 9241-171 (ISO, 2012), WCAG 2.0 (W3C, 2008) e o Design Universal (STORY, MUELLER e MACE, 1998) (PREISER e SMITH, 2010), não há na literatura nenhum padrão instituído, para avaliação da acessibilidade, em aplicações de realidade aumentada (CEDRO2 e BETINI, 2014).

Como foi apresentado no item 2.1 desta dissertação, a Realidade Aumentada tem possibilitado a criação de novas tecnologias assistivas, motivadas principalmente pela ausência de controles físicos na interação com o usuário.

A avaliação da acessibilidade é essencial para a tomada de decisão sobre o uso das tecnologias assistivas, através do cumprimento dos requisitos mínimos de acessibilidade. Esta dissertação propõe um modelo preditivo de avaliação da acessibilidade mínima para preencher esta lacuna identificada.

Inspirado pelo trabalho de Almeida (ALMEIDA e BARANAUSKAS, 2010), esta dissertação propõe a criação de um modelo preditivo, baseado no mapeamento da norma ISO 9241-171, para os princípios do Design Universal, com foco na avaliação de aplicações de realidade aumentada, no contexto das Tecnologias Assistivas (CEDRO1 e BETINI, 2014).

O mapeamento consiste na correlação das recomendações e requisitos da norma ISO 9241-171, que são prescritivas; ou seja, contém exemplos práticos sobre o que deve ser feito; para as orientações do Design Universal, que são genéricas, ou seja, tratam a acessibilidade sobre um ponto de vista mais amplo.

Correlacionando a norma ISO 9241-171 ao Design Universal, através deste mapeamento, é possível obter as orientações práticas que avaliam os requisitos mínimos de acessibilidade, de acordo com o Design Universal.

A norma ISO 9241-171 foi concebida com foco nas interfaces multimídias, portanto, foi necessário adaptar as recomendações e os requisitos práticos desta norma para a interface natural do usuário (MANN, 1998), que é uma interface efetivamente invisível ao usuário, baseada nos elementos naturais humanos, como a fala e os gestos, por exemplo. A interface natural do usuário é amplamente utilizada na Realidade Aumentada.

As seções a seguir introduzem os conceitos da norma ISO 9241-171 e do Design Universal.

2.3.1 A norma ISO 9241-171

O Objetivo da norma ISO 9241-171 (ISO, 2012) é fornecer recomendações para o desenvolvimento de software, dos sistemas interativos, para maximizar o nível de acessibilidade dos mesmos. Embora esta norma tenha sido concebida com foco nas interfaces multimídia, ela também pode ser adaptada para as interfaces naturais, comuns nas aplicações de Realidade Aumentada, sendo este um dos objetivos do modelo USAR.

Cada pessoa possui necessidades únicas, assim como também cada deficiência é única, portanto, não é possível segregar os tipos de deficiência em grupos que representem todos os indivíduos, apesar disso, esta norma foi desenvolvida para atender o maior número possível de pessoas com deficiência, baseando-se em características comuns, que os indivíduos com uma mesma deficiência possuem.

Esta característica da norma ISO 9241-171 permite ao modelo USAR avaliar os requisitos mínimos de acessibilidade, baseados em um conjunto comum de necessidades de pessoas com um mesmo tipo de deficiência.

As seguintes pessoas podem beneficiar-se com a aplicação da norma ISO 9241-171:

- Designers de interface
- Desenvolvedores de software
- Compradores de software
- Testadores de software
- Usuário final

A ISO 9241-171 recomenda que os objetivos de acessibilidade sejam incorporados no desenvolvimento do software, o mais cedo possível, pois o custo da alteração na fase de desenvolvimento é menor do que o custo da alteração de um software em produção, porém, suas recomendações podem ser utilizadas na validação dos requisitos de acessibilidade do software já desenvolvido, como avalia o modelo USAR.

A ISO 9241-171 reconhece a necessidade de uso das tecnologias assistivas, por alguns usuários, como requisito de acessibilidade, por isso, suas recomendações têm como objetivo promover a integração entre o software desenvolvido e as tecnologias assistivas, tanto quanto possível, na concepção do desenvolvimento do software. O modelo USAR considera o uso das tecnologias assistivas em todas as recomendações e requisitos mapeados da ISO 9241-171, estendendo a abrangência das tecnologias assistivas, através deste mapeamento.

A ISO 9241-171 faz a correlação com alguns objetivos do Design Universal, ou seja, os requisitos e recomendações desta norma podem ser utilizados para validar minimamente a acessibilidade, de acordo com o Design Universal.

Segundo a ISO 9241-171, o desenvolvimento do software deve seguir os seguintes princípios:

- Aptidão para a maior gama de usuários possíveis.
- Uso equitativo (Design Universal).
- Robustez (4º princípio da WCAG 2.0) (W3C, 2008).

Assim como outras normas da ANSI, a ISO 9241-171 fornece requisitos e recomendações para avaliar a sua conformidade, os requisitos são obrigatórios e devem ser totalmente satisfeitos, as recomendações são eletivas e podem ser atendidas parcialmente. As orientações mapeadas pelo modelo USAR são eletivas e

podem ser atendidas parcialmente, desta forma, todos os itens avaliados tem o mesmo peso e grau de relevância.

Os requisitos e recomendações são distribuídos em três áreas: Guias gerais, dispositivos de entrada e dispositivos de saída. Os requisitos e recomendações dos dispositivos de entrada e saída tradicionais não são aplicáveis no contexto da realidade aumentada, que geralmente utiliza interface natural para interação com o usuário. O modelo USAR desconsidera os requisitos e recomendações específicos para os dispositivos de entrada tradicionais, como o mouse e teclado, por exemplo.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas é a entidade responsável pela tradução e instituição de normas internacionais no Brasil. Atualmente não existe uma versão traduzida da norma ISO 9241-171, portanto, foi necessário realizar a interpretação do documento em inglês, para a condução deste trabalho.

Como a ISO 9241-171 não foi concebida para o uso com Realidade Aumentada, também foi preciso adaptar as recomendações e requisitos mapeados para este contexto.

Cada item da norma interpretada possui quatro subitens, com uma numeração sequencial e os prefixos FI (deficiência física), AU (deficiência auditiva), VI (deficiência visual) e ME (deficiência mental) consecutivamente.

Durante a interpretação da norma foi observada uma lacuna, referente aos itens que não se aplicam ao contexto das tecnologias assistivas ou da Realidade Aumentada. Estes itens foram excluídos da interpretação da norma e a justificativa desta exclusão está disposta no item Lacunas do mapeamento realizado na página 84.

Os números de identificação originais das recomendações e requisitos da ISO 9241-171 foram mantidos, para que seja possível relacionar a norma interpretada com a norma original. Os itens a seguir apresentam a interpretação da norma.

2.3.1.1 Alternativas de entrada e saída

8.1.1 Garantir métodos alternativos de entrada e saída

O software deve habilitar alternativas de entrada e saída em diferentes modalidades.

FI - O usuário pode receber informações do sistema através de display ótico, acústico ou háptico e interage com o sistema através dos tipos de rastreamento ótico, acústico ou mecânico, entregando ao menos dois destes métodos de entrada e saída.

VI - O usuário pode receber informação do sistema através de display acústico ou háptico e pode interagir com o sistema através de rastreamento ótico ou acústico.

AU - O usuário pode receber informações dos sistemas através de display visual ou háptico e pode interagir com o sistema através de rastreamento ótico ou mecânico.

ME - O usuário pode receber informação do sistema através de display ótico, acústico ou háptico e pode interagir com o sistema através de rastreamento ótico, acústico ou mecânico.

8.1.2 Garantir a troca entre os métodos alternativos de entrada e saída

O software deve permitir a troca entre os métodos alternativos de entrada e saída disponíveis, sem que o mesmo precise ser reconfigurado ou reiniciado, durante a troca não deve haver perda de dados.

FI/VI/AU/ME = O usuário consegue interagir com o sistema alternando entre pelo menos dois métodos de entrada diferentes em tempo de execução sem perda de dados.

2.3.1.2 Nomes e rótulos dos elementos da interface

8.2.1 Fornecer um nome para cada elemento da interface

O software deve associar um nome para cada elemento da interface do usuário a menos que este cause redundância.

FI - O usuário recebe informações do sistema através de display ótico, acústico ou háptico sobre os objetos virtuais apresentados.

VI - O usuário recebe informação do sistema através de display acústico ou háptico sobre os objetos virtuais apresentados.

AU - O usuário pode recebe informações do sistema através de display visual ou háptico.

ME - O usuário recebe informações do sistema através de display ótico, acústico ou háptico sobre os objetos virtuais apresentados.

8.2.2 Fornecer nomes intuitivos

Os nomes dos elementos da interface devem ser intuitivos para os usuários.

FI - Os gráficos tridimensionais dos objetos virtuais devem ser representações de objetos existentes no mundo real, nomes de personagens e demais elementos devem constar no dicionário regional. A pronúncia dos nomes dos elementos deve evitar o encontro consonantal sempre que possível, cada elemento deve ainda possuir um nome único, forma única e evitar palavras homófonas sempre que possível.

VI - Os nomes de personagens e demais elementos devem constar no dicionário regional. A pronúncia dos nomes dos elementos deve evitar o encontro consonantal sempre que possível, cada elemento deve ainda possuir um nome único, forma única e evitar palavras homófonas sempre que possível.

AU - Os gráficos tridimensionais dos objetos virtuais devem ser representações de objetos existentes no mundo real, nomes de personagens e demais elementos

devem constar no dicionário regional. Cada elemento deve ainda possuir um nome único e forma única.

ME - Os gráficos tridimensionais dos objetos virtuais devem ser representações de objetos existentes no mundo real, nomes de personagens e demais elementos devem constar no dicionário regional. A pronúncia dos nomes dos elementos deve evitar o encontro consonantal sempre que possível, cada elemento deve ainda possuir um nome único, forma única e evitar palavras homófonas sempre que possível.

8.2.3 Fornecer nomes únicos

Os nomes dos elementos da interface devem ser únicos.

FI - Os gráficos tridimensionais dos objetos virtuais devem ser únicos no sistema. Cada elemento da interface deve ainda possuir um nome único, forma única e evitar palavras homófonas sempre que possível.

VI - Cada elemento da interface deve possuir um nome único, forma única e evitar palavras homófonas sempre que possível.

AU - Os gráficos tridimensionais dos objetos virtuais devem ser únicos no sistema. Cada elemento da interface deve ainda possuir um nome único, forma única e evitar palavras homófonas sempre que possível.

ME - Os gráficos tridimensionais dos objetos virtuais devem ser únicos no sistema. Cada elemento da interface deve ainda possuir um nome único, forma única e evitar palavras homófonas sempre que possível.

8.2.4 Tornar os nomes acessíveis para as tecnologias assistivas

O nome de cada elemento da interface do usuário deve ser compatível com as tecnologias assistivas através de serviço ou na ausência deste deve ser fornecida a documentação com os procedimentos para a integração.

FI/VI/AU/ME = O usuário consegue utilizar dispositivos de tecnologia assistiva na operação do sistema.

8.2.5 Exibição dos nomes

Todo elemento visual do sistema deve exibir a informação do seu nome através dos tipos de display disponíveis.

FI - Os elementos gráficos tridimensionais da interface devem mostrar o seu nome de forma intuitiva, através de texto (display visual), através de som (display acústico) ou através de forma (display háptico).

VI - Os elementos gráficos tridimensionais da interface devem mostrar o seu nome de forma intuitiva, através de som (display acústico) ou através de forma (display háptico).

AU - Os elementos gráficos tridimensionais da interface devem mostrar o seu nome de forma intuitiva, através de texto (display visual) ou através de forma (display háptico).

ME - Os elementos gráficos tridimensionais da interface devem mostrar o seu nome de forma intuitiva, através de texto (display visual), através de som (display acústico) ou através de forma (display háptico). A informação deve ser discreta suficientemente para não causar confusão ao usuário.

8.2.6 Fornecer nomes e rótulos curtos

Cada nome e rótulo dos elementos do sistema devem ser curtos suficientemente para que possam ser transmitidos através de áudio para o usuário.

FI - A pronúncia dos nomes dos elementos deve evitar o encontro consonantal sempre que possível (display acústico), cada elemento deve ainda possuir forma única (display háptico) e evitar palavras homófonas sempre que possível (display acústico). Elementos visuais devem possuir nomes curtos para que possam ser mostrados em legenda de texto.

VI - A pronúncia dos nomes dos elementos deve evitar o encontro consonantal sempre que possível (display acústico), cada elemento deve ainda possuir forma única (display háptico) e evitar palavras homófonas sempre que possível (display acústico).

AU - Elementos visuais devem possuir nomes curtos para que possam ser mostrados em legenda de texto.

ME - A pronúncia dos nomes dos elementos deve evitar o encontro consonantal sempre que possível (display acústico), cada elemento deve ainda possuir forma única (display háptico) e evitar palavras homófonas sempre que possível (display acústico). Elementos visuais devem possuir nomes curtos para que possam ser mostrados em legenda de texto.

8.2.7 Fornecer rótulo para os ícones do sistema

Todo ícone apresentado pelo software deve ser associado à um rótulo informativo.

FI/VI/AU/ME = Caso o sistema possua ícones, o mesmo deve fornecer o respectivo rótulo em texto (display visual), som (display acústico) ou forma (display háptico).

8.2.8 Fornecer rótulo apropriados

Os rótulos dos elementos da interface devem ser posicionados de forma consistente em relação aos elementos a que se referem.

FI/VI/AU/ME = Caso o sistema possua ícones, o mesmo deve fornecer o rótulo para o mesmo em texto (display visual), som (display acústico) ou forma (display háptico) sempre que a área do ícone for acessada.

2.3.1.3 Preferências do usuário

8.3.1 O software deve permitir a individualização das preferências do usuário para atender suas necessidades.

O software deve permitir configurações individuais para os usuários.

FI/VI/AU/ME = O software deve permitir que cada usuário individualize as configurações com as suas preferências, através de pelo menos dois métodos de entrada diferentes.

8.3.2 Garantir o ajuste do tamanho dos elementos

O software deve permitir magnificar os elementos da interface dos usuários.

FI/AU/ME = Não se aplica.

VI = O software deve permitir aumentar o tamanho dos objetos virtuais inseridos na cena, para suportar usuários com baixa visão.

8.3.5 Garantir perfis das preferências dos usuários.

O software deve permitir aos usuários criar, salvar, editar e carregar perfis de preferências, facilitando a colaboração com outras aplicações.

FI/VI/AU/ME = O software permite compartilhar as preferências do usuário de/com outras aplicações.

8.3.6 Garantir o uso das preferências do usuário em diferentes localidades.

O software deve permitir a transferência das preferências do usuário entre diferentes localidades.

FI/VI/AU/ME = O software deve permitir o uso das preferências do usuário em locais e dispositivos diferentes.

2.3.1.4 Considerações especiais para ajustes de acessibilidade

8.4.1 Tornar os controles de acessibilidade visíveis e funcionais

O software deve tornar visível ao usuário os tipos de rastreamento e interação disponíveis.

FI/VI/AU/ME = O software deve permitir o uso dos tipos de rastreamento disponíveis de forma visível e intuitiva no primeiro contato do usuário.

8.4.2 Evitar a desativação involuntária dos ajustes de acessibilidade

O Software deve prevenir a desativação acidental dos tipos de rastreamento e display disponíveis.

FI/VI/AU/ME = O software deve manter em funcionamento todos os tipos de rastreamento e display disponíveis durante o uso.

8.4.3 Prevenir a interferência com os ajustes de acessibilidade

O software não deve desabilitar ou interferir nos ajustes de acessibilidade do sistema onde é executado.

FI/VI/AU/ME = O software não deve desabilitar ou degradar os ajustes de funcionalidade do sistema onde é executado.

2.3.1.5 Controles gerais e guias de operação

8.5.1 Otimizar o número de passos necessários para a tarefa

O software deve minimizar o número de passos necessários para a execução de qualquer tarefa.

FI/VI/AU/ME = O software deve reduzir os passos de cada tarefa ao mínimo possível, assim como deve fornecer atalhos para estas tarefas sempre que possível.

8.5.2 Garantir a funcionalidade de desfazer e confirmar

O software deve garantir um mecanismo que possibilite ao usuário cancelar a operação mais recente e/ou cancelar a ação durante o passo de confirmação.

FI/VI/AU/ME = O software deve aplicar técnicas avançadas e deve solicitar a confirmação do usuário sempre que a execução de uma tarefa produz resultado irreversível.

8.5.3 Garantir acessibilidade durante a inicialização e reinício do sistema.

O software deve garantir os ajustes de acessibilidade durante a sua inicialização, permitindo a interação do usuário mesmo durante o carregamento do mesmo.

FI/VI/AU/ME = O software deve permitir a interação do usuário mesmo durante o carregamento do mesmo.

8.5.4 Garantir o controle de mídia através do software

O software deve permitir ao usuário o controle da mídia sem a necessidade de dispositivos físicos, sempre que o hardware permitir.

FI/VI/AU/ME = O software deve oferecer meios alternativos para controlar a mídia, como por exemplo, ejetar um DVD através de comandos de voz ou reconhecimento de gestos.

8.5.5 Suportar operações de copiar e colar

O software deve suportar operações de copiar e colar, para todos os elementos da interface do usuário que permitem entrada de texto.

FI/VI/AU/ME = O software deve suportar operações de copiar e colar, para todos os elementos da interface do usuário que permitem entrada de texto.

8.5.7 Garantir alternativa para a seleção de elementos além da digitação

O software deve oferecer ao menos um método para selecionar, escolher ou ressaltar os elementos da interface do usuário.

FI/VI/AU/ME = O usuário deve selecionar, escolher ou ressaltar os objetos virtuais através de pelo menos uma forma alternativa além da digitação.

8.5.8 Persistir informações de erro ou avisos

O software deve garantir que as mensagens de erro ou aviso sejam persistidas na interface, enquanto a origem do erro estiver ativa.

FI/VI/AU/ME = As mensagens de erro ou aviso do software devem permanecer visíveis, em todos os displays disponíveis, enquanto a origem do erro permanecer ativa.

8.5.9 Apresentar as notificações de forma consistente

O software deve apresentar as notificações de forma consistente, usando pelo menos dois tipos de display para comunicação.

FI/VI/AU/ME = O software deve notificar o usuário usando todos os displays disponíveis, também usando pelo menos, o display visual e acústico.

8.5.10 Apresentar notificações inteligíveis

O software deve usar linguagem clara e intuitiva durante a exibição da notificação.

FI/VI/AU/ME = As notificações do software devem ser tão curtas e claras quanto possível em cada display disponível.

2.3.1.6 Sistemas embarcados

8.7.1 Leitura do conteúdo em sistemas embarcados

O software, quando instalado em um sistema embarcado, deve permitir a leitura do conteúdo do elemento da interface, sempre que o usuário mover o foco para este elemento.

FI/VI/ME = Sempre que o usuário mover o foco, para um dos elementos da interface, a informação relevante para o mesmo deve ser reproduzida pelo display de áudio através do software

AU = Sempre que o usuário mover o foco, para um dos elementos da interface, a informação relevante para o mesmo deve ser reproduzida pelo display de háptico ou display visual através do software

8.7.2 Notificações de mudanças nos sistemas embarcados

Qualquer mudança de foco, estado ou conteúdo dos elementos da interface devem ser reproduzidas no display de áudio.

FI/VI/ME = Sempre que houver qualquer mudança no foco, estado ou no conteúdo dos objetos virtuais, uma notificação audível deve ser emitida no display acústico.

AU = Sempre que houver qualquer mudança no foco, estado ou no conteúdo dos objetos virtuais, uma notificação visível deve ser emitida no display visual.

8.7.3 Operação por controles táteis intuitivos

Todas as funcionalidades do software devem poder ser operadas através de controles táteis intuitivos do hardware, sem exigência da visão, ou seja, os controles físicos do hardware devem possuir relevo que permita sua identificação, por pessoas com deficiência visual, como inscrições em braile, por exemplo.

FI/VI/AU/ME = O sistema embarcado deve fornecer hardware que permite o comando do software, através de controles táteis intuitivos.

8.7.4 Funções do sistema

O sistema embarcado deve implementar o sistema operacional e o software necessário, para prover os ajustes de acessibilidade necessário.

FI/VI/AU/ME = O sistema embarcado deve fornecer os ajustes de acessibilidade necessários para as tecnologias assistivas.

2.3.2 O Design Universal

O conceito de Design Universal foi primeiramente desenvolvido no ano de 1997 e diz respeito ao processo de desenvolvimento de produtos e serviços, que sejam acessíveis na maior extensão possível de pessoas, sem a necessidade de adaptações ou customizações (STORY, MUELLER e MACE, 1998).

O Design Universal não é direcionado apenas para pessoas deficientes, mas para todas as pessoas. A ideia principal deste conceito é que todas as pessoas possam acessar produtos e serviços, da mesma forma quando possível ou equivalente quando não, ou seja, o deficiente, o idoso e qualquer outra pessoa usam uma mesma porta, um mesmo elevador, ou até um mesmo software sem a necessidade de aparatos especiais.

Para que possa ser utilizado por diversas disciplinas, o Design Universal é composto por orientações genéricas, que podem ser empregadas desde a construção de uma casa até o desenvolvimento de um software, por exemplo. Estas orientações não possuem aplicação prática, por isso, o Design Universal não pode ser aplicado diretamente às aplicações de Realidade Aumentada.

O Mapeamento entre a norma ISO 9241-171 e o Design Universal, proposto no modelo USAR, resulta em um conjunto de orientações práticas, sobre a avaliação dos requisitos mínimos de acessibilidade, de acordo com o Design Universal.

O Design Universal é baseado em sete princípios (PREISER e SMITH, 2010) que são destinados a orientar o processo de design e a auxiliar na educação de designers e consumidores, sobre as características das soluções de design mais acessíveis. Os sete princípios do Design Universal são:

1. Equidade de uso: O design do produto ou serviço é aplicado para pessoas com diferentes habilidades, como, por exemplo, o uso de sensores de rastreamento ótico, que permitem o uso da aplicação de realidade aumentada, sem exigir força física ou um tamanho padrão de usuário.

2. Flexibilidade de uso: O design do produto ou serviço suporta uma variedade de preferências e habilidades, como, por exemplo, o uso de múltiplos sensores de rastreamento, que permite o uso do reconhecimento da fala, quando o rastreamento ótico não for possível, na aplicação de realidade aumentada.

3. Uso simples e intuitivo: O uso do produto ou serviço é de fácil entendimento, não são necessárias experiências anteriores de uso, conhecimentos prévios, habilidades linguísticas ou altos graus de concentração, como, por exemplo, o uso de interface natural de usuário (WIGDOR e WIXON, 2011), através dos sensores de rastreamento, na aplicação de realidade aumentada.

4. Informação de uso acessível: Todas as informações relativas ao uso do produto ou serviço são de fácil acesso, como, por exemplo, o uso do display acústico em conjunto com o display visual, fornecendo múltiplas saídas, nas aplicações de realidade aumentada.

5. Tolerância ao erro: O produto ou serviço permite rever ações, assim como não gera consequências adversas de ações acidentais ou não intencionais, como, por exemplo, a detecção de colisão, para pessoas com deficiência física e/ou visual, através da aplicação de realidade aumentada.

6. Baixo esforço físico: Uso do produto ou serviço é confortável, não gera fadiga, como, por exemplo, o acionamento do interruptor em uma casa pelo reconhecimento da fala, através de uma aplicação de demótica com realidade aumentada.

7. Tamanho e Espaço: são tamanhos adequados a qualquer indivíduo, como, por exemplo, o uso de sensores de rastreamento ótico, que fazem a calibragem personalizada para cada indivíduo, independentemente da sua altura ou peso.

Cada princípio do Design Universal é composto por orientações que descrevem elementos-chave que devem estar presentes em um projeto aderente aos princípios.

Os princípios e orientações do Design Universal servem como metas para a avaliação da acessibilidade no modelo USAR. Cada Meta do Design Universal tem um questionário de avaliação equivalente no modelo USAR, desta forma é possível avaliar os requisitos mínimos de acessibilidade, das aplicações de Realidade Aumentada.

O objetivo do modelo USAR é a avaliação mínima da acessibilidade, para aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, por isso, foi necessário relacionar as orientações genéricas do Design Universal com os conceitos da Realidade Aumentada. Os itens a seguir apresentam o resultado deste relacionamento, para cada princípio do Design Universal.

2.3.3 Uso equitativo

2.3.3.1 Proporcionar a mesma forma de utilização a todos os utilizadores: idêntica sempre que possível; equivalente se necessário.

Na Realidade Aumentada a mesma forma de utilização é proporcionada, geralmente, através do rastreamento, como por exemplo, o rastreamento ótico, que reconhece os gestos do usuário, independentemente da altura, peso ou capacidade motor.

2.3.3.2 Evitar segregar ou estigmatizar quaisquer usuários

Através dos displays, das aplicações de realidade aumentada, é possível evitar a segregação e estigma dos usuários, entregando a mesma experiência de várias formas diferentes, como por exemplo, a aplicação de mapas com alto contraste e relevo, que permitem a pessoa com deficiência visual ou baixa visão o mesmo acesso à informação.

2.3.3.3 Colocar igualmente ao alcance de todos os usuários a privacidade, proteção e segurança

As aplicações de Realidade Aumentada, podem universalizar o acesso à privacidade, proteção e segurança, como por exemplo, o uso de aplicações para navegação de cadeirantes, que evitam a colisão com outros objetos, ou então, aplicações de domótica, que evitam acidentes domésticos, desligando automaticamente o gás, água, etc.

2.3.3.4 Tornar o design atraente a todos os usuários

O design da aplicação torna-se mais atrativo, na realidade aumentada, através da gamificação, como por exemplo, na utilização das pessoas com deficiência para prática de atividades físicas.

2.3.4 Flexibilidades de uso

2.3.4.1 Permitir escolher a forma de utilização

A utilização de múltiplos sensores de rastreamento e de múltiplos displays, em aplicações de realidade aumentada, permitem a interação para a pessoa com deficiência de várias formas diferentes.

2.3.4.2 Acomodar o acesso e o uso com a mão direita ou esquerda

Os sensores de rastreamento ótico, que realizam o reconhecimento de gestos, das aplicações de realidade aumentada, suportam interação com qualquer uma das mãos da pessoa com deficiência, como, por exemplo, em aplicações de domótica assistiva.

2.3.4.3 Facilitar a exatidão e a precisão do usuário

A magnificação dos objetos virtuais, por qualquer um dos tipos de display disponíveis, contribui para a exatidão e precisão do uso pela pessoa com deficiência.

2.3.4.4 Garantir adaptabilidade ao ritmo do usuário

A adaptabilidade das aplicações de realidade aumentada é percebida em aplicações de reabilitação, como por exemplo, aplicações para reabilitação de AVC, onde a manipulação de objetos virtuais, no ritmo do usuário, contribui para a reabilitação das funções motoras.

2.3.5 Uso simples e intuitivo

2.3.5.1 Eliminar complexidade desnecessária

O reconhecimento do participante, através do rastreamento ótico, permite a aplicação de realidade aumentada eliminar a tela de login, reduzindo a complexidade do uso pela pessoa com deficiência.

2.3.5.2 Ser coerente com as expectativas e a intuição do usuário

O uso da interface natural, através dos sensores de rastreamento, torna a interação com as aplicações de realidade aumentada familiar para a pessoa com deficiência.

2.3.5.3 Acomodar um amplo leque de capacidades linguísticas e níveis de instrução

O uso de ícones com sinalização em conformidade com padrões internacionais, minimiza a necessidade de conhecimento do idioma local pela pessoa com deficiência.

2.3.5.4 Organizar a informação de forma coerente com a sua importância

A categorização de atividades perigosas em sistemas de navegação, na cor vermelha, destaca situações de risco para a pessoa com deficiência, em aplicações de realidade aumentada.

2.3.5.5 Garantir prontidão e resposta efetivas durante e após a execução de tarefas

Um dos princípios da realidade aumentada, é a execução em tempo real, para que o usuário tenha a experiência de imersão no mundo aumentado.

2.3.6 Informação perceptível

2.3.6.1 Usar diferentes modos (pictórico, verbal, tátil) para apresentar de forma redundante informação essencial.

As aplicações de realidade aumentada podem, através dos displays, apresentar a informação do sistema de forma redundante, seja ela uma imagem (display visual), um som (display acústico ou tátil (display háptico)).

2.3.6.2 Maximizar a “legibilidade” de informação essencial.

As aplicações de realidade aumentada podem tornar a informação mais legível, como por exemplo, no uso do display visual, em um sistema de navegação onde os mapas são mostrados em contraste, para pessoas com baixa visão.

2.3.6.3 Diferenciar os elementos de forma a torná-los facilmente descritíveis (i.e., fazer com que seja fácil dar instruções ou orientações).

As aplicações de realidade aumentada, através do display háptico, podem aplicar alto contraste na textura que representa um determinado objeto virtual.

2.3.6.4 Assegurar a compatibilidade com uma diversidade de técnicas ou equipamentos utilizados por pessoas com limitações sensoriais

O uso do display háptico na construção de formas e texturas, do display visual na exibição de imagens ou do display acústico, na emissão de sons, favorecem a comunicação com pessoas com limitações sensoriais.

2.3.6.5 Fornecer compatibilidade com uma variedade de técnicas ou dispositivos utilizados por pessoas com limitações sensoriais

A utilização de alguns sensores de rastreamento, como o sensor de rastreamento ótico, permite o uso por pessoas com cadeira de rodas, por exemplo. Da mesma forma, a utilização de rastreamento acústico permite a interação pela pessoa deficiente portando uma bengala.

2.3.7 Tolerância ao erro

2.3.7.1 Ordenar os elementos de forma a minimizar riscos e erros: os elementos mais usados são mais acessíveis, e os elementos perigosos são eliminados, isolados ou protegidos

O uso dos sensores de rastreamento, em sistemas de navegação de realidade aumentada, pode evitar a colisão com obstáculos.

2.3.7.2 Garantir o aviso de riscos e erros.

O uso de avisos de confirmação visuais e sonoros minimizam a incidência de erro nas aplicações de realidade aumentada.

2.3.7.3 Proporcionar características de falha segura.

O uso de realidade aumentada, em aplicações de domótica, garantem esquemas de segurança, no uso de torneiras, registro de gás e outros itens que o usuário tenha eventualmente esquecido de desligar.

2.3.7.4 Desencorajar ação inconsciente em tarefas que requeiram vigilância

A utilização de caixas de diálogo, na confirmação de uma operação irreversível, minimiza o risco de ação inconsciente do usuário no uso da aplicação de realidade aumentada.

2.3.8 Baixo esforço físico

2.3.8.1 Permitir ao usuário manter uma posição neutra do corpo

A aplicação da realidade aumentada permite o acionamento dos dispositivos, através de disjuntores virtuais, que são acionados pelo reconhecimento de gestos e contribui para a posição neutra do corpo do usuário.

2.3.8.2 Usar forças razoáveis na operação

O reconhecimento da fala, através do sensor de rastreamento acústico, permite a interação com as aplicações de realidade aumentada com baixo esforço físico do usuário.

2.3.8.3 Minimizar operações repetitivas

O reconhecimento da fala, através do sensor de rastreamento acústico, minimiza a digitação repetitiva do usuário no teclado.

2.3.8.4 Minimizar o esforço físico continuado

A automação de cadeiras de rodas, com aplicações de detecção de colisão, baseadas em realidade aumentada, reduzem o esforço físico do cadeirante durante a sua locomoção.

2.3.9 Tamanho e espaço adequados para o uso

2.3.9.1 Providenciar a qualquer utilizador (sentado ou de pé) uma linha de visão desimpedida para elementos importantes

O uso dos displays visuais, principalmente aqueles baseados em projeção, contribuem para a visão desimpedida do usuário, assim como acontece no mundo real.

2.3.9.2 Tornar o alcance a todos os componentes confortável para qualquer usuário sentado ou em pé

O uso dos sensores de rastreamento, acústicos ou mecânicos, permitem a interação com a aplicação de realidade aumentada independentemente da posição do usuário.

2.3.9.3 Acomodar variações no tamanho da mão ou na sua capacidade de agarrar

Os displays hápticos, das aplicações de realidade aumentada, podem gerar formas e texturas adequadas ao tamanho e força da mão do usuário.

2.3.9.4 Providenciar espaço adequado para o uso de aparelhos de ajuda ou de assistência pessoal

Recomendação física sobre o espaço necessário para o uso de outros dispositivos de tecnologias assistivas, em conjunto com a aplicação de realidade aumentada.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 PESQUISA SOBRE OS PROBLEMAS EM ABERTO

Através de pesquisa realizada por Cedro (CEDRO2 e BETINI, 2014), observou-se que a utilização da avaliação formal da acessibilidade e da usabilidade, em aplicações de realidade aumentada, ainda é uma lacuna a ser preenchida no estado da arte.

Os conceitos de acessibilidade e usabilidade, embora complementares, são distintos entre si. Enquanto a usabilidade tem como objetivo tornar o software o mais usável possível, ou seja, tão produtivo quanto possível, baseando-se em um padrão específico de usuário; a Acessibilidade foca em tornar o software mais acessível, ou seja, acessível à maior extensão possível de usuários, baseando-se em vários padrões de usuários.

A avaliação da acessibilidade é primordial, quando os sistemas de realidade aumentada são utilizados como tecnologias assistivas. O modelo USAR propõe o preenchimento desta lacuna, através da avaliação preditiva da acessibilidade, para aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas.

Na pesquisa de Cedro (CEDRO2 e BETINI, 2014) foram analisados 532 artigos, publicados entre os anos de 2010 à 2013, sobre o tema da Realidade Aumentada. Neste trabalho não foi identificado nenhum artigo que usasse a avaliação formal da acessibilidade.

Estes artigos geralmente abordam a criação de novos dispositivos físicos ou de novas aplicações, por isso, avaliam a eficiência do uso do dispositivo ou da aplicação proposta, ou seja, focam prioritariamente na usabilidade da solução proposta. Estes trabalhos podem ser classificados, segundo seus objetivos de avaliação, em quatro categorias distintas:

- Percepção: experimentos que estudam as tarefas básicas, com o objetivo de entender como a percepção e a cognição humana trabalham em um contexto de realidade aumentada.
- Performance: experimentos que avaliam a performance da tarefa do usuário, em aplicações específicas ou domínios de aplicação de realidade aumentada,

com foco no entendimento sobre como a tecnologia de realidade aumentada pode impactar estas tarefas.

- Colaboração: experimentos que avaliam genericamente a interação do usuário e a comunicação entre múltiplos usuários colaborativos.
- Interação: experimentos que, apesar de similares à categoria de performance, empregam qualquer outro meio de avaliação da usabilidade do sistema, que são, geralmente, diferentes do método de medição de tarefas dos usuários.

A Figura 18 mostra a predominância da avaliação focada na performance dos usuários e indica uma tendência de avaliações da eficiência dos usuários no uso das aplicações de Realidade Aumentada.

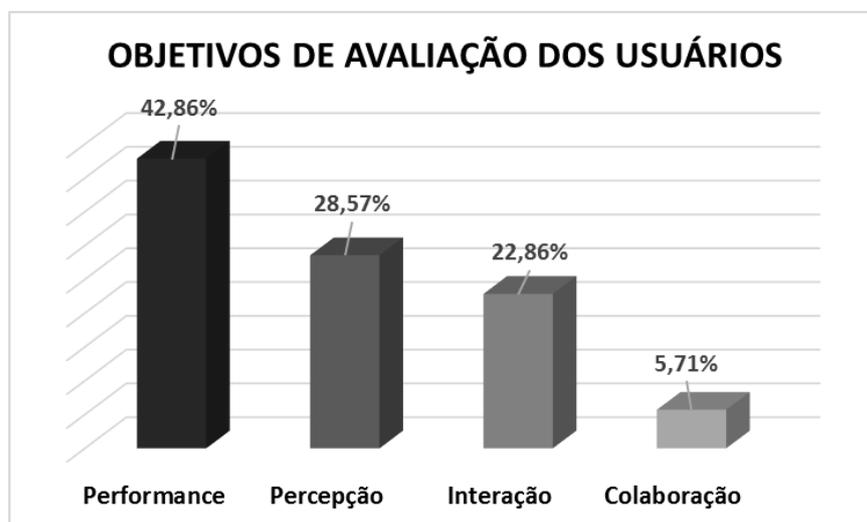


Figura16 – Objetivo de avaliação dos usuários (CEDRO2 e BETINI, 2014).

Podemos observar que nenhuma das categorias citadas atende aos requisitos mínimos da avaliação da acessibilidade, estabelecendo assim, o problema em aberto a ser atendido por esta dissertação de mestrado.

3.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO USAR

A metodologia empregada para a construção do modelo proposto teve como primeiro passo uma revisão bibliográfica sobre a avaliação da acessibilidade e sobre o uso de tecnologias assistivas em aplicações de Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada é uma tecnologia emergente, por isso, a literatura existente sobre a avaliação da acessibilidade ainda é escassa. Da mesma forma a busca por publicações sobre a avaliação de aplicações de Realidade Aumentada no contexto das tecnologias assistivas também não trouxe resultados consistentes.

Na busca por uma solução para a avaliação da acessibilidade, em aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, foram identificados dois temas que, se combinados, podem atender a este propósito: O Design Universal e a ISO 9241-171.

O Design Universal é a concepção de design de produtos, serviços e ambientes que sejam usáveis pela maior extensão possível de pessoas, sem a necessidade de adaptação ou customizações, está diretamente relacionado com o conceito de acessibilidade, expresso através de seus sete princípios.

Estes princípios se desdobram em trinta diretrizes, que representam as orientações genéricas de acessibilidade, que servem às diversas áreas do conhecimento, como arquitetura e computação, por exemplo.

A ISO 9241-171 fornece requisitos e recomendações práticas sobre o design de software acessível, para o uso no trabalho, no lar, na educação e em lugares públicos, por pessoas em uma ampla gama de habilidades físicas.

Atualmente não existe uma tradução da norma ISO 9241-171 para o idioma português brasileiro. Para que fosse possível a construção do modelo USAR, foi preciso fazer a interpretação da norma para este idioma.

O modelo USAR mapeia os requisitos e recomendações da ISO 9241-171, para as orientações do Design Universal. A Figura 16 ilustra o relacionamento entre o modelo USAR, o Design Universal, a norma ISO 9241-171, a Realidade Aumentada e as Tecnologias Assistivas.



Figura 17 – Relacionamentos do Modelo USAR.

Nem o Design Universal e nem a norma ISO 9241-171 abordam o uso da Realidade Aumentada, por isso, o modelo USAR estende a aplicação de ambos para este contexto, através do mapeamento realizado.

Para que as orientações do Design Universal e os requisitos e recomendações da norma ISO 9241-171 pudessem ser mapeados para o cenário da Realidade Aumentada, foi necessário correlacionar o mapeamento realizado com as características desta tecnologia, abordando principalmente o uso dos sensores de rastreamento e os tipos de display disponíveis atualmente.

A norma ISO 9241-171 apresenta dois capítulos específicos para interface multimídia; um sobre dispositivos de entrada, que aborda geralmente os aspectos de utilização do mouse e teclado; e outro sobre os dispositivos de saída, que trata basicamente da disposição da informação no monitor de vídeo.

O uso tanto do teclado e do mouse, quanto do monitor de vídeo não atendem a complexidade dos dispositivos passíveis de uso em aplicações de Realidade Aumentada. Muitas aplicações sequer fazem uso destes dispositivos.

A interpretação da norma ISO 9241-171 presente neste trabalho, traduz também os conceitos apresentados para o contexto da Realidade Aumentada, considerando os tipos de tecnologias mais comuns da literatura atual.

Não foi possível construir um modelo automático de avaliação, pois as aplicações de Realidade Aumentada podem ser usadas em uma infinidade de contextos e até o momento é impossível prever todos os casos de uso. Não foi identificada na literatura nenhum modelo automático de avaliação da acessibilidade, para as aplicações de Realidade Aumentada.

Não foi identificado na literatura atual um modelo completo de avaliação da acessibilidade, para as aplicações de Realidade Aumentada. Desta forma, o modelo proposto foi construído com o objetivo de realizar a avaliação da acessibilidade mínima.

A construção de um modelo de avaliação, que avalie a acessibilidade em toda a sua plenitude, é um tema complexo que exige o aprofundamento de vários membros da comunidade científica e por isso, não poderia ser tratada somente nesta dissertação de mestrado.

4 O MODELO USAR

O principal objetivo do modelo USAR é servir aos educadores especiais, desenvolvedores e consumidores de tecnologias assistivas, como critério para a utilização ou não das aplicações de realidade aumentada, como tecnologias assistivas. Neste capítulo são apresentados a estrutura do modelo USAR e os questionários construídos.

4.1 ESTRUTURA DO MODELO USAR

O USAR é um modelo preditivo, ou seja, permite realizar a análise da acessibilidade, baseando-se no modelo cognitivo dos utilizadores para prever o seu comportamento, conseqüentemente, os educadores e consumidores conseguem tomar a decisão antes da aquisição da aplicação de realidade aumentada.

O modelo USAR também pode ser usado por desenvolvedores, como suporte no desenvolvimento da aplicação, garantindo a atenção aos requisitos mínimos de acessibilidade durante a fase de desenvolvimento, usando as metas dos questionários como requisitos da aplicação desenvolvida.

O modelo USAR é aplicado através de questionários, que são baseados na estrutura de um modelo preditivo de avaliação hierárquica.

A estrutura do questionário consiste de quatro componentes: um conjunto de metas, que correspondem às tarefas que o utilizador deve realizar, ou seja, o objetivo de determinada ação do sistema; um conjunto de métodos, que constituem as ações do utilizador necessárias para atingir as Metas; um conjunto de operadores, que agrupam os métodos em uma unidade lógica; e o indicador de conformidade, que define se o operador escolhido atinge uma determinada Meta.

O modelo USAR tem como produto de avaliação o indicador de conformidade, que tem o objetivo de prever a acessibilidade mínima de uma aplicação, em relação aos requisitos mínimos de acessibilidade, do Design Universal.

As orientações do Design Universal são representadas pelas metas dos questionários no modelo USAR. Como estas orientações não são prescritivas, ou seja, não indicam o “como fazer”, é necessária a utilização conjunta de uma norma prática compatível, para que seja possível a avaliação destas orientações.

Nem o Design Universal e nem a norma ISO 9241-171 abordam o uso da Realidade Aumentada, por isso, o modelo USAR estende a aplicação de ambos para este contexto, através do mapeamento realizado.

O Objetivo deste mapeamento, através dos questionários, é traduzir o conteúdo técnico da avaliação da acessibilidade para uma linguagem clara e intuitiva, para que diferentes públicos possam fazer uso do modelo, mesmo sem nenhum conhecimento teórico sobre a avaliação da acessibilidade.

As metas dos questionários definem o objetivo a ser avaliado, em acordo com o Design Universal, apresentadas na parte de cima do questionário, vide Figura 17 A na cor azul.

Podem existir vários caminhos distintos para alcançar a meta. Cada caminho é especificado no questionário através de um ou mais métodos, vide Figura 17 B na cor amarela.

O modelo USAR permite a avaliação de um ou mais tipos de deficiências. Para organizar os métodos conforme o tipo de deficiência a ser avaliado, são usados os operadores dos questionários, vide Figura 17 C na cor laranja.

Os operadores dos questionários no modelo USAR, agrupam os métodos relacionados à uma determinada deficiência, conforme a classificação do governo brasileiro (BRASIL, 2006), em quatro categorias: física, visual, auditiva e mental. A nomenclatura inicial de cada operador faz referência à deficiência relacionada, sendo FI (deficiência física), VI (deficiência visual), AU (deficiência auditiva) e ME (deficiência mental).

Cada pessoa com deficiência é única e possui suas particularidades. Entretanto, o modelo USAR busca, através dos métodos dos questionários, identificar algumas das necessidades comuns às pessoas com um mesmo tipo de deficiência.

O último componente do questionário é o indicador de conformidade, que identifica se a meta foi atendida pelos operadores disponíveis, vide Figura 17 D na cor verde. Através da nomenclatura inicial dos operadores, o utilizador pode verificar como cada deficiência é atendida pela meta.

As questões de cada um dos questionários são claras e intuitivas, para que não haja margem para dúvida entendimento. Cada questionário é composto por uma única meta, quatro operadores, um ou mais métodos e pelo indicador de

conformidade. A Figura 17 apresenta a estrutura básica dos questionários do modelo USAR.

NÚMERO DO QUESTIONÁRIO META (ORIENTAÇÃO DO DESIGN UNIVERSAL)		A
OP. FI	FI XX = Prefixo do método, numeração e descrição do método de avaliação da deficiência física	
OP. VI	VI XX = Prefixo do método, numeração e descrição do método de avaliação da deficiência visual	B
OP. AU	AU XX = Prefixo do método, numeração e descrição do método de avaliação da deficiência auditiva	
OP. ME	ME XX = Prefixo do método, numeração e descrição do método de avaliação da deficiência mental	
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME		D

Figura 18 – Estrutura básica dos questionários do modelo USAR.

O modelo USAR oferece uma visão holística sobre a avaliação da acessibilidade, ou seja, pode ser usado para avaliar uma única deficiência ou todos os tipos de deficiência ao mesmo tempo, pois os questionários são sensíveis ao contexto, por exemplo, para a avaliação da acessibilidade, apenas para a deficiência física, o usuário irá considerar apenas o operador com a nomenclatura inicial FI.

Definido o contexto da avaliação da acessibilidade, o usuário deverá verificar se todas as metas referentes ao(s) tipo(s) de deficiência(s) avaliada (s) foram atendidas, ou seja, se o indicador de conformidade corresponde ao tipo de deficiência avaliada.

O indicador de conformidade é diretamente proporcional à quantidade de deficiências observadas na avaliação, ou seja, caso a avaliação da acessibilidade seja feita somente para uma deficiência, o indicador de conformidade corresponde ao total de trinta questionários; já na avaliação de dois tipos de deficiência o indicador de conformidade corresponde ao dobro do total de questionários, ou sessenta, e assim por diante.

O modelo USAR avalia os requisitos mínimos de acessibilidade, portanto, é necessário que o indicador de conformidade armazene o operador do tipo de deficiência avaliada em cada questionário avaliado, para que a aplicação seja considerada minimamente acessível.

Cada orientação do Design Universal (meta do questionário) tem peso igual no modelo USAR, para que uma aplicação de realidade aumentada seja considerada minimamente acessível, esta deve atender igualmente à todas as metas.

Portanto existe uma relação linear entre a quantidade de metas avaliadas/atendidas e a acessibilidade mínima da aplicação, segundo o modelo usar, por exemplo, para um cenário com 30 metas avaliadas, a aplicação só será minimamente acessível caso as 30 metas sejam atendidas. Qualquer outro resultado classifica a aplicação como minimamente inacessível.

4.2 QUESTIONÁRIOS DO MODELO USAR

A aplicação do modelo USAR é feita através de questionários. Cada questionário é composto por um campo chamado meta, que informa o objetivo a ser cumprido (orientação do Design Universal); um ou mais campo(s) chamado(s) método(s), que informa(m) o meio para alcançar o objetivo (recomendação/requisito da ISO 9241-171); quatro operadores, que identifica(m) o(s) método(s) e o(s) relaciona(m) com um dos quatro tipos de deficiência; e por fim um campo chamado indicador de conformidade, que armazena os operadores que atingem a meta.

Para que a aplicação seja considerada minimamente acessível, esta deve conter pelo menos um indicador de conformidade assinalado, para cada tipo de deficiência avaliado, em cada questionário utilizado na avaliação.

O primeiro questionário, chamado Q1, tem como meta a primeira orientação do princípio uso equitativo do Design Universal, conforme explicação disponível na página 47, item 2.3.3.1. Seus operadores são compostos pelas recomendações/requisitos 8.1.1 e 8.1.2 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 38 e 39.

A meta deste primeiro questionário é garantir a mesma forma de utilização da aplicação de realidade aumentada. Esta equivalência do uso é avaliada de acordo com os tipos de displays; descritos no item 2.1.3; e tipos de rastreamento do participante; descritos no item 2.1.1; utilizados pela aplicação, que garantem a equivalência de uso da aplicação entre pessoas com deficiências diferentes. A Tabela 1 apresenta o questionário Q1.

Tabela 1 – Questionário Q1 do modelo USAR.

Q1 META = Proporciona a mesma forma de utilização a todos os usuários: idêntica sempre que possível; equivalente, quando não for	
FI	FI 1 = O software apresenta dois dos seguintes modos: som, imagem, textura?
	FI 2 = É possível interagir com o software com pelo menos dois dos seguintes modos: gestos, fala, aparelho mecânico?
	FI 3 = É possível alternar entre as formas de interação do software sem perder o que já foi feito?
VI	VI 1 = O software apresenta som e textura?
	VI 2 = É possível interagir com o software com pelo menos dois dos seguintes modos: gestos, fala, aparelho mecânico?
	VI 3 = É possível alternar entre as formas de interação do software sem perder o que já foi feito?
AU	AU 1 = O software apresenta imagem e textura?
	AU 2 = É possível interagir com o software através de gestos ou de aparelho mecânico?
	AU 3 = É possível alternar entre as formas de interação do software sem perder o que já foi feito?
ME	ME 1 = O software apresenta dois dos seguintes modos: som, imagem, textura?
	ME 2 = É possível interagir com o software com pelo menos dois dos seguintes modos: gestos, fala, aparelho mecânico?
	ME 3 = É possível alternar entre as formas de interação do software sem perder o que já foi feito?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A interpretação da norma ISO 9241-171, em seus itens 8.1.1 e 8.2.2, dispostos na página 38 e 39, apresenta os sensores de rastreamento e tipos de displays usados para cada operador (tipos de deficiência: física, visual, auditiva e mental).

Os displays acústico, visual e háptico, são mais comumente utilizados em aplicações de Realidade Aumentada (FURHT, 2011), portanto, são três parâmetros considerados para a avaliação neste primeiro questionário.

É importante observar que o display visual não se aplica aos deficientes visuais, assim como o display acústico não se aplica ao deficiente auditivo, por isso, esses parâmetros não são considerados neste primeiro questionário, para a avaliação singular de cada um desses tipos de deficiência.

Os tipos de rastreamento do participante mais comumente usados são o rastreamento ótico, acústico e mecânico (CRAIG, 2013), portanto, são três parâmetros considerados para a avaliação neste primeiro questionário.

O rastreamento acústico, considerando apenas o reconhecimento da fala, não se aplica aos deficientes auditivos, por isso, este parâmetro não é considerado neste primeiro questionário, somente na avaliação desse tipo de deficiência.

A capacidade de alternar entre os displays e tipos de rastreamento disponíveis, sem prejuízo do trabalho já realizado, é o último quesito de avaliação considerado neste primeiro questionário.

O segundo questionário, chamado Q2, tem como meta a segunda orientação do princípio uso equitativo do Design Universal, conforme explicação disponível na página 47, item 2.3.3.2. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.3.1 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 41.

A meta deste segundo questionário é garantir que pessoas com deficiências diferentes possam usar o sistema. Esta igualdade do uso é avaliada através dos tipos de rastreamento disponíveis na aplicação, considerando as preferências individuais de cada usuário, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.1, apresentado na página 41.

São considerados como parâmetros para este segundo questionário os tipos de rastreamento ótico, visual e acústico, por serem os tipos de rastreamento mais comumente usados, mesmo critério do questionário anterior. A Tabela 2 apresenta o questionário Q2.

Tabela 2 – Questionário Q2 do modelo USAR.

Q2 META = Evita segregar ou estigmatizar qualquer usuário.	
FI	FI 4 = É possível configurar as preferências individuais de cada usuário, usando pelo menos dois dos seguintes métodos de entrada: reconhecimento de gestos, reconhecimento da fala e reconhecimento mecânico?
VI	VI 4 = É possível configurar as preferências individuais de cada usuário, usando pelo menos dois dos seguintes métodos de entrada: reconhecimento de gestos, reconhecimento da fala e reconhecimento mecânico?
AU	AU 4 = É possível configurar as preferências individuais de cada usuário, usando os seguintes métodos de entrada: reconhecimento de gestos e reconhecimento mecânico?
ME	ME 4 = É possível configurar as preferências individuais de cada usuário, usando pelo menos dois dos seguintes métodos de entrada: reconhecimento de gestos, reconhecimento da fala e reconhecimento mecânico?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

Assim como no questionário Q1, o tipo de rastreamento acústico não é considerado na avaliação da pessoa com deficiência auditiva, dada a impossibilidade de sua aplicação neste contexto.

O terceiro questionário, chamado Q3, tem como meta a terceira orientação do princípio uso equitativo do Design Universal, conforme explicação disponível na página 47, item 2.3.3.3. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.3.5 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 42. A Tabela 3 apresenta o questionário Q3.

Tabela 3 – Questionário Q3 do modelo USAR.

Q3 META = Providencia a privacidade, proteção e segurança, igualmente, a todos os usuários	
FI	FI 5 = O software permite carregar/compartilhar as configurações de preferência do usuário com outras aplicações?
VI	VI 5 = O software permite carregar/compartilhar as configurações de preferência do usuário com outras aplicações?
AU	AU 5 = O software permite carregar/compartilhar as configurações de preferência do usuário com outras aplicações?
ME	ME 5 = O software permite carregar/compartilhar as configurações de preferência do usuário com outras aplicações?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste terceiro questionário é garantir que as preferências individuais de cada usuário possam ser compartilhadas, de forma segura, com outras aplicações, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.5, apresentado na página 42.

Aplicações de realidade aumentada são executadas sobre diversos sistemas operacionais, portanto, as questões relacionadas à segurança são delegadas ao próprio sistema operacional, seja ele aberto, proprietário ou embarcado, pois estas questões envolvem inúmeros aspectos, não relacionados exclusivamente à acessibilidade e que não deveriam ser cobertos pelo modelo USAR.

Desta forma, as questões deste terceiro questionário avaliam apenas a capacidade de compartilhamento das preferências individuais de cada usuário, pela aplicação de realidade aumentada.

O quarto questionário, chamado Q4, tem como meta a quarta orientação do princípio uso equitativo do Design Universal, conforme explicação disponível na página 47, item 2.3.3.4. Seus operadores são compostos pelas recomendações/requisitos 8.3.2 e 8.7.1 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta nas páginas 41 e 44. A Tabela 4 apresenta o questionário Q4.

Tabela 4 – Questionário Q4 do modelo USAR.

Q4 META = Torna o design atraente a todos os usuários	
FI	FI 6 = O software emite notificação sonora, tátil ou textual quando um objeto ou personagem é selecionado?
VI	VI 6 = É possível aumentar o tamanho dos personagens e objetos para suportar usuários com baixa visão?
	VI 7 = O software emite notificação sonora, tátil ou textual quando um objeto ou personagem é selecionado?
AU	AU 6 = O software emite notificação tátil ou textual quando um objeto ou personagem é selecionado?
ME	ME 6 = O software emite notificação sonora, tátil ou textual quando um objeto ou personagem é selecionado?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste quarto questionário é tornar o design atraente à todos os usuários. Este objetivo pode ser minimamente alcançado através dos tipos de display disponíveis e através da magnificação de objetos, para usuários com baixa visão, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.2, apresentado na página 41 e item 8.7.1 apresentado na página 44.

Conforme foi explicado nos questionários anteriores, os tipos de display mais comumente utilizados, pelas aplicações de realidade aumentada, são: display visual, acústico e háptico. Estes displays compõem os parâmetros de avaliação deste quarto questionário.

Importante observar que o display acústico não se aplica às pessoas com deficiência auditiva, por isso, este parâmetro não foi considerado para a avaliação neste contexto.

Além da avaliação dos tipos de displays disponíveis, outra característica da aplicação de realidade aumentada é importante para as pessoas com deficiência visual, que é a magnificação dos personagens e objetos apresentados, suportando os usuários com baixa visão. Por isso, apenas a deficiência visual contém um método de avaliação a mais neste quarto questionário.

O quinto questionário, chamado Q5, tem como meta a primeira orientação do princípio uso flexível do Design Universal, conforme explicação disponível na página 48, item 2.3.4.1. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.3.6 da norma

ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 42. A Tabela 5 apresenta o questionário Q5.

Tabela 5 – Questionário Q5 do modelo USAR.

Q5 META = Possibilita a escolha de formas de utilização	
FI	FI 7 = O software permite usar as configurações das preferências do usuário em localidades diferentes?
VI	VI 8 = O software permite usar as configurações das preferências do usuário em localidades diferentes?
AU	AU 7 = O software permite usar as configurações das preferências do usuário em localidades diferentes?
ME	ME 7 = O software permite usar as configurações das preferências do usuário em localidades diferentes?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste quinto questionário é avaliar se as preferências individuais de cada usuário estão disponíveis em diferentes regiões do planeta, ou seja, se é possível carregar estas preferências independentemente da localização geográfica e do dispositivo utilizado, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.6, apresentado na página 42.

As aplicações de realidade aumentada são executadas sobre diversos sistemas operacionais, por isso, apenas um único item de avaliação compõe este questionário, que é a capacidade de executar a aplicação em localidades diferentes, utilizando as preferências individuais do usuário já salvas.

O sexto questionário, chamado Q6, tem como meta a segunda orientação do princípio uso flexível do Design Universal, conforme explicação disponível na página 48, item 2.3.4.2. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.7.3 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 44. A Tabela 6 apresenta o questionário Q6.

Tabela 6– Questionário Q6 do modelo USAR.

Q6 META = Atende o acesso e o uso, tanto ao destro, como ao canhoto	
FI	FI 8 = Os controles físicos (quando presentes) são acessíveis por pessoas destros e canhotos?
VI	VI 9 = Os controles físicos (quando presentes) são acessíveis por pessoas destros e canhotos?
AU	AU 8 = Os controles físicos (quando presentes) são acessíveis por pessoas destros e canhotos?
ME	ME 8 = Os controles físicos (quando presentes) são acessíveis por pessoas destros e canhotos?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste sexto questionário é acomodar o uso de indivíduos destros e canhotos. Este critério de avaliação está diretamente relacionado com a manipulação dos controles físicos da aplicação, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.7.3, apresentado na página 44.

Existem aplicações de realidade aumentada que dispensam a manipulação de controles físicos, principalmente aquelas que aplicam alguma técnica de reconhecimento de gestos. Portanto, esta é uma meta opcional, que deve ser considerada apenas na presença de controles físicos pela aplicação.

Caso a aplicação não obrigue a manipulação de controles físicos, este questionário deve ser considerado como atendido e seu peso correspondente deve compor o indicador de *Mc* no cálculo do indicador de aderência.

Caso a aplicação utilize algum tipo de manipulação de controles físicos, o seu uso por pessoas destros e canhotos deve ser observado na avaliação deste sexto questionário.

O sétimo questionário, chamado Q7, tem como meta a terceira orientação do princípio uso flexível do Design Universal, conforme explicação disponível na página 48, item 2.3.4.3. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.2.1 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 39. A Tabela 7 apresenta o questionário Q7.

Tabela 7– Questionário Q7 do modelo USAR.

Q7 META = Facilita a exatidão e a precisão por parte do usuário	
FI	FI 9 = É possível identificar os elementos da aplicação através de texto, som ou forma?
VI	VI 10 = É possível identificar os elementos da aplicação através de som ou forma?
AU	AU 9 = É possível identificar os elementos da aplicação através de texto ou forma?
ME	ME 9 = É possível identificar os elementos da aplicação através de texto, som ou forma?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste sétimo questionário é facilitar a exatidão e a precisão do usuário, durante a operação da aplicação de realidade aumentada. Este critério de avaliação está diretamente relacionado com a apresentação da informação nos displays disponíveis, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.2.1, apresentado na página 39.

Os tipos de display mais comumente usados nas aplicações de realidade aumentada são o display visual, acústico e háptico. Estes displays servem de parâmetro para a avaliação deste questionário.

O display acústico, a exemplo dos questionários anteriores, não é considerado como parâmetro de avaliação para pessoas com deficiência auditiva.

Este sétimo questionário avalia a possibilidade de identificar os elementos da aplicação através dos displays disponíveis.

O oitavo questionário, chamado Q8, tem como meta a quarta orientação do princípio uso flexível do Design Universal, conforme explicação disponível na página 48, item 2.3.4.4. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.4.1 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 42. A Tabela 8 apresenta o questionário Q8.

Tabela 8– Questionário Q8 do modelo USAR.

Q8 META = Oferece adaptabilidade no ritmo de assimilação do usuário	
FI	FI 10 = O software apresenta os recursos de acessibilidade disponíveis, de forma intuitiva para os usuários?
VI	VI 11 = O software apresenta os recursos de acessibilidade disponíveis, de forma intuitiva para os usuários?
AU	AU 10 = O software apresenta os recursos de acessibilidade disponíveis, de forma intuitiva para os usuários?
ME	ME 10 = O software apresenta os recursos de acessibilidade disponíveis, de forma intuitiva para os usuários?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste oitavo questionário é avaliar se a aplicação de realidade aumentada se adapta ao ritmo de aprendizado de cada usuário, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.4.1, apresentado na página 42.

Cada indivíduo e cada tipo de deficiência são únicos, assim como, cada aplicação possui a sua própria curva de aprendizado. Embora exista uma ligação tênue entre usabilidade e acessibilidade, o propósito do modelo USAR é avaliar minimamente quão acessível uma aplicação de realidade aumentada possa ser.

Desta forma, foi considerado para este oitavo questionário apenas a apresentação dos recursos de acessibilidade, como parâmetro de avaliação.

Apesar da subjetividade implícita na avaliação sobre quão intuitiva determinada “coisa” possa ser, ainda assim este adjetivo é considerado na avaliação deste questionário, pois um dos benefícios do modelo USAR é a sua sensibilidade ao contexto ao qual é utilizado, sendo a opinião pessoal do avaliador um critério a ser considerado durante a avaliação.

O nono questionário, chamado Q9, tem como meta a primeira orientação do princípio uso simples e intuitivo do Design Universal, conforme explicação disponível na página 49, item 2.3.5.1. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.2.8 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 41. A Tabela 9 apresenta o questionário Q9.

Tabela 9– Questionário Q9 do modelo USAR.

Q9 META = Dispensa complexidades desnecessárias	
FI	FI 11 = Quando a área de um personagem ou objeto é acessada, o software apresenta as informações deste objeto em texto e/ou som e/ou forma?
VI	VI 12 = Quando a área de um personagem ou objeto é acessada, o software apresenta as informações deste objeto em som e/ou forma?
AU	AU 11 = Quando a área de um personagem ou objeto é acessada, o software apresenta as informações deste objeto em texto e/ou forma?
ME	ME 11 = Quando a área de um personagem ou objeto é acessada, o software apresenta as informações deste objeto em texto e/ou som e/ou forma?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste nono questionário é avaliar a simplicidade no uso da aplicação de realidade aumentada, pela pessoa com deficiência. Este critério de avaliação está relacionado com a facilidade com que o usuário percebe as informações sobre os elementos, apresentadas nos displays disponíveis na aplicação, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.2.8, apresentado na página 41.

A exemplo dos questionários anteriores, foram considerados os tipos de display visual, acústico e háptico como parâmetros de avaliação deste nono questionário. A exceção do uso do display acústico para pessoas com deficiência auditiva também foi observada neste questionário.

A avaliação deste questionário é orientada sobre a disponibilidade das informações na aplicação sobre um personagem ou objeto, quando há a interação do usuário com o mesmo. A apresentação destas informações é avaliada segundo os tipos de displays disponíveis na aplicação.

O décimo questionário, chamado Q10, tem como meta a segunda orientação do princípio uso simples e intuitivo do Design Universal, conforme explicação disponível na página 49, item 2.3.5.2. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.2.7 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 41.

A meta deste décimo questionário é avaliar se a aplicação de realidade aumentada é compreensível ao usuário, ainda no primeiro uso, conforme a

interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.2.7, apresentado na página 41. Um dos preceitos da Realidade Aumentada é a suplementação do mundo real através de objetos virtuais tridimensionais. Desta forma, a apresentação de um rótulo, para cada objeto virtual da aplicação, é um critério de avaliação deste questionário. A Tabela 10 apresenta o questionário Q10.

Tabela 10– Questionário Q10 do modelo USAR.

Q10 META = Deve ser lógico, dentro das expectativas e intuição do usuário	
FI	FI 12 = É apresentado um rótulo para cada objeto apresentado pelo sistema?
VI	VI 14 = É apresentado um rótulo para cada objeto apresentado pelo sistema?
AU	AU 12 = É apresentado um rótulo para cada objeto apresentado pelo sistema?
ME	ME 12 = É apresentado um rótulo para cada objeto apresentado pelo sistema?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A avaliação deste questionário garante o requisito mínimo para que a aplicação seja compreensível ao usuário. Embora a apresentação do rótulo, para os objetos virtuais da aplicação de Realidade Aumentada, não garanta a compreensibilidade desta pelo usuário, este é um requisito mínimo e essencial para garantir a acessibilidade da aplicação.

O décimo primeiro questionário, chamado Q11, tem como meta a terceira orientação do princípio uso simples e intuitivo do Design Universal, conforme explicação disponível na página 49, item 2.3.5.3. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.2.2 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 39. A Tabela 11 apresenta o questionário Q11.

Tabela 11– Questionário Q11 do modelo USAR.

Q11 META = Abrange uma ampla faixa de níveis de instrução e capacidades linguísticas	
FI	FI 13 = Os personagens e objetos apresentados pelo software existem no mundo real?
	FI 14 = O nome dos personagens e objetos existe no dicionário do idioma local?
	FI 15 = A pronúncia dos nomes dos personagens e objetos evita o encontro entre consoantes?
VI	VI 14 = O nome dos personagens e objetos existe no dicionário do idioma local?
	VI 15 = A pronúncia dos nomes dos personagens e objetos evita o encontro entre consoantes?
AU	AU 13 = Os personagens e objetos apresentados pelo software existem no mundo real?
	AU 14 = O nome dos personagens e objetos existe no dicionário do idioma local?
ME	ME 13 = Os personagens e objetos apresentados pelo software existem no mundo real?
	ME 14 = O nome dos personagens e objetos existe no dicionário do idioma local?
	ME 15 = A pronúncia dos nomes dos personagens e objetos evita o encontro entre consoantes?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste décimo primeiro questionário é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada abrange uma ampla faixa de níveis de instrução e de capacidades linguísticas, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.2.2, apresentado na página 39.

Um dos preceitos da Realidade Aumentada é a suplementação do mundo real através de objetos virtuais tridimensionais. A inserção destes objetos deve contribuir para a experiência de imersão do usuário. O uso de personagens e objetos existentes no mundo real contribui para esta imersão, sendo este um dos critérios de avaliação deste questionário.

Este item está diretamente relacionado com a compreensão da informação pela pessoa com deficiência, portanto, a constituição dos nomes dos objetos e personagens será considerado como parâmetro de avaliação neste questionário.

Uma característica que contribui para o uso da aplicação, por usuários com diversas capacidades linguísticas, é a utilização de nomes do dicionário do idioma local, para os personagens e objetos virtuais da aplicação. Esta característica é considerada com um dos parâmetros de avaliação deste questionário.

Evitar o uso de encontro consonantal, para o nome dos personagens e objetos virtuais, contribui para o uso da pessoa com deficiência, independentemente de suas capacidades linguísticas, sendo este o último parâmetro de avaliação.

Este último parâmetro de avaliação está relacionado com a pronúncia e por isso não se aplica aos deficientes auditivos com afonia ou mudez.

O décimo segundo questionário, chamado Q12, tem como meta a quarta orientação do princípio uso simples e intuitivo do Design Universal, conforme explicação disponível na página 49, item 2.3.5.4. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.5.9 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 43. A Tabela 12 apresenta o questionário Q12.

Tabela 12– Questionário Q12 do modelo USAR.

Q12 META = Dispõe a informação de acordo com sua importância	
FI	FI 16 = O software destaca as notificações através de imagens contrastantes e/ou som mais alto e/ou texturas relevantes?
VI	VI 16 = O software destaca as notificações através de som mais alto e/ou texturas relevantes?
AU	AU 15 = O software destaca as notificações através de imagens contrastantes e/ou texturas relevantes?
ME	ME 16 = O software destaca as notificações através de imagens contrastantes e/ou som mais alto e/ou texturas relevantes?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste décimo segundo questionário é avaliar a disposição de notificações importantes pela aplicação de realidade aumentada, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.9, apresentado na página 43. A apresentação destas notificações está relacionada com os tipos de displays disponíveis na aplicação. O destaque da notificação através dos displays compõe o critério de avaliação deste questionário.

Foram considerados os tipos de display visual, acústico e háptico como parâmetros para a avaliação, a exemplo dos questionários anteriores.

O uso de display visual não se aplica às pessoas com deficiência visual, por este motivo, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

Da mesma forma, pessoas com deficiência auditiva não são elegíveis ao uso dos displays acústicos, por isso, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

O décimo terceiro questionário, chamado Q13, tem como meta a quinta orientação do princípio uso simples e intuitivo do Design Universal, conforme explicação disponível na página 49, item 2.3.5.5. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.5.3 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 43. A Tabela 13 apresenta o questionário Q13.

Tabela 13– Questionário Q13 do modelo USAR.

Q13 META = Fornece solicitação e retorno eficazes, durante e após a conclusão de uma tarefa	
FI	FI 17 = As configurações de acessibilidade estão disponíveis, mesmo durante a inicialização?
VI	VI 17 = As configurações de acessibilidade estão disponíveis, mesmo durante a inicialização?
AU	AU 16 = As configurações de acessibilidade estão disponíveis, mesmo durante a inicialização?
ME	ME 17 = As configurações de acessibilidade estão disponíveis, mesmo durante a inicialização?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste décimo terceiro questionário é avaliar a interação com a aplicação de Realidade Aumentada a qualquer momento, mesmo durante a inicialização, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.3, apresentado na página 43. Este critério de avaliação está diretamente relacionado com os tipos de rastreamento do participante.

A disponibilização das configurações de acessibilidade, através dos tipos de rastreamento da aplicação, é o parâmetro de avaliação deste questionário, sendo este um ponto comum à avaliação de todos os tipos de deficiência.

A disponibilidade dos tipos de rastreamento, mesmo durante a inicialização da aplicação de Realidade Aumentada, é um item importante para a avaliação da acessibilidade, pois o participante deve poder interagir com a aplicação a qualquer tempo.

O décimo quarto questionário, chamado Q14, tem como meta a primeira orientação do princípio informação perceptível do Design Universal, conforme explicação disponível na página 50, item 2.3.6.1. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.2.5 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 40.

A meta deste décimo quarto questionário é avaliar se a informação essencial é apresentada de forma redundante pela aplicação de Realidade Aumentada, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.2.5, apresentado na página 40. Este critério de avaliação está diretamente relacionado aos tipos de display disponíveis na aplicação. A Tabela 14 apresenta o questionário Q14.

Tabela 14– Questionário Q14 do modelo USAR.

Q14	META = Apresenta a informação essencial com redundância, usando diferentes meios.			
FI	FI 18 = O software apresenta a informação usando pelo menos duas maneiras diferentes (imagem, som, textura)?			
VI	VI 18 = O software apresenta a informação usando som e textura?			
AU	AU 17 = O software apresenta a informação usando imagem e textura?			
ME	ME 18 = O software apresenta a informação usando pelo menos duas maneiras diferentes (imagem, som, textura)?			
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME				

Foram considerados os tipos de display visual, acústico e háptico como parâmetros para a avaliação deste questionário. A avaliação deste questionário é composta pela apresentação da informação em múltiplos displays de forma simultânea.

O uso de display visual não se aplica às pessoas com deficiência visual, por este motivo, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência. Da mesma forma, pessoas com deficiência auditiva não são elegíveis ao uso dos displays acústicos, por isso, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

O décimo quinto questionário, chamado Q15, tem como meta a segunda orientação do princípio informação perceptível do Design Universal, conforme explicação disponível na página 50, item 2.3.6.2. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.5.10 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 44. A Tabela 15 apresenta o questionário Q15.

Tabela 15– Questionário Q15 do modelo USAR.

Q15	META = Providencia o adequado contraste entre as informações essenciais e as afins			
FI	FI 19 = As notificações do software são claras e se destacam das demais informações presentes?			
VI	VI 19 = As notificações do software são claras e se destacam das demais informações presentes?			
AU	AU 18 = As notificações do software são claras e se destacam das demais informações presentes?			
ME	ME 19 = As notificações do software são claras e se destacam das demais informações presentes?			
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME				

A meta deste décimo quinto questionário é avaliar se a informação essencial é destacada das demais informações apresentadas pela aplicação de Realidade Aumentada, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.10, apresentado na página 44.

Este critério de avaliação está relacionado com a maneira pela qual a aplicação apresenta as informações essenciais à pessoa com deficiência. Apesar de toda informação apresentada pela aplicação estar intimamente relacionada com os tipos de displays utilizados, a forma em que a informação essencial é apresentada deve ser avaliada independentemente do tipo de display utilizado.

O décimo sexto questionário, chamado Q16, tem como meta a terceira orientação do princípio informação perceptível do Design Universal, conforme explicação disponível na página 50, item 2.3.6.3. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.2.6 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 41. A Tabela 16 apresenta o questionário Q16.

Tabela 16– Questionário Q16 do modelo USAR.

Q16 META = Maximiza a legibilidade da informação essencial	
FI	FI 20 = Os nomes dos personagens e objetos são tão curtos quanto possível?
	FI 21 = Nenhum nome de personagem ou objeto do software apresenta palavras homófonas?
VI	VI 20 = Os nomes dos personagens e objetos são tão curtos quanto possível?
	VI 21 = Nenhum nome de personagem ou objeto do software apresenta palavras homófonas?
AU	AU 19 = Os nomes dos personagens e objetos são tão curtos quanto possível?
	AU 20 = Nenhum nome de personagem ou objeto do software apresenta palavras homófonas?
ME	ME 20 = Os nomes dos personagens e objetos são tão curtos quanto possível?
	ME 21 = Nenhum nome de personagem ou objeto do software apresenta palavras homófonas?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste décimo sexto questionário é avaliar a legibilidade da informação essencial apresentada pela aplicação de Realidade Aumentada, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.2.6, apresentado na página 41. A composição dos nomes dos personagens e objetos da aplicação é o critério de avaliação deste questionário.

As informações essenciais apresentadas diferem entre as aplicações de Realidade Aumentada, porém, o nome dos personagens e objetos é uma informação

comum empregada por todas as aplicações e serve de parâmetro para a avaliação deste questionário.

O comprimento do nome atribuído aos personagens e objetos da aplicação podem comprometer a legibilidade da informação, através dos rótulos atribuídos. Desta forma, o comprimento dos nomes utilizados na aplicação de Realidade Aumentada é um dos parâmetros de avaliação deste questionário.

As palavras homófonas são palavras com significado diferente mas que têm pronúncia parecida. O uso de palavras homófonas pela aplicação interfere na legibilidade da informação essencial pela pessoa com deficiência, podendo inclusive causar confusão para pessoas com deficiência mental.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetros de avaliação o comprimento e o uso de palavras homófonas na composição do nome dos personagens e objetos da aplicação de Realidade Aumentada.

O décimo sétimo questionário, chamado Q17, tem como meta a quarta orientação do princípio informação perceptível do Design Universal, conforme explicação disponível na página 50, item 2.3.6.4. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.2.3 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 40. A Tabela 17 apresenta o questionário Q17.

Tabela 17– Questionário Q17 do modelo USAR.

Q17 META = Diferencia os elementos em formas que possam ser descritas.	
FI	FI 22 = Os personagens e objetos apresentados pelo software possuem nome e/ou forma única?
VI	VI 22 = Os personagens e objetos apresentados pelo software possuem nome e/ou forma única?
AU	AU 21 = Os personagens e objetos apresentados pelo software possuem nome e/ou forma única?
ME	ME 22 = Os personagens e objetos apresentados pelo software possuem nome e/ou forma única?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste décimo sétimo questionário é avaliar se cada elemento da aplicação de Realidade Aumentada possui características únicas que o difere dos demais elementos, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.2.3, apresentado na página 40.

A exemplo do questionário anterior, o nome dos objetos e personagens da aplicação serve de critério de avaliação, pois esta é uma característica comum à todas as aplicações de Realidade Aumentada.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetros a singularidade do nome dos personagens e objetos da aplicação de Realidade Aumentada.

O décimo oitavo questionário, chamado Q18, tem como meta a quinta orientação do princípio informação perceptível do Design Universal, conforme explicação disponível na página 50, item 2.3.6.5. Seus operadores são compostos pelas recomendações/requisitos 8.2.4 e 8.7.4 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta nas páginas 40 e 44 respectivamente.

A meta deste décimo nono questionário é avaliar a compatibilidade da aplicação de Realidade Aumentada com outras tecnologias assistivas, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seus itens 8.2.4, apresentado na página 40 e seu item 8.7.4, apresentado na página 44. Os critérios de avaliação deste questionário são a possibilidade de uso da aplicação em duas formas: com outras tecnologias assistivas dentro da própria aplicação e em outras tecnologias assistivas acoplada à outra aplicação. A Tabela 18 apresenta o questionário Q18.

Tabela 18– Questionário Q18 do modelo USAR.

Q18 META = Provê compatibilidade com a diversidade de técnicas e equipamentos usados por portadores de limitações sensoriais	
FI	FI 23 = É possível utilizar a aplicação em outras tecnologias assistivas?
	FI 24 = O software possui todos os pré-requisitos necessários para suportar o uso de outras tecnologias assistivas?
VI	VI 23 = É possível utilizar a aplicação em outras tecnologias assistivas?
	VI 24 = O software possui todos os pré-requisitos necessários para suportar o uso de outras tecnologias assistivas?
AU	AU 22 = É possível utilizar a aplicação em outras tecnologias assistivas?
	AU 23 = O software possui todos os pré-requisitos necessários para suportar o uso de outras tecnologias assistivas?
ME	ME 23 = É possível utilizar a aplicação em outras tecnologias assistivas?
	ME 24 = O software possui todos os pré-requisitos necessários para suportar o uso de outras tecnologias assistivas?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetros a compatibilidade com outras aplicações de Realidade Aumentada.

O décimo nono questionário, chamado Q19, tem como meta a primeira orientação do princípio tolerância a erros do Design Universal, conforme explicação disponível na página 51, item 2.3.7.1. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.7.2 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 44. A Tabela 19 apresenta o questionário Q19.

Tabela 19– Questionário Q19 do modelo USAR.

Q19 META = Dispõe os elementos de modo a minimizar riscos e erros: elementos mais usados, mais acessíveis; elementos perigosos, eliminados, isolados ou protegidos	
FI	FI 25 = Os personagens e objetos da aplicação se destacam através de sua forma, som ou textura?
VI	VI 25 = Os personagens e objetos da aplicação se destacam através de seu som ou textura?
AU	AU 24 = Os personagens e objetos da aplicação se destacam através de sua forma ou textura?
ME	ME 25 = Os personagens e objetos da aplicação se destacam através de sua forma, som ou textura?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste décimo nono questionário é avaliar se os elementos mais usados estão mais acessíveis em relação aos demais elementos, assim como, avaliar se os elementos perigosos estão seguros na aplicação de Realidade Aumentada, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.7.2, apresentado na página 44.

A diferenciação dos personagens e objetos dos demais elementos da aplicação de Realidade Aumentada é o critério de avaliação deste questionário. Esta característica está diretamente relacionada com os displays utilizados na aplicação.

A exemplo dos outros questionários, os tipos de display visual, acústico e háptico servem de parâmetros para a avaliação deste questionário, por serem os tipos de display mais comumente usados nas aplicações de Realidade Aumentada.

O uso de display visual não se aplica às pessoas com deficiência visual, por este motivo, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

Da mesma forma, pessoas com deficiência auditiva não são elegíveis ao uso dos displays acústicos, por isso, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetros a exibição dos elementos da aplicação de Realidade Aumentada nos tipos de display disponíveis.

O vigésimo questionário, chamado Q20, tem como meta a segunda orientação do princípio tolerância a erros do Design Universal, conforme explicação disponível na página 51, item 2.3.7.2. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.5.8 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 43. A Tabela 20 apresenta o questionário Q20.

Tabela 20– Questionário Q20 do modelo USAR.

Q20 META = Provê avisos de riscos e de erros	
FI	FI 26 = As notificações do software permanecem ativas enquanto a sua causa não é solucionada?
VI	VI 26 = As notificações do software permanecem ativas enquanto a sua causa não é solucionada?
AU	AU 25 = As notificações do software permanecem ativas enquanto a sua causa não é solucionada?
ME	ME 26 = As notificações do software permanecem ativas enquanto a sua causa não é solucionada?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste vigésimo questionário é avaliar como a aplicação de Realidade Aumentada emite as notificações sobre os erros durante a operação, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.8, apresentado na página 43. A apresentação destas notificações é o critério de avaliação usado neste questionário.

A exemplo dos outros questionários, os tipos de display visual, acústico e háptico servem de parâmetros para a avaliação deste questionário.

O uso de display visual não se aplica às pessoas com deficiência visual, por este motivo, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

Da mesma forma, pessoas com deficiência auditiva não são elegíveis ao uso dos displays acústicos, por isso, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetros a apresentação das notificações da aplicação de Realidade Aumentada nos tipos de display disponíveis.

O vigésimo primeiro questionário, chamado Q21, tem como meta a terceira orientação do princípio tolerância a erros do Design Universal, conforme explicação disponível na página 51, item 2.3.7.3. Seus operadores são compostos pelas recomendações/requisitos 8.4.2 e 8.4.3 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 42. A Tabela 21 apresenta o questionário Q21.

Tabela 21– Questionário Q21 do modelo USAR.

Q21 META = Providencia recursos de segurança no caso de falhas	
FI	FI 27 = O software evita a desativação involuntária dos ajustes de acessibilidade?
	FI 28 = O software não interrompe ou degrada o funcionamento de outras tecnologias assistivas, que funcionam ao mesmo tempo?
VI	VI 27 = O software evita a desativação involuntária dos ajustes de acessibilidade?
	VI 28 = O software não interrompe ou degrada o funcionamento de outras tecnologias assistivas, que funcionam ao mesmo tempo?
AU	AU 26 = O software evita a desativação involuntária dos ajustes de acessibilidade?
	AU 27 = O software não interrompe ou degrada o funcionamento de outras tecnologias assistivas, que funcionam ao mesmo tempo?
ME	ME 27 = O software evita a desativação involuntária dos ajustes de acessibilidade?
	ME 28 = O software não interrompe ou degrada o funcionamento de outras tecnologias assistivas, que funcionam ao mesmo tempo?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste vigésimo primeiro questionário é avaliar os mecanismos de segurança da aplicação de Realidade Aumentada, que evitam a interferência no funcionamento dos tipos de rastreamento e displays disponíveis, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seus itens 8.4.2 e 8.4.3, apresentados na página 42.

A interferência nos sensores e displays disponíveis, durante o uso da aplicação de Realidade Aumentada prejudica a acessibilidade da pessoa com deficiência. Este é o critério de avaliação utilizado neste questionário.

A primeira questão deste questionário avalia se a aplicação de Realidade Aumentada impede a desativação involuntária dos ajustes de acessibilidade, configurados nas preferências individuais do usuário.

A segunda questão avalia se a aplicação de Realidade Aumentada interfere no funcionamento de outras tecnologias assistivas durante o seu uso.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, aplicando as mesmas questões em todos os casos.

O vigésimo segundo questionário, chamado Q22, tem como meta a quarta orientação do princípio tolerância a erros do Design Universal, conforme explicação disponível na página 51, item 2.3.7.4. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.5.2 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 43. A Tabela 22 apresenta o questionário Q22.

Tabela 22– Questionário Q22 do modelo USAR.

Q22 META = Desencoraja ações inconscientes em tarefas onde seja necessária a vigilância	
FI	FI = O software emite aviso visual e/ou sonoro sobre ações que não podem ser desfeitas?
VI	VI = O software emite aviso sonoro sobre ações que não podem ser desfeitas?
AU	AU = O software emite aviso visual sobre ações que não podem ser desfeitas?
ME	ME = O software emite aviso visual e/ou sonoro sobre ações que não podem ser desfeitas?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste vigésimo segundo questionário é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada evita ações inconscientes por parte dos usuários, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.2, apresentado na página 43. A apresentação de notificações para as ações irreversíveis da aplicação é o critério de avaliação deste questionário.

A exemplo dos outros questionários, os tipos de display visual, acústico e háptico servem de parâmetros para a avaliação deste questionário.

O uso de display visual não se aplica às pessoas com deficiência visual, por este motivo, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

Da mesma forma, pessoas com deficiência auditiva não são elegíveis ao uso dos displays acústicos, por isso, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetros a apresentação das notificações da aplicação de Realidade Aumentada, nos tipos de display disponíveis, sempre que uma ação irreversível for solicitada pelo usuário.

O vigésimo terceiro questionário, chamado Q23, tem como meta a primeira orientação do princípio baixo esforço físico do Design Universal, conforme explicação disponível na página 51, item 2.3.8.1. Seus operadores são compostos pela

recomendação 8.1.2 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 39.

A meta deste vigésimo terceiro questionário é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada permite o uso independentemente da posição corporal do usuário, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.1.2, apresentado na página 39. No contexto das tecnologias assistivas este item é essencial, principalmente na avaliação do uso por pessoas com deficiência motora, como pessoas cadeirantes, por exemplo. A Tabela 23 apresenta o questionário Q23.

Tabela 23– Questionário Q23 do modelo USAR.

Q23 META = Possibilita que o usuário mantenha uma posição corporal neutra			
FI	FI = É possível utilizar o software independentemente da posição corporal do usuário?		
VI	VI = É possível utilizar o software independentemente da posição corporal do usuário?		
AU	AU = É possível utilizar o software independentemente da posição corporal do usuário?		
ME	ME = É possível utilizar o software independentemente da posição corporal do usuário?		
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME			

A possibilidade de uso da aplicação de Realidade Aumentada em diversas posições corporais é o critério de avaliação deste questionário. Este item está diretamente relacionado com os tipos de rastreamento disponíveis na aplicação.

A exemplo dos questionários anteriores, os tipos de rastreamento ótico, acústico e mecânico são considerados como parâmetros para a avaliação deste questionário, por serem os tipos de rastreamento mais comumente utilizados em aplicações de Realidade Aumentada.

A utilização do rastreamento acústico, através do reconhecimento da fala, é uma opção válida para o rastreamento de pessoas com deficiência motora, onde o rastreamento ótico, através do reconhecimento dos gestos não seja possível.

Da mesma forma, o rastreamento mecânico é uma opção para pessoas com múltiplas deficiências, que tenham deficiência auditiva com afonia ou mudez, além da deficiência motora, sendo exigido um movimento corporal mínimo para a interação.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetro as diversas posições corporais do usuário reconhecidas pelos tipos de rastreamento disponíveis.

O vigésimo quarto questionário, chamado Q24, tem como meta a segunda orientação do princípio baixo esforço físico do Design Universal, conforme explicação disponível na página 52, item 2.3.8.2. Seus operadores são compostos pela

recomendação 8.5.7 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 43.

A meta deste vigésimo quarto questionário é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada oferece alternativas para a interação que dispensem o uso de controles físicos. Este item está relacionado aos tipos de rastreamento disponíveis na aplicação, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.7, apresentado na página 43. A Tabela 24 apresenta o questionário Q24.

Tabela 24– Questionário Q24 do modelo USAR.

Q24 META = Que o usuário opere aplicando força razoável	
FI	FI = É possível usar a aplicação sem a necessidade de controles físicos?
VI	VI = É possível usar a aplicação sem a necessidade de controles físicos?
AU	AU = É possível usar a aplicação sem a necessidade de controles físicos?
ME	ME = É possível usar a aplicação sem a necessidade de controles físicos?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

Embora os tipos de rastreamento mecânico e ótico exijam algum esforço físico da pessoa com deficiência, o esforço exigido é mínimo se comparado ao uso do teclado, por exemplo. A alternativa ao uso dos controles físicos pela pessoa com deficiência é o critério de avaliação deste questionário.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetro as alternativas ao uso de controles físicos disponíveis na aplicação de Realidade Aumentada.

O vigésimo quinto questionário, chamado Q25, tem como meta a terceira orientação do princípio baixo esforço físico do Design Universal, conforme explicação disponível na página 52, item 2.3.8.3. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.5.1 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 42. A Tabela 25 apresenta o questionário Q25.

Tabela 25– Questionário Q25 do modelo USAR.

Q25 META = Minimiza as operações repetitivas	
FI	FI = Existem atalhos no software para as tarefas mais frequentes?
VI	VI = Existem atalhos no software para as tarefas mais frequentes?
AU	AU = Existem atalhos no software para as tarefas mais frequentes?
ME	ME = Existem atalhos no software para as tarefas mais frequentes?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste vigésimo quinto questionário é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada oferece atalhos para a execução das tarefas mais frequentes,

conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.1, apresentado na página 42.

As tarefas mais frequentes variam conforme o contexto de cada aplicação. A disponibilidade de atalhos para as tarefas repetitivas é o critério de avaliação deste questionário.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetro os atalhos para tarefas mais frequentes, disponíveis na aplicação de Realidade Aumentada.

O vigésimo sexto questionário, chamado Q26, tem como meta a quarta orientação do princípio baixo esforço físico do Design Universal, conforme explicação disponível na página 52, item 2.3.8.4. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.5.5 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 43.

A meta deste vigésimo sexto questionário é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada minimiza o esforço contínuo do usuário, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.5, apresentado na página 43. A Tabela 26 apresenta o questionário Q26.

Tabela 26– Questionário Q26 do modelo USAR.

Q26 META = Minimiza o esforço físico contínuo				
FI	FI = É possível copiar e colar o texto apresentado pelo software (quando existente)?			
VI	VI = É possível copiar e colar o texto apresentado pelo software (quando existente)?			
AU	AU = É possível copiar e colar o texto apresentado pelo software (quando existente)?			
ME	ME = É possível copiar e colar o texto apresentado pelo software (quando existente)?			
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME				

As operações que exigem esforço físico variam conforme o contexto de cada aplicação de Realidade Aumentada, porém, a inserção de texto é um item comum a ser avaliado.

A existência de comandos, que suportem a operação de copiar e colar o texto apresentado pela aplicação de Realidade Aumentada, é o critério de avaliação deste questionário.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetro a disponibilidade dos comandos de copiar e colar, disponíveis na aplicação de Realidade Aumentada.

O vigésimo sétimo questionário, chamado Q27, tem como meta a primeira orientação do princípio tamanho e espaço para aproximação e uso do Design Universal, conforme explicação disponível na página 52, item 2.3.9.1. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.5.10 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 44. A Tabela 27 apresenta o questionário Q27.

Tabela 27– Questionário Q27 do modelo USAR.

Q27 META = Provê uma linha de visão, livre e desimpedida, para os elementos importantes, quer o usuário esteja sentado ou de pé			
FI	FI = O software apresenta as imagens de forma legível e sons de forma audível para usuários sentados ou em pé, independentemente da sua distância?		
VI	VI = O software apresenta os sons de forma audível para usuários sentados ou em pé, independentemente da sua distância?		
AU	AU = O software apresenta as imagens de forma legível para usuários sentados ou em pé, independentemente da sua distância?		
ME	ME = O software apresenta as imagens de forma legível e sons de forma audível para usuários sentados ou em pé, independentemente da sua distância?		
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME			

A meta deste vigésimo sétimo questionário é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada fornece uma visão clara, dos elementos importantes, independentemente da posição corporal e da distância da pessoa com deficiência, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.10, apresentado na página 44.

Este critério de avaliação está diretamente relacionado com os tipos de displays disponíveis na aplicação de Realidade Aumentada. A exemplo dos questionários anteriores, os tipos de display visual e acústico são considerados como parâmetros para a avaliação deste questionário, por serem os tipos de display mais comumente utilizados nas aplicações de Realidade Aumentada.

Este critério de avaliação não se aplica aos displays hápticos, pois estes são instalados de acordo com a distância e altura necessária para cada pessoa com deficiência.

O uso de display visual não se aplica às pessoas com deficiência visual, por este motivo, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

Da mesma forma, pessoas com deficiência auditiva não são elegíveis ao uso dos displays acústicos, por isso, este tipo de display foi desconsiderado na avaliação deste tipo de deficiência.

O vigésimo oitavo questionário, chamado Q28, tem como meta a segunda orientação do princípio tamanho e espaço para aproximação e uso do Design Universal, conforme explicação disponível na página 52, item 2.3.9.2. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.7.3 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 44. A Tabela 28 apresenta o questionário Q28.

Tabela 28– Questionário Q28 do modelo USAR.

Q28 META = Tornar alcançáveis e de forma confortável, todos os componentes, quer o usuário esteja sentado ou de pé			
FI	FI = Os controles físicos (quando presentes) são acessíveis por pessoas sentadas ou em pé?		
VI	VI = Os controles físicos (quando presentes) são acessíveis por pessoas sentadas ou em pé?		
AU	AU = Os controles físicos (quando presentes) são acessíveis por pessoas sentadas ou em pé?		
ME	ME = Os controles físicos (quando presentes) são acessíveis por pessoas sentadas ou em pé?		
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME			

A meta deste vigésimo oitavo questionário é avaliar se os controles físicos da aplicação de Realidade Aumentada, quando presentes, estão disponíveis aos usuários em diversas posições corporais, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.7.3, apresentado na página 44.

Este critério de avaliação está diretamente relacionado ao tipo de rastreamento mecânico, quando utilizado na aplicação de Realidade Aumentada. Os tipos de rastreamento ótico e acústico não usam controles físicos, por isso não servem como parâmetro de avaliação deste questionário.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetro a disponibilidade dos controles físicos, para usuários em diversas posições corporais, na aplicação de Realidade Aumentada.

O vigésimo nono questionário, chamado Q29, tem como meta a terceira orientação do princípio tamanho e espaço para aproximação e uso do Design Universal, conforme explicação disponível na página 53, item 2.3.9.3. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.5.4 da norma ISO 9241-171,

conforme interpretação disposta na página 43. A Tabela 29 apresenta o questionário Q29.

Tabela 29– Questionário Q29 do modelo USAR.

Q29 META = Acomoda diferentes mãos e capacidades de pegar elementos	
FI	FI = É possível operar a gaveta da mídia (DVD/BR) através do software?
VI	VI = É possível operar a gaveta da mídia (DVD/BR) através do software?
AU	AU = É possível operar a gaveta da mídia (DVD/BR) através do software?
ME	ME = É possível operar a gaveta da mídia (DVD/BR) através do software?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste vigésimo nono questionário é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada suporta o uso por pessoas com diferentes capacidades de manipulação de controles físicos, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.5.4, apresentado na página 43.

Existem aplicações que não utilizam rastreamento mecânico, conseqüentemente, não exigem a manipulação de controles físicos pelo usuário. Entretanto a manipulação da gaveta de mídia, para inserir o disco onde a aplicação está instalada é um item comum a ser avaliado entre as aplicações.

Este questionário avalia de forma igual todos os tipos de deficiência, usando como parâmetro a possibilidade de manipulação da gaveta de mídia, sem o uso de controles físicos, pela aplicação de Realidade Aumentada.

O trigésimo questionário, chamado Q30, tem como meta a quarta orientação do princípio tamanho e espaço para aproximação e uso do Design Universal, conforme explicação disponível na página 53, item 2.3.9.4. Seus operadores são compostos pela recomendação 8.4.3 da norma ISO 9241-171, conforme interpretação disposta na página 42. A Tabela 30 apresenta o questionário Q30.

Tabela 30– Questionário Q30 do modelo USAR.

Q30 META = Provê espaço adequado para o uso de auxílios técnicos e de assistência pessoal	
FI	FI = O espaço necessário para utilizar o software é compatível com o uso de auxílio técnico, como a cadeira de rodas, por exemplo?
VI	VI = O espaço necessário para utilizar o software é compatível com o uso de auxílio técnico, como a bengala, por exemplo?
AU	AU = NÃO SE APLICA
ME	ME = NÃO SE APLICA
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

A meta deste trigésimo questionário é avaliar se o espaço exigido pela aplicação de Realidade Aumentada permite o uso de auxílios técnicos e de assistência

pessoal pela pessoa com deficiência, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.4.3, apresentado na página 42.

Este critério de avaliação está diretamente relacionado com os tipos de rastreamento disponíveis na aplicação. A possibilidade de uso de auxílios técnicos e de assistência pessoal, como a cadeira de rodas e a bengala, por exemplo, é o parâmetro de avaliação utilizado neste questionário.

A exemplo dos questionários anteriores, os tipos de rastreamento ótico, acústico e mecânico são considerados como parâmetros para a avaliação deste questionário, por serem os tipos de rastreamento mais comumente utilizados em aplicações de Realidade Aumentada.

Este questionário não se aplica às pessoas com deficiência auditiva ou com deficiência mental, pois os auxílios técnicos e de assistência pessoal utilizados por estas pessoas não exige espaço físico adequado.

4.3 LACUNAS DO MAPEAMENTO REALIZADO

Após o mapeamento das recomendações e requisitos práticos da ISO 9241-171, para as orientações do Design Universal, foram identificadas algumas lacunas. Das 49 recomendações e requisitos da ISO 9241-171, 19 recomendações não puderam ser mapeadas, por não se aplicarem ao contexto das aplicações de Realidade Aumentada como tecnologias assistivas.

Este capítulo apresenta cada lacuna do mapeamento realizado com a sua respectiva justificativa.

4.3.1 Recomendação 8.3.3 da ISO 9241-171

O item 8.3.3 da ISO 9241-171 recomenda que a aplicação deveria permitir a customização do “*look and feel*” da interface gráfica do usuário. Esta recomendação é direcionada para interfaces gráficas em segunda dimensão, onde o usuário deveria poder alterar as cores das janelas e ocultar barras e menus, por exemplo.

Um dos preceitos da Realidade Aumentada é a suplementação do mundo real, através da sobreposição de objetos virtuais tridimensionais. A alteração do “*look*

and feel' dos elementos virtuais compromete a experiência de imersão do usuário e consequentemente afeta a percepção da Realidade Aumentada.

Por este motivo este item não foi mapeado pelo modelo USAR e não consta em nenhum de seus questionários.

4.3.2 Requisito 8.3.4 da ISO 9241-171

O item 8.3.4 da ISO 9241-171 exige que o software possibilite a customização de cursores e ponteiros, alterando sua forma, tamanho, contraste e cor entre outros atributos, sempre que o hardware permitir.

Assim como o item 8.3.3, esta exigência é direcionada para interfaces gráficas em segunda dimensão, onde o usuário controla o cursor e o ponteiro, geralmente através de mouse e teclado.

As aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, substituem os dispositivos de entrada tradicionais, como mouse e teclado, pelos tipos de rastreamento ótico, acústico e mecânico, como foi apresentado na revisão bibliográfica.

Por este motivo este item não foi mapeado pelo modelo USAR e não consta em nenhum de seus questionários.

4.3.3 Requisito 8.3.7 da ISO 9241-171

O item 8.3.7 da ISO 9241-171 exige que o software permita o ajuste do parâmetro de tempo de resposta do usuário, evitando ações de *timeout* na tela de *login*, por exemplo.

Um dos preceitos da Realidade Aumentada é a execução em tempo real, o ajuste do tempo de resposta do usuário compromete a experiência de imersão e, consequentemente, afeta a percepção da Realidade Aumentada.

Por este motivo, este item não foi mapeado pelo modelo USAR e não consta em nenhum de seus questionários.

4.3.4 Recomendação 8.4.4 da ISO 9241-171

O item 8.4.4 da ISO 9241-171 recomenda que o software apresente constantemente o *status* dos ajustes de acessibilidade das tecnologias assistivas, geralmente mostrados em um estado de ligado ou desligado.

O propósito do modelo USAR é realizar a avaliação preditiva da acessibilidade, para aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, logo, todas as aplicações avaliadas estarão sempre com o *status* dos ajustes de acessibilidade como ligado.

Por este motivo, este item não foi mapeado pelo modelo USAR e não consta em nenhum de seus questionários.

4.3.5 Recomendação 8.4.5 da ISO 9241-171

O item 8.4.5 da ISO 9241-171 recomenda que o software apresente uma notificação sempre que os ajustes de acessibilidade forem ligados, oferecendo a possibilidade de aceitar ou cancelar esta ativação.

O propósito do modelo USAR é realizar a avaliação preditiva da acessibilidade, para aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, desta forma, os ajustes de acessibilidade das aplicações avaliadas sempre estarão ativos.

Por este motivo este item não foi mapeado pelo modelo USAR e não consta em nenhum de seus questionários.

4.3.6 Requisito 8.4.6 da ISO 9241-171

O item 8.4.6 da ISO 9241-171 exige que o software apresente os menus e controles de maneira persistente, permitindo ao usuário realizar outras tarefas com o menu ou o controle à mostra, até o momento em que este seja cancelado.

Assim como nos itens 8.3.3 e 8.3.4, esta exigência é direcionada para interfaces gráficas em segunda dimensão, onde são apresentadas janelas com menus suspensos, geralmente controlados por mouse e teclado.

As aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, muitas vezes substituem os dispositivos de entrada tradicionais, como mouse e teclado, pelos tipos de rastreamento ótico, acústico e mecânico, como foi apresentado na revisão bibliográfica.

Por este motivo este item não foi mapeado pelo modelo USAR e não consta em nenhum de seus questionários.

4.3.7 Recomendação 8.5.6 da ISO 9241-171

O item 8.5.6 da ISO 9241-171 recomenda que o software deve permitir as operações de copiar e colar, para os textos não editáveis, da interface do usuário.

Assim como nos itens 8.3.3, 8.3.4 e 8.4.6, esta exigência é direcionada para interfaces gráficas em segunda dimensão, onde são apresentados rótulos não editáveis para os elementos da interface.

Por este motivo este item não foi mapeado pelo modelo USAR e não consta em nenhum de seus questionários.

4.3.8 Seção 8.6 da ISO 9241-171

A seção 8.6 contém doze recomendações e requisitos, numerados de 8.6.1 à 8.6.12, que tratam exclusivamente do funcionamento do software no contexto das tecnologias assistivas, ou seja, estabelece um padrão mínimo que o software deve atender, para que este possa ser utilizado neste contexto.

O propósito do modelo USAR é realizar a avaliação preditiva da acessibilidade, para aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, desta forma, este item não é aplicável ao modelo, pois todas as aplicações a serem avaliadas são utilizadas como tecnologias assistivas.

5 ESTUDO DE CASO

Para realizar a avaliação do modelo USAR, foram conduzidas duas avaliações em momentos diferentes. A primeira avaliação foi realizada por um educador especial em uma instituição de apoio à criança deficiente. A segunda avaliação foi realizada por um desenvolvedor de software.

Ambos os avaliadores não possuíam qualquer experiência prévia na avaliação de acessibilidade, assim como, nunca haviam tido contato com o modelo USAR.

5.1 CENÁRIO DO ESTUDO DE CASO

As duas avaliações realizadas no estudo de caso foram feitas em um mesmo cenário, composto pelo jogo Kinectimals© (MICROSOFT, 2010), por um console Microsoft Xbox 360© com sensor Kinect© (MICROSOFT, 2015), um televisor de 29" CRT e trinta questionários do modelo USAR. A Figura 19 mostra os equipamentos utilizados no estudo de caso.



Figura 19 – Equipamentos do estudo de caso.

O jogo Kinectimals© apresenta alguns avatares virtuais, na figura de filhotes selvagens, os quais irão interagir com o jogador através dos sensores de rastreamento. Embora a realidade não seja aumentada este jogo serve ao propósito da avaliação da acessibilidade mínima, pois usa sensores da Realidade Aumentada.

Embora este jogo não tenha como público alvo as crianças deficientes, segundo as informações do manual, o jogo pode ser utilizado em atividades de estimulação essencial, ajudando na coordenação motora e na aquisição de relação de tempo e espaço das crianças deficientes, como afirma o educador especial que realizou a primeira avaliação. A Figura 20 apresenta o jogo Microsoft Kinectimals©.

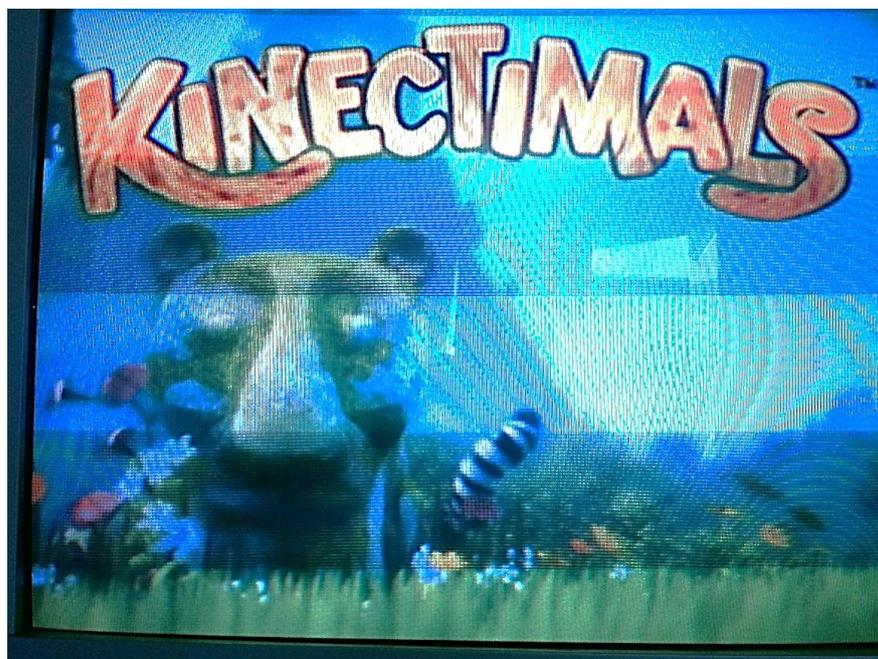


Figura 20 – Jogo Microsoft Kinectimals©.

O console Microsoft Xbox 360© com sensor Kinect© possibilita a execução dos tipos de rastreamento ótico e acústico, que são os tipos de rastreamento mais comumente usados em aplicações de Realidade Aumentada.

No sensor Microsoft Kinect© o rastreamento ótico ocorre de duas maneiras diferentes e simultâneas: através de uma câmera VGA, que captura as imagens do usuário e através de uma câmera e um receptor infravermelho, que capturam a posição e os movimentos do usuário, conforme apresentado na Figura 4 dessa dissertação.

Já o rastreamento acústico do sensor Microsoft Kinect© é realizado através de um conjunto de dez microfones que capturam os sons do ambiente em 180 graus. O sensor também aplica um algoritmo para redução de ruído das ondas captadas pelos microfones, como mostrou a Figura 4.

O televisor de 29" permite a utilização dos tipos de display visual e acústico, que são os tipos de display mais comumente usados em aplicações de Realidade Aumentada.

Os trinta questionários do modelo USAR foram impressos e entregues aos três avaliadores. Não foi dada nenhuma orientação aos avaliadores, para que a inteligibilidade do modelo também fosse um ponto de avaliação.

Durante a avaliação não foi dada aos avaliadores nenhuma possibilidade para esclarecimentos de dúvidas sobre o modelo, para que o resultado do estudo de caso não fosse comprometido.

5.2 PRIMEIRA AVALIAÇÃO – EDUCADOR ESPECIAL

A primeira avaliação foi conduzida por um educador especializado em educação especial no mês de outubro de 2014 e teve seus resultados publicados, através de um artigo no Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB (CEDRO1 e BETINI, 2014).

Esta avaliação foi realizada em uma instituição de atenção à criança com deficiência, que atende cerca de 306 crianças na cidade de São José dos Pinhais no Paraná. A escola participa de uma rede que responde por mais de 50% de toda a atuação com crianças com deficiência no estado.

Esta avaliação foi conduzida com foco na avaliação da acessibilidade do jogo Microsoft Kinect para pessoas com deficiência mental e física, que é o público que o educador especial trabalha. O avaliador representa os educadores especiais, que é um dos públicos do modelo USAR. A Figura 21 evidencia a execução do estudo de caso.



Figura 21 – Realização do primeiro estudo de caso.

O contexto desta avaliação limitou-se apenas ao primeiro princípio do Design Universal, a equidade de uso. O objetivo desta avaliação era avaliar somente a

inteligibilidade das questões, portanto, a avaliação deste primeiro princípio serve como amostra representativa do modelo USAR.

Nesta avaliação foram usados apenas os quatro primeiros questionários do modelo USAR. Mesmo com o escopo da avaliação reduzido, o resultado tornou possível ao educador tomar a decisão sobre o uso do jogo nas terapias.

O Objetivo do primeiro questionário Q1 é garantir a mesma forma de utilização da aplicação de realidade aumentada. Esta equivalência do uso é avaliada de acordo com os tipos de sensores de rastreamento e displays disponíveis.

Sobre a avaliação do primeiro questionário (Q1), o jogo atendeu a todos os operadores desta meta, segundo o educador, pois o jogo pode ser operado por reconhecimento de voz ou de gestos e a informação de saída pode ser projetada no televisor ou através de voz, sendo possível, inclusive, usar ambos os métodos simultaneamente.

A Figura 22 apresenta o reconhecimento de gestos utilizado durante o jogo, na atividade em que o jogador deve acariciar o seu filhote virtual. É possível observar a imagem que representa a mão do jogador posicionada sobre o filhote.



Figura 22 – Reconhecimento de gestos no jogo Kinectimals© (MICROSOFT, 2010)

No jogo existe pouca informação textual e esta é sempre apresentada em letras grandes e cores que se destacam do ambiente imersivo, além disso, o console cria perfis de usuário para manter as mesmas configurações em jogos diferentes. A Figura 23 mostra duas telas do jogo Kinectimals©, o item A mostra como a informação textual é apresentada e o item B mostra como o jogador percebe o texto destacado do cenário virtual.



Figura 23 – Telas do jogo Kinectimals©. (MICROSOFT, 2010)

O objetivo do questionário Q2 é garantir que pessoas com diferentes deficiências possam usar o sistema. Esta igualdade do uso é avaliada através dos tipos de rastreamento disponíveis na aplicação, considerando as preferências individuais de cada usuário, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.1, apresentado na página 41.

Sobre a avaliação do segundo questionário (Q2), a meta é atendida pelo console, segundo o educador, pois permite criar perfis individuais de usuário, cada qual com a sua preferência customizada. A criação deste perfil pode ser feita por reconhecimento de gestos ou pelo controle do console. A Figura 24 mostra a tela onde é possível criar ou escolher um perfil de jogador.

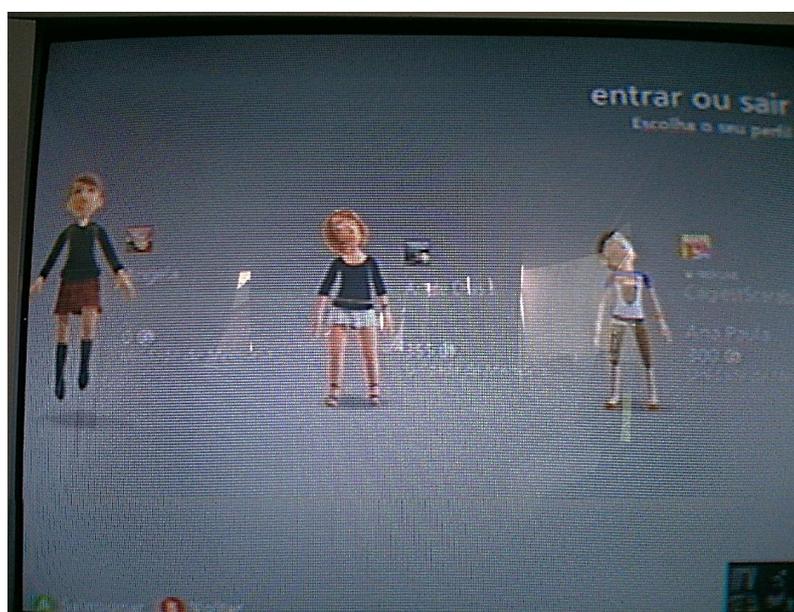


Figura 24 – Preferências individuais do jogador.

O objetivo do questionário Q3 é garantir que as preferências individuais de cada usuário possam ser compartilhadas, de forma segura, com outras aplicações, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.5, apresentado na página 42.

A individualização do perfil do usuário pelo console também atende ao terceiro questionário (Q3), segundo o educador. A Figura 24 mostra a tela de seleção do usuário, onde é possível recarregar ou criar as preferências individuais do jogador no console Microsoft Xbox 360©.

O quarto e último questionário (Q4) deste princípio é “Fazer o desenho atraente para todos os usuários”, tendo como operadores as recomendações 8.2.5 e 8.2.7 da ISO 9241-171:2012.

As duas recomendações deste questionário abrangem a disponibilidade das informações dos elementos do sistema, o jogo não atende ambas as recomendações, segundo o avaliador, pois não existem rótulos fixos nos elementos do jogo. A Figura 25 mostra uma das telas do jogo Kinectimals©, onde é possível observar a ausência de rótulos textuais nos elementos do jogo.



Figura 25 – Elementos sem texto (MICROSOFT, 2010)

Após a avaliação dos quatro questionários pelo educador, observou-se que três das quatro metas, do princípio de uso equitativo, foram atendidas.

Este indicador de conformidade avalia o jogo como minimamente inacessível. Segundo o educador especial, a ausência do texto nos elementos pode inviabilizar o uso por pessoas com deficiência mental, pois a informação não é assumida intuitivamente por estas pessoas. O educador optou por não usar o jogo nas terapias.

Sobre a avaliação do modelo, o educador conseguiu preencher os questionários satisfatoriamente, sem nenhum conhecimento prévio sobre avaliação de acessibilidade ou sobre as questões. Desta forma, concluiu-se que o questionário

é inteligível, suficientemente, para traduzir a complexidade técnica da avaliação de acessibilidade em realidade aumentada, no contexto das tecnologias assistivas.

5.3 SEGUNDA AVALIAÇÃO – DESENVOLVEDOR DE SOFTWARE

A segunda avaliação foi conduzida por um desenvolvedor de software, no mês de março de 2015. A Figura 26 evidencia a execução desta segunda avaliação:

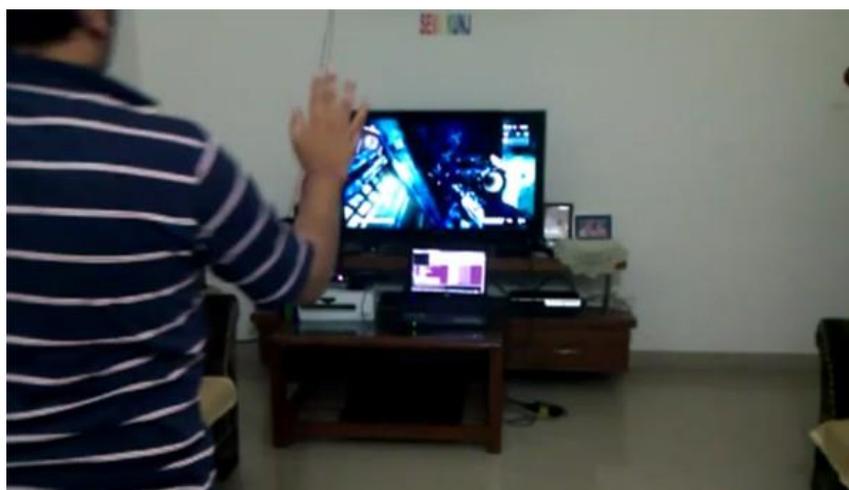


Figura 26 – Realização do segundo estudo de caso

O desenvolvedor de software possuía conhecimento sobre todos os tipos de deficiência, de forma generalizada, no momento em que este estudo de caso foi realizado, entretanto, o mesmo não tinha nenhum conhecimento prévio sobre a avaliação da acessibilidade.

O propósito desta avaliação foi avaliar se as questões do modelo USAR podiam ser entendidas e implementadas tecnicamente. O avaliador representa o desenvolvedor de software para tecnologias assistivas, que é um dos públicos do modelo USAR. Nesta avaliação o avaliador usou todos os trinta questionários do modelo USAR.

O Objetivo do primeiro questionário Q1 é garantir a mesma forma de utilização da aplicação de realidade aumentada. Esta equivalência do uso é avaliada de acordo com os tipos de sensores de rastreamento e displays disponíveis.

Sobre a avaliação do primeiro questionário (Q1), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois o televisor utilizado emite som e imagem e o sensor Microsoft Kinect® possibilita o reconhecimento da fala e dos gestos do usuário, simultaneamente.

O modelo atende aos requisitos mínimos para proporcionar uma mesma forma de utilização para todos os usuários, segundo o avaliador. Ainda segundo o avaliador as questões deste primeiro questionário podem guiar o desenvolvedor, durante a fase de desenvolvimento, uma vez que o objetivo a ser alcançado é claro e bem definido.

A Figura 27 mostra uma tela onde é possível identificar o reconhecimento de voz e de gestos habilitados pelo console.

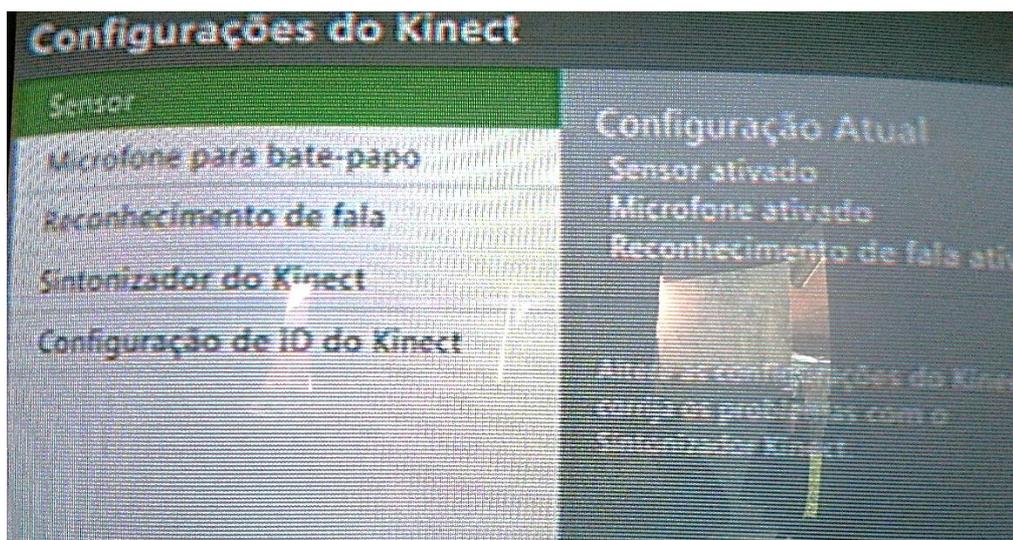


Figura 27 – Reconhecimento de voz e gestos no Microsoft Xbox 360© (MICROSOFT, 2015)

O objetivo do questionário Q2 é garantir que pessoas com diferentes deficiências possam usar o sistema. Esta igualdade do uso é avaliada através dos tipos de rastreamento disponíveis na aplicação, considerando as preferências individuais de cada usuário, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.1, apresentado na página 41.

Sobre a avaliação do segundo questionário (Q2), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois o console Microsoft Xbox 360© armazena as configurações individuais de cada usuário, guardando inclusive as preferências das configurações do sensor Microsoft Kinect©, conforme mostra a Figura 24.

Segundo o avaliador, muitas aplicações, a exemplo dos jogos, utilizam as preferências individuais do hardware em que são executadas, por isso, a avaliação da acessibilidade da aplicação pode ser comprometida, caso o hardware não cumpra os requisitos deste questionário.

O objetivo do questionário Q3 é garantir que as preferências individuais de cada usuário possam ser compartilhadas, de forma segura, com outras aplicações,

conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.5, apresentado na página 42.

Sobre a avaliação do terceiro questionário (Q3), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois o jogo Microsoft Kinectimals© utiliza as mesmas preferências do usuário armazenadas no console, conforme mostra a Figura 24.

Este item pode comprometer a avaliação da acessibilidade, segundo o desenvolvedor, pelo mesmo motivo citado na avaliação do questionário anterior.

O objetivo do quarto questionário Q4 é tornar o design atraente a todos os usuários. Este objetivo pode ser minimamente alcançado através dos tipos de display disponíveis e através da magnificação de objetos, para usuários com baixa visão, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.2, apresentado na página 41 e item 8.7.1 apresentado na página 44.

Sobre a avaliação do quarto questionário (Q4), a meta não foi atendida, segundo o avaliador, pois o jogo não emite um aviso sonoro sempre que qualquer objeto é selecionado. Quando o objeto selecionado permite a interação com o usuário, o jogo apresenta um aviso visual, através de uma caixa de texto, informando as possibilidades de interação, porém, sem sempre há o aviso sonoro.

O avaliador entende que este item é essencial para qualquer aplicação e segundo o mesmo, diversas classes de objetos implementam métodos para manipular o evento de seleção de um objeto.

O objetivo do quinto questionário Q5 é avaliar se as preferências individuais de cada usuário estão disponíveis em diferentes regiões do planeta, ou seja, se é possível carregar estas preferências independentemente da localização geográfica e do dispositivo utilizado, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.3.6, apresentado na página 42.

Sobre a avaliação do quinto questionário (Q5), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois o jogo sincroniza o perfil do usuário através da Internet, mesmo em localidades geográficas distintas. A seleção do perfil é mostrada na Figura 24.

O avaliador ressaltou que, caso não exista conexão com a Internet disponível no local, ou seja, quando o console do Microsoft Xbox 360© estiver off-line, não será possível carregar as preferências do usuário.

Segundo o mesmo, a conexão com a Internet pode interferir na avaliação da acessibilidade, usando o modelo proposto, mesmo que o desenvolvedor do software nada possa fazer sobre essa variável.

O objetivo do sexto questionário Q6 é acomodar o uso de indivíduos destros e canhotos. Este critério de avaliação está diretamente relacionado com a manipulação dos controles físicos da aplicação, conforme a interpretação da norma ISO 9241-171, em seu item 8.7.3, apresentado na página 44.

Sobre a avaliação do sexto questionário (Q6), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois o design do controle físico do console Microsoft Xbox 360© acomoda usuários destros e canhotos confortavelmente. A Figura 28 mostra o controle do Microsoft Xbox 360©, onde é possível observar o seu design ergonômico.



Figura 28 – Controle do Microsoft Xbox 360©. (MICROSOFT, 2015)

O avaliador identificou este item como outro ponto fora do controle do desenvolvedor do software, que pode interferir na avaliação da acessibilidade segundo o modelo proposto.

O objetivo do sétimo questionário Q7 é facilitar a exatidão e a precisão do usuário, durante a operação da aplicação de realidade aumentada. Este critério de avaliação está diretamente relacionado com a apresentação da informação nos displays disponíveis.

Sobre a avaliação do sétimo questionário (Q7), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois os elementos virtuais do jogo se destacam no cenário virtual, sendo possível identifica-los facilmente. Os elementos são destacados na cor vermelha na Figura 29.



Figura 29 – Elementos virtuais destacados.

O objetivo do oitavo questionário Q8 é avaliar se a aplicação de realidade aumentada se adapta ao ritmo de aprendizado de cada usuário.

Sobre a avaliação do oitavo questionário (Q8), a meta não foi atendida, segundo o avaliador, pois os comandos de voz do jogo, embora disponíveis, só são apresentados caso o jogador configure esta opção no menu inicial do jogo. A Figura 27 mostra uma tela onde o comando de voz é exibido.

A exemplo dos questionários Q2, Q3, Q5 e Q6, o avaliador classificou este questionário como outro ponto além do alcance do desenvolvedor de software, que pode impactar na avaliação da acessibilidade segundo o modelo proposto.

O objetivo do nono questionário Q9 é avaliar a simplicidade no uso da aplicação de realidade aumentada, pela pessoa com deficiência. Este critério de avaliação está relacionado com a facilidade com que o usuário percebe as informações sobre os elementos, apresentadas nos displays disponíveis na aplicação.

Sobre a avaliação do nono questionário (Q9), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, quando um elemento é selecionado, o jogo apresenta todas as formas possíveis de interação com este elemento para o jogador.

A Figura 30 mostra o assistente do jogo, que é apresentado sempre que um objeto é selecionado. Esse assistente dá dicas sobre como o jogador deve se movimentar para interagir com o filhote e com o objeto.

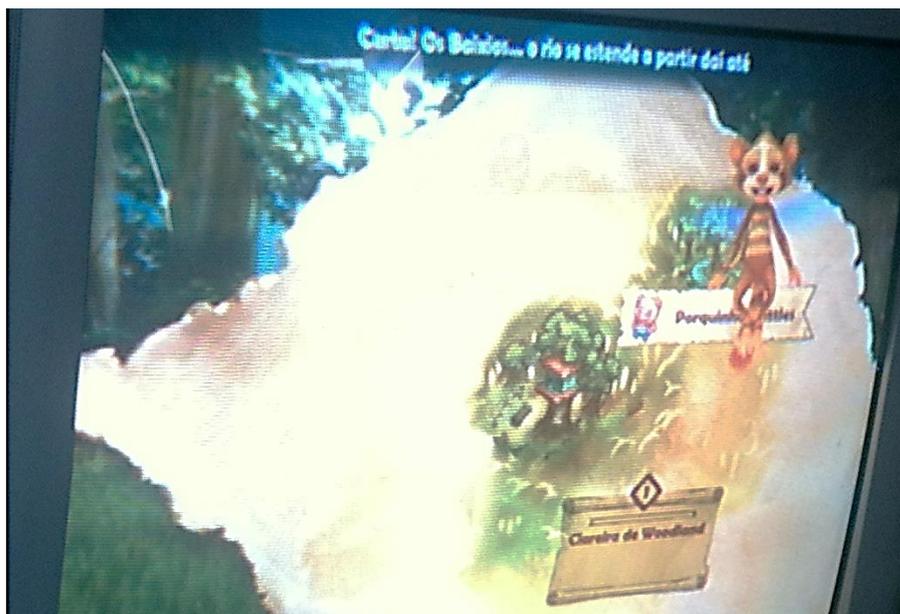


Figura 30 – Assistente do jogo Kinectimals®.

O avaliador entende que este item é essencial para qualquer aplicação e segundo o mesmo, diversas classes de objetos implementam métodos para manipular o evento de seleção de um objeto.

O objetivo do décimo questionário Q10 é avaliar se a aplicação de realidade aumentada é compreensível ao usuário, ainda no primeiro uso.

Sobre a avaliação do décimo questionário (Q10), a meta não foi atendida, segundo o avaliador, pois, é apresentado um ícone sempre que o menu do jogo é acionado pelo jogador, esse ícone nem sempre apresenta um texto relacionado. A Figura 25 mostra a tela de menu do jogo.

O avaliador entende que o rótulo associado à cada ícone mostrado facilita o entendimento do usuário, sobre a funcionalidade do mesmo.

O objetivo do décimo primeiro questionário Q11 é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada abrange uma ampla faixa de níveis de instrução e de capacidades linguísticas.

Sobre a avaliação do décimo primeiro questionário (Q11), a meta não foi atendida, segundo o avaliador, pois, o nome de alguns personagens e locais do jogo não constam no dicionário português brasileiro. A Figura 31 mostra o nome de um dos personagens apresentados no jogo.

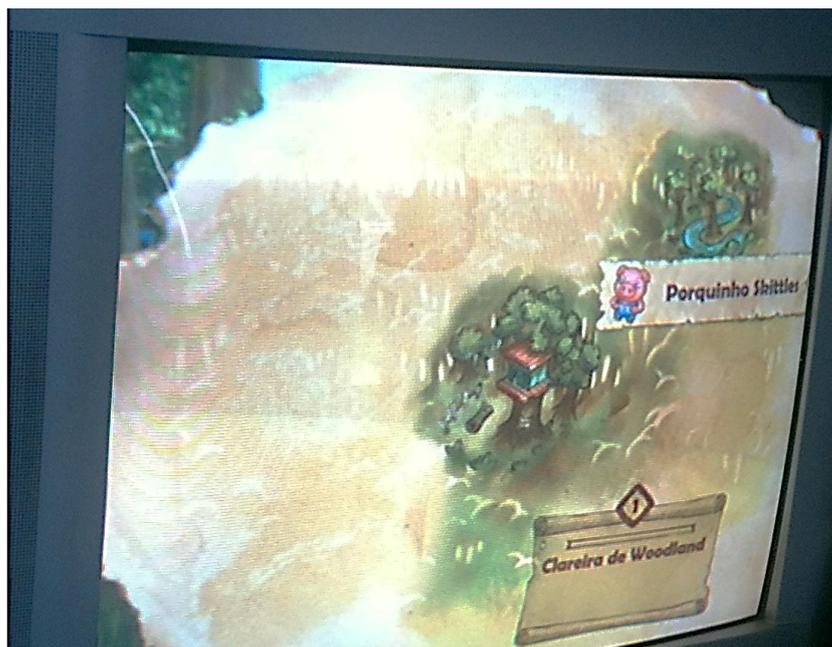


Figura 31 – Nome de personagem do jogo.

Segundo o avaliador podem existir casos onde o jogo apresenta um cenário lúdico ao jogador, muitas vezes composto por personagens fictícios, por isso, a obrigatoriedade de que os personagens pertençam ao mundo real, apresentada neste questionário, pode comprometer a avaliação da acessibilidade.

O objetivo do décimo segundo questionário Q12 é avaliar a disposição de notificações importantes pela aplicação de realidade aumentada.

Sobre a avaliação do décimo segundo questionário (Q12), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o jogo emite as notificações importantes através de som e imagem. A Figura 32 mostra um exemplo de mensagem mostrada pelo jogo.



Figura 32 – Exemplo de mensagem do jogo.

A apresentação das notificações, em pelo menos duas formas distintas e simultâneas, contribui para que o usuário perceba claramente a informação, segundo o avaliador.

A Figura 33 apresenta uma tela onde é emitido um aviso visual, que orienta o usuário para interagir com o filhote virtual pulando. Ao mesmo tempo é emitido um aviso sonoro com as mesmas instruções do jogo.

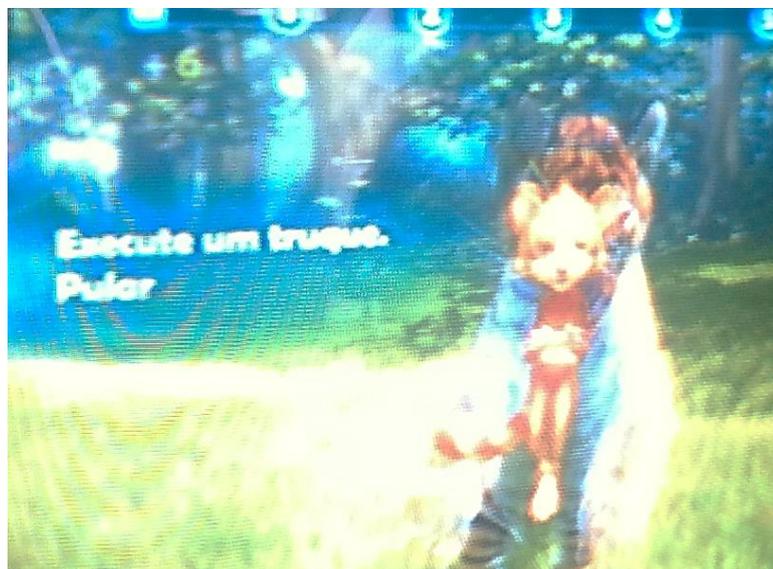


Figura 33 – Avisos do jogo Kinectimals©.

O objetivo do décimo terceiro questionário Q13 é avaliar a interação com a aplicação de Realidade Aumentada a qualquer momento, mesmo durante a inicialização.

Sobre a avaliação do décimo terceiro questionário (Q13), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, mesmo durante o carregamento do jogo, o jogador pode interagir com o console Microsoft Xbox 360© através de reconhecimento de gestos ou comandos de voz. A Figura 34 apresenta a calibragem dos sensores executada ao mesmo tempo em que o jogo é inicializado.



Figura 34 – Calibragem do sensor na inicialização

A exemplo dos questionários Q2, Q3, Q5, Q6 e Q8, o avaliador classificou este questionário como outro ponto além do alcance do desenvolvedor de software,

que pode impactar na avaliação da acessibilidade segundo o modelo proposto. A disponibilidade dos sensores de rastreamento durante a inicialização da aplicação depende diretamente do hardware, por isso o avaliador acredita que este item pode comprometer a avaliação da acessibilidade da aplicação.

O objetivo do décimo quarto questionário Q14 é avaliar se a informação essencial é apresentada de forma redundante pela aplicação de Realidade Aumentada.

Sobre a avaliação do décimo quarto questionário (Q14), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o jogo apresenta a informação essencial ao jogador através de imagem e som, por exemplo, quando um determinado objetivo é alcançado, o jogo apresenta uma imagem e um som específico para aquele objetivo.

A Figura 35 mostra uma tela exibida ao jogador, quando o objetivo da tarefa é alcançado. É possível observar as informações sobre as recompensas recebidas em imagem e som:

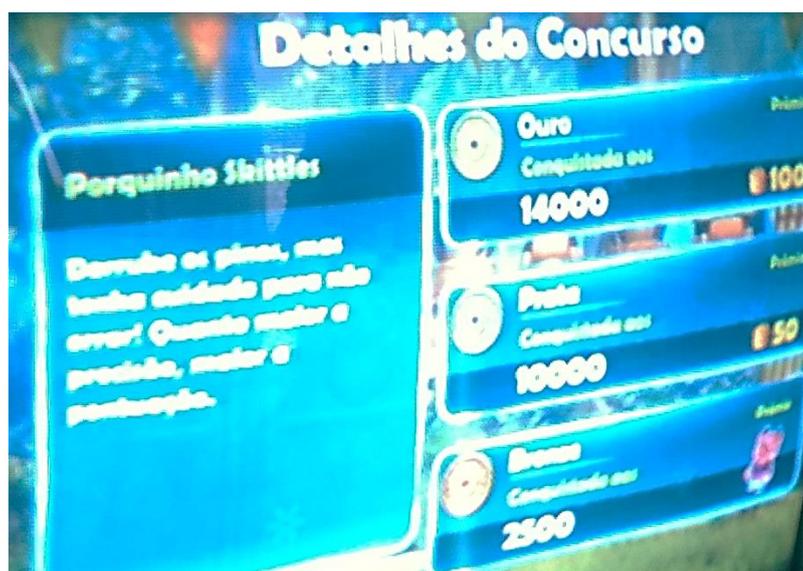


Figura 35 – Aviso de recompensas do jogo Kinectimals© (MICROSOFT, 2010)

O avaliador informou que o item avaliado neste questionário causa confusão em relação ao item avaliado no questionário Q12, pois, ambos avaliam se a informação é apresentada em pelo menos duas formas diferentes.

O objetivo do décimo quinto questionário Q15 é avaliar se a informação essencial é destacada das demais informações apresentadas pela aplicação de Realidade Aumentada.

Sobre a avaliação do décimo quinto questionário (Q15), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, as notificações que o jogo emite se destacam entre os

objetos e personagens presentes no cenário. A Figura 32 mostra um exemplo dos avisos apresentados no jogo.

O avaliador entende que o destaque das notificações dos demais elementos da aplicação é um item essencial para transmitir a informação para o usuário.

O) objetivo do décimo sexto questionário Q16 é avaliar a legibilidade da informação essencial apresentada pela aplicação de Realidade Aumentada.

Sobre a avaliação do décimo sexto questionário (Q16), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o nome dos personagens do jogo são curtos e nenhum dos nomes dos personagens utiliza palavras homófonas.

Foi necessária uma pesquisa na Internet, para que o avaliador lembrasse o significado de uma palavra homófona, segundo o mesmo este termo pode causar confusão durante o uso do modelo proposto, por pessoas com pouco vocabulário.

O objetivo do décimo sétimo questionário Q17 é avaliar se cada elemento da aplicação de Realidade Aumentada possui características únicas que o difere dos demais elementos.

Sobre a avaliação do décimo sétimo questionário (Q17), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, cada personagem e objeto apresentado pelo jogo possui um nome único.

O avaliador informou que é prática comum dos desenvolvedores atribuírem um nome único para cada personagem e objeto da aplicação. Mesmo assim, ele entende que este é um item válido para a avaliação.

O objetivo do décimo oitavo questionário Q18 é avaliar a compatibilidade da aplicação de Realidade Aumentada com outras tecnologias assistivas.

Sobre a avaliação do décimo oitavo questionário (Q18), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o espaço necessário para que o jogador seja reconhecido pelo sensor Microsoft Kinect® acomoda uma pessoa cadeirante, por exemplo.

A Figura 36 mostra o espaço requerido pelo sensor Microsoft Kinect® para que o jogador seja reconhecido, com o mínimo de 1,8 e o máximo de 3 metros de distância.

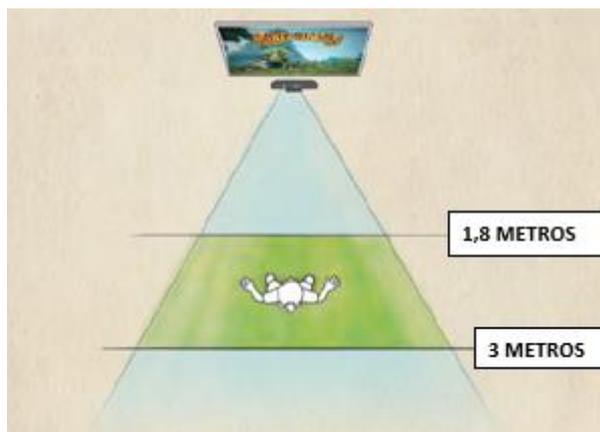


Figura 36 – Espaço requerido pelo jogo.

Segundo o avaliador, este item depende diretamente do hardware em que a aplicação é executada. A exemplo dos questionários Q2, Q3, Q5, Q6, Q8 e Q12, este item pode comprometer a avaliação da acessibilidade da aplicação, mesmo que o desenvolvedor não tenha controle sobre o hardware desenvolvido pelo fabricante.

O objetivo do décimo nono questionário Q19 é avaliar se os elementos mais usados estão mais acessíveis em relação aos demais elementos, assim como, avaliar se os elementos perigosos estão seguros na aplicação de Realidade Aumentada.

Sobre a avaliação do décimo nono questionário (Q19), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, sempre que um personagem ou objeto do jogo é selecionado, todas as operações possíveis são apresentadas ao jogador. A Figura 37 mostra um exemplo, onde as opções possíveis são mostradas ao jogador, após a seleção do objeto (bola).



Figura 37 – Objeto selecionado (MICROSOFT, 2010).

O avaliador entende que este item é essencial para qualquer aplicação e segundo o mesmo, diversas classes de objetos implementam métodos para manipular o evento de seleção de um objeto.

O objetivo do vigésimo questionário Q20 é avaliar como a aplicação de Realidade Aumentada emite as notificações sobre os erros durante a operação.

Sobre a avaliação do vigésimo questionário (Q20), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o jogo emite notificações importantes de maneira persistente, ou seja, a notificação sobre o problema permanece visível até que o jogador o solucione, como problemas no reconhecimento do jogador pelos sensores, por exemplo. A Figura 32 mostra um exemplo de emissão de avisos pelo jogo.

O avaliador acredita que a exibição da notificação não garante a acessibilidade, pois a aplicação pode omitir alguma notificação importante e ainda assim cumprir o objetivo deste questionário.

O objetivo do vigésimo primeiro questionário Q21 é avaliar os mecanismos de segurança da aplicação de Realidade Aumentada, que evitam a interferência no funcionamento dos tipos de rastreamento e displays disponíveis.

Sobre a avaliação do vigésimo primeiro questionário (Q21), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, os sensores são gerenciados pelo próprio console Microsoft Xbox 360®, ou seja, não é possível desligar algum sensor através do jogo e conseqüentemente, não é possível interferir no desempenho destes em outros jogos.

O avaliador entende que existem inúmeras aplicações existentes que funcionam como tecnologias assistivas, por isso, este acredita que não é possível simular a interferência em todos os cenários possíveis.

O objetivo do vigésimo segundo questionário Q22 é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada evita ações inconscientes por parte dos usuários.

Sobre a avaliação do vigésimo segundo questionário (Q22), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o jogo avisa o jogador sempre que alguma tarefa irreversível é executada, como sair do jogo sem o salvamento, por exemplo. A Figura 38 mostra a tela de atualização do jogo, que emite um alerta visual e sonoro ao jogador, com a explicação de que o console Microsoft Xbox 360® não deve ser desligado durante o salvamento do progresso do jogo.

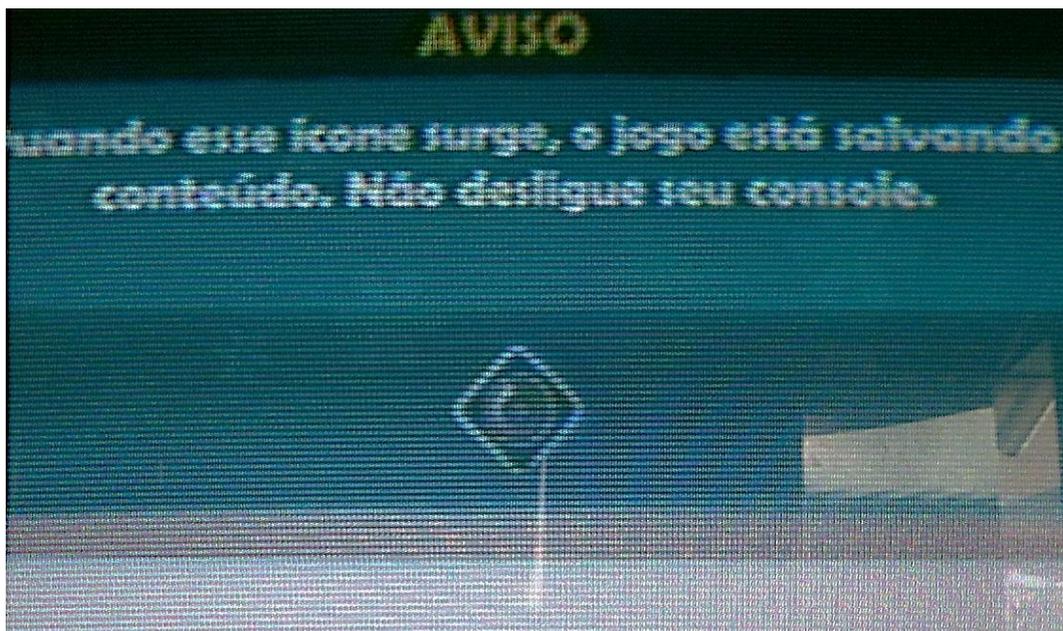


Figura 38 – Aviso de salvamento.

Este item é de extrema importância segundo o avaliador, pois o usuário deve tomar ciência de todas as atividades que não podem ser desfeitas pela aplicação.

O objetivo do vigésimo terceiro questionário Q23 é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada permite o uso independentemente da posição corporal do usuário.

Sobre a avaliação do vigésimo terceiro questionário (Q23), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o sensor Microsoft Kinect® reconhece os jogadores em diferentes posições corporais, como a posição de um cadeirante, por exemplo. A Figura 36 mostra o espaço necessário para que o sensor Microsoft Kinect® reconheça o jogador.

Segundo o avaliador, este item depende diretamente do hardware em que a aplicação é executada. A exemplo dos questionários Q2, Q3, Q5, Q6, Q8, Q12 e Q18, este item pode comprometer a avaliação da acessibilidade da aplicação, mesmo que o desenvolvedor não tenha controle sobre o hardware desenvolvido pelo fabricante.

O objetivo do vigésimo quarto questionário Q24 é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada oferece alternativas para a interação que dispensem o uso de controles físicos.

Sobre a avaliação do vigésimo quarto questionário (Q24), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, é possível jogar o jogo sem utilizar o teclado ou qualquer controle físico.

O Sensor Microsoft Kinect® reconhece os gestos dos usuários através de sinais infravermelhos emitidos pelo sensor, que são capturados pelo receptor e são traduzidos para a distância que um determinado objeto está do sensor, em tempo real.

O objetivo do vigésimo quinto questionário Q25 é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada oferece atalhos para a execução das tarefas mais frequentes.

Sobre a avaliação do vigésimo quinto questionário (Q25), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o jogo apresenta atalhos, através de comandos de voz ou gestos, para as operações mais comuns do jogo.

A Figura 39 mostra um exemplo de uso do comando de voz, onde o jogador atribui um nome ao filhote virtual, este filhote virtual reconhece os comandos de voz que tenham o seu nome, usados durante o jogo:

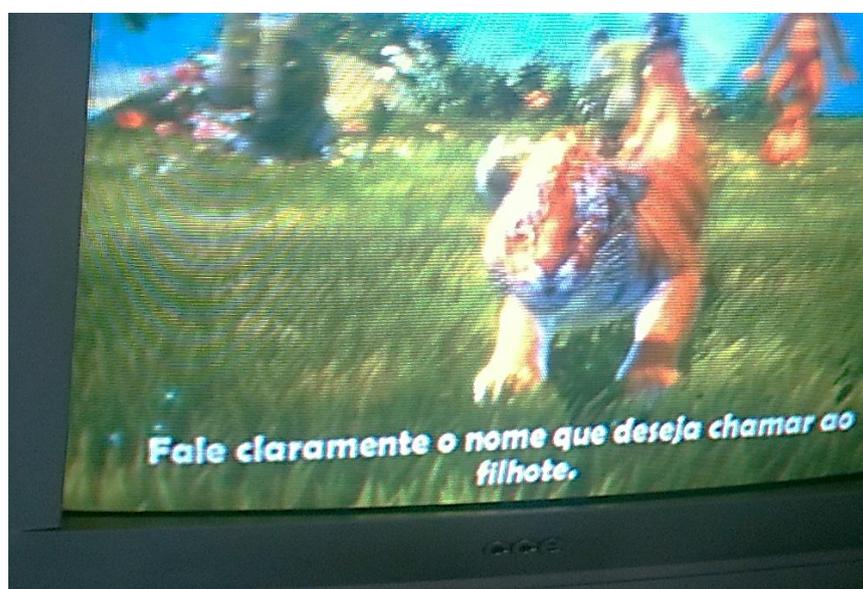


Figura 39 – Exemplo de uso do comando de voz (MICROSOFT, 2010)

O avaliador entende que mesmo que a aplicação forneça atalhos para as operações mais comuns, estes atalhos podem não ser acessíveis, como uma combinação de teclas do teclado, por exemplo.

O objetivo do vigésimo sexto questionário Q26 é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada minimiza o esforço contínuo do usuário.

Sobre a avaliação do vigésimo sexto questionário (Q26), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o jogo não exige a entrada de texto pelo jogador.

O avaliador acredita que as operações de copiar e colar, geralmente executadas através de atalhos do teclado, podem não ser acessíveis para a pessoa com deficiência.

O objetivo do vigésimo sétimo questionário Q27 é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada fornece uma visão clara, dos elementos importantes, independentemente da posição corporal e da distância da pessoa com deficiência.

Sobre a avaliação do vigésimo sétimo questionário (Q27), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, a exibição dos gráficos do jogo no televisor, pode ser vista por jogadores com alturas diferentes, conforme mostra a Figura 26.

Segundo o avaliador, este item depende diretamente do hardware em que a aplicação é executada. A exemplo dos questionários Q2, Q3, Q5, Q6, Q8, Q12, Q18 e Q23, este item pode comprometer a avaliação da acessibilidade da aplicação, mesmo que o desenvolvedor não tenha controle sobre o hardware desenvolvido pelo fabricante.

O objetivo do vigésimo oitavo questionário Q28 é avaliar se os controles físicos da aplicação de Realidade Aumentada, quando presentes, estão disponíveis aos usuários em diversas posições corporais.

Sobre a avaliação do vigésimo oitavo questionário (Q28), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, não o jogo não exige o uso de controles físicos pelos jogadores, conforme mostra a Figura 27.

Segundo o avaliador este item depende diretamente do hardware em que a aplicação é executada. A exemplo dos questionários Q2, Q3, Q5, Q6, Q8, Q12, Q18, Q23 e Q27, este item pode comprometer a avaliação da acessibilidade da aplicação, mesmo que o desenvolvedor não tenha controle sobre o hardware desenvolvido pelo fabricante.

O objetivo do vigésimo nono questionário Q29 é avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada suporta o uso por pessoas com diferentes capacidades de manipulação de controles físicos.

Sobre a avaliação do vigésimo nono questionário (Q29), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o console Microsoft Xbox 360© permite ejetar a gaveta de mídia através do reconhecimento de gestos ou do reconhecimento da voz. A Figura 40 mostra a tela onde a gaveta de mídia pode ser ejetada através do reconhecimento de gestos.

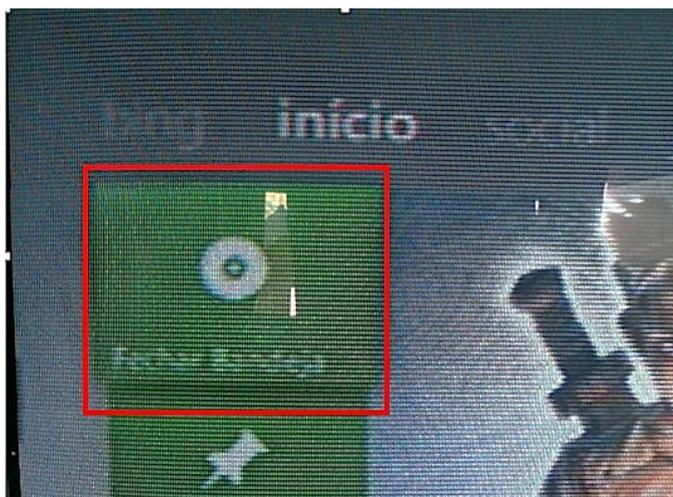


Figura 40 – Ejetar mídia (MICROSOFT, 2015)

Segundo o avaliador, este item depende diretamente do hardware em que a aplicação é executada. A exemplo dos questionários Q2, Q3, Q5, Q6, Q8, Q12, Q18, Q23, Q27 e Q28, este item pode comprometer a avaliação da acessibilidade da aplicação, mesmo que o desenvolvedor não tenha controle sobre o hardware desenvolvido pelo fabricante.

O objetivo do trigésimo questionário Q30 é avaliar se o espaço exigido pela aplicação de Realidade Aumentada permite o uso de auxílios técnicos e de assistência pessoal pela pessoa com deficiência.

Sobre a avaliação do trigésimo questionário (Q30), a meta foi atendida, segundo o avaliador, pois, o espaço necessário para utilizar o sensor Microsoft Kinect© acomoda os auxílios técnicos da pessoa deficiente, como a cadeira de rodas, por exemplo, como mostra a Figura 36.

Após a avaliação dos trinta questionários pelo desenvolvedor, observou-se que quatro metas não foram atendidas.

Este indicador de conformidade avalia o jogo como minimamente inacessível. Segundo o desenvolvedor, a ausência do texto nos elementos e de avisos sonoros sempre que algum objeto é selecionado pode inviabilizar o uso por pessoas com deficiência, pois a informação pode não ser percebida facilmente.

Sobre a avaliação do modelo, o desenvolvedor conseguiu preencher os questionários satisfatoriamente, sem nenhum conhecimento prévio sobre avaliação de acessibilidade ou sobre as questões. Desta forma, concluiu-se que o questionário é inteligível, suficientemente, para traduzir a complexidade técnica da avaliação de acessibilidade em realidade aumentada, no contexto das tecnologias assistivas.

Ainda sobre a avaliação do modelo, o desenvolvedor sugeriu algumas mudanças que foram analisadas no próximo capítulo.

5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A condução do estudo de caso mostrou que o modelo USAR pôde ser compreendido por um público multidisciplinar, tanto o educador especial, quanto o desenvolvedor de software conseguiram utilizar os questionários sem a necessidade de suporte adicional.

Nesse estudo de caso os avaliadores fizeram sugestões, que estão relacionadas aos aspectos de compreensão do modelo e aos aspectos técnicos da avaliação.

5.4.1 Aspectos de compreensão do modelo

Foi observado, entre os avaliadores, a dificuldade na compreensão sobre o significado de uma palavra “homófona” (palavras que tem a mesma grafia com significados diferentes), durante o preenchimento do questionário Q16. Este conceito só pode ser esclarecido com a ajuda de fontes externas ao modelo, como o dicionário e a Internet.

A mesma dificuldade foi observada com relação ao “display háptico”, pois os avaliadores não conheciam o funcionamento deste tipo de display e, conseqüentemente, não compreenderam como uma aplicação de Realidade Aumentada poderia representar texturas.

Como sugestão de melhoria, poderá ser incorporado um guia de introdução ao modelo USAR. Este guia deverá conter a explicação sobre os principais conceitos e dispositivos citados nos questionários.

Na segunda avaliação, realizada pelo desenvolvedor de software, observou-se a confusão entre os itens de avaliação dos questionários Q12 e Q14.

O questionário Q12 tem como objetivo avaliar se o usuário consegue distinguir o tipo de notificação emitida pela aplicação, através de múltiplos displays. Pessoas com deficiência visual, como a baixa visão, por exemplo, podem identificar um aviso

de erro através de um aviso sonoro, emitido pelo display acústico, em conjunto com o aviso visual, emitido pelo display visual.

O questionário Q14 tem como objetivo avaliar se a informação essencial é apresentada de forma redundante para o usuário. Pessoas com deficiência visual, por exemplo, podem perceber a informação dos erros e avisos através de texturas representadas no display háptico, em conjunto com o aviso sonoro, emitido pelo display acústico.

Para evitar a confusão observada no preenchimento destes dois questionários, o questionário Q12 será modificado para uma nova versão, publicada no item 4.4.3 deste capítulo.

5.4.2 Aspectos técnicos da avaliação

A principal ocorrência de sugestões dos avaliadores, neste estudo de caso, foi referente à avaliação do hardware em que a aplicação de Realidade Aumentada é executada, como foi observado na avaliação dos questionários Q2, Q3, Q6, Q8, Q13, Q18, Q23, Q27, Q28 e Q29.

Embora a aplicação de Realidade Aumentada não seja capaz de alterar as características funcionais do hardware em que é executada, este é um ponto importante para a avaliação da acessibilidade, pois a pessoa com deficiência necessita do conjunto de hardware e software para o uso das tecnologias assistivas.

O uso das aplicações embarcadas, por exemplo, é um caso típico onde a avaliação do hardware também se faz necessária, pois não é possível desassociar o hardware do software e ambos influenciam na acessibilidade da aplicação. Não há necessidade de alteração dos questionários para esta sugestão.

Outra observação referente ao hardware, feita pelo segundo avaliador, trata da interferência no funcionamento de outras tecnologias assistivas, causada pela execução da aplicação de Realidade Aumentada, como avalia o questionário Q21.

Embora não seja possível avaliar esta interferência considerando todas as tecnologias assistivas existentes, essa avaliação pode ser conduzida para avaliar se a execução da aplicação de Realidade Aumentada interfere na calibragem e uso dos sensores de rastreamento disponíveis e conseqüentemente alteram o funcionamento

de outras tecnologias assistivas. Não há necessidade de alteração dos questionários para esta sugestão.

Outra sugestão observada é com relação ao questionário Q5, que tem o objetivo de avaliar se as preferências do usuário podem ser carregadas em locais e dispositivos geograficamente distintos.

As aplicações de Realidade Aumentada podem implementar o armazenamento das preferências do usuário ou podem compartilhar as preferências armazenadas no sistema operacional onde são executadas.

A possibilidade de carregar as preferências do usuário, mesmo em equipamentos ou locais diferentes, é um ponto importante da avaliação da acessibilidade. Mesmo quando a aplicação compartilha estas preferências armazenadas no sistema operacional, este item deve ser um ponto a ser avaliado. Não há necessidade de alteração do questionário para esta sugestão.

Os avaliadores identificaram a necessidade de alteração em um dos métodos do questionário Q11, que tem como objetivo avaliar se a aplicação abrange uma ampla faixa de instrução e capacidades linguísticas.

Um dos métodos do questionário avalia se os objetos e personagens da aplicação existem no mundo real. Segundo os avaliadores, os jogos podem criar cenários lúdicos, onde a fantasia é incorporada a realidade, sem comprometer a sua acessibilidade.

O texto original de um dos métodos, “Os personagens e objetos apresentados pelo software existem no mundo real? ”, deve, segundo os avaliadores, ser alterado para compreender também personagens fictícios.

Como o propósito do modelo USAR é a avaliação dos requisitos mínimos de acessibilidade, das aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, em sua maior extensão possível, o questionário Q11 será modificado para uma nova versão, publicada no item 4.4.3 deste capítulo.

Sobre a avaliação do questionário Q20, o segundo avaliador acredita que a exibição da notificação não garante a acessibilidade, pois a aplicação pode omitir alguma notificação importante e ainda assim cumprir o objetivo deste questionário.

O objetivo do modelo USAR é avaliar os requisitos mínimos da acessibilidade, para aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas. Cada aplicação emite as notificações importantes da maneira como foi concebida.

Desta forma, cabe ao modelo USAR a avaliação sobre o modo em que estas notificações são dispostas, sem considerar a relevância da notificação exibida. Esta característica torna o modelo generalista e aplicável a diversas aplicações distintas. Não há necessidade de alteração do questionário para esta sugestão.

Sobre a avaliação do questionário Q25, o segundo avaliador sugeriu que a existência de atalhos na aplicação de Realidade Aumentada não garante a acessibilidade, pois a combinação de teclas de atalho, por exemplo, pode interferir na acessibilidade da aplicação.

O modelo USAR avalia a disponibilidade dos tipos de sensores de rastreamento mais comuns. A disponibilidade de múltiplos sensores de rastreamento oferece uma alternativa ao uso do teclado, ou seja, um atalho pode ser comandado através de comando de voz ou reconhecimento de gestos, eliminando a necessidade de uso do teclado. Não há necessidade de alteração dos questionários para esta sugestão.

Outra sugestão referente ao uso do teclado, feita pelo segundo avaliador, é relativa ao questionário Q26, que tem como meta avaliar se a aplicação de Realidade Aumentada minimiza o esforço repetitivo, fornecendo a opção de copiar e colar o texto.

O objetivo do modelo USAR é avaliar os requisitos mínimos de acessibilidade, das aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas. A operação de copiar e colar, quando a aplicação apresenta texto, oferece uma funcionalidade mínima para evitar o esforço repetitivo. Não há necessidade de alteração dos questionários para esta sugestão.

5.4.3 Questionários modificados

Foi necessário modificar o questionário Q11 para uma nova versão, para tornar o modelo mais abrangente, contemplando também as aplicações de Realidade Aumentada que criam cenários lúdicos.

Os jogos podem utilizar-se de personagens fictícios para a criação de um cenário lúdico, em um mundo imaginário, este contexto também deve fazer parte do processo de avaliação do modelo USAR.

Os métodos que avaliam “Os personagens e objetos apresentados pelo software existem no mundo real?” foram alterados para “Os personagens e objetos

apresentados pelo software existem no mundo real ou imaginário? ". A Tabela 31 apresenta a nova versão do questionário Q11:

Tabela 31– Questionário Q11 do modelo USAR modificado

Q11 META = Abrange uma ampla faixa de níveis de instrução e capacidades linguísticas	
FI	FI 13 = Os personagens e objetos apresentados pelo software existem no mundo real ou imaginário?
	FI 14 = O nome dos personagens e objetos existe no dicionário do idioma local?
	FI 15 = A pronúncia dos nomes dos personagens e objetos evita o encontro entre consoantes?
VI	VI 14 = O nome dos personagens e objetos existe no dicionário do idioma local?
	VI 15 = A pronúncia dos nomes dos personagens e objetos evita o encontro entre consoantes?
AU	AU 13 = Os personagens e objetos apresentados pelo software existem no mundo real ou imaginário?
	AU 14 = O nome dos personagens e objetos existe no dicionário do idioma local?
ME	ME 13 = Os personagens e objetos apresentados pelo software existem no mundo real ou imaginário?
	ME 14 = O nome dos personagens e objetos existe no dicionário do idioma local?
	ME 15 = A pronúncia dos nomes dos personagens e objetos evita o encontro entre consoantes?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

Foi necessário modificar o questionário Q12 para uma nova versão, para evitar a confusão do usuário com a avaliação do questionário Q14. A meta do questionário teve o seu texto alterado de “Dispõe a informação de acordo com sua importância” para o texto “Diferencia o tipo das notificações”.

Também foi alterado no texto a palavra “destaca” pela palavra “diferencia” nos métodos do questionário, para facilitar a compreensão pelo usuário sobre o quesito a ser avaliado. A Tabela 32 apresenta a nova versão do questionário Q12:

Tabela 32– Questionário Q12 do modelo USAR modificado

Q12 META = Diferencia o tipo das notificações	
FI	FI 16 = O software diferencia as notificações através de imagens contrastantes e/ou som mais alto e/ou texturas relevantes?
VI	VI 16 = O software diferencia as notificações através de som mais alto e/ou texturas relevantes?
AU	AU 15 = O software diferencia as notificações através de imagens contrastantes e/ou texturas relevantes?
ME	ME 16 = O software diferencia as notificações através de imagens contrastantes e/ou som mais alto e/ou texturas relevantes?
INDICADOR DE CONFORMIDADE = FI VI AU ME	

6 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada no capítulo 2 desta dissertação apresenta diversos estudos sobre o uso de aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas. Não foi identificado dentre estes estudos nenhum modelo de avaliação, que permita uma análise dos requisitos mínimos de acessibilidade.

A utilização de um modelo preditivo, para a avaliação da acessibilidade, como o modelo USAR pode contribuir para a tomada de decisão, sobre o uso de qualquer aplicação de realidade aumentada, no contexto das tecnologias assistivas, antes mesmo da aquisição destas aplicações.

É necessária uma visão holística, que procura compreender os fenômenos na sua totalidade e globalidade, para a avaliação da acessibilidade, pois assim como cada deficiência é única, cada pessoa com deficiência também possui suas singularidades.

O modelo USAR permite a avaliação da acessibilidade sobre um ou mais tipos de deficiência, considerando as características comuns às pessoas com uma mesma deficiência como parâmetros para a avaliação.

O mapeamento das orientações genéricas do Design Universal, para os requisitos e recomendações práticas da norma ISO 9241-171, fornece o embasamento necessário para avaliar a acessibilidade destas aplicações.

O modelo USAR é um modelo aberto para a avaliação preditiva da acessibilidade, que está disponível para uso público e gratuito. Através dos questionários apresentados nesta dissertação é possível reproduzir e aplicar o modelo, sendo possível, inclusive, a alteração do modelo proposto, através de novas versões, por qualquer pessoa interessada na avaliação dos requisitos mínimos de acessibilidade, para aplicações de Realidade Aumentada, no contexto das tecnologias assistivas.

A criação de questionários sem termos técnicos, com questões claras e intuitivas, torna o modelo USAR inteligível, com o intuito de atender à um público multidisciplinar.

Desta forma é possível guiar o usuário pelo processo de avaliação da acessibilidade, de forma natural e intuitiva, sem a necessidade de conhecimento técnico ou experiência prévia neste tipo de avaliação.

O modelo USAR pode servir também como um guia, para que os desenvolvedores criem aplicações com requisitos mínimos de acessibilidade, sendo esta uma característica essencial para as tecnologias assistivas.

O mapeamento realizado entre o Design Universal e a ISO 9241-171, realizado neste trabalho, pode também ser adaptado para outras tecnologias emergentes, como a realidade misturada, por exemplo, criando novos modelos de avaliação da acessibilidade.

A condução do estudo de caso mostrou que o modelo USAR pode ser utilizado por um público multidisciplinar, pois ambos os dois avaliadores conseguiram utilizar o modelo por conta própria.

O estudo de caso também evidenciou algumas necessidades de melhoria do modelo USAR, como a criação de um guia de instrução, com os conceitos e dispositivos contemplados pelo modelo. Como resultado destas sugestões foram modificados dois questionários.

A interpretação da norma ISO 9241-171, para o português brasileiro, pode servir como base, para que outros estudos de avaliação de acessibilidade sejam conduzidos.

Outra oportunidade de trabalho futuro é a inserção de novas normas e/ou orientações de acessibilidade, ainda não existentes na literatura, gerando versões futuras do modelo USAR.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. D. A.; BARANAUSKAS, M. C. C. Universal design principles combined with web accessibility guidelines: a case study. **Proceedings of the IX Symposium on Human Factors in Computing Systems**, Porto Alegre, out. 2010. 169-178.

AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. **Presence**, p. 355-385, 1997.

BAU, O.; POUPYREV, I. REVEL: tactile feedback technology for augmented reality. **ACM Transactions on Graphics**, 2012.

BERSCH, R. Introdução à tecnologia assistiva. **ASSISTIVA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO**, Porto Alegre, p. 1-20, 2013.

BONINO, D.; CORNO, F. DogOnt - Ontology Modeling for Intelligent Domestic Environments. **7th International Semantic Web Conference, ISWC 2008**, Karlsruhe, 26 out. 2008. 790-803.

BRAGA, R. A. M. et al. Concept and Design of the Intellwheels Platform for Developing Intelligent Wheelchairs. **International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics 2008**, 2009. 191-203.

BRASIL. Secretaria de Atenção à Saúde. **Ministério da Saúde**, 2006. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/legislacao_deficiencia.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2015.

BRASIL, G. F. Tecnologia Assistiva. **SNPPDP**, 2013. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/publicacoes/tecnologia-assistiva>>. Acesso em: 19 jan. 2015.

CEDRO1, C. C.; BETINI, R. C. AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE EM TECNOLOGIAS ASSISTIVAS BASEADAS EM REALIDADE AUMENTADA ATRAVÉS DE UM MODELO PREDITIVO - USAR. **XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB 2014**, Uberlândia, 13 out. 2014. 1309-1312.

CEDRO2, C. C.; BETINI, R. C. Avaliação da usabilidade e da acessibilidade na realidade aumentada sob o contexto da tecnologia assistiva. Uma reflexão sobre o estado da arte. **XV Workshop de realidade Virtual e Aumentada 2014**, Marília, 10 nov. 2014. 154-157.

CRAIG, A. B. **Understanding Augmented Reality Concepts and applications**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, v. 1, 2013.

FONTANA, M.; SALSEDO, F.; BERGAMASCO, M. Novel Magnetic Sensing Approach with Improved Linearity. **Sensors**, v. 13, p. 7618-7632, 2013.

FURHT, B. **Handbook of augmented reality**. 1. ed. [S.l.]: Springer, v. 1, 2011.

GREGORIADES, A.; PAMPAKA, M.; SUTCLIFFE, A. Simulation-based requirements discovery for smart driver assistive technologies. **2014 IEEE 22nd International Requirements Engineering Conference**, Karlskrona , 25 ago. 2014. 317-318.

HUANG, W.; ALEM, L.; LIVINGSTON, M. A. **Human Factors in Augmented Reality Environments**. [S.l.]: Springer, 2013.

HUBER, J. et al. Workshop on assistive augmentation. **CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems** , New York, 26 abr. 2014. 103-106.

INAMI, M. et al. Visuo-haptic display using head-mounted projector. **Virtual Reality, 2000. Proceedings. IEEE** , New Brunswick, 18 mar. 2000. 233-240.

ISO. **ISO 9241**: Ergonomics of Human-system Interaction-Pt. 171: Guidance on Software Accessibility, 2012.

JIANG, J.; JIANG, X.; KUANG, Y. The implementation of literacy and sign language learning system for deaf children based on the augmented reality. **Workshop on Advanced Research and Technology in Industry Applications**, Ottawa, 29 set. 2014. 911-913.

JIMENES-MIXCO, V. et al. A New Approach for Accessible Interaction within Smart Homes through Virtual Reality. **5th International Conference, UAHCI 2009**, San Diego, 19 jul. 2009. 75-81.

KIPPER, G.; RAMPOLLA, J. **Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR**. 1. ed. [S.l.]: Elsevier, 2012.

KORN, O. et al. Context-aware assistive systems at the workplace: analyzing the effects of projection and gamification. **7th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments**, maio 2014. 38.

KUHNELA, C. et al. I'm home: Defining and evaluating a gesture set for smart-home control. **International Journal of Human-Computer Studies**, out. 2011. 693-704.

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**, jan. 2015. 1-8.

MALIK, S. A. et al. Mobile applications using augmented reality to support older people. **2013 International Conference on Research and Innovation in Information Systems**, Kuala Lumpur, 27 nov. 2013. 374-379.

MANN, S. **Closing keynote speech**: reconfigured self as basis for humanistic intelligence. Proceedings of the annual conference on USENIX Annual Technical Conference. [S.l.]: USENIX Association. 1998. p. 29-29.

MICROSOFT. Kinectmalls. **XBOX Marketplace**, 2010. Disponível em: <<http://marketplace.xbox.com/pt-BR/Product/Kinectmalls/66acd000-77fe-1000-9115-d8024d5308b3>>. Acesso em: 24 jan. 2015.

MICROSOFT. Impacto real para um futuro melhor. **Microsoft Brasil**, 2012. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/about/corporatecitizenship/pt-br/impacto-no-brasil/inovacao-e-ped/casos-de-sucesso-inovacao-e-ped/reabilitacao-rima-com-diversao/>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

MICROSOFT, C. Kinect for Xbox 360. **Microsoft**, 2015. Disponível em: <<http://www.xbox.com/en-US/xbox-360/accessories/kinect/kinectforxbox360>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

MIHELJ, M.; NOVAK, D.; BEGUS, S. Augmented Reality. In: MIHELJ, M.; NOVAK, D.; BEGUS, S. **Virtual Reality Technology and Applications**. 1. ed. [S.l.]: Springer, v. 68, 2014. Cap. 8, p. 195-204.

NATIONS, U. UNITED NATIONS ENABLED. **UNITED NATIONS**, 2011. Disponível em: <<http://www.un.org/disabilities/default.asp?id=18>>. Acesso em: 24 jan. 2015.

NATURALPOINT, I. Optitrack. **Naturalpoint**, 2015. Disponível em: <<https://www.naturalpoint.com/optitrack/hardware/>>. Acesso em: 16 jan. 2015.

PREECE, J.; ROGERS, I.; SHARP, H. **Interaction Design: Beyond Human - Computer Interaction**. [S.l.]: Bookman, 2011.

PREISER, W.; SMITH, K. H. **Universal Design Handbook**. 2. ed. [S.l.]: McGraw Hill Professional, 2010.

RABELO, N. D.; SANTOS, A. M. A. D.; MAGALHÃES, N. J. F. D. ELRA - Teaching Brazilian Sign Language Using Augmented Reality. **2014 XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)**, Salvador, 12 maio 2014. 110-113.

RABINER, L. R.; BIING-HWANG, J. **Fundamentals of Speech Recognition**. New Jersey: PTR Prentice Hall, 1993.

RADHA, H. G.; SHRUTI, S. D.; KANYA, B. S. Design and development of an assistive device for speech and hearing impaired. **International Journal of Innovative Technology and Research**, 2014. 859-862.

RODRIGUEZ-SANCHEZ, M. C. et al. Accessible smartphones for blind users: A case study for a wayfinding system. **Expert Systems with Applications**, 15 nov. 2014. 7210-7222.

SHIBATA, T. Head mounted display. **Displays**, 2002. 57-64.

STORY, M.; MUELLER, J.; MACE, R. The Universal Design File: Designing for people of all ages and abilities. **Design Research and Methods Journal**, 1998.

VIRTUAL, R. HMD. **Virtual Realities**, 2015. Disponível em: <<http://www.vrealities.com/head-mounted-displays>>. Acesso em: 19 jan. 2015.

W3C. Web Accessibility Initiative - WAI. **W3C Consortium**, 2008. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/WCAG20/>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

WARD, D. S. et al. Accelerometer use in physical activity: best practices and research recommendations. **Medicine and science in sports and exercise**, 2005.

WIGDOR, D.; WIXON, D. **Brave NUI world**: designing natural user interfaces for touch and gesture. [S.l.]: Elsevier, 2011.