



UM APLICATIVO MÓVEL PARA ACESSO POR PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL A SISTEMAS MULTIMÍDIA

A MOBILE APP FOR VISUALLY DISABLED PEOPLE TO ACCESS MULTIMEDIA SYSTEMS¹

Ed PORTO²

¹ Agradecimentos Ao Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital da UFPB (LAVID), ao Tribunal de Contas do Estado da Paraíba-PB (TCE-PB) e ao Instituto dos Cegos da Paraíba Adalgisa Cunha.

² Professor Titular da Universidade Federal da Paraíba, onde leciona nos cursos de Ciência da Computação, Engenharia da Computação e Licenciatura da Computação. E-mail: ed_porto@uol.com.br.





RESUMO

Os sistemas multimídia são compostos, em sua grande maioria, por recursos visuais, como por exemplo: vídeos, imagens, gráficos e animações. Assim, uma Pessoa com Deficiência Visual (PDV) fica impedida de interagir com esses sistemas. O sistema multimídia Obras 4D, criado para visualização de dados referentes às obras públicas do Estado X, objetiva facilitar o acesso às informações de obras, usando óculos de Realidade Aumentada (RA), utilizando suas localizações geográficas como via de acesso inicial. O sistema Obras 4D foi desenvolvido para que pessoas sem deficiência visual acessem suas informações usando óculos de RA. Neste contexto, propomos um aplicativo para dispositivos móveis, chamado o *BlindHelper*, que oferece às PDVs o acesso às informações do sistema Obras 4D utilizando *smartphones*. O aplicativo possibilita a interação baseado em movimentos da mão da PDV que são captados pelo acelerômetro do *smartphone* e as informações dos elementos multimídia são passadas à PDV por meio de audiodescrição. A interação entre o *App* e o sistema RA é feita através de marcadores fiduciais. Assim, não é necessário realizar nenhuma modificação de infraestrutura para integrar quaisquer sistemas com o *App*, nem acrescentar equipamentos adicionais pois o *smartphone* dos óculos de RA pode ser usado pela PDV. O objetivo deste artigo é apresentar processo de criação e desenvolvimento do aplicativo *BlindHelper*. Para atingir este objetivo foi feita a modelagem do aplicativo utilizando-se a ferramenta de modelagem UML (*Unified Modeling Language*). Descobriu-se que esta tecnologia assistiva com uso de *smartphone* foi bem aceita por PDVs, porém mais testes de usabilidade são necessários.

PALAVRAS-CHAVE

deficiência visual; realidade aumentada; dispositivos móveis.





ABSTRACT

Multimedia systems are mostly composed of visual resources, such as videos, images, graphics and animations. Thus, a Visually Impairment Person is prevented from interacting with these systems. The multimedia system Obras 4D was created for viewing data referring to public works under the supervision of the State X. It aims to facilitate access to information on works, using Augmented Reality (AR) glasses, using their geographic locations as the initial. The Obras 4D system was developed for people without visual impairment to access their information using AR glasses. In this context, we propose an application for mobile devices, called BlindHelper App, which offers Visually Impairment Person information from the Obras 4D system using smartphones. The App allows interaction based on hand movements of the Visually Impairment Person. These movements are captured by the smartphone's accelerometer and the information from the multimedia elements is passed to the Visually Impairment Person through audio description. The interaction between the App and the AR system is done through fiducial markers. Thus, it is not necessary to carry out any infrastructure modifications to integrate any systems with the App, nor to add additional equipment since the smartphone of the AR glasses can be used by the Visually Impairment Person. The purpose of this article is to present the process of creating and developing the BlindHelper application. To achieve this goal, the application was modeling using the Unified Modeling Language (UML) modeling tool. It was found that this assistive technology, with smartphone use, was well accepted by Visually Impairment Person, but more usability tests are needed.

KEY-WORDS

visual impairment; augmented reality; mobile devices.





1. 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas multimídia estão de fato imergidos no nosso cotidiano. De forma multidisciplinar, se apresentam em diversas aplicações nas mais diversas áreas, das quais podemos citar: entretenimento, educação, medicina, artes (GHINEA et al., 2014), marketing, negócios, ciências forenses (CHAPMAN; CHAPMAN, 2000), comunicação, envelhecimento, participação social, sustentabilidade e transporte (BOLL, 2015).

O levantamento de dados do grupo de publicidade Zenith (2016) constatou que em 2016, no mundo, as pessoas gastavam por dia, em média, quase três horas (174,6 minutos) assistindo à televisão, e mais de duas horas (122,4 minutos) navegando na internet. Segundo levantamento feito em 2017 pela GSMA Intelligence(2017), somente na telefonia móvel, já existiam cinco bilhões de usuários, sendo que 75% destes acessavam a internet, quase 75% assistiam a vídeos online e metade assistiam à televisão ao vivo. Somente no Brasil, de acordo com dados da ANATEL (2018), existiam mais de 235 milhões de assinaturas de banda móvel em junho de 2018. No entanto, sendo formados pelas combinações de textos, imagens, gráficos, animações, áudio e vídeo (TIMMERER et al., 2012; YUAN; GHINEA; MUNTEAN, 2014), os sistemas multimídia, em geral, estimulam apenas dois dos sentidos humanos: a visão e a audição (COVACI et al., 2018; GHINEA et al., 2014; MURRAY et al., 2014).

Muitas das informações nos sistemas multimídia vêm em formatos visuais sendo assim inacessíveis para a Pessoa com Deficiência Visual (PDV), tornando ineficientes os esforços no sentido de proporcionar acessibilidade por meio de interações sonoras – como softwares leitores de tela e por meio de comandos de voz (O'MODHRAIN et al., 2015). Um exemplo disso são as interfaces interativas dinâmicas, populares na internet para usuários





sem deficiência, mas não legíveis pelos softwares leitores de tela, tornando impossível a navegação por PDVs (MIYASHITA et al., 2007). Além disso, a maioria dos sistemas computacionais não levam em conta as necessidades especiais das PDVs, sendo construídos para interação apenas por meio de interfaces gráficas visuais (CARNEIRO; VELHO, 2004), não existindo suporte alternativo como meios de interação e *feedback*, como comando de voz ou ferramentas hápticas (discutidas na Seção 2), ou *feedback* em audiodescrição. Aplicativos construídos para dispositivos de tela sensíveis ao toque (*touchscreen*) sem suporte sonoro, por exemplo, tornam impossível às PDVs conseguirem distinguir entre a tela e os controles do aplicativo por não haver diferenciação tátil em nenhum ponto da superfície da tela, privando-as assim de utilizá-los (BUZZI et al., 2014; MCGOOKIN; BREWSTER; JIANG, 2008).

A Realidade Virtual é uma “interface avançada de usuário”, na qual este interage em/com um mundo gerado computacionalmente, em tempo real (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). Já a Realidade Aumentada (RA) transmite ao mundo real objetos virtuais gerados computacionalmente (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). RA é um tipo de Realidade Virtual que valoriza a informação estimulando virtualmente os sentidos humanos sobrepondo o mundo real com objetos virtuais (SHERMAN; CRAIG, 2003). Um exemplo de uso de RA mundialmente conhecido é o jogo *Pokémon Go* (POKEMON, 2020).

Tecnologias Assistivas (TA) são mecanismos que têm por objetivo tornar realizável uma tarefa que outrora era impossível a uma pessoa limitada pela deficiência (BERSCH, 2017). Porém, TAs para PDVs são, em sua maioria, baseadas em Braille³, síntese de voz ou lupas eletrônicas. Podemos destacar,

³ O Sistema Braille é “um código universal de leitura tátil e de escrita usado por deficientes visuais” (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2019).





por exemplo, as impressoras e terminais em Braille, scanners para leitura de texto impresso, softwares leitores de tela e por comando de voz e softwares ampliadores de tela (CARVALHO et al., 2016; DAMACENO; BRAGA; CHALCO, 2016). Existem TAs baseadas em amplificação que são capazes de auxiliar pessoas com certos graus de deficiência visual, contudo não são úteis para pessoas com cegueira plena.

TAs baseadas em Braille não alcançarão as PDVs que não são alfabetizadas em Braille. Um levantamento feito pela Federação Nacional dos Cegos dos Estados Unidos, em 2009, constatou que menos de 10% da população cega daquele país é alfabetizado em Braille, e apenas 10% das crianças cegas estavam aprendendo o alfabeto Braille (NATIONAL FEDERATION OF THE BLIND, 2009). Segundo Chakraborty e Samanta (2013) e Damaceno, Braga e Chalco (2016), interações com sistemas computacionais que sejam apenas sonoras, ou seja por meio de comando de voz, trazem desvantagens, tais como: suporte a apenas um comando de voz por vez; não traz privacidade ao usuário; em ambientes ruidosos, o desempenho do comando de voz pode ser comprometido; usuários podem ter dificuldade para ativar o suporte ao comando de voz no seu dispositivo computacional; e os usuários podem esquecer os comandos de voz. Por fim, algumas TAs exigem também equipamentos adicionais, como impressoras ou terminais em Braille, ou scanners para tradução de texto em voz. Isto encarece o custo da solução e dificulta a sua mobilidade. Em função do exposto, muitos sistemas multimídia não atendem satisfatoriamente às PDVs, nem proporcionam integração eficiente com softwares de acessibilidade, embora já existam iniciativas como, por exemplo, um aplicativo de identificação de vestimenta (SILVA et al., 2019).





Segundo o último censo nacional do IBGE (IBGE, 2010), são aproximadamente 35,8 milhões de brasileiros que possuem algum grau de deficiência visual no nosso país, o que corresponde a 18,8% da população. Deste contingente, mesmo com uso de correção óptica, mais de 506 mil pessoas se autodeclararam cegas, mais de 6 milhões de pessoas disseram ter grande dificuldade para enxergar, e cerca de 29,2 milhões de pessoas relataram ter alguma dificuldade para enxergar. No mundo, os números da deficiência visual também são expressivos. Estima-se que há cerca de 441,1 milhões de pessoas com algum grau de deficiência visual, sendo que dessas 36 milhões são cegas, 216,6 milhões apresentam deficiência visual severa ou moderada, e 188,5 milhões têm deficiência visual leve (BOURNE et al., 2017). Cabe ressaltar que no Brasil há desde 2015 a Lei Brasileira de Inclusão (LBI, 2020) cujo artigo 3º inciso V considera que as formas de interação dos cidadãos devem abranger, entre outras opções, os dispositivos multimídia e os sistemas auditivos:

... as línguas, inclusive a Língua Brasileira de Sinais (Libras), a visualização de textos, o Braille, o sistema de sinalização ou de comunicação tátil, os caracteres ampliados, os dispositivos multimídia, assim como a linguagem simples, escrita e oral, os sistemas auditivos e os meios de voz digitalizados e os modos, meios e formatos aumentativos e alternativos de comunicação, incluindo as tecnologias da informação e das comunicações.

Dessa forma, o objetivo geral desse artigo é apresentar o desenvolvimento e teste do software intitulado *BlindHelper App*, que é um aplicativo para dispositivos móveis para acessibilidade de PDVs a sistemas multimídia com mecanismos de RA. O *BlindHelper App*, que pode ser conimagemdopara o ensino, nas disciplinas de história, geografia, ciências etc., e do alfabeto





Braille, utilizou o sistema Obras 4D como prova de conceito. Obras 4D é um sistema multimídia com RA.

O artigo se encontra organizado da seguinte forma: a fundamentação teórica é feita na Seção 2 (Tecnologias assistivas e PDVs) e na Seção 3 (o sistema Obras 4D), o aplicativo com suas funcionalidades é tratado na Seção 4 onde também se encontram os procedimentos metodológicos adotados. As últimas considerações estão na Seção 5.

2. AS TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E OS SMARTPHONES COMO FERRAMENTAS DE ACESSIBILIDADE A PDVS

De acordo com Bersch(2017, p. 2), podemos nos referir à Tecnologia Assistiva (TA) como “[...] todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e consequentemente promover vida independente e inclusão”. Assim, as TAs proporcionam à pessoa com deficiência maior “[...] qualidade de vida e inclusão social, através da ampliação de sua comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, habilidades de seu aprendizado e trabalho” (BERSCH, 2017, p. 2).

De acordo com Hersh e Johnson (2008), as TAs “superam o abismo entre o que uma pessoa com deficiência deseja fazer e o que a infraestrutura social existente permite que ela faça”. Isso quer dizer que as TAs são capazes de tornar possível uma tarefa àquela pessoa limitada pela deficiência. Seguindo esta ideia, os dispositivos móveis oferecem um amplo leque de oportunidades nesta área.

Algumas pesquisas apresentaram resultados no uso de dispositivos móveis para PDVs. Csapó et al. (2015) e Hakobyan et al. (2013)



citam várias aplicações em acessibilidade, dentre elas: a assistência a caminhar, a detecção de obstáculos, a percepção de áreas, o auxílio na localização interna em prédios ou edificações, o auxílio à digitação, a ajuda ao acesso de informações ou conversão de texto em voz. É importante, no entanto, nos atentarmos à seguinte questão: quais funcionalidades realmente são úteis para a PDV? Os pesquisadores Watanabe et al. (2008) realizaram levantamento para verificar quais são as maiores necessidades de PDVs em relação à acessibilidade em seus dispositivos móveis. Os entrevistados foram divididos em dois grupos: pessoas com baixa visão e pessoas com cegueira. A Tabela 1 mostra os resultados deste levantamento. As PDVs tinham a opção de apontar mais de um recurso.

Tabela 1 – Recursos mais usados em dispositivos móveis pelas PDVs

Funcionalidade	Pessoas com baixa visão	Pessoas com cegueira
Fala/Audiodescrição	53 (44,9%)	242 (92,4%)
Ampliação de fonte	64 (54,2%)	10 (3,8%)
Aumento de contraste	39 (33,1%)	11 (4,2%)
Outras	12 (10,2%)	16 (6,1%)
Total de Entrevistados	118	262

Fonte: Watanabe et al., 2008.

As PDVs com baixa visão utilizam mais os recursos de ampliação de fonte (54,2%), enquanto que quase a totalidade das pessoas com cegueira (92,4%) utilizam os recursos sonoros (fala ou audiodescrição) como acessibilidade. Este dado nos levou a desenvolver a funcionalidade Fala/Audiodescrição em nosso App. Esta mesma pesquisa fez uma segunda pergunta aos usuários, desta vez sobre quais melhorias consideram



necessárias ou importantes nas funcionalidades de seus dispositivos móveis (Tabela 2).

Tabela 2 – Melhorias mais necessárias ou importantes nas funcionalidades para PDVs

	Funcionalidades	Pessoas com baixa visão	Pessoas com cegueira
1 ^a	Novas funcionalidades de fala/voz	18	66
2 ^a	Melhorias na saída de fala/audiodescrição	12	38
3 ^a	Navegação por GPS	10	38
4 ^a	Melhorias relacionadas ao E-mail	0	35
5 ^a	Legibilidade no <i>display</i>	20	0
6 ^a	Melhoria na saída de fala/audiodescrição durante edição de texto	8	11
7 ^a	Melhores modelos de dispositivo e de carregadores	4	10
8 ^a	Acessibilidade na Web	0	14
9 ^a	Melhorias no <i>hardware</i>	4	9
10 ^a	Qualidade do áudio da fala/audiodescrição	2	9

Fonte: Watanabe *et al.*, 2008.

As melhorias ou funcionalidades nos recursos sonoros sempre (1^a, 2^a, 6^a e 10^a funcionalidades, respectivamente) foram citadas majoritariamente pelas pessoas com cegueira. Ademais, as melhorias relacionadas às funcionalidades que requerem acesso a e-mail e a páginas Web (4^a e 8^a funcionalidades respectivamente) foram citadas exclusivamente por usuários cegos.

Chapman e Chapman (2000, p. 12) definem multimídia como “qualquer combinação de duas ou mais mídias, representada em forma digital”. Tais mídias devem estar integradas e apresentadas em uma mesma interface, ou manipuladas pelo mesmo programa de computador. Esta integração pode contemplar os seguintes conteúdos: textos, gráficos, imagens, áudio, vídeo, animações e conteúdos interativos (SULEMA, 2016).





Tradicionalmente, a multimídia explora apenas dois sentidos do nosso corpo: a visão e a audição (SULEMA, 2016). Nos últimos anos, uma nova abordagem de conteúdos multimídia surgiu, sob o nome de *mulsemedia*- do inglês ***multiple sensorial media*** (mídia multissensorial), para abranger, de forma combinada, três ou mais sentidos humanos (GHINEA et al., 2014). Além de comportar as tradicionais mídias visuais e auditivas, as aplicações *mulsemedia* acrescentam outros objetos de mídias, para explorar os demais sentidos do corpo (tato, olfato e paladar). Pesquisas vêm explorando as mídias olfativas (GHINEA; ADEMOYE, 2012), as mídias gustativas (NARUMI et al., 2011) e as tecnologias hápticas que têm uma variedade de alternativas: sensações de vibração (CHA et al., 2009), vento (ABLART; VELASCO; OBRIST, 2017) e temperatura (LÖCHTEFELD et al., 2017). No caso do *BlindHelper App*, a tecnologia háptica em destaque é a vibração do *smartphone*, classificando-o assim como uma aplicação *mulsemedia* ao explorar também o tato humano. O sistema multimídia OBRAS 4D comporta as mídias audiovisuais (fala descritiva das mesorregiões, mapa e marcadores fiduciais) em ambiente de Realidade Aumentada, além da possibilidade do uso do *BlindHelper App* por PDVs.

3. O SISTEMA OBRAS 4D

O Obras 4D é um sistema interativo de visualização que tem por objetivo permitir que usuários possam verificar o andamento de obras de infraestrutura do Governo do Estado da Paraíba. O sistema está disponível numa mesa interativa composta por um *grid* de telas, contendo o mapa do Estado paraibano impresso em alto relevo. Este mapa conterà as principais características do relevo paraibano, em material semitransparente, e



servirá de base para a projeção de marcadores fiduciais⁴ e informações associadas às regiões do Estado. Estes marcadores fiduciais (Imagem 1 serão em número de quatro, cada um representando uma das quatro mesorregiões paraibanas (Zona da Mata, Agreste, Borborema e Sertão).

Imagem 1– Marcadores fiduciais utilizados no sistema Obras 4D



Fonte: Batista *et al.*, 2018.

Até seis usuários poderão interagir individual e paralelamente com o sistema, utilizando óculos de RA, formado por um dispositivo acoplado um *smartphone* com resolução de alta definição, e com saída de áudio de alta definição, ligado a fones de ouvido, para consumir as mídias com conteúdo sonoro. A Imagem 2 traz uma representação artística do usuário em frente à mesa interativa, utilizando o Obras 4D, com os principais componentes representados (a mesa interativa, a interface RA e os marcadores fiduciais).

⁴ Um marcador fiducial “consiste em um quadrado com bordas pretas [...]” contendo “um padrão (template) específico que o torna único e distinguível de outros marcadores. Nele, qualquer informação pode estar gravada, como letra, número, nome ou imagem e seu rastreamento é realizado comparando trechos da imagem obtida com um banco de dados de marcadores até que um deles seja similar o suficiente à região central capturada pela câmera” (ROBERTO *et al.*, 2011)



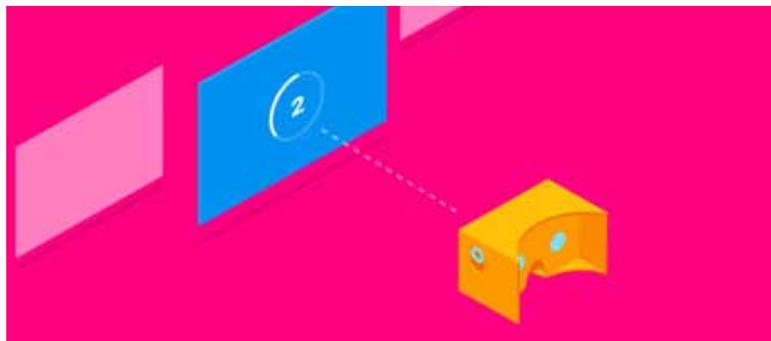
Imagem2 – Representação artística de utilização do sistema Obras 4D



Fonte: Batista *et al.*, 2018.

Ao navegar no sistema Obras 4D, o usuário poderá visualizar informações gerais acerca dos municípios paraibanos (como seus indicadores econômicos e pontos turísticos, dentre outros) e das obras que estes contemplam (como informações gerais sobre o andamento das obras, linha do tempo de fotos do progresso, panoramas 360º e modelos 3D). A Imagem 3 mostra a representação artística de como se dá a seleção de um marcador fiducial através do dispositivo RA.

Imagem 3 – Representação artística da seleção de um item de menu



Fonte: Batista *et al.*, 2018.



O usuário movimentará a cabeça para ativar o cursor de seleção, representado por uma pequena “mira”. Quando desejar selecionar algum marcador ou item de menu de informação, ele manterá fixo o cursor durante um período de tempo sobre este item para realizar a seleção e acessar os conteúdos multimídia. Ao realizar esta seleção, novas informações surgirão na interface com o usuário na forma de conteúdo RA (Imagem4).

Imagem 4 – Representação artística da seleção de um marcador fiducial projetado na mesa interativa e visualização do conteúdo correspondente em RA



Fonte: Batista *et al.*, 2018.

Após selecionar um marcador fiducial, em destaque na Imagem 4, são exibidas novas opções no menu correspondente à Zona da Mata. O usuário poderá navegar realizando a seleção da mesma forma, até chegar na informação desejada.

4. O APLICATIVO *BLINDHELPER*

O aplicativo *BlindHelperApp* é um módulo do sistema Obras 4D que permite acessibilidade para PDVs através de interações hápticas e de *feedback* háptico e auditivo (audiodescrição). No caso em tela, ressaltamos

que o sistema Obras 4D serviu como plataforma para prova de conceito do aplicativo. Ademais, a audiodescrição foi adaptada do projeto GTAAaS (GTAAaS, 2019), acessibilidade como um serviço como foco em PDVs, que apresenta uma solução de geração automática de roteiros de audiodescrição de filmes.

De início, o aplicativo solicitará a permissão da câmera. Tal solicitação é realizada pelo sistema operacional *Android*. Para todo tipo de recurso que um *App* pode tirar a privacidade do usuário (por exemplo, microfone, câmera, GPS etc.), o *Android* pede permissão enviando uma mensagem por escrito. Isto é uma limitação para PDVs. Todavia, uma solução com mensagem do *Android* audível, possivelmente via leitor de tela do Google (chamado TalkBack (GOOGLE ACESSIBILIDADE, 2020), e resposta da PDV por comando de voz é uma das funcionalidades futuras do *App*.

Após a permissão do uso da câmera, o *App* capturará os marcadores fiduciais no mapa mirando a câmera num deles, e emitirá a audiodescrição para que a PDV explore a região, caso se incline o *smartphone* para a direita. A Imagem 5 apresenta uma tela inicial após a PDV apontar para o marcador Zona da Mata.



Imagem 5 –Tela inicial do *BlindHelperApp*

Fonte:Elaborada pelo autor (2020).



Após a escolha de uma das obras, o *App* exibe os dados disponíveis àquela obra (Imagem 6). Esta tela foi projetada não para PDVs, mas para que os leitores deste artigo compreendam quais dados são audíveis e em que ordem aparecem. Ou seja, o propósito da Imagem 6 é apenas para fins de exemplificação.



Imagem 6 – Tela com dados de obra selecionada no *BlindHelperApp*

Fonte:Elaborada pelo autor (2020).

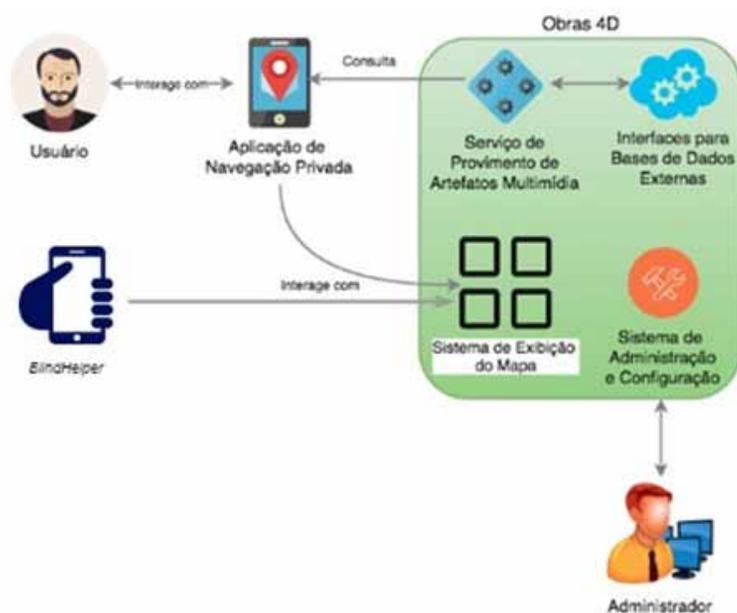
Os tópicos de informações de obra selecionada na Imagem 6 aparecem em ordem pré-estabelecida pelo designer. Inclinando para cima ou para baixo, a PDV navega pelas opções. Inclinando para a direita, ela ouve mais informações daquele tópico. Inclinando para a esquerda duas vezes, ela volta para a lista de obras da região.

O ambiente computacional utilizado para a construção deste aplicativo é composto pelos seguintes materiais (software e hardware): *Notebook* Dell, com sistema operacional Ubuntu 18.04, com 4 GB de memória RAM e processador *Intel Inside Core i3*; *Smartphone* Moto G5S, com sistema operacional *Android* 8.1.0, e com 2 GB de memória RAM; *Java Development Kit* versão 8; IDE *Android Studio*, para Linux, versão 3.2;



Plugin de compilação *AndroidGradle* versão 3.3.2; Biblioteca *EasyAR SDK*⁵, versão 2.3.0; Gerenciador de versão *Git*, com apoio da plataforma *GitLab*⁶; e linguagem de programação *Java*. Para a modelagem dos diagramas de máquina de estados foi utilizada a Linguagem de Modelagem Unificada (RAMBAUGH et al., 2004) (do inglês: *Unified Modeling Language - UML*), com apoio da plataforma *draw.io*⁷. O *BlindHelper App* interage diretamente com o Sistema de Exibição do Mapa do sistema *Obras 4D*, através da captura dos marcadores fiduciais (Imagem 7).

Imagem 7 – Representação gráfica da arquitetura do *BlindHelperApp* em relação aos componentes do sistema *Obras 4D*



Fonte: Adaptada de Batista *et al.*(2018).

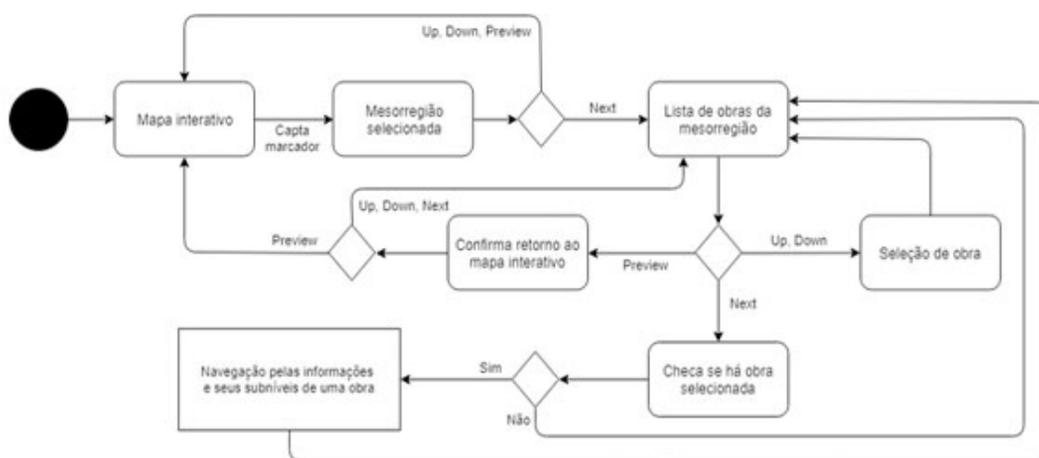
⁵ Disponível em <http://www.easyar.com>.

⁶ Disponível em <http://gitlab.com>.

⁷ Disponível em <http://draw.io>.

Para explicar o funcionamento do *BlinderHelper App*, recorreremos ao Diagrama de Máquina de Estados (Imagem 8). Para efeitos deste diagrama, os eventos *Up*, *Down*, *Next* e *Preview* correspondem respectivamente às ações do usuário, ao inclinar o *smartphone* para cima, para baixo, para a direita e para a esquerda.

Imagem 8 – O diagrama de máquina de estados do aplicativo *BlindHelper*



Fonte:Elaborada pelo autor (2020).

O sistema inicia no **Mapa interativo** com a exibição da câmera, esperando captar um dos marcadores de mesorregião. Ao disparar o evento de captura de marcador de mesorregião, o sistema passa para o estado de **Mesorregião selecionada**, aguardando o usuário efetuar alguma ação com o *smartphone*. No caso de disparo dos eventos *Up*, *Down* ou *Preview*, o sistema retorna ao Mapa interativo, e no caso de disparo do evento *Next* o sistema entra no estado **Lista de obras da mesorregião**, exibindo a lista de obras da mesorregião correspondente.

No estado **Lista de obras da mesorregião** o sistema aguarda sempre o disparo de algum evento por alguma ação do usuário de inclinar o *smartphone* para quaisquer dos lados, e é inicializado com a seleção de obras nula.

No caso de disparo dos eventos *Up* ou *Down*, o sistema entra no estado de **Seleção de Obra**, alterando a obra que está atualmente selecionada, seguindo a ordem disposta na base de dados. No caso do evento *Up*, seleciona a obra anterior à atualmente selecionada, e no caso de evento *Down*, a próxima obra. Se não havia seleção ainda (seleção nula), o evento *Up*, seleciona a última obra da lista, e o evento *Down*, seleciona a primeira da lista.

Ainda na Lista de obras da mesorregião, ao disparar o evento *Preview*, o usuário retornará ao Mapa interativo. Neste caso, o sistema **Confirma retorno ao mapa interativo**, limpando a seleção de obra atual, e aguardando a confirmação do usuário. O usuário confirma disparando novamente o evento *Preview*, retornando ao Mapa interativo. Caso dispare os eventos *Up*, *Down* e *Next*, o usuário cancela o retorno ao Mapa interativo e o sistema retorna ao estado **Lista de obras da mesorregião**.

Por fim, ao disparar o evento *Next* no estado Lista de obras da mesorregião, o usuário confirmará a seleção de uma obra da lista para acessar suas informações, porém o sistema **Checa se há obra selecionada**. Se houver, o sistema entra no estado composto **Navegação pelas informações e seus subníveis de uma obra**. Se não, o sistema retorna ao estado Lista de obras da mesorregião.

A usabilidade do aplicativo foi preliminarmente testada por dois grupos de usuários: o de desenvolvedores e o de PVDs. O primeiro grupo testou com marcadores fiduciais impressos em papel e também na mesa do sistema Obras 4D. O segundo grupo testou com marcadores em papel por impedimentos burocráticos para acessar a mesa do Obras 4D. De início

relataremos o teste de usabilidade feito pelos desenvolvedores. Em seguida, o teste feito pela PDV será comentado.

Para utilizar o *BlinderHelper App*, o usuário se posiciona junto ao local onde os marcadores estão dispostos, com a tela do *smartphone* voltada para si. Após inicializar o aplicativo, ela posiciona a câmera sobre um marcador. A detecção do marcador é sensível: o *App* é capaz de detectar a imagem mesmo que o usuário movimente o dispositivo de forma rápida ou com tremor. É preferível, mas não obrigatório, que haja alguma sinalização tátil nos marcadores para facilitar a escolha ao usuário PDV.

Após detectar o marcador, o *BlindHelper App* lista as opções de informação referentes àquele marcador, passando a informação para o usuário através de audiodescrição. A navegação a partir daqui é baseada em quatro gestos, que serão detectados pelo *BlindHelper App* através do acelerômetro do dispositivo. Os gestos são os seguintes: mover o *smartphone* para cima, para baixo, para a esquerda ou para a direita, simbolizando, respectivamente, listar a opção anterior, a próxima opção, retornar um nível ou avançar um nível. A Imagem 9 mostra uma foto de usuário do *App* em fase de teste de usabilidade.

Imagem9 – Usuário em teste de usabilidade do *BlindHelper App*



Fonte:Elaborada pelo autor (2020).



A seguir apresentamos a descrição de um dos testes de usabilidade utilizando um *smartphone* Moto G5S: ao iniciar o *App* é aberta a câmera do dispositivo. O usuário pode manusear a mesa em relevo enquanto posiciona o dispositivo sobre um marcador. Ao capturar um marcador (Borborema, neste exemplo), a aplicação ativa a funcionalidade vibração do *smartphone* e anuncia em voz: “Incline o *smartphone* para a direita para explorar as obras da região Borborema”. O usuário, se decidido a explorar as informações desta região, inclina o *smartphone* para a direita, e a aplicação emite uma vibração confirmando a ação. O usuário deverá inclinar o *smartphone* para cima ou para baixo para selecionar uma obra para explorar, conforme anuncia a aplicação: “Movimente o *smartphone* para cima ou para baixo para selecionar uma opção”. A cada movimento, a aplicação vibra e anuncia o nome da obra. Para selecionar uma delas, o usuário deverá inclinar o dispositivo à direita. Ao escolher uma opção denominada “Importação GEO__”, a aplicação vibra e anuncia em voz: “Apresentaremos as informações sobre Importação GEO__”. O usuário finalmente chegou às informações da obra: assim ele poderá inclinar o *smartphone* para cima ou para baixo para ouvir as informações disponíveis sobre a mesma. Para ouvir detalhes sobre a obra, a PDV deverá inclinar o dispositivo à direita. Ao fazê-lo, a aplicação vibra e anuncia em voz toda a informação disponível para aquela obra.

Há um vídeo com exemplo de uso do aplicativo, conimagemdo para acessibilidade ao sistema Obras 4D, disponível no endereço descrito na nota de rodapé⁸.

⁸ Disponível em blind.



O teste de usabilidade com um usuário cego foi realizado no Instituto dos Cegos da Paraíba, com um *smartphone* Moto G5S, com o aplicativo *BlindHelper App* conimagemdo para o Sistema Obras 4D, e os quatro marcadores deste sistema impressos no tamanho de 12cm x 12cm, na cor preta, em folhas de papel do tipo Ofício. Os marcadores foram dispostos lado a lado em uma mesa, diante da PDV, na mesma ordem em que constam no mapa do Estado da Paraíba, sendo, da esquerda para a direita: Sertão; Borborema; Agreste; e Zona da Mata. A Imagem 10 exibe o usuário cego utilizando o *BlindHelper App* durante a realização do teste de usabilidade.

Imagem 10 – Teste de usabilidade sendo realizado por usuário cego



Fonte:Elaborada pelo autor (2020).

Esta PDV explorou livremente os marcadores impressos. Ao final, foi perguntada sua opinião sobre os seguintes pontos: a utilidade do aplicativo; a facilidade em usar o aplicativo; e se acha o aplicativo adaptável para outras atividades. O usuário relatou acreditar que o aplicativo é útil e o formato de uso é bom por causa da popularidade do uso de *smartphones*. Contudo, sugeriu ajustes na captura dos comandos, visto que sentiu alguma dificuldade no manuseio porque o sensor de aceleração do *smartphone* era

demasiado sensível aos seus movimentos, ou seja, ao inclinar o *smartphone*, dependendo da demora do usuário para retorná-lo à posição inicial, às vezes o *App* detectava como se ele tivesse inclinado mais de uma vez. Ademais, o usuário relatou que este tipo de aplicação poderia ser adaptável para realizar reconhecimento de cédulas.

Um resumo dos resultados obtidos com o uso do *BlindHelper App*, em comparação com outras quatro soluções para cegos (*Slide Rule*(KANE; BIGHAM; WOBROCK, 2008), *MTITK*(BUZZI et al., 2014), *Br’Eye*(BOURAOUI; SOUFI, 2018), e *Intelligent Eye*(AWAD et al., 2018)), é apresentada na Tabela 3. Nesta análise foram considerados os seguintes aspectos: *input* (tipo de abordagem háptica) e *output* (audiodescrição e tipo de abordagem háptica).

Tabela 3 – Tabela comparativa de trabalhos relacionados

	Input háptica	Output audiodescrição	háptica
Slide Rule	Touch screen	Sim	
MTITK	Touch screen	Sim	Vibração
Br’Eye	Touch screen	Sim	Vibração
Intelligent Eye	Touch screen	Sim	
BlindHelper	Movimento	Sim	Vibração

Fonte:Elaborada pelo autor (2020).

Da análise da Tabela 3, podemos perceber que o método de interação das outras soluções com a aplicação (coluna *input*) é o toque (*touchscreen*): não há outros recursos do *smartphone*, como os sensores de movimento (acelerômetro ou giroscópio). Nosso *App* utiliza o acelerômetro como método de entrada. Assim, a PDV não precisa tocar a tela do *smartphone*, apenas movimentar sua mão o que é mais vantajoso para uma PDV. Isso faz com



que ela não precise se preocupar em mensurar a superfície da tela para descobrir onde está exatamente um determinado botão ou marcador.

Em relação ao método de *feedback* ao usuário (coluna *output*), é possível notar que todos aplicativos móveis para acessibilidade exploram a audiodescrição: a necessidade de provimento de *feedback* em fala é unânime. Já no caso de abordagem háptica, apenas o MTITK e o *Br'Eyefazem* uso de vibração como forma de *feedback*. Tal forma também foi usada pelo *BlindHelper App*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos o *BlindHelper App*, um aplicativo móvel adicionado como módulo de acessibilidade a PDVs para sistemas multimídia que são baseados em RA. No caso em tela, o sistema Obras 4D utiliza marcadores fiduciais para o disparo de eventos. O *BlindHelper App* proveu acesso a todas as informações do sistema original sem modificá-lo, sem necessidade de se integrar a este, e sem necessitar de conexão em rede com nenhum outro dispositivo nem com a internet. Isto torna o *App* replicável para outros sistemas de RA baseados em marcadores fiduciais ou outros mecanismos sinalizadores de eventos.

O projeto e o desenvolvimento desta solução se justifica pelo fato de que as formas de acessibilidade à sistemas multimídia existentes, baseadas em abordagens tradicionais (em Braille, leitores e amplificadores de tela) possuem limitações, tais como: a maioria das PDVs não conhecem o alfabeto Braille; muitos sistemas multimídia não são capazes de serem lidos pelos softwares leitores de tela do mercado; e os softwares amplificadores de tela não serão úteis para as PDVs com deficiência crônica, ou seja, cegueira. Estas limitações podem ser sanadas através de recursos existentes nos dispositivos móveis modernos.





Obtivemos como resultado uma aplicação *mulsemedia* capaz de fornecer ao usuário uma abordagem háptica como método de entrada, baseada em movimentos com a mão. Tal aplicação utilizou o sensor de aceleração do *smartphone* para captar a ação de uma PDV através de audiodescrição e de vibração. Testes de usabilidade preliminares foram realizados.

Outra característica relevante do *App* é sua portabilidade: como o *BlindHelper App* utiliza a captura via câmera dos mesmos marcadores fiduciais do sistema original, não há necessidade de integração da infraestrutura entre o *App* e outro sistema. Logo, ambos poderão ser executados com independência mútua e em paralelo.

Na prova de conceito do *BlindHelper App* como módulo de acessibilidade do sistema Obras 4D, constatamos as seguintes vantagens: economia de recursos materiais e financeiros, fácil conimagemção, e fácil customização. Em seguida descreveremos, respectivamente, cada uma delas.

O *BlindHelper App*, ao substituir o Aplicativo de Navegação Privada do sistema Obras 4D (Imagem 7), utiliza os recursos tecnológicos disponíveis no próprio *smartphone*, ou seja, não há necessidade de hardware adicional. No caso do Obras 4D, os próprios *smartphones* utilizados como óculos RA servem de dispositivo móvel para o *BlindHelper App*, quando o usuário for uma PDV, economizando recursos financeiros com a compra de novos equipamentos.

É possível facilmente acrescentar, substituir e remover imagens e informações, ou seja, conimagemr para outros tipos de aplicações RA, sem substituição de equipamentos.

A interação entre o *App* e o sistema RA é através dos marcadores. Assim, não é necessário realizar nenhuma modificação de infraestrutura para integrar os dois sistemas, nem acrescentar equipamentos adicionais. Noutras palavras,





através do *BlindHelper App*, os desenvolvedores de sistemas de RA conseguem prover à PDV acesso a qualquer informação disponível aos usuários não portadores de deficiência visual, isto é, não precisa realizar modificações no sistema RA.

O *BlindHelper App* pode ser conimagemdopara o ensino de várias disciplinas escolares tais como história, geografia, ciências e todas aquelas que utilizam conteúdo audiovisual na didática.

O uso do *BlindHelper App* também pode ser considerado para o ensino de Braille: se ofereceria imagens do alfabeto Braille como marcadores fiduciais junto com uma superfície em relevo com o mesmo alfabeto com os pontos em contraste com a superfície. A PDV poderia tocar o relevo e o *App*, ao captar a imagem dos pontos em contraste, reconheceria como um marcador e emitiria o áudio correspondente ao nome da letra.

Para nova versão do *App*, pretendemos testar o leitor de tela do Google para tornar audíveis as mensagens geradas pelo sistema operacional *Android*. Por exemplo, a mensagem para autorizar o uso da câmera. Há outros recursos de acessibilidade nativos no *Android* que devem ser avaliados para possível incorporação. Ademais, é importante a realização de testes de usabilidade com uma gama maior de PDVs.

REFERÊNCIAS

ABLART, D.; VELASCO, C.; OBRIST, M. **Integrating mid-air haptics into movie experiences**. In: TVX 2017 - Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video, 2017.

ANATEL. **Acessos SMP 2015-2018 - Total**. Disponível em: https://cloud.anatel.gov.br/index.php/s/TpaFAwSw7RPfBa8/download?path=%2FMovel_



Pessoal%2FTotal%2Fcsv&files=Acessos_SMP_2015-2018_-_Total.csv.
Acesso em: 10 jan. 2020.

AWAD, M. *et al.* Intelligent eye: A mobile application for assisting blind people. 2018 IEEE Middle East and North Africa Communications Conference (MENACOMM). **Anais eletrônicos...IEEE**, abr. 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8371005/>. Acesso em: 3 fev. 2019.

BATISTA, C. E. C. *et al.* **Relatório Técnico com modelo de referência acerca de projetos similares e tecnologias relacionadas.** [S.l.: s.n.], 2018.

BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva.** Porto Alegre, 2017.

Boll, S. **Multimedia Takes on Societal Challenges.** *IEEE MultiMedia*, v. 22, n. 4, pp. 2–3. **Anais ...**, 2015.

BOURAOUI, A.; SOUFI, M. Br'Eye: An Android Mobile Application to Teach Arabic and French Braille Alphabets to Blind Children in Tunisia. In: 2018 IEEE Middle East and North Africa Communications Conference (MENACOMM). IEEE, pp. 357–364. **Anais ...**, 2018.

Bourne, R. R. A. et al. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Global Health*, 5(9), pp. e888–e897. **Anais ...**, 2017.

Buzzi, M. C. et al. Designing a text entry multimodal keypad for blind users of touchscreen mobile phones. In: Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility - ASSETS '14. **Anais ...**New York, New York, USA: ACM Press, pp. 131–136., 2014.

Carneiro, M. M., Velho, L. **Assistive Interfaces For The Visually Impaired Using Force Feedback Devices And Distance Transforms.** In: *Information Technology and Disabilities E-Journal*, 10(2), 2004.



Disponível em: <<http://itd.athenpro.org/volume10/number2/carneiro.html>>. Acesso em: 3 fev. 2019.

Carvalho, V. F. et al. **Tecnologias assistivas aplicadas a deficiência visual: recursos presentes no cotidiano escolar e na vida diária e prática.** *Educere - Revista da Educação da UNIPAR*, 16(1), pp. 61–74., 2016.

CHA, J. et al. HugMe: Synchronous haptic teleconferencing. Proceedings of the seventeen ACM international conference on Multimedia - MM '09. **Anais eletrônicos** ...New York, New York, USA: ACM Press, 2009. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1631272.1631535>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

CHAKRABORTY, T.; SAMANTA, D. Exploring an effective interaction mode for blind mobile users in India. Proceedings of the 11th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction - APCHI '13. **Anais eletrônicos**...New York, New York, USA: ACM Press, 2013. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2525194.2525306>>. Acesso em: 2 fev. 2020.

Chapman, N., Chapman, J. **Digital Multimedia**. 1ª ed. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2000.

Covaci, A. et al. **Is Multimedia Multisensorial? - A Review of Mulsemmedia Systems.** *ACM Computing Surveys*, 1(1), 2018. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3233774>>. Acesso em: 12 jan. 2020.

Csapó, Á. et al. **A survey of assistive technologies and applications for blind users on mobile platforms: a review and foundation for research.** *Journal on Multimodal User Interfaces*. Springer Berlin Heidelberg, 9(4), pp. 275–286, 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12193-015-0182-7.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

Damaceno, R. J. P., Braga, J. C., Chalco, J. P. M. Mobile Device Accessibility for the Visually Impaired. In: Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computer Systems - IHC 2016. **Anais eletrônicos** ...





New York, New York, USA: ACM Press, pp. 1–10. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3033701.3033703>>. Acesso em: 21 mai. 2019.

GHINEA, G.; ADEMOYE, O. **The sweet smell of success: Enhancing multimedia applications with olfaction**. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications, v. 8, n. 1, p. 1–17. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3033701.3033703>>. Acesso em: 21 mai. 2019.

Ghinea, G. et al. **Mulsemmedia: State-of-the-Art, Perspectives and Challenges**. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications, 11(1s), pp. 1–23. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2617994>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

GSMA Intelligence. **Global mobile trends 2017**. [S.I.: s.n.], 2017.

GTaaS. Grupo de Trabalho Acessibilidade como um Serviço. Disponível em: <<http://gtaaas.lavid.ufpb.br/projeto/>>. Acesso em: 3 ago. 2019.

Hakobyan, L. et al. **Mobile assistive technologies for the visually impaired**. Survey of Ophthalmology, 58(6), pp. 513–528. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24054999/>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

HERSH, M. A.; JOHNSON, M. A. **Assistive Technology for Visually Impaired and Blind People**. London: Springer London, 2008.

IBGE. **Censo Demográfico 2010 - Características Gerais da População, Religião e Pessoas com Deficiência**. Rio de Janeiro., 2010.

KANE, S. K.; BIGHAM, J. P.; WOBBROCK, J. O. Slide Rule: Making Mobile Touch Screens Accessible to Blind People Using Multi-Touch Interaction Techniques. In: Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - Assets 2008. **Anais eletrônicos...** New York, New York, USA: ACM Press Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1414471.1414487>>. Acesso em: 3 ago. 2019.





KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2007.

LBI. **Lei Brasileira de Inclusão**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: <31 mar. 2020>.

LÖCHTEFELD, M. et al. Comparing Thermal and Haptic Feedback Mechanisms for Game Controllers. In: Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA 2017. **Anais eletrônicos...**New York, New York, USA: ACM Press, 2017. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3027063.3053172>>. Acesso em: 1 mai. 2019.

McGookin, D., Brewster, S., Jiang, W. Investigating touchscreen accessibility for people with visual impairments. In: Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction building bridges - NordiCHI 2008. **Anais eletrônicos...** New York, New York, USA: ACM Press, p. 298. Disponível em <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/1463160.1463193>>. Acesso em: 13 mai. 2019.

MIYASHITA, H. et al. Making multimedia content accessible for screen reader users. In: Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A) - W4A '07. **Anais eletrônicos...** New York, New York, USA: ACM Press, 2007. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1243441.1243443>>. Acesso em: 2 abr. 2019.

Murray, N. et al. **Multiple-Scent Enhanced Multimedia Synchronization**. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications, 11(1s), pp. 1–28, 2014. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2637293>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

NARUMI, T. et al. Augmented Reality Flavors: Gustatory Display Based on Edible Marker and Cross-Modal Interaction. In: Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems - CHI '11. **Anais eletrônicos...**New York, New York, USA: ACM Press, 2011.





Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=1978942.1978957>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

NATIONAL FEDERATION OF THE BLIND. **The Braille Literacy Crisis in America**. National Federation of the Blind, 2009.

O'MODHRAIN, S. et al. **Designing Media for Visually-Impaired Users of Refreshable Touch Displays: Possibilities and Pitfalls**. IEEE Transactions on Haptics, v. 8, n. 3, p. 248–257, 2015.

POKEMON. NIANTIC, Inc. Disponível em: <https://nianticlabs.com/pt_br/support/pokemongo/>. Acesso em: 07 de abr. de 2020.

Rambaugh, J., Jacobson, I., Booch, G. **The Unified Modeling Language Reference Manual**. Addison-Wesley Professional. Second edition, 2004.

ROBERTO, R.; TEIXEIRA, J. M.; LIMA, J. P.; SILVA, M. M. O. da; ALBUQUERQUE E.; ALVES, D.; TEICHRIEB, V.; KELNER, J. **Jogos Educacionais Baseados em Realidade Aumentada e Interfaces Tangíveis**. Tendências e Técnicas e Realidade Virtual e Aumentada, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 91-128, jan./dez. 2011.

SILVA, J. de F. da S. et al. **Protótipo de um Aplicativo Mobile para Reconhecimento de Vestimentas para Pessoas Cegas**. Revista Educação Especial, v. 32. Disponível em <<https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/32551>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

Sherman, W. R., Craig, A. B. **Understanding Virtual Reality—Interface, Application, and Design**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2003.

SULEMA, Y. **Mulsemmedia vs. Multimedia: State of the art and future trends**. In: International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP' 2016) . **Anais eletrônicos...** IEEE Xplore Digital Library. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7502696/>>. Acesso em: 12 jul. 2019.





GOOGLE ACESSIBILIDADE. **Recursos para Desenvolvedores e Editores**. Disponível em <<https://www.google.com/intl/pt-BR/accessibility/for-developers/>>. Acesso em: 07 abr. 2020.

Timmerer, C. et al. **Assessing the quality of sensory experience for multimedia presentations**. Signal Processing: Image Communication. Elsevier, 27(8), pp. 909–916. Disponível em; < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0923596512000252>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Braille Virtual 1.0**. Disponível em: <<http://www.braillevirtual.fe.usp.br/pt/index.html>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

WATANABE, T. et al. A Survey on the Use of Mobile Phones by Visually Impaired Persons in Japan. In: International Conference on Computers Helping People with Special Needs, ICCHP 2018. **Anais eletrônicos...** Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. Disponível em:<https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-70540-6_162>. Acesso em: 3 set. 2019.

YUAN, Z.; GHINEA, G.; MUNTEAN, G.-M. Quality of experience study for multiple sensorial media delivery. In: International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC 2014). **Anais eletrônicos...** IEEE Xplore Digital Library. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6906515/>>. Acesso em: 8 mai. 2019.

ZENITH. **Media Consumption Forecasts 2016**. [S.I.: s.n.], 2016.

