



**PODER EXECUTIVO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**



**ELEMENTOS ESTRUTURANTES PARA O PROJETO DE INTERFACES
MULTIMODAIS**

NATACSHA ORDONES RAPOSO

Manaus – AM

2015

NATACSHA ORDONES RAPOSO

**ELEMENTOS ESTRTURANTES PARA O PROJETO DE INTERFACES
MULTIMODAIS**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas (PPGI-UFAM) como requisito para obtenção do título de Mestre em Informática. Área de concentração: Inteligência Artificial.

Orientador: Prof. Alberto Nogueira de Castro Junior, D.Sc.

Manaus – AM

2015

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R219e Raposo, Natacsha Ordones
Elementos estruturantes para o projeto de interfaces multimodais / Natacsha Ordones Raposo. 2015
100 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Alberto Nogueira de Castro Junior
Coorientador: Bruno Freitas Gadelha
Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Interação Humano-Computador. 2. Acessibilidade. 3. Deficiência Visual. 4. Interfaces Multimodais. I. Castro Junior, Alberto Nogueira de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



FOLHA DE APROVAÇÃO

"Elementos Estruturantes para o Projeto de Interfaces Multimodais"

NATACSHA ORDONES RAPOSO

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Professores:


PROF. ALBERTO NOGUEIRA DE CASTRO JÚNIOR – PRESIDENTE


PROFA. THAÍS HELENA CHAVES DE CASTRO – MEMBRO


PROF. BRUNO FREITAS GADELHA – MEMBRO


PROF. CREDINÉ SILVA DE MENEZES – MEMBRO

Manaus, 02 de março de 2015.

À Deus fonte de força e inspiração que me conduziu até aqui.

AGRADECIMENTOS

À Deus que me conduziu dando capacidade e conhecimento para que eu fosse capaz de trilhar essa caminhada. Aos meus pais, Augusto Carlos de Sá Raposo e Delfina Ordones Raposo, que abdicaram de tanto para que eu tivesse condições de poder ter acesso a oportunidades que a vida me ofereceu. A minha irmã, Inaiah Ordones Raposo, que não hesitou em me ajudar em meio as dificuldades diárias. Ao meu marido, Hélio Roberto Loureiro Rios, por sempre me apoiar e me incentivar. A minha filha, Valentina Ordones Raposo Loureiro Rios, que veio para acrescentar mais amor na minha vida. Ao meu orientador, professor Alberto Nogueira de Castro Junior, e ao meu co-orientador, professor Bruno Freitas Gadelha, pela amizade, ajuda e confiança. Ao Programa de Pós-Graduação em Informática, PPGI, pela oportunidade de realização de trabalhos em minha área de pesquisa. Aos colegas do Grupo de Sistemas Inteligentes, em especial a Nilmara Salgado por todo o aprendizado e tempo dedicado a mim durante os meus primeiros passos nesta caminhada. Agradeço também aos demais colegas dos Grupos do PPGI pelo auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso e apoio na revisão deste trabalho. A CAPES pela provisão da bolsa de mestrado. Pelo incentivo e colaboração meu muito obrigada a todos que me fizeram chegar até aqui.

“Uma vida boa é aquela inspirada pelo amor e guiada pelo conhecimento.”

Bertrand Russel

RESUMO

Interfaces tendem, cada vez mais, a se tornarem multimodais. Tal proposta consiste na combinação de múltiplos recursos de entrada e saída de informações que possibilitam a interação do usuário com um *software*, viabilizando a escolha da modalidade desejada, tais como voz, gestos e toque, bem como a alternância entre elas. Artefatos digitais disponíveis na web também podem ser reconstruídos segundo diferentes modos, possibilitando uma nova interpretação e interação com os mesmos. O desenvolvimento de soluções segundo essa perspectiva tem-se mostrado promissor na ampliação da acessibilidade a pessoas com deficiência visual, embora frequentemente apresentem novos desafios àquela categoria de usuários – esse é o caso das interfaces *touchscreen* e dos sites com recursos dinâmicos, como por exemplo, animações. Esta dissertação propõe uma relação de elementos estruturantes para projetos de interfaces multimodais destinadas a apoiar pessoas com deficiência visual. Foram desenvolvidas duas visões dessa estrutura, sendo a primeira, denominada RotaColab, destinada à orientação navegacional utilizando dispositivos móveis e a segunda, denominada WABlind, destinada à reconstrução de conteúdo web de modo a possibilitar o uso de leitores de tela. Provas de conceito e aplicação de métodos de Engenharia Semiótica foram utilizados para avaliar os dois protótipos desenvolvidos, evidenciando a viabilidade da estrutura proposta.

Palavras-chave: Interação Humano-Computador, Acessibilidade, Deficiência Visual.

ABSTRACT

Interfaces tend increasingly to become multimodal. Which is the combination of multiple input and output information resources that allow user interaction with software, enabling the choice of the desired mode, (e.g. voice, gestures and touch), and to switch between them. Digital artifacts available on the web can also be reconstructed according to different modes, enabling a new interpretation and interaction with them. The development of solutions according to this perspective has shown promise in increasing the accessibility to people with visual impairments, despite that they often present new challenges to that category of users. For instance, this happens with touchscreen interfaces and sites with dynamic features, such as animations. This thesis proposes a multimodal interaction framework to support people with visual impairment. Two views of this structure have been developed: the first, RotaColab, is intended for navigational guidance using mobile devices and the second, WABlind, is intended for the reconstruction of web content in order to enable the use of screen readers. Proofs of concept and application of Semiotics Engineering methods were used to evaluate the two developed prototypes, demonstrating the feasibility of the proposed structure.

Keywords: Human-Computer Interaction, Accessibility, Visual Impairment.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Uma visão conceitual de sistemas inteligentes. | 21 |
| Figura 2 - Objetos de estudo em IHC. | 23 |
| Figura 3 - As várias disciplinas e suas contribuições. | 24 |
| Figura 4 - Arquitetura de um sistema multimodal e seus principais componentes. | 31 |
| Figura 5 - Usuário interagindo com o sistema <i>Put That There</i> | 32 |
| Figura 6 - Dispositivo Móvel com tela <i>touchscreen</i> | 39 |
| Figura 7 - Esquema de elementos para direcionar projeto de interfaces multimodais para pessoas portadoras de deficiências visuais. | 44 |
| Figura 8 - Elementos estruturantes para projetos de interfaces multimodais a pessoas portadoras de deficiências visuais. | 46 |
| Figura 9 - Arquitetura do Aplicativo RotaColab. | 51 |
| Figura 10 - Tela Principal do Aplicativo Rotacolab. | 52 |
| Figura 11 - Tela de cadastro de ocorrências do Aplicativo Rotacolab. | 53 |
| Figura 12 - Mosaico de rotas executadas por usuários utilizando o aplicativo Rotacolab | 63 |
| Figura 13 - Arquitetura da Ferramenta WABlind. | 72 |
| Figura 14 - Percentual de itens mais problemáticos encontrados durante a navegação em páginas web. | 73 |
| Figura 15 - Página principal da ferramenta WABlind para acessar a url tratada. | 74 |
| Figura 16 - Elemento de uma página web sendo associado a um marcador no nível de tratativas específicas. | 74 |
| Figura 17 - Tela de tratativas avançadas | 75 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Diferentes sentidos e suas modalidades correspondentes. | 29 |
| Tabela 2 - Tipos de interfaces multimodais: classificação apresentada de duas dimensões por espaço. | 31 |
| Tabela 3 - Classificação de etiquetas em relação aos tipos de falhas. | 57 |
| Tabela 4 - Etiquetagem de rupturas de interação do sistema. | 59 |
| Tabela 5 - Resumo tempo de conclusão x resultado das tarefas. | 62 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------|---|
| DV | Deficiente Visual |
| GUI | <i>Graphical User Interface</i> |
| IA | Inteligência Artificial |
| IHC | Interação Humano-Computador |
| OMS | Organização Mundial de Saúde |
| PCD | Pessoas com Deficiência |
| WAI | <i>Web Accessibility Initiative</i> |
| WCAG | <i>Web Content Accessibility Guidelines</i> |
| W3C | <i>World Wide Web Consortium</i> |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 Contexto e Descrição do Problema | 15 |
| 1.2 Motivação e Justificativa | 16 |
| 1.3 Objetivos..... | 17 |
| 1.4 Metodologia da Pesquisa | 18 |
| 1.5 Organização do Trabalho..... | 19 |
| CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 21 |
| 2.1 Inteligência Artificial..... | 21 |
| 2.2 Interação Humano-Computador | 23 |
| 2.2.1 Acessibilidade..... | 25 |
| 2.2.2 Capacidades Físicas e Mentais | 26 |
| 2.3 Interação Humano-Computador Multimodal | 28 |
| CAPÍTULO 3 - TRABALHOS RELACIONADOS | 34 |
| 3.1 Acessibilidade na Web | 34 |
| 3.2 Interfaces Multimodais para Pessoas Portadoras de Deficiências..... | 36 |
| CAPÍTULO 4 - ELEMENTOS ESTRUTURANTES PARA PROJETOS DE INTERFACES MULTIMODAIS | 41 |
| 4.1 Descrição Geral do Esquema..... | 41 |
| 4.2 Identificação de Elementos..... | 43 |
| 4.3 Elicitação de Elementos | 45 |
| 4.4 Discussão | 48 |
| CAPÍTULO 5 - REPOSITÓRIO DE APLICAÇÕES E EXPERIMENTOS..... | 49 |
| 5.1 RotaColab – Aplicativo colaborativo de ocorrências para auxiliar a navegação em ambientes semi-abertos..... | 49 |
| 5.1.1 Materiais e Métodos | 53 |
| 5.1.2 Método de Avaliação da Comunicabilidade..... | 54 |

| | | |
|---------------------------------------|--|-----------|
| 5.1.3 | Preparação | 55 |
| 5.1.4 | Coleta de Dados..... | 56 |
| 5.1.5 | Análise..... | 57 |
| 5.1.6 | Fechamento..... | 62 |
| 5.1.7 | Triangulação | 65 |
| 5.1.8 | Discussão..... | 68 |
| 5.2 | WABlind – <i>Web Accessible for Blind People</i> | 71 |
| 5.2.1 | Descrição Geral da Ferramenta | 71 |
| 5.2.2 | Teste de Nível de Conformidade | 76 |
| 5.2.3 | Análise..... | 83 |
| 5.2.4 | Discussão..... | 84 |
| CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO | | 85 |
| 6.1 | Considerações Iniciais | 85 |
| 6.2 | Resultados e Contribuições | 86 |
| 6.3 | Limitações e Trabalhos Futuros | 86 |
| CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS | | 88 |

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e Descrição do Problema

A interação humana com o mundo é inerentemente multimodal (BUNT, BEUN e BORGHUIS, 1998) (QUEK, BRYLL, *et al.*, 2002). Segundo (SCHOMAKER, NIJSTMANS, *et al.*, 1995), existem duas visões sobre a interação multimodal: a primeira centra-se no lado humano - percepção e controle. Onde a palavra modalidade refere-se à intervenção humana e os canais de entrada e saída. A segunda visão se concentra no uso de duas ou mais modalidades de entrada ou saída do computador para construir sistemas que fazem uso sinérgico de entrada ou saída dessas modalidades em paralelo. As modalidades de entrada de muitos computadores e dispositivos podem ser consideradas para corresponder aos sentidos humanos: câmeras (visão), sensores táteis (toque) (M. BENALI-KHOUDJA, M. HAFEZ, *et al.*, 2004), microfones (audição), olfativos (cheiro), e até mesmo gosto (A. LEGIN, A. RUDNITSKAYA, *et al.*, 2005).

Sistemas de interação multimodais visam apoiar a identificação das formas de linguagem e comportamento humano que ocorrem naturalmente por meio do uso de tecnologias baseadas em reconhecimento (OVIATT, 2003) (WAIBEL, VO, *et al.*, 1996) e, considerando que os seres humanos podem processar a informação mais rápido e melhor quando a mesma é apresentada em várias modalidades (VAN WASSENHOVE, GRANT e POEPEL, 2005), tem-se mostrado promissor o uso destes mecanismos voltados à ampliação da acessibilidade a pessoas portadoras de deficiência. Isto é, as interfaces que promovem tal interação devem ser desenvolvidas de maneira flexível a fim de suportar a comunicação humano-computador, permitindo assim que usuários com diferentes preferências e níveis de habilidades escolham o modo como irão interagir (PIMENTEL e BORTOLOZZI, 2007).

O atual panorama tecnológico possibilita que o acesso digital seja ampliado a grupos ou categorias de usuários anteriormente excluídos. Entretanto, mesmo diante de recursos e possibilidades disponibilizados pela indústria às pessoas portadoras de deficiências, as mesmas ainda se deparam com barreiras na utilização de *softwares* acessíveis. Segundo (KUNZINGER, 2005), enquanto a indústria da tecnologia da informação põe o foco crescente sobre como fazer suas ofertas acessíveis a pessoas com incapacidades, está tornando-se notável que ir à direção dos padrões da acessibilidade não garante a facilidade de utilização. Fazendo com que produtos acessíveis não sejam tipicamente muito usáveis por aqueles com incapacidades. Isto ocorre principalmente quando critérios de acessibilidade não são utilizados durante o desenvolvimento das mesmas ou até mesmo quando estes critérios de interação são projetados tendo em vista o modo de operação do desenvolvedor, isto é, questões de interação particulares dos indivíduos que são o público alvo das aplicações são negligenciadas. Segundo (KAVCIC, 2005), a maioria dos desenvolvedores não está consciente das dificuldades encontradas por usuários portadores de deficiências.

Contextualizando este cenário de desenvolvimento de soluções computacionais multimodais às pessoas portadoras de deficiência visual, evidencia-se a importância em relacionar as características de interação específicas a este grupo de pessoas para que os mesmos contemplem o critério de acessibilidade na qualidade de uso que está relacionada à remoção de barreiras que os impede na interação com o sistema.

1.2 Motivação e Justificativa

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que cerca de 285 milhões de pessoas possuem deficiência visual: 39 milhões possuem cegueira total e 246 baixa visão (OMS, 2014). No Brasil, conforme pesquisa recente realizada pelo Censo, cerca de 35,8 milhões de pessoas declararam possuir deficiência severa visual, grande dificuldade ou nenhuma capacidade de enxergar (IBGE, 2010). Essa parcela da população necessita de recursos assistivos como leitores de tela para acessar conteúdos disponíveis na web. Tais leitores substituem o monitor em sua funcionalidade e permitem ao deficiente utilizar o sistema operacional e navegar pela web (ZAJICEK, POWELL e REEVES.C., 1998).

Entretanto, conteúdos web possíveis de serem acessados por leitores de tela representam uma parcela insignificante do disponível – mesmo onde os critérios de acessibilidade deveriam ser atentamente respeitados, caso do domínio ‘gov.br’, 98% das páginas (6,3 milhões sítios web) não atende a tais critérios (CGI, 2010). Estes, por vez abrangem diversas recomendações com a finalidade de tornar o conteúdo da web mais acessível, por meio de diretrizes de acessibilidade (WCAG, 2014). O avanço no uso de recursos dinâmicos, bem como representações gráficas e animações que em geral possuem incompatibilidade com tais leitores agrava demasiadamente este cenário.

Tal cenário pode acentuar-se considerando o acesso por pessoas portadoras de deficiência visual à conteúdo web não acessível, por meio de dispositivos móveis que promovem o acesso a informação por intermédio de ferramentas de acessibilidade neles disponíveis. Isto devido ao fato do crescente uso de internet pelos brasileiros (CETIC.BR, 2015). Além, do conteúdo inacessível destaca-se a dificuldade encontrada por este grupo de pessoas ao utilizar tais dispositivos que ocorre devido à baixa apropriação das tecnologias atuais por parte destas pessoas e as características próprias na forma de realização dos gestos (KANE, 2011).

Estudar a interação de pessoas portadoras de deficiência, bem como observar o seu uso é relevante para discernir critérios ou relacionamentos para diretrizes de acessibilidade, o que pode ser um fator importante para o desenvolvimento de soluções computacionais que fazem uso de interfaces multimodais, em detrimento de uma solução unimodal, pois mostra promissor o processo de desenvolvimento de software cumprindo de modo mais eficaz a tarefa de utilização de todo o potencial de interfaces multimodais.

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é desenvolver um esquema com elementos estruturantes presentes na interação multimodal com conteúdo web, visando o desenvolvimento de interfaces multimodais para pessoas portadoras de deficiências visuais.

Sendo assim, o objetivo geral decompõe-se nos seguintes objetivos específicos:

- a) Relacionar canais de percepção às modalidades utilizadas na interação por pessoas portadoras de deficiência visual.
- b) Levantar técnicas e mecanismos voltados ao desenvolvimento de aplicações acessíveis às pessoas portadoras de deficiências visuais.
- c) Realizar pesquisa bibliográfica sobre o uso de interfaces multimodais, na interação humano-computador, envolvendo pessoas portadoras de deficiências visuais no uso de dispositivos móveis.
- d) Levantar recursos de dispositivos móveis à necessidade específica de pessoas portadoras de deficiências visuais.
- e) Criar um repositório de aplicações, para acesso a conteúdo web, voltadas a pessoas portadoras de deficiências visuais.
- f) Extrair fatos obtidos de cenários de testes experimentais com o repositório de aplicações.
- g) Extrair elementos estruturantes de interação multimodal presentes nos fatos.
- h) Analisar e construir esquema com elementos estruturantes de interação multimodal.
- i) Testar o esquema gerado.

1.4 Metodologia da Pesquisa

O desenvolvimento deste trabalho, visando alcançar os objetivos propostos, foi conduzido, principalmente, por meio de procedimentos de pesquisa bibliográfica e de experimentos.

A pesquisa bibliográfica foi realizada desde o início de 2012, sendo uma atividade que foi mantida constante durante o desenvolvimento do mestrado. Conforme recomendado em (WAZLAWICK, 2009), inicialmente foram pesquisados *surveys* sobre o tema com o objetivo de obter o estado da arte da área de pesquisa e sua evolução histórica. Na sequência, os trabalhos clássicos e livros foram pesquisados e posteriormente foram pesquisadas fontes mais recentes sobre o assunto da dissertação.

Os principais temas de pesquisa que contribuíram para este trabalho e foram alvo da pesquisa bibliográfica são: técnicas de inteligência artificial, interação humano-computador, interação multimodal, interação por voz, acessibilidade de conteúdo web alcançada com o auxílio de interface de voz, aplicações em dispositivos móveis auxiliadas por interação por voz, recursos de acessibilidade presentes em dispositivos móveis, e diretrizes de acessibilidade para pessoas com deficiência visual.

Foram analisados os trabalhos relacionados reportados em livros, nos principais periódicos e conferências especializadas na área de interação multimodal disponíveis em bibliotecas digitais, e outras fontes de artigos científicos da área.

Após as etapas de estudos e pesquisa bibliográfica, foi iniciado o trabalho de desenvolvimento do repositório de aplicações, sob duas perspectivas de interação a conteúdo web que utilizassem diferentes formatos e mecanismos de interface adequados a pessoas portadoras de deficiências visuais, mas ambas utilizando dispositivos móveis como suporte à interação. A primeira, RotaColab, destinada à orientação navegacional em ambientes semi-abertos e a segunda, WABlind, destinada à marcação de estruturas de conteúdo web a fim de permitir o acesso de leitores de tela a conteúdo web não acessível. Tais ferramentas foram desenvolvidas com a finalidade de observar cenários de testes a fim de analisar e avaliar a interação de pessoas com deficiências visuais, com diferentes níveis de habilidade, sob os critérios de acessibilidade, na utilização da abordagem proposta, possibilitando o refinamento da mesma e uma análise da contribuição da proposta no processo de utilização de interfaces multimodais por pessoas com deficiência visual.

1.5 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado conforme a estrutura a seguir:

- **Capítulo 2 [Fundamentação Teórica]:** Resume alguns fundamentos sobre as áreas de pesquisa de Interação Humano-Computador, Inteligência Artificial e Interação Humano-Computador Multimodal.

- **Capítulo 3 [Trabalhos Relacionados]:** Apresenta trabalhos relacionados pertencentes as linhas de pesquisas que conduzem esse estudo.
- **Capítulo 4 [Elementos estruturantes para projetos de interfaces multimodais]:** Apresenta um esquema de elementos estruturantes que promovem a interação a conteúdo web por meio de interfaces multimodais voltadas a pessoas portadoras de deficiências visuais.
- **Capítulo 5 [Repositório de Aplicações e Experimentos]:** Apresenta o repositório de aplicações construído, seus respectivos experimentos e os resultados obtidos durante os mesmos.
- **Capítulo 6 [Conclusões]:** Resume as principais contribuições deste trabalho e elenca algumas direções futuras que podem ser seguidas, tomando-se como base a experiência adquirida durante a realização deste trabalho.

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Inteligência Artificial

A inteligência artificial é uma área da ciência da computação que está associada ao desenvolvimento de sistemas de computadores inteligentes, ou seja, sistemas que exibem características, as quais se relacionam com a inteligência no comportamento do homem (E.A.FEIGENBAUM, 1981) apud (FERNANDES, 2003).

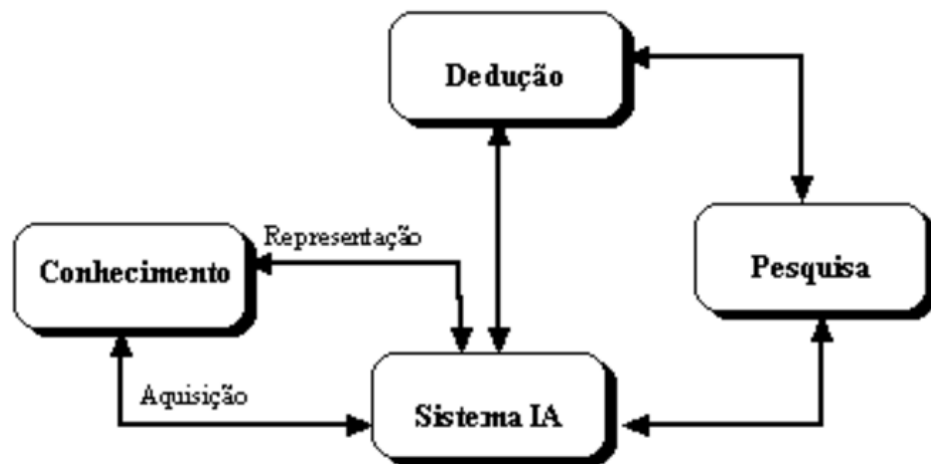


Figura 1 - Uma visão conceitual de sistemas inteligentes.

Fonte: (SCHUTZER, 1987).

Um sistema inteligente (veja Figura 1) não é capaz somente de armazenamento e manipulação de dados, mas também da aquisição, representação, e manipulação de

conhecimento. Para desenvolver tais sistemas é necessária a utilização de algumas técnicas como, por exemplo, a Modelagem do Usuário e a Modelagem da Tarefa.

A modelagem do usuário é construída a partir do comportamento do usuário no decorrer das interações no sistema. Segundo (MCCALLA, 1992), tal modelagem enfatiza a individualização do usuário para que ele possa controlar o sistema e este possa se modificar conforme suas necessidades individuais/específicas, e, desta forma, saber o que realmente ocorre na interação; comunicar o que é relevante ao atual estado de conhecimento do usuário; ajudá-lo em seus problemas (a partir de seu comportamento) e ajudá-lo a aprender o que é importante e relevante no momento.

Um sistema para adaptar-se a seu usuário deve conhecer seu usuário. Para isto, são construídos modelos do usuário, a partir de seu comportamento no decorrer das interações com o sistema. Este modelo deve conter alguns requisitos básicos. Segundo (HARTLEY e SMITH, 1988), deve-se saber o conhecimento do usuário em relação ao domínio de aplicação do sistema, seus objetivos e planos para atingi-los, além da necessidade de saber as intenções do usuário na utilização do sistema e suas atitudes. (FRAINER, 1993), acrescenta a estes itens, as crenças do usuário. Além destes, (HARTLEY e SMITH, 1988) cita as características individuais do usuário: sua experiência na utilização do sistema, suas preferências, seu estilo de trabalho e sua frequência de uso do sistema e (BOYD, 1992) ressalta, também, que deve haver conhecimento da identidade do usuário, suas aspirações, ansiedades, expectativas e a averiguação dos seus erros. Em termos de erros, (CIALDEA, 1992) enfatiza que devem ser descobertas as razões destes erros, justificadas as crenças do usuário quando suas respostas estão corretas e o que foi por ele esquecido, quando suas respostas estiverem incorretas.

Um elemento destacado por todos os autores consultados, relevante na questão da adaptação, é a dinamicidade do modelo, ou seja, a atualização dos itens que compõem o modelo durante a interação e a cada nova utilização do sistema. Esta atualização é necessária para que o modelo realmente reflita o comportamento e nível atual de conhecimento do usuário.

A Modelagem da tarefa é baseada em termos de ambiente, percepções, ações, objetivos e utilidade. Segundo o projeto HEART (AZEVEDO, 1995), uma pessoa com necessidade especial “tem alguma restrição na sua habilidade de executar tarefas, atividades...” e seu maior problema está “entre o que o ambiente lhe demanda e suas próprias habilidades”. Como tentativa de redução deste problema, existe a busca pelo “aumento das capacidades do usuário e diminuição das barreiras/demandas do ambiente”. Diante disso, se faz necessária uma modelagem adequada a fim de identificar o tipo de ambiente e a arquitetura do agente adequada

ao ambiente e à tarefa (FERNANDES, 2003). Segundo (WOOLDRIDGE e JENNINGS, 1995), um agente inteligente é um sistema computacional situado em algum ambiente e que é capaz de executar ações autônomas neste ambiente para atingir os objetivos para os quais ele foi planejado.

2.2 Interação Humano-Computador

IHC é uma área interessada no projeto, implementação e avaliação de sistemas computacionais interativos para uso humano, juntamente com os fenômenos relacionados a esse uso (HEWETT, BAECKER, *et al.*, 1992). (KAY, 1989) argumenta que o *design* de interfaces apenas surgiu quando se compreendeu melhor o modo como a mente dos utilizadores funciona, sendo esse um momento chave na análise e desenvolvimento de interações (apud RAFAEL, 2014).



Figura 2 - Objetos de estudo em IHC.

Fonte: (HEWETT, BAECKER, *et al.*, 1992)

Também, de acordo com (HEWETT, BAECKER, *et al.*, 1992), os objetos de estudo de IHC podem ser agrupados em cinco tópicos inter-relacionados: a natureza da interação humano-computador; o uso de sistemas interativos situado em contexto; características humanas; arquitetura de sistemas computacionais e da interface com usuários; e processos de desenvolvimento preocupados com uso (Figura 2).

A IHC é também conhecida como uma área multidisciplinar, que envolve disciplinas como (PREECE, ROGERS, *et al.*, 1994): Ciência da Computação; Psicologia Cognitiva; Psicologia Social e Organizacional; Ergonomia ou Fatores Humanos; Inteligência Artificial; Filosofia, Sociologia e Antropologia; Engenharia e *Design*. A Figura 3 sugere algumas contribuições que as várias áreas podem fazer.

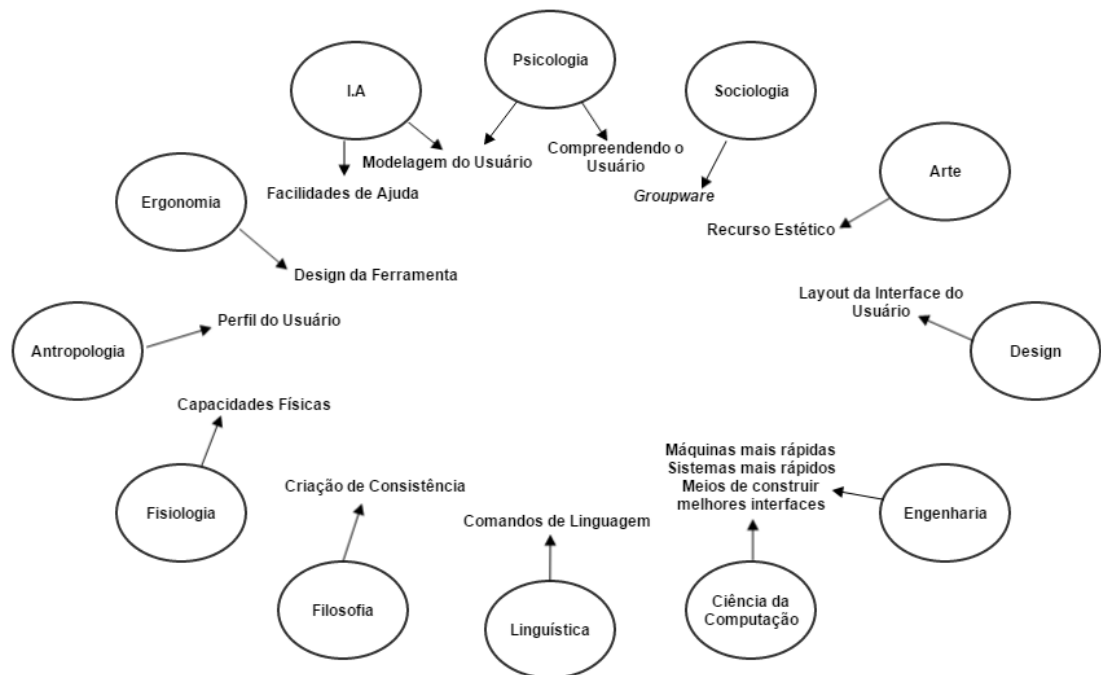


Figura 3 - As várias disciplinas e suas contribuições.

Fonte: (FAULKNER, 1998). Adaptado pelo autor.

A área de IHC tem por objetivo principal “fornecer aos pesquisadores e desenvolvedores de sistemas explicações e previsões para fenômenos de interação usuário-sistema e resultados práticos para o design da interface de usuário” (HEWETT, BAECKER, *et al.*, 1992) apud (DE SOUZA, LEITE, *et al.*, 1999).

Com teorias a respeito dos fenômenos envolvidos seria possível prever antecipadamente se o sistema a ser desenvolvido satisfaz as necessidades de usabilidade, aplicabilidade e comunicabilidade dos usuários. Para isto, estudos de IHC visam desenvolver modelos teóricos de desempenho e cognição humanos, bem como técnicas efetivas para avaliar a usabilidade (LINDGAARD, 1994).

Mais recentemente algumas propostas têm enfatizado que além de usabilidade, as aplicações devem buscar atingir aplicabilidade (FISCHER, 1998) e comunicabilidade (DE SOUZA, LEITE, *et al.*, 1999), oferecendo ao usuário artefatos fáceis de usar, aplicar e comunicar (DE SOUZA, LEITE, *et al.*, 1999).

Segundo (PADOVANI, 1998) “as pesquisas na área de IHC têm como meta principal melhorar a compatibilidade entre as características humanas e o processamento e representação da informação pelo computador”. Visam ainda produzir sistemas fáceis de utilizar e seguros. Para ela, “a atuação da IHC como processo ou disciplina está diretamente ligado à interface”. A partir dessa atuação, auxilia-se a manipulação e a navegação dentro do sistema computadorizado melhorando a compreensão e a apreensão da informação transmitida e as respostas do usuário. O objetivo fundamental da pesquisa em IHC, segundo (ZUASNÁBAR, GERMANO e CUNHA, 2003) é o de propiciar o desenvolvimento de sistemas mais amigáveis e úteis, e prover aos usuários de experiências, ajustando seus conhecimentos e objetivos específicos. O desafio num mundo rico em informação não é somente o de tornar a informação disponível às pessoas em qualquer tempo, lugar ou forma, mas, especificamente, o de dizer as coisas corretas, no tempo correto e da maneira correta. De acordo com (MCTEAR, 2000), a pesquisa em interação humano-computador procura apoiar o estudo de interfaces adaptativas e adaptáveis, procurando melhores maneiras de interação. É necessário entender os usuários, para entender as interfaces de usuário.

2.2.1 Acessibilidade

Segundo (MELO e CECILIA, 2006) A acessibilidade, significa não apenas permitir que pessoas com necessidades especiais participem de atividades que incluem o uso de produtos,

serviços e informação, mas a inclusão e extensão do uso destes por todas as parcelas presentes em uma determinada população, com as mínimas restrições possíveis (apud NETO, 2011).

A área de IHC preocupa-se justamente com características, relativas a projetos de interface, que propiciem elevar o nível de interatividade entre as partes, levando em consideração a ampliação da acessibilidade (TANGARIFE, 2007). O critério de acessibilidade está relacionado com a capacidade de o usuário acessar o sistema para interagir com ele, sem que a interface imponha obstáculos (BARBOSA, 2011). Para isso é necessário entender as limitações físicas, mentais ou de aprendizagem que pode dificultar ou impedir a interação com o sistema. Ainda segundo (BARBOSA, 2011), para o usuário usufruir melhor do apoio computacional, é desejável que o designer remova as barreiras da interface que impedem o usuário de interagir (acessibilidade), torne o uso fácil (usabilidade) e comunique ao usuário as suas concepções e intenções ao conceber o sistema interativo.

Com o objetivo de ampliar a acessibilidade por meio de diversos modos de interação surge dentro IHC a linha de estudo que envolve recursos multimodais, a Interação Humano-Computador Multimodal, nela são utilizadas Tecnologias Assistivas que se propõe a ampliar as possibilidades de inclusão social e melhoria da qualidade de vida de pessoas que possuem algum tipo limitação, seja ela circunstancial ou permanente. Tal linha de estudo será abordada na seção 2.3.

2.2.2 Capacidades Físicas e Mentais

No contexto da área de IHC, indicadores de capacidade do usuário são importantes nas tarefas que dependem da identificação do perfil – para se estabelecerem os requisitos dos sistemas e para testar estes requisitos com usuários reais.

Segundo (DUL, 2004), quando se elaboram programas de computador (ou sistemas de informação) é importante saber quem serão os seus usuários. As capacidades e limitações dessas pessoas determinarão as principais características da interface a serem projetadas. As limitações dos usuários constituem-se em fator crítico, porque eles devem absorver informações complexas a velocidades cada vez maiores.

Desta forma, o contexto de uso definido por (JORDAN, 1998) inclui os seguintes fatores:

- **Descrição dos usuários** – é necessário descrever as características dos usuários, tais como conhecimento, habilidade, experiência, educação, treinamento, atributos corporais e capacidades motoras e sensoriais. Pode ser necessário descrever as características de categorias diferentes de usuários, por exemplo, usuários com níveis diferentes de experiência, ou desempenhando papéis diferentes.
- **Descrição das atividades / tarefas** – trata-se das atividades realizadas para atingir uma meta. Devem ser descritas as características das atividades que podem influenciar a usabilidade, por exemplo, a frequência e duração da atividade.
- **Descrição do equipamento** – pode ser em termos de um conjunto de produtos ou um conjunto de atributos ou características do seu desempenho.
- **Descrição de ambientes** – deve ser descrito aspectos do ambiente físico e social, tais como aspectos do ambiente técnico (redes de telecomunicações), ambiente físico (natureza e localização da instalação), temperatura, umidade, iluminação e o ambiente social e cultural (estrutura organizacional, atitudes, rotinas de trabalho).

Para (DUL, 2004), além de conhecer o usuário é necessário considerar o seu modelo mental (HELANDER, LANDAUER e PRABHU, 1997). Segundo (NIELSEN, 1993), a usabilidade é definida em função de múltiplos componentes e é tradicionalmente associada com cinco atributos de usabilidade:

- **Facilidade de aprendizagem** – O sistema pode ser fácil de aprender de forma que o usuário possa rapidamente começar a interagir. Segundo Nielsen é o mais importante atributo de usabilidade, por ser a primeira experiência que qualquer usuário tem como um sistema;
- **Eficiência** – o sistema precisa ser eficiente no uso, de forma que uma vez aprendido o usuário tenha um elevado nível de produtividade. Portanto, eficiência refere-se a usuários experientes, após certo tempo de uso;

- **Facilidade de relembrar** – O sistema precisa ser facilmente relembrado, de forma que o usuário ao voltar a usá-lo depois de certo tempo não tenha novamente que aprendê-lo. Certamente, aumentar a facilidade de aprendizagem também torna a interface mais fácil de ser lembrada;
- **Erros** – Neste contexto, erro é definido como uma ação que não leva ao resultado esperado, um “engano”, portanto. O sistema precisa ter uma pequena taxa de erros, ou seja, o usuário não pode cometer muitos erros durante o seu uso e, em errando, deve ser fácil à recuperação, sem perda de trabalho;
- **Satisfação subjetiva** – Os usuários devem gostar do sistema, ou seja, deve ser agradável de forma que o usuário fique satisfeito ao usá-lo.

O que se pode depreender dos princípios de usabilidade é que eles tratam basicamente de dois aspectos: a tarefa e as características individuais dos usuários (ROCHA e BARANAUSKAS, 2003). Portanto, torna-se fundamental conhecer o usuário final de um sistema a fim de definir o design do mesmo de modo que atenda a maior diversidade de características do mesmo.

2.3 Interação Humano-Computador Multimodal

Segundo (NIGAY e COUTAZ, 1993), Multimodalidade é a capacidade do sistema para comunicar com um usuário ao por meio de diferentes tipos de canais de comunicação para extrair e transmitir significado automaticamente). A multimodalidade é compreendida restritamente a essas interações que compreendem mais do que uma modalidade de cada entrada (ou seja, a percepção) ou a saída (isto é, controle,) lado do laço e a utilização de mais do que um dispositivo de cada lado.

A interação humano-computador em contraste com o mundo real promove tal interação multimodal por meio da combinação de múltiplos recursos de entrada e saída de informações que possibilitam a comunicação do usuário com um *software*, viabilizando a escolha da modalidade desejada, tais como voz, gestos e toque, bem como a alternância entre elas.

Segundo (CHARWAT, 1992) modalidade é definida como uma percepção provida por um dos três canais de percepção. Onde é possível distinguir as três modalidades: visual, auditiva e tato (sentidos fisiológicos).

- a) **Visual:** está relacionado com/usada na visão (comando comparado a óptico).
- b) **Auditivo:** relacionada com o sentido da audição (comando comparado a acústico).
- c) **Tático:** transmitido pelo sentido do tato.
- d) **Háptico:** a maioria dos autores estão usando "tátil" e "háptico" como sinônimos. No entanto, (GEISER, 1990) distingue tátil como percepção-modalidade de háptico como modo de saída.

Apesar de (CHARWAT, 1992) destacar apenas três modalidades, existem mais algumas que podem. Outras modalidades além de visão, audição e tato podem ser definidas, mas seu uso é incomum no contexto de comunicação assistida por computador (Tabela 1):

Tabela 1 - Diferentes sentidos e suas modalidades correspondentes.

| Sensory perception | Sense organ | Modality |
|--------------------|----------------------|------------|
| Sense of sight | Eyes | Visual |
| Sense of hearing | Ears | Auditive |
| Sense of touch | Skin | Tactile |
| Sense of smell | Nose | Olfactory |
| Sense of taste | Tongue | Gustatory |
| Sense of balance | Organ of equilibrium | Vestibular |

Fonte: (SILBERNAGEL, 1979).

De acordo com (NIGAY e COUTAZ, 1993), em um ato de comunicação, quer seja entre seres humanos ou entre um sistema de computador e um utilizador a modalidade define o tipo de dados trocados ao passo que o modo determina o contexto em que os dados são interpretados. (NIGAY e COUTAZ, 1993) ainda destaca que ambos as multimídias e sistemas multimodais utilizam vários canais de comunicação. Mas, além disso, um sistema multimodal é capaz de modelar automaticamente o conteúdo das informações a um alto nível de abstração.

A interação multimodal tem como objetivo fazer proveito do poder expressivo de comunicação natural, fornecendo maior flexibilidade aos usuários por meio de interfaces que fazem uso de combinação de modalidades de entrada (CARVALHO, 2003). (LARSON, OVIATT e FERRO, 1999) consideram que, com a crescente complexidade das aplicações informáticas, uma única modalidade não terá a capacidade de assegurar uma HCI eficaz em todas as tarefas e ambientes (apud RAFAEL, 2014).

Segundo (DUMAS, LALANNE e OVIATT, 2009), arquiteturas de sistemas de interação multimodal são compostos por: um componente para a fusão multimodal de entrada, um gerenciador de diálogo e um gerenciador de contexto (Figura 4). A entrada de dados é realizada por meio de um conjunto de modalidades de reconhecimento e processadores. Esse conjunto envia dados processados para o componente de fusão, capaz de gerar uma interpretação única de todas as entradas. Logo após a fusão das entradas, a informação já interpretada é entregue ao gerenciador de diálogo, responsável por identificar e controlar os estados do diálogo. Por fim, o gerenciador de contexto irá mapear o ambiente e perfil do usuário, bem como possíveis mudanças que possam ser relevantes para a próxima interação. De acordo com a classificação apresentada por (NIGAY e COUTAZ, 1993), interfaces multimodais podem lidar com entradas de diferentes maneiras, a fim de fazer sentido de um conjunto de informações fornecidas pelas diversas modalidades.

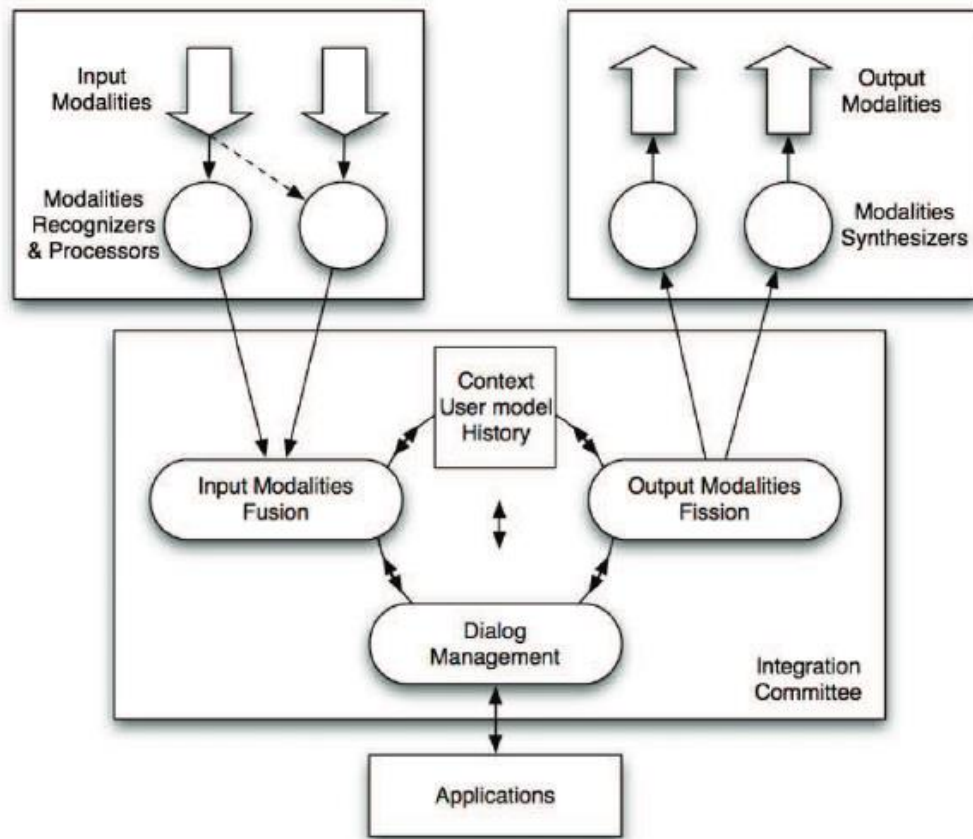


Figura 4 - Arquitetura de um sistema multimodal e seus principais componentes.

Fonte: (DUMAS, LALANNE e OVIATT, 2009).

A Tabela 2 representa a maneira como as modalidades podem ser utilizados por usuários de interfaces multimodais, enquanto que as linhas representam o fato de que as informações fornecidas por várias modalidades podem ser combinados ou podem ser mantidas independentes (DUMAS, LALANNE e OVIATT, 2009).

Tabela 2 - Tipos de interfaces multimodais: classificação apresentada de duas dimensões por espaço.

| | | Uso de Modalidades | |
|-------|--------------|--------------------|-------------|
| | | Sequencial | Paralela |
| Fusão | Combinada | Alternativa | Sinérgica |
| | Independente | Exclusiva | Concorrente |

Fonte: (NIGAY e COUTAZ, 1993).

Sistemas como “*Put that there*” (BOLT, 1980), CUBRICON (NEAL, THIELMAN, *et al.*, 1989) e *Quickset* (COHEN, JOHNSTON, *et al.*, 1997) são referências na literatura, pois foram os primeiros a apresentar interação multimodal, por meio de gestos e fala, gestos e linguagem natural e de toque, respectivamente.

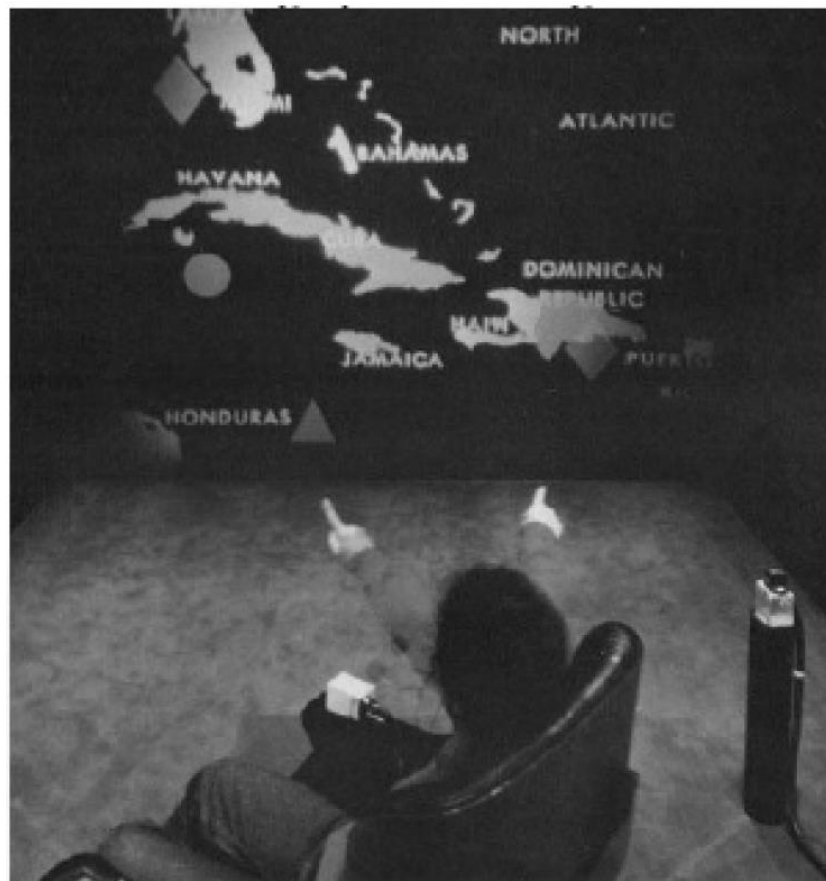


Figura 5 - Usuário interagindo com o sistema *Put That There*.

Fonte: (BOLT, 1980).

Outro sistema que se destaca é o o (KOONS, SPARRELL e THORISSON, 1993) que integra fala, gesto e “*eye gaze*” em uma aplicação baseada em mapa. Mais recentemente, pesquisas com novos aspectos de modalidades de entradas de dados estão trazendo novos desafios impulsionadas pelo desenvolvimento de sistemas multimodais em uma perspectiva móvel.

Neste capítulo foram apresentados os conceitos fundamentais que nortearam este trabalho. Alguns dos trabalhos mais relevantes de cada área e noções sobre o estado da arte com

o objetivo de relacionar aspectos de interação entre homem e máquina envolvendo as áreas de IHC e IA associadas a combinação multimodal na interação de sistemas.

Capítulo 3

TRABALHOS RELACIONADOS

3.1 Acessibilidade na Web

“Acessibilidade na web significa que pessoas com deficiência podem usar a web. Mais especificamente, a acessibilidade na web significa que pessoas com deficiência podem perceber, entender, navegar, interagir e contribuir para a web. E mais. Ela também beneficia outras pessoas, incluindo pessoas idosas com capacidades em mudança devido ao envelhecimento” (W3C, 2005).

Diante disso, o W3C criou, em 1999, o WAI (*Web Accessibility Initiative*), formado por grupos de trabalho voltados para a elaboração de diretrizes, chamadas de WCAG - *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG). (ALVES, 2011) em seu trabalho apresenta diversas diretrizes e listas desenvolvidas para potencializar a acessibilidade, dentre elas, a WCAG 2.0, conforme é mostrado a seguir:

- Recomendações de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.0, abrange diversas recomendações com a finalidade de tornar o conteúdo Web mais acessível. Seguir essas recomendações pode tornar o conteúdo acessível para um amplo grupo de pessoas com deficiência, incluindo cegueira e baixa visão, surdez e baixa audição, dificuldades de aprendizagem, limitações cognitivas, limitações de movimentos, incapacidade de fala e outras deficiências. Seguindo essas recomendações podemos também tornar o conteúdo Web mais acessível para os usuários em geral (WCAG, 2014).
- Relatório técnico da ISO/IEC TR 29138, com o título Tecnologia da Informação considerações de acessibilidade para pessoas com deficiência, encontramos considerações a respeito da acessibilidade na tecnologia da informação, onde consiste

em três partes: Resumo das Necessidades dos Usuários, Levantamento de Normas e Orientação sobre Mapeamento das Necessidades dos Usuários (ISO/IEC, 2009).

- Norma ISO 9241-171 - *Ergonomics of human-system interaction Guidance on software accessibility* é destinada a desenvolvedores de software e fornece orientações sobre o projeto de software para alcançar um nível elevado de acessibilidade (ISO, 2008).

No Brasil, o Decreto 5.296 de Dezembro/2004, regulamenta que a acessibilidade deve ser provida a todos ou ao maior número possível de usuários em situações limitantes (BRASIL, 2004). Para atender tal decreto foi lançado, em 2005, o Modelo de Acessibilidade do Governo Eletrônico Brasileiro (eMAG), atualmente na versão 3.1, com diretrizes para criação e adaptação de conteúdos governamentais na Internet, (BRASILEIRO, 2014). As recomendações do eMAG permitem que a implementação da acessibilidade digital seja conduzida de forma padronizada, de fácil implementação, coerente com as necessidades brasileiras e em conformidade com os padrões internacionais. É importante ressaltar que o eMAG trata de uma versão especializada do documento internacional WCAG voltado para o governo brasileiro, porém o eMAG não exclui qualquer boa prática de acessibilidade do WCAG (BRASILEIRO, 2014).

A acessibilidade a conteúdo web por meio de dispositivos móveis tem se tornando um assunto mais relevante a cada dia. Diante do protagonismo dos dispositivos móveis que conduz movimentos de transferência de tarefas anteriormente realizadas em computadores, permitindo que, cada vez mais, parcela mais ampla da população pudessem vivenciar e perceber novos usos e possibilidades para as tecnológicas digitais. Se os percentuais de usuários da tecnologia móveis vêm crescendo de forma exponencial, o número de pessoas com deficiência que vem utilizando recursos tecnológicos no dia a dia para possibilitar ou potencializar sua comunicação e acessar as informações também não pode ser desconsiderado (MACHADO, MACHADO e CONFORTO, 2014). Neste âmbito destaca-se as diretrizes de acessibilidade recomendadas para desenvolvimento de aplicações Android - *Accessibility Developer Checklist* (ANDROID, 2014) e para aplicações iOS - *Accessibility Programming Guide for iOS* (LIBRARY, 2012).

Conforme pode ser observado, existem diversas diretrizes para orientar o desenvolvimento de conteúdo web acessível. No entanto, tais diretrizes não são suficientes para suportar gradualmente cada atividade envolvida no processo de desenvolvimento de conteúdo web acessível, ainda mais quando se trata do desenvolvimento voltado a um grupo particular, como por exemplo, o de pessoas portadoras de deficiências visuais, pois exige o entendimento

específico das necessidades de acessibilidade de tais grupos e as diretrizes costumam ser genéricas. Diante disso, o desafio é assegurar a acessibilidade na web para cada um desses grupos, no caso do grupo de pessoas com deficiência visual tal conteúdo deve estar acessível a leitores de tela. A utilização destes será discutido na seção a seguir.

3.2 Interfaces Multimodais para Pessoas Portadoras de Deficiências

As interfaces multimodais são uma classe de sistemas multimídias que integram inteligência artificial e têm gradualmente adquirido a capacidade de compreender, interpretar e gerar dados específicos em resposta ao conteúdo de análise, diferenciando-se dos sistemas e aplicações multimídia clássicas que não compreendem a semântica dos dados (som, imagem, vídeo) que manipulam (NIGAY e COUTAZ, 1993) (BOURGUET, 2009) apud (RAFAEL, 2014). Tais interfaces têm se tornado promissoras no desenvolvimento de *software*, pois permitem a integração de várias modalidades na interação com o usuário.

As áreas de investigação em interfaces multimodais estão diretamente associadas a objetivos de implementação, como pode ser observado no trabalho de (RAFAEL, 2014). Tal associação é apresentado a seguir:

- Promover IHCs mais naturais, intuitivas e eficientes e, simultaneamente, menos obstrutivas, associadas a uma rápida curva de aprendizagem (COHEN, DALRYMPLE, *et al.*, 1989) (HALL e LLINAS, 1997) (OVIATT, ANGELI e KUHN, 1997) (VERNIER e NIGAY, 2001) (ABASCAL e MORIYÓN, 2002) (KO, 2003) (REEVES, LAI, *et al.*, 2004) (ANTHONY, YANG e E KOEDINGER, 2005) (LEE, 2005) (KARAM e E SCHRAEFEL, 2005) (STURM, 2005) (ANTHONY, YANG e E KOEDINGER, 2006) (INANOGLU, JOTTRAND, *et al.*, 2007) (BOURGUET, 2009) (DUMAS, LALANNE e OVIATT, 2009)
- Aumentar a quantidade de informação transmitida em tempo útil durante uma IHC, com conseqüente diminuição do tempo necessário para a sua execução (WAHLSTER, 1987) (COHEN, JOHNSTON, *et al.*, 1997) (OVIATT, ANGELI e KUHN, 1997) (COHEN, JOHNSTON, *et al.*, 1998) (OVIATT, 2001) (VERNIER e NIGAY, 2001) (ABASCAL e MORIYÓN, 2002) (KO, 2003) (ZENKA e E SLAVÍK, 2004) (ANTHONY, YANG e E KOEDINGER, 2005) (PELACHAUD, 2005) (BOURGUET,

- 2007) e (KIEFFER e E CARBONELL, 2007) (BOURGUET, 2009) (DUMAS, LALANNE e OVIATT, 2009)
- Aumentar a robustez do sistema, procurando a obtenção de uma superior inteligibilidade no reconhecimento da informação por meio do cruzamento de sinais recepcionados em diferentes modalidades, com vista à resolução de ambiguidades, prevenção de erros na comunicação e/ou a sua resolução (COHEN, DALRYMPLE, *et al.*, 1989) (BRETAN e KARLGREN, 1993) (COHEN, JOHNSTON, *et al.*, 1997) (HALL e LLINAS, 1997) (OVIATT, ANGELI e KUHN, 1997) (OVIATT, 2001) (VERNIER e NIGAY, 2001) (KO, 2003) (OVIATT, COULSTON e LUNSFORD, 2004) (REEVES, LAI, *et al.*, 2004) (STURM, 2005) (BOURGUET, 2007) (KIEFFER e E CARBONELL, 2007) (BOURGUET, 2009) (DUMAS, LALANNE e OVIATT, 2009) (JAMES e GURRAM, 2009)
 - Estimular o empenho do utilizador na atividade a ser desenvolvida, promovendo a sua satisfação (ANASTOPOULOU, 2004) (ANTHONY, YANG e E KOEDINGER, 2005) (LISOWSKA, 2007) (DUMAS, LALANNE e OVIATT, 2009)
 - Promover a compreensão e antecipação das intenções do utilizador/humano, por parte dos computadores (OVIATT, ANGELI e KUHN, 1997) (ABASCAL e MORIYÓN, 2002) (LEE, 2005) (PELACHAUD, 2005)
 - Permitir uma maior flexibilidade na acessibilidade aos computadores em contextos, independentes do utilizador, que revelam constrangimentos de usabilidade para determinada(s) modalidade(s), por meio da possibilidade de seleção do(s) canal(is) modal(is) mais adaptado(s) às preferências do utilizador, ao seu grau de proficiência e/ou à natureza da tarefa a desempenhar (COHEN, JOHNSTON, *et al.*, 1997) (ROTH, CHUAH, *et al.*, 1997) (CATINIS, 1998) (OVIATT, 2001) (LÓPEZ-CÓZAR, 2003) (OVIATT, COULSTON e LUNSFORD, 2004) (REEVES, LAI, *et al.*, 2004) (REEVES, LAI, *et al.*, 2004) (STURM, 2005) (D'ULIZIA e E FERRI, 2006) (BOURGUET, 2009) (DUMAS, LALANNE e OVIATT, 2009) (ZHANG, 2009)
 - Ampliar a acessibilidade aos computadores por parte de pessoas com deficiências específicas (sejam elas sensoriais ou motoras), disponibilizando-lhes modalidades e estilos de multimodalidade alternativos (GEPNER, BUTTIN e DE SCHONEN, 1994) (MYNATT, 1997) (OVIATT, 2001) (OVIATT, COULSTON e LUNSFORD, 2004) (VETTER e CHANIER, 2006)

- Promover novas formas de computação, não disponíveis anteriormente (OVIATT, 2001) (DUMAS, LALANNE e OVIATT, 2009)
- Proporcionar a alternância de canais de *input* (modalidades), de modo a prevenir a saturação cognitiva e/ou física, e consequente degradação, durante a utilização prolongada da interface (OVIATT, 2001) (OVIATT, COULSTON e LUNSFORD, 2004) (REEVES, LAI, *et al.*, 2004)
- Reduzir a carga cognitiva associada a uma tarefa e, conseqüentemente, o nível de atenção necessário para a sua execução (OVIATT, COULSTON e LUNSFORD, 2004) (ANTHONY, YANG e E KOEDINGER, 2005) (ANTHONY, YANG e E KOEDINGER, 2006)
- Possibilitar a adaptação de sistemas de informação a padrões predominantes de interação do utilizador, otimizando os processos de IHC (Oviatt *et al*, 1997; Xiao *et al*, 2002; Oviatt *et al*, 2003).

Dentre os trabalhos apresentados anteriormente, destacam-se, por ser o foco desta pesquisa, os relacionados a interação por pessoas portadoras de deficiências alternativas (GEPNER, BUTTIN e DE SCHONEN, 1994) (MYNATT, 1997) (OVIATT, 2001) (OVIATT, COULSTON e LUNSFORD, 2004) (VETTER e CHANIER, 2006).

O trabalho de (GEPNER, BUTTIN e DE SCHONEN, 1994) refere-se a interação de pessoas com autismo relacionada ao processamento de reconhecimento facial associado a aspectos emocionais, já o de (MYNATT, 1997) tem como objetivo transformar interfaces gráficas em interfaces auditivas, a fim de projetar uma interface utilizável para pessoas portadoras de deficiências visuais. (OVIATT, 2001) expõe resultados com melhorias significativas de desempenho de aplicações que fazem uso de interação multimodal destacando que o uso de tais interfaces pode eliminar as lacunas encontradas por pessoas que possuem incapacidades de fala. (OVIATT, COULSTON e LUNSFORD, 2004) apresenta a importância do uso de interfaces multimodais como fator importante para minimizar a carga cognitiva durante a realização de tarefas. Já no trabalho de (VETTER e CHANIER, 2006), a interação multimodal é baseada em uma conferência de áudio síncrono, onde é analisado vários níveis de complexidade relacionados a comunicação oral.

No caso de pessoas portadoras de deficiências visuais destaca-se o uso de tecnologias assistivas (TA) como intermédio para interação. Dentre as TAs mais utilizadas por estes indivíduos está o leitor de tela, o mesmo interage com o sistema operacional, reproduzindo através de áudio, os eventos ocorridos no computador (SONZA, 2008) pelo uso da voz sintetizada. Estes leitores também se encontram disponíveis em dispositivos móveis.

As conhecidas limitações dos dispositivos móveis, como o tamanho reduzido do *display* e a ausência de teclado, podem ser minimizadas pelo uso de interação multimodal. Além disso, diferentemente do teclado e mouse, as interfaces físicas dos dispositivos que suportam essas modalidades são compactas e portáteis (INACIO JUNIOR, 2007).

Tais dispositivos possibilitam às pessoas interagirem com a informação por meio de uma combinação da fala e do toque, além de interações por meio de *feedback* tátil. Fornecer *feedback* sonoro pode suprir a ausência de *feedback* tátil (BREWSTER, 2002), além de possibilitar que botões com tamanhos reduzidos tenham o mesmo desempenho que botões maiores sem resposta sonora. Entretanto, *feedback* sonoro, pode ser inviável em lugares com muito barulho (QIAO, 2008), uma vez que os dispositivos devem estar adaptados à múltiplos contextos (dado sua mobilidade). Contudo, apresentar apenas *feedback* visual é problemático por causa da múltipla atenção do usuário e da tela pequena dos aparelhos (QIAO, FENG e ZHOU, 2008). *Feedback* tátil pode facilitar a interação, reduzindo possíveis erros (QIAO, FENG e ZHOU, 2008), possibilitando a interação *eye-free*, que proporciona maior liberdade e percepção do ambiente ao usuário (GORLENKO e MERRICK, 2003).



Figura 6 - Dispositivo Móvel com tela *touchscreen*.

Fonte: (ICONFINDER, 2015)

Em dispositivos móveis, o que prevalece é o enfoque visual das aplicações torna a interação mais complexa por parte dos deficientes visuais (DVs), principalmente nas telas *touchscreen* (veja Figura 6), na quais as interações ocorrem por meio de captura dos

movimentos e gestos na tela. Esta problemática referente a potencialização da interação também é apontada por (FILHO e BICA, 2008) uma vez que “a textura, na percepção tátil dos cegos, é fator essencial para o entendimento da existência de nuances ou diferença no objeto apreciado”.

A literatura na área de Acessibilidade na Web e no campo de utilização de leitores de tela e sintetizadores de voz como auxiliares na interação é relativamente rica em trabalhos que exploram os diversos aspectos da interação de usuários com diferentes deficiências a conteúdo disponíveis na web (FREIRE, 2011) (GERBER, 2002), mas ainda existe espaço para contribuições que resultem da investigação do que realmente é relevante para que a interação envolvendo usuários portadores de deficiência visual seja satisfatória.

Embora as vantagens das interfaces multimodais sejam evidentes, o desenvolvimento de projetos multimodal é ainda um desafio (OVIATT, COULSTON e LUNSFORD, 2004), devido à falta de ferramentas que apropriadamente orientam o projetista, no projeto, implementação e avaliação das interfaces multimodais. Além disso, há a necessidade de processar entradas de grupos de usuários heterogêneos e integrar várias modalidades de entrada de saída que podem operar em paralelo ou simultaneamente e de lidar com erros de reconhecimento e de sincronização para a geração de interfaces multimodais eficientes. (apud (TALARICO NETO, 2011))

Neste capítulo foram destacados trabalhos que investigaram diferentes aspectos da interação multimodal envolvendo usuários portadores de deficiência, e que contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa. Além disso, foram apresentados trabalhos que relatam as diretrizes de acessibilidade ressaltando a importância das mesmas.

Diante disso, o objetivo proposto dessa dissertação se baseia em diversas características dos trabalhos anteriormente descritos. Contudo, apresenta suas próprias contribuições por meio da evolução e adequação das concepções dos trabalhos relacionados. A abordagem desta dissertação estende tais concepções adaptando e adequando as mesmas ao desenvolvimento do objetivo proposto. Devido a gama de deficiências que acessibilidade engloba, a mesma será abordada neste trabalho sob uma perspectiva mais diretamente relacionada a pessoas portadoras de deficiências visuais.

Capítulo 4

ELEMENTOS ESTRUTURANTES PARA PROJETOS DE INTERFACES MULTIMODAIS

Este trabalho consiste em apresentar um esquema com elementos estruturantes presentes na interação multimodal relacionada a conteúdo web, visando direcionar o desenvolvimento de projetos de interfaces multimodais para pessoas portadoras de deficiências visuais. Este capítulo tem por objetivo apresentar uma descrição geral do esquema e as fases de identificação e elicitação de tais elementos.

4.1 Descrição Geral do Esquema

No contexto discutido no Capítulo 1 - , dentro da motivação desta pesquisa, destacou-se a importância de interfaces multimodais na interação por pessoas portadoras de deficiências visuais. É importante ressaltar que a interação multimodal tem como objetivo fazer proveito do poder expressivo de comunicação natural, fornecendo maior flexibilidade aos usuários por meio de interfaces que fazem uso de combinação de modalidades de entrada (CARVALHO, 2003). Para usufruir de tal comunicação ao acessar conteúdos web os usuários tendem a procurar ferramentas/ dispositivos que possibilitem essa maior flexibilidade na interação. É importante destacar que há um grupo de pessoas que não podem usufruir dessa ampla gama de conteúdos disponibilizados pela rede, devido à existência de uma grande quantidade de conteúdo web não acessíveis, que impossibilita que pessoas portadoras de deficiência, por exemplo, possam efetivamente utilizá-las.

Diante disso, se faz importante destacar o uso de tecnologias assistivas para viabilizar tal interação com os sistemas computacionais por pessoas portadoras de deficiências visuais, tecnologias como leitores de tela disponíveis em dispositivos móveis tem grande importância neste cenário.

Entretanto, existe ainda uma enorme distância entre a interação humano-computador e a interação humano-humano, sendo que um dos grandes desafios de áreas como IHC e IA é tornar essa comunicação o mais próximo possível da comunicação humano-humano, conforme apresentado no Capítulo 2 - . Até poucos anos atrás, o computador era visto como uma ferramenta passiva que realizava tarefas e cujo objetivo aparentemente era ser um “escravo” sob o comando humano. Porém, com a evolução de softwares baseados em IA, capazes de interpretar ordens e tomar decisões, bem como de representar e formalizar conhecimento como estratégias de raciocínio para técnica de organização das informações, e de dispositivos eletrônicos capazes de perceber e reagir a estímulos do ambiente, o conceito de computador tem mudado drasticamente: ele não é mais apenas uma ferramenta que simplesmente executa determinadas tarefas, mas sim um participante que interage e se comunica de volta com o usuário, inclusive explicitando suas necessidades (JOKINEN e RAIKE, 2003).

Diante deste cenário, sob a perspectiva de ampliação da acessibilidade foram desenvolvidas duas ferramentas distintas, ambas envolvendo interação a conteúdo web por meio de dispositivos móveis. Aplicações que são comumente muito utilizadas são as de orientação navegacional em ambientes, classificados como, abertos, semiabertos ou fechados. No entanto, pessoas portadoras de deficiência visual encontram barreiras na sua utilização devido ao uso de recursos como mapas e direcionamentos navegacionais de modo visual. É de suma importância a ampliação ao acesso de tais aplicações a esse grupo de pessoas, visto que os mesmos encontram barreiras que dificultam ou impedem a sua locomoção em ruas, vias públicas, bem como em espaços fechados, tornando-os dependentes de terceiros. Facilitadores da interação a esse tipo de aplicação são os sensores que os dispositivos móveis possuem que podem proporcionar uma melhor interação quando juntamente usados aos recursos de interação por voz.

Outra linha a ser destacada é a de acesso a páginas de conteúdo web. Tal acesso é comum para pessoas portadoras de deficiência visual por meio de leitores de tela em computadores *desktop*, mas quando tal conteúdo não está utilizando mecanismos para torná-lo acessível, como

padrões e diretrizes de acessibilidade implementadas ao código-fonte, este grupo de pessoas são impossibilitados de ter acesso à informação contida no mesmo.

O projeto de interfaces multimodais é importante porque os princípios e técnicas utilizados para as interfaces gráficas tradicionais (GUI) não se aplicam necessariamente aos sistemas multimodais, para os quais alguns tópicos importantes com o projeto das entradas e saídas de informações, da adaptabilidade, da consistência e do tratamento de erros, além de tópicos como dependências culturais, comportamentais e de personalidade individual devem ser considerados (REEVES, LAI, *et al.*, 2004). Além disso, depende das habilidades do desenvolvedor de sistemas e também do conhecimento das propriedades essenciais às diferentes combinações dos modos de entrada e das informações agregadas.

Diante desse contexto, relacionando os conceitos abordados de forma direcionada ao escopo deste trabalho, foi desenvolvido um esquema de elementos que direciona o projeto de interfaces multimodais para pessoas portadoras de deficiência visual em um cenário de acesso a conteúdo web, conforme ilustrado na Figura 7.

4.2 Identificação de Elementos

Neste esquema conceitual, Figura 7, o Conteúdo Digital compreende o universo de informações interpretados por artefatos tecnológicos. Tais informações estão acessíveis por meio de Tecnologia Web. A Tecnologia Web, tal como descrita pelo WCAG 2.0, inclui linguagens de marcação, formato de dados, ou linguagens de programação que os autores podem utilizar isoladamente ou em combinação, de forma a criar experiências ao usuário final que variam de páginas web estáticas, apresentações em mídia sincronizada e aplicações Web dinâmicas. Esta tecnologia é mediada via plataformas Desktop ou Móveis. Usuários portadores de deficiências visuais utilizam estas plataformas para realizarem atividades em diferentes contextos.

Apona-se no esquema estruturante alguns mecanismos que devem ser utilizados para tornar as atividades realizadas por pessoas com deficiências visuais satisfáveis. Tais como a Representação/Formalização do Conhecimento, a fim de expressar em completude a abordagem do contexto do conteúdo web acessado pelos usuários, também devem fazer uso de

funcionalidades e/ou recursos nativos da plataforma onde a atividade é executada para que a interação seja otimizada, além deste deve fazer uso de Tecnologias Assistivas como intermédio fundamental para acesso a conteúdo digitais, como leitores de tela, sintetizadores de voz, teclado braile. E essencialmente a atividade deve ser regida por padrões e diretrizes de acessibilidade para que se tenha um norteamento inicial da utilização dos recursos a serem aplicados.

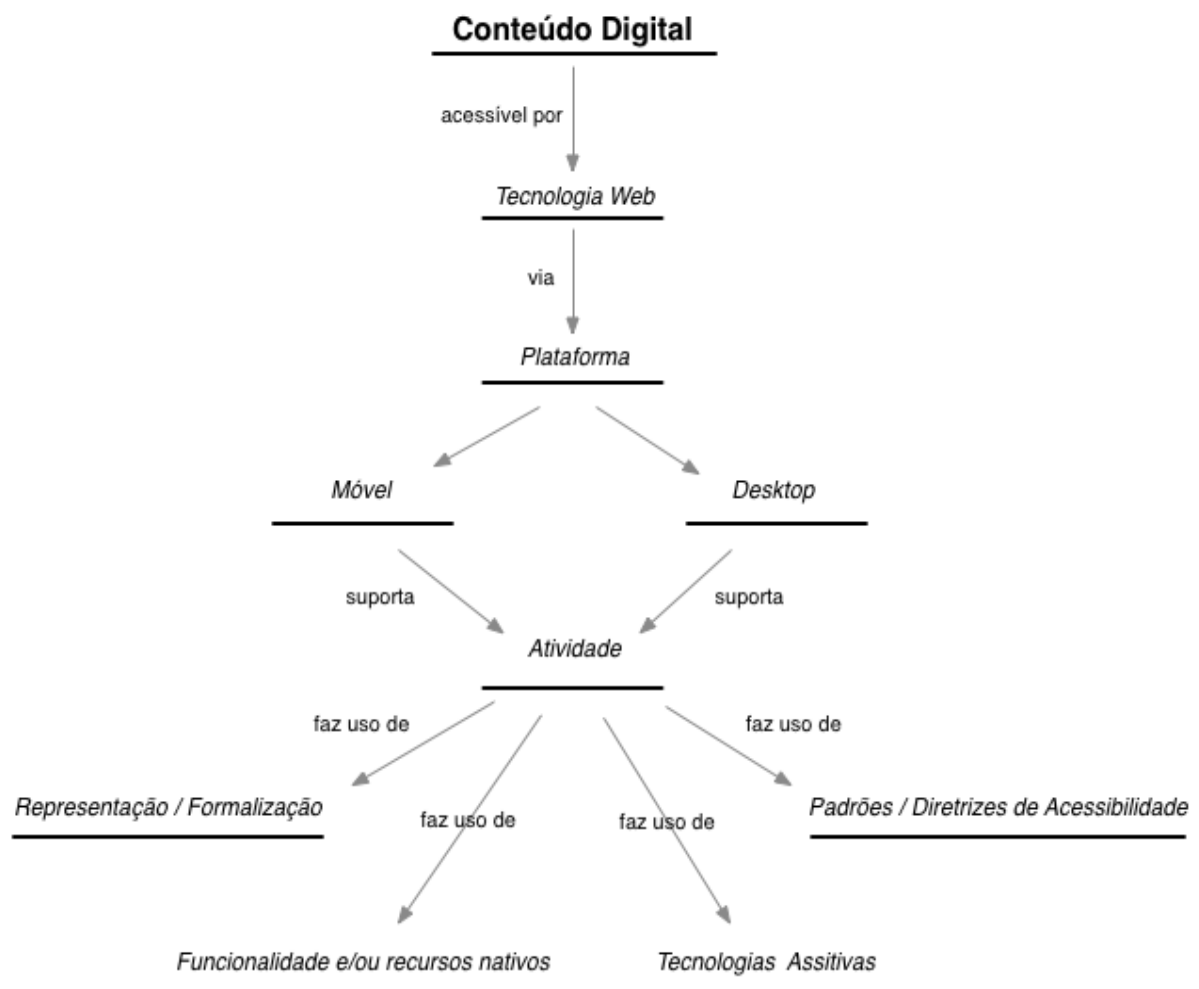


Figura 7 - Esquema de elementos para direcionar projeto de interfaces multimodais para pessoas portadoras de deficiências visuais.

Fonte: Autoria Própria.

4.3 Elicitação de Elementos

A elicitação de elementos foi constituída por meio do levantamento de técnicas e mecanismos voltados ao desenvolvimento de aplicações acessíveis a pessoas portadoras de deficiências visuais. Além disso, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica sobre o uso de interfaces multimodais envolvendo o uso por este grupo de pessoas. Foi aprofundado também a interação por meio de tais interfaces a este grupo em dispositivos móveis a fim de levantar os recursos disponíveis e associá-los a necessidade destes usuários.

Com o objetivo de explorar cada elemento do esquema (Figura 7), apresentado na seção anterior, foi desenvolvido um repositório de aplicações para acesso a conteúdo web voltadas ao grupo de pessoas portadoras de deficiências visuais. Este repositório é composto de duas aplicações. Cada aplicação teve experimentos direcionados a este grupo, especificamente a categoria de cegueira total. Dos fatos obtidos de tais cenários de testes experimentais foram extraídos os elementos estruturantes presentes na interação multimodal. Após isso, foram realizadas a análise e construção do esquema para projetos de interfaces multimodais voltado a pessoas portadoras de deficiências visuais com tais elementos estruturantes, observado na Figura 8. Tal esquema possibilita desenvolver soluções para solucionar problemas relacionados ao uso adequado de recursos multimodais em artefatos direcionados a pessoas portadoras de deficiência visual.

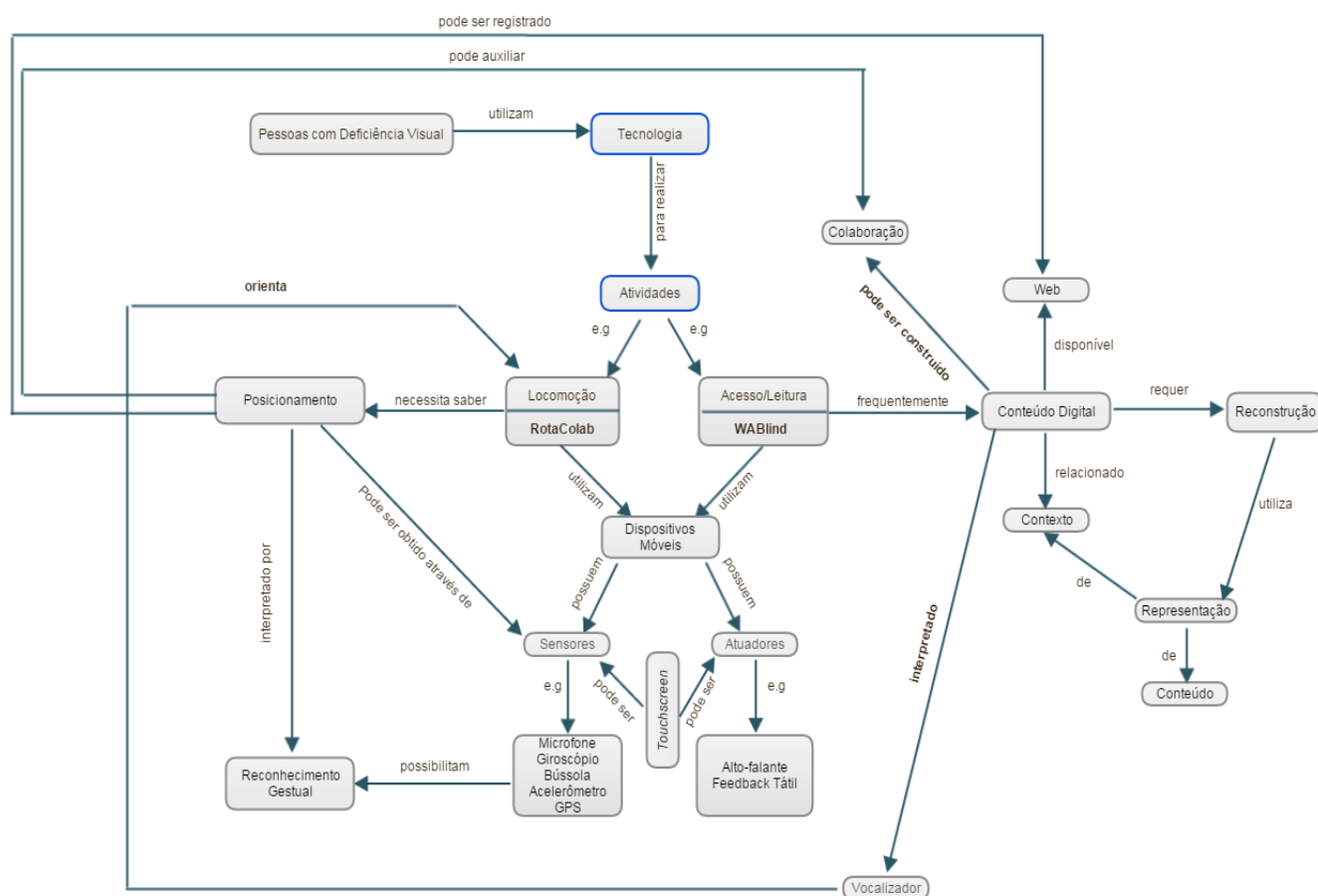


Figura 8 - Elementos estruturantes para projetos de interfaces multimodais a pessoas portadoras de deficiências visuais.

Fonte: Autoria Própria

A tecnologia auxilia pessoas portadoras de deficiências visuais a realizarem atividades de forma mais autônoma e independente. Como elementos centrais do esquema proposto neste trabalho, estão aplicações relacionadas a estas atividades comumente realizadas por este grupo de pessoas, como por exemplo, atividades de locomoção e acesso/leitura a conteúdo web. A primeira, RotaColab, desenvolvida na plataforma Android apresenta técnicas de utilização de recursos de acessibilidade aplicados à orientação navegacional, com a finalidade de analisar as contribuições relacionadas à locomoção de pessoas portadoras de deficiências visuais. A segunda, Wabind, desenvolvida em linguagem PHP apresenta técnicas de utilização de padrões e diretrizes de acessibilidade voltados a reconstrução de conteúdo web inacessível a pessoas portadoras deficientes visuais.

Atividades relacionadas a locomoção, utilizando aplicativos em dispositivos moveis, para pessoas portadoras de deficiências visuais, envolve o uso de elementos como sensores e atuadores que compõe tais dispositivos. Para obter a localização do usuário, utiliza-se sensores como Bússola, acelerômetro e GPS. Para a interação multimodal, telas *touchscreen* funcionam como sensores e atuadores. Outros atuadores como, alto-falante e *feedback* tátil também podem ser utilizados. Já os sensores, como por exemplo, microfone e giroscópio que possibilita o reconhecimento gestual, no caso do Rotacolab, permite que o usuário possa colaborativamente inserir conteúdo diretamente em um servidor web. Para ouvir tais informações e as demais orientações relacionadas a este conteúdo digital faz-se uso de leitores de tela.

Atividades relacionadas a ampliação do (a) acesso/leitura de conteúdo digital disponível na web por pessoas portadoras de deficiências visuais, por meio sistemas web e utilizando dispositivos móveis com tela *touchscreen* relacionam o contexto do conteúdo disponível a sua representação por meio de formalismo executável que compõe uma base de conhecimento com objetivo de fundamentar a reconstrução de tal conteúdo digital. A interação multimodal a este conteúdo ocorre por meio da interpretação da informação por vocalizadores e atuadores como alto-falante e *feedback* tátil.

Tal esquema auxilia no processo de desenvolvimento de interfaces multimodais que apoia pessoas com deficiência visual, servindo de esboço para uma estrutura de interação multimodal adequada a pessoas deste grupo. Este esquema de elementos estruturantes de interação mostra a relação do uso de recursos multimodais presentes em dispositivos móveis evidenciando resultados dos experimentos realizados neste trabalho que envolve duas visões de aplicabilidade de recursos multimodais. Os elementos apresentados enfatizam o uso dos recursos multimodais mostrando a interação com os elementos a serem comunicados ao deficiente visual de maneira complementar a especificação funcional da interação, evidenciando o esquema de uma estrutura para representar um conjunto de conceitos técnicas e mecanismos utilizados no uso de projetos de interfaces multimodais para pessoas portadoras de deficiência visual.

4.4 Discussão

Levando em consideração a interação multimodal em dispositivos móveis por deficientes visuais é importante destacar a importância de aplicações com a utilização de recursos de forma adequada às características e limitações dos mesmos.

Com as ferramentas desenvolvidas durante esta pesquisa podemos testar o esquema de elementos estruturantes proposto nesta pesquisa a fim de avaliar a ampliação da acessibilidade em diferentes cenários de uso envolvendo uso de recursos multimodais por deficientes visuais em aplicações de conteúdo web disponíveis em diferentes plataformas. O uso destes recursos estabelece relações de interação multimodal que trilham o desenvolvimento de um modo de interação mais adequado a este grupo de usuários para promover uma melhor experiência de uso por meio de adequações na implementação de projetos envolvendo interfaces multimodais.

Os elementos estruturantes para projetos de interfaces multimodais podem depender da atividade fim estabelecida, no entanto, por meio desta pesquisa foi constatado que se tal atividade envolver acesso a conteúdo digital web e os usuários finais forem pessoas portadoras de deficiências visuais existem recursos (sensores e atuadores) para trabalhar de forma específica a implementação da interação a este grupo.

Capítulo 5

REPOSITÓRIO DE APLICAÇÕES E EXPERIMENTOS

Este capítulo apresenta e discute os resultados dos experimentos realizados com ferramentas implementadas durante esta pesquisa. O primeiro experimento envolve situações comumente encontradas por deficientes visuais durante o seu deslocamento, em espaços abertos e fechados, fazendo uso de um aplicativo, RotaColab. O segundo, foi realizado com a WABlind – *Web Accessible for Blind People*, uma ferramenta que objetiva disponibilizar o acesso a conteúdo digital web originalmente inacessível. Tornando tal conteúdo disponível a leitores de tela comumente utilizados por pessoas portadoras de deficiências. Com tal ferramenta foram realizadas provas de conceito a fim de avaliar a acessibilidade das páginas geradas. Ambos desenvolvidos para ser utilizados em dispositivos móveis.

5.1 RotaColab – Aplicativo colaborativo de ocorrências para auxiliar a navegação em ambientes semi-abertos.

O RotaColab foi desenvolvido na plataforma Android, tal aplicação demonstra técnicas de utilização de recursos de acessibilidade aplicados à orientação navegacional, a fim de analisar suas contribuições relacionadas à locomoção desse grupo de pessoas. Para desenvolver o RotaColab, foram adotadas diretrizes de acessibilidade recomendadas na página *Android – Accessibility Developer Checklist* (ANDROID, 2014). Tais diretrizes foram relacionadas e exemplificadas com características de interação específicas do aplicativo desenvolvido neste trabalho, considerando as especificidades e limitações do público alvo deste estudo, os deficientes visuais. Essas diretrizes são: *Text field hints*, *Enable focus-based navigation*, *No*

audio-only feedback, Temporary or self-hiding controls and notifications, Controls that change function, Supplemental accessibility audio feedback, Supplemental accessibility audio feedback, Decorative images and graphics.

A diretriz ***Text field hints*** descreve que os controles devam prover descrição para os componentes de interfaces que não tenham texto visível, isto é, campos de entrada de dados devem ser rotulados para facilitar a legibilidade da interface. Por isso todos os componentes da interface do RotaColab possuem uma pequena descrição de suas respectivas funcionalidades. A ***Enable focus-based navigation*** sugere disponibilizar a navegação baseada em foco. Seguindo tal diretriz, no RotaColab o botão do volume é utilizado para selecionar os componentes de interface. A ***No audio-only feedback*** recomenda utilizar mais de uma opção de feedback. No RotaColab são utilizados dois padrões de *feedback* háptico. No primeiro, ao tomar a direção diferente da recomendada, é emitido um padrão de vibração intercalada continuamente. No segundo, ao chegar ao destino, é emitido um padrão com três vibrações breves. A ***Temporary or self-hiding controls and notifications*** propõe evitar controles e notificações que sejam exibidas em um curto período de tempo. Desse modo no RotaColab as notificações sonoras são intermitentes em um intervalo aproximado de 7 segundos. A ***Controls that change function*** sugere que a descrição de campos seja atualizada se o mesmo sofrer mudanças durante a execução. No RotaColab a lista suspensa de locais cadastrados em seu estado inicial tem a função de servir de entrada para definir a opção de destino; uma vez que a opção é selecionada sua função passa a ser de informar o destino selecionado. A ***Supplemental accessibility audio feedback*** recomenda que devem ser usados como prioridade os mecanismos de acessibilidade que o dispositivo móvel possua, antes de tentar utilizar qualquer outra técnica, na tentativa de tornar o software desenvolvido completamente funcional. O RotaColab além de possuir compatibilidade com o *talkback*, possui funções similares sem que o mesmo esteja ativado. Tais notificações são realizadas por meio de *toasts*¹, a fim de auxiliar o serviço *talkback*, quando o mesmo estiver habilitado. A ***Decorative images and graphics*** recomenda que os componentes visuais que não proporcionam nenhuma interação com o usuário devem estar desabilitados. Por conta disso, no RotaColab o componente mapa teve a interação desabilitada.

¹ Recurso que fornece *feedback* simples sobre uma operação em uma pequena janela. Disponível em: <http://developer.android.com/guide/topics/ui/notifiers/toasts.html>

A arquitetura do aplicativo é composta por: um aplicativo para *smartphone* que faz uso de APIs como *Android Speech* (ANDROID, 2014), *Google Maps* (GOOGLE, 2014), *TTS* (ANDROID, 2014), *facebook*, bem como outras APIs de interação do Android, além de possuir compatibilidade com *talkback*. A comunicação com o servidor é realizada através de Requisições HTTP. A localização é obtida através de GPS, Redes Celulares e Roteadores *Wifi* baseada em técnicas *Fingerprinting* (YANG, WU e LIU, 2012) (Veja Figura 9).

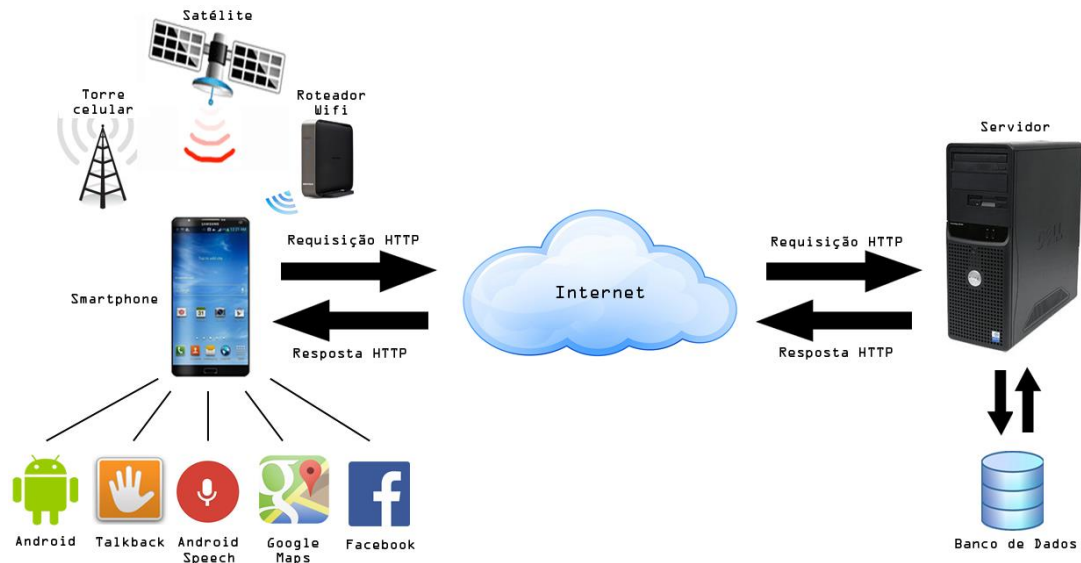


Figura 9 - Arquitetura do Aplicativo RotaColab.

Fonte: Autoria Própria.

Considerando o uso do aplicativo, em seu primeiro acesso o usuário deve realizar a sua autenticação através de cadastro no aplicativo ou através de sua conta no *facebook*. Após autenticação o usuário é redirecionado para a tela principal, onde a sua localização é atualizada e associada a pontos pré-cadastrados no sistema (veja Figura 10).

Após ser informado do seu ponto de partida, o usuário deve selecionar um destino a partir de uma lista de opções, pré-cadastradas na aplicação. Durante o trajeto o usuário recebe notificações por voz com mensagens de direcionamento, lugares próximos e de informações cadastradas.

O usuário também é orientado através de *feedback* háptico caso esteja na direção errada em relação ao próximo ponto da rota. Além disso, durante o percurso o usuário poderá cadastrar informações áudio-georreferenciadas (Veja Figura 11), por meio da execução de um movimento onde o dispositivo é agitado. A partir desse movimento o usuário é notificado

através de um sinal sonoro (bipe) indicando que a entrada de dados está habilitada. Caso o cadastro tenha sido realizado com sucesso o usuário receberá uma confirmação do cadastrado.

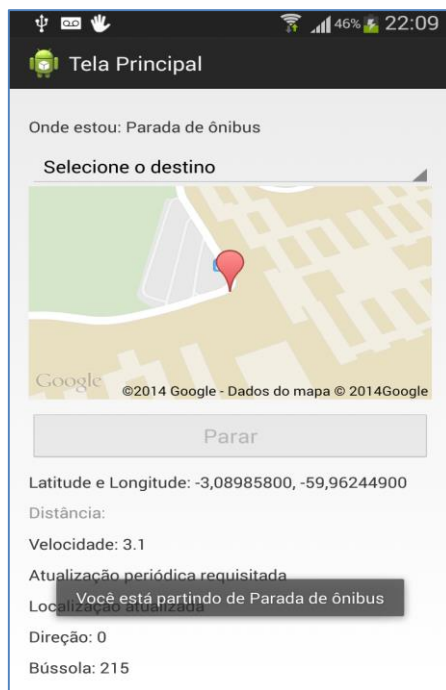


Figura 10 - Tela Principal do Aplicativo Rotacolab.

Caso a descrição não tenha sido entendida pelo aplicativo, o usuário é questionado se quer tentar novamente ou cancelar o cadastro. As demais informações, latitude, longitude e altitude serão obtidas automaticamente. Ao chegar a seu destino a rota é finalizada e o usuário é notificado.

O aplicativo desenvolvido foi submetido a testes com usuários na Universidade Federal do Amazonas a fim de realizar uma avaliação qualitativa através da percepção dos usuários sobre o uso do mesmo. Desenvolveu-se um Estudo de Caso Exploratório, caracterizado segundo (PIMENTEL e FUKS, 2011) como uma abordagem útil para levantar problemas, identificar variáveis relacionadas ao fenômeno, investigar possíveis causas e consequências, e elaborar algumas proposições.

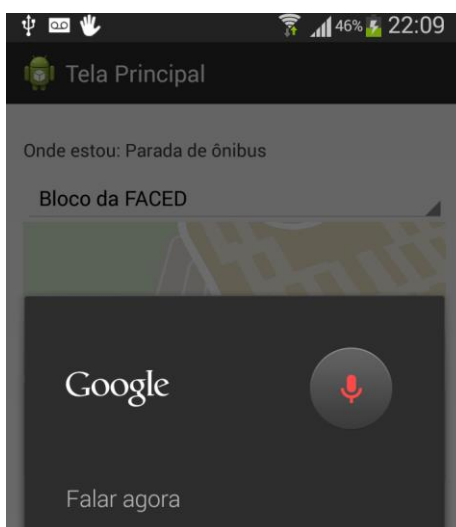


Figura 11 - Tela de cadastro de ocorrências do Aplicativo Rotacolab.

O local de desenvolvimento da pesquisa foi a Universidade Federal do Amazonas - UFAM. As entrevistas e os testes em campo foram gravados e filmados. As gravações e filmagens foram analisadas quanto à comunicação verbal dos participantes com os avaliadores. Os dados foram analisados qualitativamente através de testes utilizando o Método de Avaliação da Comunicabilidade (MAC). Esse método simula a comunicação do usuário com o projetista sobre a interface, que tem como base a teoria da Engenharia Semiótica (DE SOUZA, 2005).

Este estudo foi realizado com 6 participantes com cegueira total, e faixa etária entre 20 e 67 anos. Levaram-se em consideração os seguintes critérios: Pessoas com algum grau de cegueira que fizessem uso de dispositivos móveis, e que possuíssem interesse em participar da pesquisa. Para identificação dos integrantes durante a análise será atribuído uma sequência numérica (1, 2, 3, 4, 5,6).

5.1.1 Materiais e Métodos

Para a coleta de dados utilizamos durante o experimento Questionário para Identificação de Perfil e um Questionário Pessoal Pós-Jogo. Além desses itens um cenário contendo as tarefas a serem executadas.

No Questionário de Identificação do Perfil procuramos obter informações relacionadas ao grau de cegueira dos participantes, se utilizavam dispositivos móveis, bem como aplicativos para os mesmos. Nos casos de locomoção procuramos identificar que tipo de lugares gostava

de frequentar, como era feito o seu deslocamento, quais as barreiras encontradas durante o mesmo, o que poderia ser feito para minimizar tais barreiras, dentre outros.

Após o preenchimento do primeiro questionário, os participantes foram conduzidos para o teste prático com o RotaColab. A fim de sabermos se o aplicativo, de fato, contribuiu em seu deslocamento na Instituição, foi registrado o Questionário Pessoal Pós-jogo. Nele foi solicitado que o participante desse uma nota de avaliação do aplicativo e justificasse sua nota, para obter críticas/sugestões sobre o mesmo. Além disso, foi questionado se usuário conseguiu alcançar seu objetivo, quais dificuldades encontradas durante o percurso e se recomendariam para outras pessoas.

Por fim, foi realizada a avaliação da interface com relação à qualidade da comunicação do projetista para com os usuários, utilizando um Método de Avaliação da Comunicabilidade (MAC).

5.1.2 Método de Avaliação da Comunicabilidade

Em um teste de comunicabilidade é necessária a gravação da interação do usuário com o sistema durante todo o teste, além de anotações feitas pelos avaliadores, pois posteriormente será feita uma análise dos registros coletados. Segundo (PRATES, 2003):

1. Uma etiquetagem, que consiste em assistir as gravações da filmagem das interações dos usuários e atribuição da expressão apropriada nos momentos de ruptura das mesmas;
2. Uma interpretação, que consiste em tabular e consolidar a informação obtida, ou seja, as expressões obtidas, associando-as a classificações de problemas de interação ou diretrizes de design;
3. E, um perfil semiótico, que consiste em interpretar a tabela resultante do passo anterior, dentro do quadro teórico da Engenharia Semiótica (DE SOUZA, 1993) (DE SOUZA, BARBOSA e PRATES, 2001), em uma tentativa de se reconstruir a metagemagem sendo transmitida pelo projetista ao usuário por meio da interface.

5.1.3 Preparação

Como a “avaliação da comunicabilidade é um método qualitativo que privilegia a análise em profundidade”, o número de participantes é normalmente pequeno, variando entre cinco e dez participantes (BARBOSA e SILVA, 2010). Diante disso, realizamos os testes com 6 participantes, todos com cegueira total.

O experimento ocorreu do mesmo modo, com cada participante, na respectiva ordem de passos: um cenário contendo as tarefas a serem executadas, o preenchimento do Termo de Consentimento e do Questionário do Perfil. Em seguida a realização dos testes em campo e o preenchimento do Questionário Pós-Jogo. Todos os questionários foram feitos de modo oral, para que fossem gravados e posteriormente transcritos.

Após preenchimento do Questionário de Perfil, o participante foi acompanhado com um avaliador até o ponto de partida da rota programada para o teste, onde o avaliador leu o cenário ao participante e apresentou as tarefas a serem realizadas. A seguir, o avaliador perguntou ao participante se as tarefas que deveriam ser executadas durante o teste tinham sido compreendidas e se estes não possuíam nenhuma dúvida. Com a confirmação positiva do participante, deu-se o início ao teste e ao processo de filmagem da interação do mesmo com o aplicativo. Essa filmagem foi realizada sob duas perspectivas. Na primeira o avaliador estava posicionado ao lado do participante e procurou captar o uso direto do aplicativo. Já a segunda pessoa filmou o comportamento do participante durante o trajeto.

O cenário realizado durante os testes foi elaborado em um contexto que explora a interação por meio de recurso de acessibilidade para deficientes visuais (*talkback*) em dispositivos móveis *touchscreen* (Android) através do uso da navegação orientada por voz. Nele foram descritas quatro tarefas para compreender se a comunicação do aplicativo avaliado está sendo transmitida de acordo com a visão dos participantes. Todas envolviam o uso do *talkback* com exceção da tarefa cadastro de informações áudio-georreferenciadas. Nessas tarefas foram avaliadas a facilidade ou a dificuldade que os usuários tiveram em efetuar *login*, em selecionar um destino, em efetuar o cadastro de informações áudio-georreferenciadas e de seguir as instruções que o levassem até o destino. O cenário foi:

“Você é um deficiente visual que deseja se informar sobre os cursos que estão sendo realizados na Faculdade de Educação – FACED, localizada no campus universitário da

UFAM. Para isto, você irá utilizar um aplicativo que orientará a sua navegação no campus. O recurso de acessibilidade talkback já estará ativado em seu dispositivo para auxiliar a interação com aplicativo. Para iniciar o aplicativo clique duas vezes no ícone Rotacolab e informe o usuário e senha pré-cadastrados. Em seguida aguarde a aplicação informar sua localização. Na próxima tela selecione Bloco da FACED e siga as orientações, caso queira compartilhar alguma informação faça o movimento de sacudir o celular e fale o que deseja cadastrar. Caso deseje parar a navegação clique duas vezes no botão parar e se desejar saber onde você está próximo, clique na opção ‘onde estou’ localizada na parte superior da tela.”

5.1.4 Coleta de Dados

Os avaliadores foram uma especialista em Engenharia Semiótica e 4 alunos do Programa de Pós-Graduação em Informática – PGGI pertencentes ao Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, sendo 3 deles alunos de mestrado e 1 de doutorado, e já participaram de testes de comunicabilidade de *software* em ambiente controlado.

Mediante as características do método, todos os testes foram gravados e filmados por duas pessoas a fim de obter uma maior quantidade de informações sobre a experiência do participante. Todos os participantes consentiram com as filmagens e gravações que seguiram os aspectos éticos conforme lei (BRASIL, 1996). O Termo de Consentimento foi lido pelo avaliador para o participante, e este assinou no local indicado.

Os testes com o aplicativo foram realizados no setor norte do Campus Universitário da UFAM, durante um dia inteiro, utilizando 2 aparelhos Samsung Galaxy Note 3, versão do Android 4.3 com o idioma Português. O ponto de partida dos testes foi a parada de ônibus e o destino foi o Bloco da Faculdade de Educação – FACED.

Os avaliadores orientaram os participantes no início dos testes de que estes teriam autonomia no percurso e que, caso precisassem de ajuda em algum momento, poderiam se manifestar. Cada participante utilizou fone de ouvido na interação com o aplicativo e durante o percurso os mesmos falavam ao avaliador as notificações recebidas. Além disso, *toasts* foram utilizados para que os avaliadores visualizassem as notificações na tela do dispositivo.

5.1.5 Análise

Nesta fase é realizada a etiquetagem em que, segundo (DE SOUZA, 2005), a interação usuário-sistema gravada durante a execução dos testes é analisada por um especialista em Engenharia Semiótica e são associadas por ele expressões (etiquetas) que caracterizam o tipo de ruptura de comunicação entre usuário e sistema apontado. Após isso é realizada a interpretação da etiquetagem, onde o avaliador tabula os problemas identificados e sua interpretação, que depende da sua experiência e conhecimento em Engenharia Semiótica. Alguns aspectos devem ser considerados durante a interpretação para permitir ao avaliador identificar os principais problemas da metacomunicação: (1) classificação das expressões que caracterizam a ruptura quanto ao tipo de falha que representam na comunicação entre o sistema (enquanto preposto do designer) e usuário; (2) a frequência e contexto em que ocorrem as rupturas; (3) identificação de padrões de sequências de expressões; (4) o nível da ação em que ocorre a ruptura.

Os tipos de falha são definidos em função da relação entre a intenção de uma comunicação e o efeito que ela causa. Estas falhas podem ser definidas como completas, parciais ou temporárias (PRATES e BARBOSA, 2007): Falhas completas acontecem quando a intenção da comunicação e seu efeito são inconsistentes. Falhas parciais ocorrem quando parte do efeito pretendido da comunicação não é atingido. Finalmente, falhas temporárias são aquelas que ocorrem na expressão ou intenção de um ato comunicativo entre usuário e sistema, e que são percebidas pelo usuário que tenta então superá-las. A Tabela 3Tabela 4Tabela 1 mostra a classificação das etiquetas em relação aos tipos de falhas na comunicação projetista-usuário através da interface.

Tabela 3 - Classificação de etiquetas em relação aos tipos de falhas.

| Tipo de Falha | Aspecto Semiótico | Característica Específica | Expressão |
|----------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Completas | | Usuário percebe | Desisto. |
| | | Usuário não percebe | Pra mim está bom... |
| | | Usuário entende a solução proposta | Não, obrigado. |

| | | | |
|-------------|--|---|-----------------------|
| Parciais | | | |
| | | Usuário não entende a solução proposta | Vai de outro jeito. |
| Temporárias | Semiose do usuário é interrompida | Não encontra expressão apropriada para sua intenção | Cadê? |
| | | Não percebe ou entende expressão do preposto | Ué o que houve? |
| | | Não consegue formular sua intenção | E agora? |
| | Usuário percebe que seu ato comunicativo não foi bem-sucedido | “Dito” no contexto | Onde estou? |
| | | A expressão utilizada está errada | Epa! |
| | | Vários passos da comunicação não chegaram ao resultado desejado | Assim não dá. |
| | Usuário procura esclarecer ato comunicativo feito pelo sistema | Através de metacomunicação implícita | O que é isso? |
| | | Através de metacomunicação explícita | Socorro! |
| | | Através de repetidos testes de hipóteses sobre o significado da comunicação | Por que não funciona? |

Fonte: (PRATES e BARBOSA, 2007)

Diante disso, inicialmente cada avaliador realizou o processo de etiquetagem e suas respectivas interpretações, individualmente; e, em seguida foi realizado um debate para discutirem-se as rupturas encontradas. Após isso, de comum acordo, foi gerada uma etiquetagem final da análise das filmagens, conforme consenso das rupturas que ocorreram na comunicação com o sistema. Por fim, cada ruptura foi relacionada com a frequência que as mesmas ocorrem (veja Tabela 4).

Tabela 4 - Etiquetagem de rupturas de interação do sistema.

| Etiquetas | Usuário 1 | Usuário 2 | Usuário 3 | Usuário 4 | Usuário 5 | Usuário 6 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Desisto | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Pra mim, está bom. | 1 | 2 | | 1 | | 1 |
| Não, obrigado. | | 2 | 1 | | | |
| Vai de outro jeito. | | 2 | 1 | | | 2 |
| Cadê? | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | |
| Ué, o que houve? | 1 | | 1 | 2 | | |
| E agora? | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| Onde estou? | | 1 | | | | |
| Epa! | | | | | 1 | |
| Assim não dá. | 1 | 2 | | 2 | | |
| O que é isto? | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 |
| Socorro | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 |

| | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|
| Por que não funciona? | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|

A partir desse ponto, demos sequência com a nossa interpretação que avaliou as tarefas realizadas por cada participante. A seguir, as principais rupturas encontradas na avaliação. Foram selecionadas as rupturas que ocorreram com maior frequência:

1. Participante não consegue fazer login, tenta novamente até desistir.

Tipo de falha: Temporárias

Etiqueta(s): “Por que não funciona?”.

Descrição/Justificativa: O participante encontrou dificuldades em utilizar o *talkback*, pois o mesmo estava apresentando lentidão na leitura do dado informado pelo participante.

2. Participante pede para o mediador fazer o login.

Tipo de falha: Completas

Etiqueta(s): “Desisto”.

Descrição/Justificativa: Diante da dificuldade encontrada, para não desistir da tarefa, o participante pede ajuda.

3. Participante questiona se pode iniciar a rota.

Tipo de falha: Temporárias.

Etiqueta(s): “Onde estou?”.

Descrição/Justificativa: O participante questiona a demora em iniciar a rota no ponto de origem, pois não ficou compreensível que para dar início a mesma deveria aguardar a identificação da sua posição atual. Tal informação foi transmitida ao participante na leitura cenário, mas não havia essa informação no aplicativo. Essa demora em identificar a localização atual do usuário ocorreu, pois, a conexão com a rede de dados e internet falhava constantemente no local do experimento.

4. Participante tenta selecionar destino, pois o aplicativo o notifica para fazer isto mesmo com a lista de opções não preenchida.

Tipo de falha: Temporárias.

Etiqueta(s): “Por que não funciona?”.

Descrição/Justificativa: O participante acreditava que selecionando o destino já poderia iniciar a rota. Isto ocorreu porque o campo para selecionar o destino estava habilitado mesmo com as informações não carregadas. Quando o participante selecionava este campo, uma mensagem era emitida informando o para selecionar o destino, sem verificar se a lista estava preenchida, causando confusão no usuário ao tentar usar este recurso.

5. Participante não entende que precisa dar dois toques para selecionar a opção escolher destino.

Tipo de falha: Completas.

Etiqueta(s): “Pra mim está bom”.

Descrição/Justificativa: Participante não possuía experiência com o modo de interação do *talkback*. Fazendo com que o mesmo pedisse a ajuda do mediador para fazer a seleção.

6. Durante o percurso o participante pára na expectativa de receber novamente alguma notificação.

Tipo de falha: Temporárias.

Etiqueta(s): “Socorro”.

Descrição/Justificativa: O participante sentiu falta de algum recurso para que ele próprio solicitasse a informação de sua localização ou direção, mesmo com as notificações ocorrendo em um intervalo de 7 segundos.

7. Participante aparenta estar perdido, não sabendo o que fazer. Realiza um movimento de uma volta e depois segue o caminho.

Tipo de falha: Temporárias

Etiqueta(s): “Ué, o que houve?”.

Descrição/Justificativa: Ocorre um retardo ao localizar a posição atual do participante fazendo com que o mesmo explore o percurso por conta própria. Este retardo ocorreu devido à falha na rede de dados.

8. Participante questiona a direção informada durante o percurso.

Tipo de falha: Temporárias.

Etiqueta(s): “Epa!”.

Descrição/Justificativa: O participante necessita de informações sobre o direcionamento de forma mais detalhada (e.g., diferenciar a notificação “vire a direita” da “se mantenha a direita”).

9. Participante encontra um obstáculo, tenta cadastrar, mas não consegue.

Tipo de falha: Temporárias.

Etiqueta(s): “Assim não dá”.

Descrição/Justificativa: O participante encontra dificuldades para realizar o movimento de cadastro.

10. Participante realiza o cadastro de um obstáculo, mas fica com dúvidas se cadastrou.

Tipo de falha: Temporárias

Etiqueta(s): “E agora?”.

Descrição/Justificativa: Há um conflito de mensagens, entre notificações de direção e a confirmação de cadastro, além das notificações geradas pelo *talkback* relacionadas ao funcionamento do dispositivo (e.g bateria fraca, sinal de rede instável).

5.1.6 Fechamento

Dos seis testes realizados, no que diz respeito a chegar ao local de destino solicitado, dois foram concluídos com êxito, três concluíram parcialmente e apenas um não concluiu, pois, o participante não conseguiu chegar ao destino. Podemos visualizar um resumo do tempo de conclusão dessas interações e o resultado de cada tarefa na Tabela 5.

Tabela 5 - Resumo tempo de conclusão x resultado das tarefas.

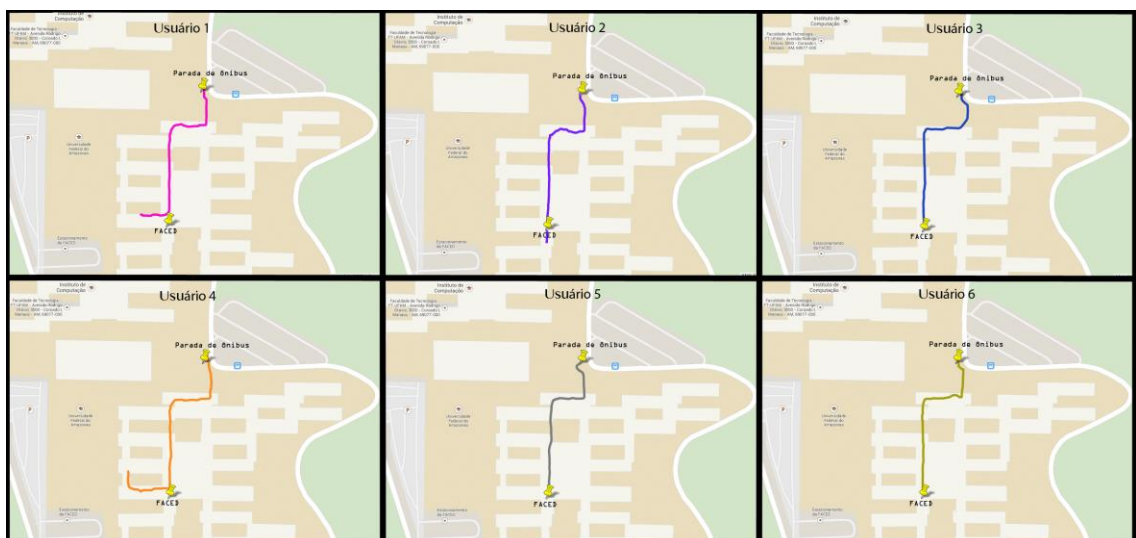
| Usuário | Tarefa 1 | | Tarefa 2 | | Tarefa 3 | | Tarefa 4 | |
|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|--------------|----------|--------------|
| | Tempo | Completo? | Tempo | Completo? | Tempo | Completo? | Tempo | Completo? |
| Usuário 1 | 02:40 | Não | 01:32 | Sim | - | - | 07:14 | Sim |
| Usuário 2 | 06:08 | Não | 08:24 | Sim | - | - | 09:17 | Parcialmente |
| Usuário 3 | 27” | Não | 27” | Sim | 31” | Parcialmente | 11:03 | Parcialmente |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|--------------|
| Usuário 4 | 40'' | Não | 04:40 | Não | 01:12 | Sim | 11:39 | Não |
| Usuário 5 | 01:20 | Não | 02:33 | Sim | 28'' | Sim | 10:05 | Sim |
| Usuário 6 | 01:38 | Não | 08:30 | Sim | | | 09:02 | Parcialmente |

O alto número de rupturas de comunicação parciais nos permite considerar que elas se devem a problemas de comunicabilidade relacionados à utilização da interface por meio do recurso de acessibilidade *talkback* que não mostrou um desempenho aceitável, em alguns momentos, dificultando a interação que ocasionou muitas dessas rupturas. No geral, a dificuldade da interação se deu porque os participantes não estavam acostumados com o uso de dispositivos *touchscreen*, isso teve reflexos na execução da tarefa de cadastro.

A última atividade dessa avaliação é a consolidação da metamsagem projetista-usuário. É importante observar que essa atividade de inspeção realizada, conduzida pelos resultados das fases de observação de usuários, etiquetagem e interpretação, é o que diferencia o MAC de um teste de usabilidade (SALGADO, 2007). Também contribui nessa consolidação a análise dos percursos realizados pelos participantes (veja Figura 12), onde é possível visualizar o comportamento dos mesmos sob outra perspectiva.

Figura 12 - Mosaico de rotas executadas por usuários utilizando o aplicativo Rotacolab



Antes de consolidarmos nossa interpretação foi criada uma metamsagem na fase de preparação desse estudo, tal metamsagem é descrita a seguir:

[Aqui está o meu entendimento sobre quem você é]. Você é um aluno com deficiência visual, que está acostumado a utilizar recursos de voz e aplicativos para orientar sua locomoção em dispositivos móveis. **[O que eu aprendi que você quer, ou precisa fazer, de que forma e porquê].** Você precisa de uma aplicação com acesso à internet e ao GPS que oriente seu percurso dentro da Instituição. Você deve ser capaz de distinguir seu ponto de origem e também precisa da lista de lugares para selecionar o destino. O aplicativo precisa indicar os caminhos que você deseja seguir com orientações sobre ir para esquerda ou para direita, bem como alertar quando houver obstáculos. Por isso, você também precisa ser capaz de cadastrar obstáculos para futuros percursos. **[Este é o aplicativo que eu projetei para você e é essa a maneira pela qual você pode ou deve utilizá-lo de forma que preencha uma variedade de propósitos que coordenam com essa visão].** Você pode acessar o aplicativo utilizando usuário e senha previamente cadastrado ou pode realizar o acesso com a conta do *Facebook*. Você poderá receber orientações por meio do recurso de voz para situar seu ponto de origem. A partir disso, você poderá selecionar seu ponto de destino em uma lista suspensa pré-cadastrada. Logo abaixo um recurso de mapa identifica os pontos de origem e destino, e serve como um item a mais para orientar a posição. Surgindo a necessidade de interromper o percurso, você poderá selecionar o botão PARAR. Caso encontre algum obstáculo você poderá cadastrar essa ocorrência movimentando o aparelho e falando o obstáculo para ser cadastrado. Outros recursos para sua orientação são longitude e latitude, distância, velocidade, atualização, localização, direção e bússola. Estes ficarão dispostos na tela.

Em seguida, partimos então para o desfecho do estudo que consistiu na geração do perfil semiótico, onde reconstruímos a metamsagem do projetista-usuário.

[Aqui está o meu entendimento sobre quem você é]. Você é uma pessoa com deficiência visual, que está acostumado a utilizar recursos de acessibilidade de dispositivos móveis. **[O que eu aprendi que você quer, ou precisa fazer, de que forma e porquê].** Você precisa que seu dispositivo possua acesso à internet e ao GPS que auxilie sua orientação durante um percurso dentro da Instituição. Após acesso você precisa ser notificado de sua localização atual, para em seguida você ser capaz de distinguir seu ponto de origem e também pode selecionar um destino dentre as opções de lugares cadastrados. O aplicativo precisa notificar os

caminhos que você deseja seguir com orientações sobre ir para esquerda ou para direita, e também quando deve se manter a direita ou manter a esquerda, bem como notificar as informações cadastradas. Por isso, você também precisa ser capaz de cadastrar tais informações para futuros percursos. Para isso é necessário que você movimente o aparelho e aguarde a orientação de início do cadastro. Após realizar o cadastro aguarde a mensagem de confirmação. **[Este é o aplicativo que eu projetei para você e é essa a maneira pela qual você pode ou deve utilizá-lo de forma que preencha uma variedade de propósitos que coordenam com essa visão]**. Você pode acessar o aplicativo utilizando usuário e senha previamente cadastrado, pode realizar o acesso com a conta do *Facebook* ou informando o número do seu telefone. Você poderá receber orientações por meio do recurso de voz para situar seu ponto de origem. A partir disso, você poderá selecionar seu ponto de destino em uma lista suspensa pré-cadastrada ou informar via voz pressionando o botão de diminuir volume e falando a palavra destino seguida do nome do local desejado. Logo abaixo um recurso de mapa identifica os pontos de origem e destino, (onde é atualizada a posição atual do usuário) e ao ser pressionado informar a posição atual do usuário. Caso queira que o aplicativo repita a última instrução de direcionamento, pressione o botão de aumentar volume no dispositivo móvel. Surgindo a necessidade de interromper o percurso, você poderá selecionar o botão PARAR e aguardar as devidas orientações. Caso encontre algum obstáculo ou deseje compartilhar alguma informação você poderá cadastrar tal informação pressionando o botão de diminuir volume do dispositivo e falar a palavra cadastrar seguida da informação a ser cadastrada. Outras informações sobre sua localização são longitude e latitude, distância, velocidade, atualização, localização, direção e bússola, os quais o usuário pode selecionar conforme sua necessidade. No caso de ser selecionada uma dessas opções, é desejável que a mesma venha seguida de alguma orientação.

5.1.7 Triangulação

A pesquisa qualitativa, realizada por meio de entrevistas com deficientes visuais, colaborou para a triangulação dos resultados. Estas entrevistas foram do tipo semi-estruturada que possui como característica um roteiro com perguntas abertas e é indicada para estudar um fenômeno com uma população específica: grupo de professores; grupo de alunos; grupo de enfermeiras, etc. Deve existir flexibilidade na sequência da apresentação das perguntas ao

entrevistado e o entrevistador pode realizar perguntas complementares para entender melhor o fenômeno em pauta (MANZINI, 2012).

Essa triangulação é baseada na análise de tais entrevistas, na opinião do avaliador e nas gravações e filmagens realizadas durante a trajetória da execução dos testes. É importante observar que nessa triangulação de resultados foram também destacados comentários específicos dos participantes relacionados às principais rupturas detectadas no MAC comentadas na seção 5.1.5.

Os questionários utilizados nas entrevistas continham questões opinativas elaboradas após pesquisa bibliográfica relacionada à acessibilidade de deficientes visuais no contexto da vida diária com ênfase na abordagem envolvendo aspectos de uso tecnológico e de locomoção. Utilizamos como base o questionário (SÁ, 2014).

No universo da pesquisa, foi verificado que todos os deficientes visuais têm contato com tecnologia por meio de computadores ou dispositivo móvel, bem como a recursos de acessibilidade nos mesmos. Foi evidenciado que metade dos participantes utilizava aplicativos com o auxílio destes recursos, no entanto nenhum destes era de auxílio à locomoção. Apesar dos mesmos apontarem barreiras que estimulasse a utilização dos mesmos como, por exemplo, a falta de sinalização tátil tanto em ambientes fechados como em abertos. Os participantes disseram não saber como interagir com tais aplicativos.

Dos 6 participantes 4 não fazem uso de dispositivos moveis *touchscreen*, este fator influenciou diretamente a realização de algumas tarefas do experimento como é relatado a seguir. Uma dificuldade encontrada por todos os participantes foi na realização do *login*. A seguir um comentário que ressalta tal dificuldade:

“Não tá lendo não. ”

Este participante possuía experiência com o *talkback*, mas o recurso apresentava lentidão na leitura dos dados informados. Esta dificuldade foi comum aos dois participantes que possuíam conhecimento prévio do recurso, já com os outros 4 a dificuldade encontrada foi com relação à interação com a tela *touchscreen*. Isto fez com que os participantes desistissem de tentar fazer o *login* e pedissem ajuda do mediador. Após o *login* o aplicativo mostrava a tela inicial onde cinco dos seis participantes questionaram ao mediador à demora em iniciar a rota, destacado no comentário a seguir:

“Já pode ir? ”

Isto ocorreu devido à falha na conexão com a rede de dados, fator predominante durante a realização dos testes. Na tarefa de seleção do destino, pode-se observar que a ausência de uma notificação de que a lista estava habilitada para seleção, o que dificultou a realização da tarefa pelo participante, como pode ser observado no comentário a seguir:

“Falou para selecionar o destino”.

Além dessa dificuldade pode ser observada a do modo de interação para selecionar a opção na lista utilizando o *talkback*, como pode ser observado no seguinte comentário:

“Selecionou? ”

Pode-se notar que mesmo tendo sido passado ao participante o modo de interação nessa tarefa durante a leitura do cenário, este não se sentiu seguro de que a atividade tinha sido concluída, questionando ao mediador se estava executando a tarefa do modo correto. Outro ponto a destacar foi de que o participante sente a necessidade de alguma funcionalidade que repita a última notificação, como é visto no comentário a seguir:

“Depois da lixeira ele não disse mais nada. ”

Isso ocorreu, pois antes desta notificação o aplicativo já havia informado a direção e o participante sente falta que o mesmo seja repetido depois. Apesar das notificações de direção ocorrerem em um intervalo de sete segundos e durante o percurso. Outra ruptura que ocorreu em todos os testes foi a de confusão nas mensagens de direcionamento, como pode ser observado no seguinte comentário:

“Ele falou esquerda de novo, mas não tem como. ”

Tal situação ocorreu, pois, o aplicativo depende da conexão com a rede dados e do GPS para identificar a localização corrente do participante, como em alguns pontos do percurso não havia nenhum sinal de rede. Outras dificuldades destacadas foram na tarefa de cadastro de informações áudio-georreferenciadas. Uma delas foi a de que o participante encontrou dificuldades para realizar o movimento que habilitava a funcionalidade, questionando ao mediador se estava fazendo do modo correto como é visto no seguinte comentário:

“Como é que sacode? Pra cima? ”

Tal dificuldade incidiu com todos os participantes que realizaram a tarefa, havendo a necessidade de o mediador explicar o movimento de interação. Outra foi com relação à interação na confirmação do cadastro como pode ser observado no comentário a seguir:

“Já cadastrei? ”

O aplicativo possui tal interação de confirmação, mas ocorria que um conflito de mensagens lidas pelo *talkback*. Após os testes em campo foi realizada com os participantes uma avaliação do aplicativo, considerando notas de zero a cinco, onde zero equivale a péssimo e cinco a ótimo. Dois usuários atribuíram cinco, dois atribuíram três e dois atribuíram quatro. Quando justificado o valor da nota, um dos participantes fez o seguinte comentário:

“Explica bem os locais, dá estabilidade pra gente, mostra realmente onde a gente tá, mas eu percebi que depende do sinal da internet pra ele funcionar rapidamente ou não. Eu percebi que já tinha que virar e ele demorava pra falar”.

Em seguida foram questionadas as dificuldades encontradas, um participante fez o seguinte o comentário:

“[...] Seria ideal se tivesse mais informações do local, pois quando não se conhece o lugar é ideal que se tenha informações sobre o que tem ao nosso redor. Seria bom também [...] dar mais precisões de direção. Acho que 5 metros tá bom.”.

Quando interrogados se conseguiram alcançar o objetivo, 5 dos 6 participantes afirmaram ter concluído.

5.1.8 Discussão

Conforme podemos notar na seção 5.1.5, onde abordamos as rupturas, durante o experimento algumas dificuldades foram encontradas pelos usuários na realização de suas tarefas. Dentre elas destacamos a ação de efetuar *login* no aplicativo, selecionar o destino e cadastrar alguma informação (áudio-georreferenciada).

Foi possível identificar que a atividade inicial de *login* foi a mais problemática dentre todas elas. Uma das sugestões mencionadas por um dos usuários seria que o sistema pudesse disponibilizar a opção de *login* por entrada de voz e não através da entrada de dados por digitação, ou ainda também possibilitasse a opção da entrada de dados com letras e números separados no teclado. Após o *login* outra dificuldade encontrada foi com relação à informação “Onde estou? ”, a mesma estava disposta na tela utilizando *label*, mas pode-se perceber que os participantes tiveram dificuldades para encontrar tal informação, sugerindo que tivesse um botão “Onde estou? ”.

Diante de tal dificuldade, nessa tarefa houve a necessidade de um mediador presente durante todo período de interação, pois o sistema Android, mesmo com o uso do *talkback*, ainda não propicia total autonomia para que sozinho o usuário deficiente visual possa utilizar o sistema operacional, pois até mesmo os participantes que já utilizavam este recurso apresentaram dificuldades ao tentar inserir os dados, pois houve uma lentidão na leitura da informação inserida pelo participante nos campos de *login* e senha.

O mediador também colaborou em mais duas situações. Primeiro quanto à necessidade de atualização do local de origem. Nessa situação o aplicativo, devido a falha na conexão, apresentou uma demora no processo de identificação da localização do usuário, sendo que o *feedback* apresentado pelo aplicativo não foi compreensível para o usuário. A outra situação é a da segunda tarefa que trata da tentativa do usuário selecionar seu local de destino, mesmo com a lista de opções não preenchida, pois está dependente da situação anterior. Porém, houve um problema de interface em que o usuário não era notificado desse pré-requisito. Outro fator que colaborou para a confusão do participante é a notificação “Por favor, selecione o destino”, logo após o *login*. Além disso, todos os participantes despenderam muito tempo explorando a interface do RotaColab para encontrar o campo para selecionar o destino, sendo que chegaram a sair do contexto e continuaram explorando. Esse comportamento foi comum a todos os usuários.

Durante a terceira tarefa foi observado que os usuários encontraram dificuldades para realizar a movimentação do dispositivo requerida para ativação da funcionalidade de cadastro. Isso ocorreu porque parte dos participantes não tinham familiaridade com esse tipo de entrada de dados com auxílio de sensores. Outra ruptura identificada nesta tarefa foi com relação à confirmação desse cadastro. Isso aconteceu porque o sistema não previu a configuração de

mensagens prioritárias, fazendo com que o usuário recebesse várias notificações simultaneamente.

Com relação à quarta tarefa, dos seis testes realizados, no que diz respeito a chegar ao local de destino solicitado, dois foram concluídos com êxito, três concluíram parcialmente e apenas um não concluiu. Durante a realização da mesma os participantes apresentaram dificuldades por conta do contexto das mensagens emitidas o que atrapalhou a compreensão dos mesmos, fazendo com que várias vezes eles questionassem ao mediador se a direção estava correta, pois essas notificações de direcionamento eram emitidas a cada 7 segundos. Com isso pode-se perceber que havia a necessidade de um recurso para que o participante pudesse ouvir a última mensagem de notificação quando desejasse.

Um ponto a ser destacado com relação as notificações de direcionamento foi a importância do *feedback* háptico destacada pela maioria dos participantes. Tal modo de *feedback* de interação mostrou ser promissor na tentativa de minimizar a barreira encontrada na interação quando há barulho no ambiente. Durante o percurso os participantes também sugeriram o celular pudesse ser colocado no bolso. Compreendemos que há uma questão de segurança que não pode ser deixada a parte.

No geral o que afetou consideravelmente o experimento foi a conexão com a internet. Como consequência acarretou um atraso no *feedback* do aplicativo, que ocasionou momentos de silêncio durante a interação, causando insegurança nos usuários. Para tentar minimizar este problema foram instalados dois roteadores no meio caminho onde seria realizado o percurso, a fim de maximizar o sinal da *wifi*, além de terem sido utilizados *chips* com tecnologia 4G.

Diante da análise feita na avaliação propomos as seguintes sugestões: visto que a tarefa mais crítica foi a de *login*, uma opção seria utilizar o número do telefone como meio de autenticação, esta associação com o número poderia ser feita no momento da instalação; outra sugestão seria retirar o componente mapa da tela principal e substituí-lo por um botão “onde estou?”; tornar a disposição das informações referentes à localização (*e.g.*, latitude, longitude, velocidade) opcionais; criar um módulo para que o usuário tenha a possibilidade de explorar lugares sendo notificado do que há ao seu redor, sem a obrigatoriedade da seleção de um destino; criar um protocolo de interação háptico; possibilitar a seleção do destino por comando

de voz; utilizar os botões do fone de ouvido durante a interação, possibilitando usuário de usar o celular no bolso durante o percurso.

5.2 WABlind – *Web Accessible for Blind People*

A WABlind – *Web Accessible for Blind People*, é uma ferramenta de reestruturação de conteúdo web designada a pessoas portadoras de deficiências visuais. Seu uso é auxiliado por leitores de tela e sintetizadores de voz, comumente utilizados por este grupo de pessoas, em computadores e dispositivos móveis. Tal ferramenta relaciona diretrizes da WCAG 2.0 com resultados prévios obtidos sobre a melhor forma de apresentar conteúdo da web para pessoas cegas, conforme pesquisa realizada pelo W3C (W3C, 2013).

5.2.1 Descrição Geral da Ferramenta

O diferencial desta ferramenta são as tratativas aplicadas aos elementos, originalmente, inacessíveis, da página web informada, o que possibilita o fornecimento de alternativa textual para que os leitores de tela possam identificá-los durante a navegação em uma página web.

A arquitetura da ferramenta é composta por: um servidor Linux, um web *service* em linguagem PHP, faz-se uso da linguagem Prolog, de Banco de Dados MySQL e da API do *facebook*, para login, além de possuir compatibilidade com *talkback*, leitor de tela nativo do sistema operacional Android, e *voiceOver*, leitor de tela nativo do sistema operacional IOS. A comunicação com o servidor é realizada por meio de Requisições HTTP. (Veja Figura 13).

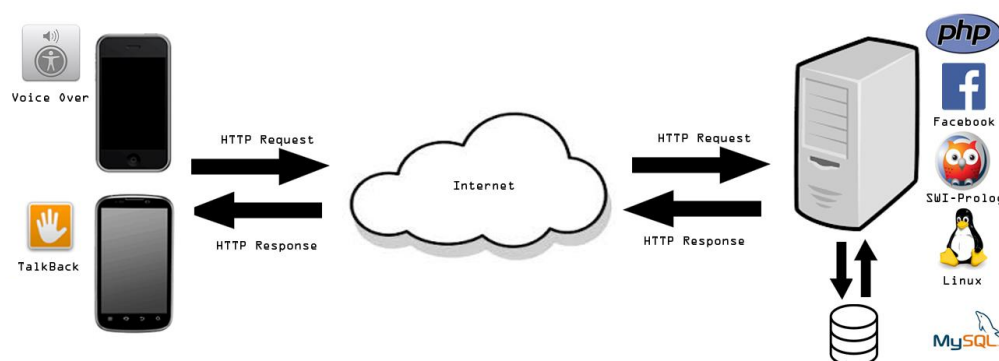


Figura 13 - Arquitetura da Ferramenta WABlind.

As tratativas da ferramenta estão organizadas em três níveis: a) Automáticas b) Específicas c) Avançadas. O primeiro nível, de tratativas automáticas, abrange 4 dos 15 itens de interação mais problemáticos encontrados ao navegar em páginas web, conforme informados em pesquisa recente, realizada em 2013 pelo W3C, sobre uso de Tecnologias Assistivas, Ampliadores e leitores de tela. Na Figura 14 são mostrados os 15 itens conforme resultado da pesquisa.

Os 4 itens selecionados estão relacionados a propriedade sintática de páginas web. Isto é, neste nível excluiu-se qualquer item relacionado a semântica da página. A seguir os itens elencados da pesquisa associados as diretrizes do WCAG 2.0 executados neste nível:

- A presença de conteúdos Flash inacessível - Diretriz 1.1.1 Conteúdo não textual (Nível A).
- CAPTCHA – uso de imagem com texto para verificar se você é um usuário humano - Diretriz 3.3.2 Rótulos ou Instruções (Nível A).
- Imagens com descrição ausente ou inadequada (texto alt) - Diretriz 1.1.1 Conteúdo não textual (Nível A).
- Textos em língua estrangeira não identificada – Diretriz 3.1.1 Idioma da Página (Nível A).

As tratativas elencadas abrangem as diretrizes de nível A do WCAG 2.0. O WCAG 2.0 define níveis para cada diretriz, a fim de fornecer critérios de sucesso testáveis para permitir que tais diretrizes sejam utilizadas onde os requisitos e os testes de conformidade são necessários. São definidos três níveis de conformidade: A (o mais baixo), AA e AAA (o mais elevado) (WCAG, 2014).

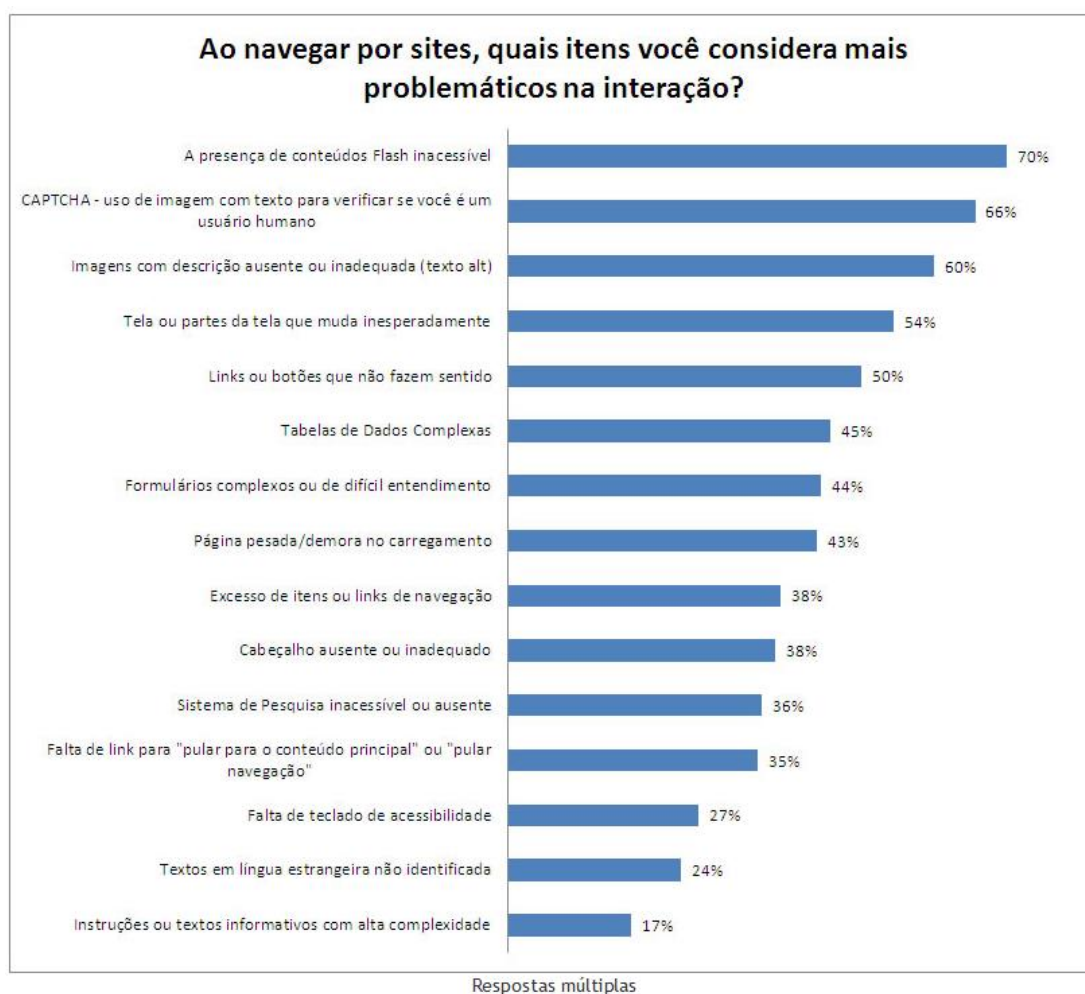


Figura 14 - Percentual de itens mais problemáticos encontrados durante a navegação em páginas web.

Fonte: (W3C, 2013)

Por isso, após a url da página ser informada o conteúdo web na página principal da ferramenta (veja Figura 15), é reconstruído e apresentado modo linear, onde o conteúdo da página informada é disposto em abas, por meio da abertura dos *links* obtidos durante varredura na mesma. O usuário poderá informar a url da página web na tela inicial da ferramenta de modo textual, ou clicar duas vezes e falar a url, quando utilizado com o leitor de tela *voice over*.

A disposição em abas, aproxima o portador de deficiência visual do acesso ao nível hierárquico da informação disposta na originalmente na página. O conteúdo da página web informada é manipulado de modo padrão pelas tratativas automáticas e avançadas, caso a página possua marcadores específicos associados pela ferramenta, no nível 2, os mesmos também são aplicados. A ordem de apresentação das abas caso não haja marcadores específicos associados, é a de abrir os primeiros 5 links obtidos durante a varredura da página.

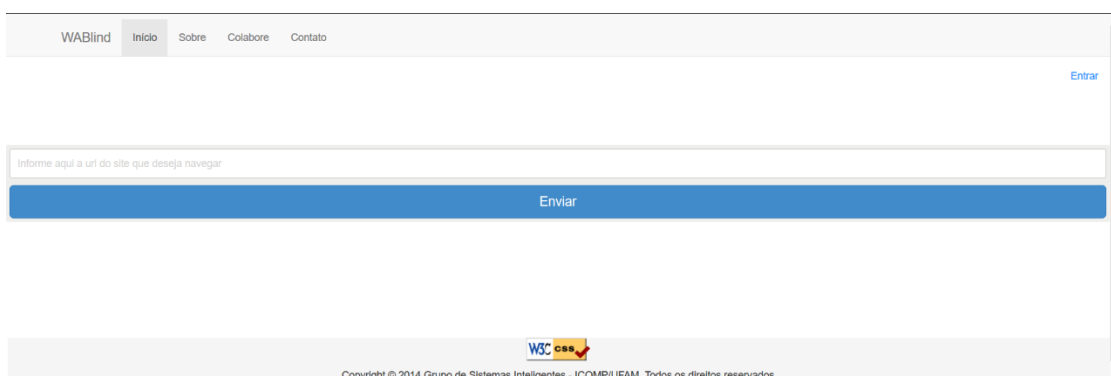


Figura 15 - Página principal da ferramenta WABlind para acessar a url tratada.

No segundo nível, de tratativas específicas, é realizada a associação de marcadores pré-definidos aos elementos estruturantes de uma amostra da página web de *url* fornecida. Tal associação é construída de modo colaborativo, onde o usuário previamente cadastrado no ambiente tem acesso a tal área restrita, conforme Figura 1 | Figura 16. Os marcadores foram definidos baseados em elementos comumente encontrados em páginas web, como por exemplo, menu principal da página, Área de campo de busca, e outros, como os que possuem informação visual e necessitam de descrição alternativa. Além disso, os elementos marcados neste nível, caso possuam *hyperlinks* que apontem para outro documento, adquirem prioridade para serem abertos quando a página é acessada na tela inicial. O conteúdo da página ao ser carregado neste nível passa previamente pelas tratativas automáticas e avançadas.

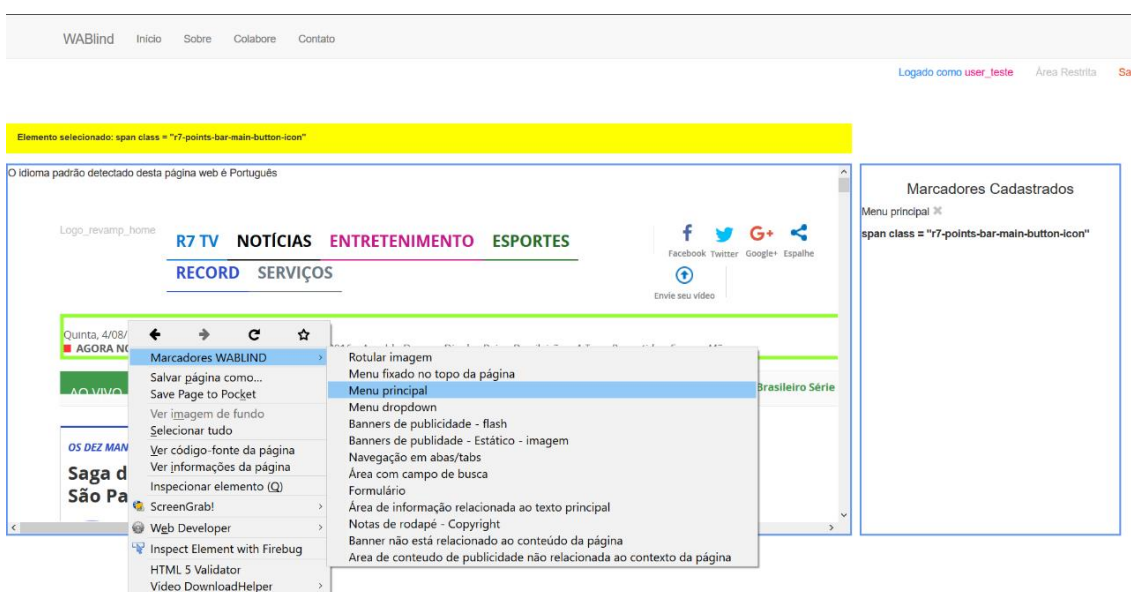


Figura 16 - Elemento de uma página web sendo associado a um marcador no nível de tratativas específicas.

No último e terceiro nível de tratativas, chamado de avançadas, os marcadores são determinados por meio da formalização de predicados, traduzidos para a linguagem Prolog, que tem como objetivo cobrir uma maior quantidade de elementos para diferentes contextos de páginas web. Tal informação é obtida por meio de um formulário, onde o colaborador informa uma descrição sobre significado do elemento a ser informado e em outro campo especifica as regras Figura 17. Tal nível exige o conhecimento prévio da linguagem Prolog.

Figura 17 - Tela de tratativas avançadas

Abaixo segue um trecho das regras referentes à definição de um *menu*:

```

menu(X) :- var(X), !,
          fail.

menu([_|L],N) :- menu(L,N1),
                N1 is N+ 1,
                N1 > 1,
                member(ul,L),
                member(li,L),
                member(a,L),
                write('menu encontrado');

```

A colaboração de novas regras e adequação das existentes auxilia no refinamento de informações a serem tratadas pela aplicação ampliando o escopo a ser alcançado de diretrizes de acessibilidade voltada para pessoas com deficiência visual. Nesse estudo, foram realizados

testes de conformidade por meio de avaliações automáticas de acessibilidade, conforme apresentado na seção 5.2.2.

5.2.2 Teste de Nível de Conformidade

A fim de mostrar a viabilidade da ferramenta foram realizados testes de níveis de conformidade com as páginas reestruturadas pela WABlind com o validador AChecker (ACHECHER, 2011). Tal validador é recomendado pela W3C (W3C, 2006). Os testes foram realizados com páginas relacionadas a categoria de saúde, educação e entretenimento visando coletar uma maior variedade de resultados.

Para que uma página web esteja em conformidade com as WCAG 2.0, existem critérios a serem cumpridos, dentre eles está o de nível de conformidade (WCAG, 2014):

Nível de Conformidade: Um dos seguintes níveis de conformidade é inteiramente cumprido.

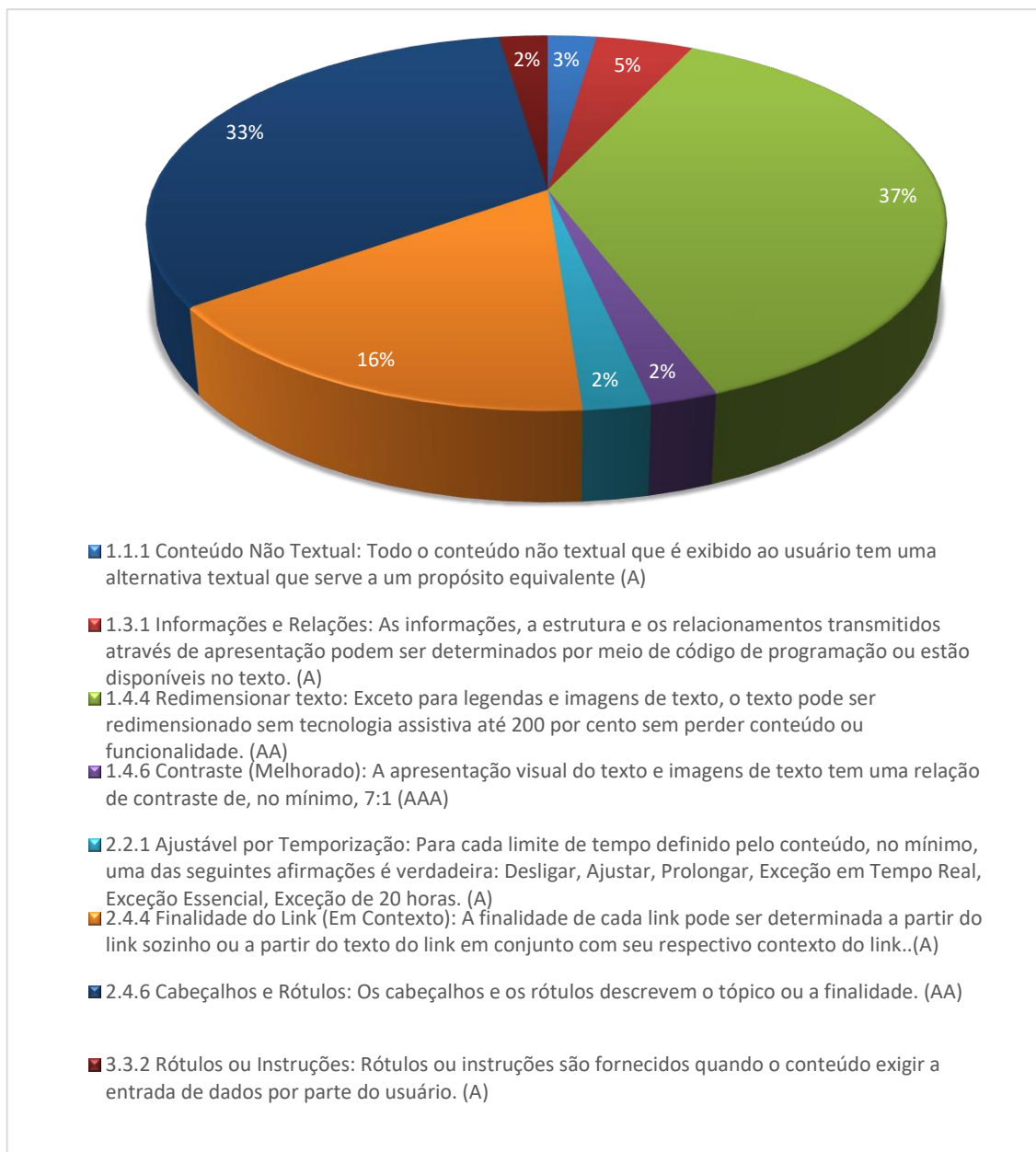
Nível A: Para conformidade de Nível A (o nível mínimo de conformidade), a página web| satisfaz todos os Critérios de Sucesso de Nível A, ou é fornecida uma versão alternativa em conformidade.

Nível AA: Para conformidade de Nível AA, a página web satisfaz todos os Critérios de Sucesso de Nível A e Nível AA, ou é fornecida uma versão alternativa em conformidade de Nível AA.

Nível AAA: Para conformidade de Nível AAA, a página web satisfaz todos os Critérios de Sucesso de Nível A, Nível AA e Nível AAA, ou é fornecida uma versão alternativa em conformidade de Nível AAA.

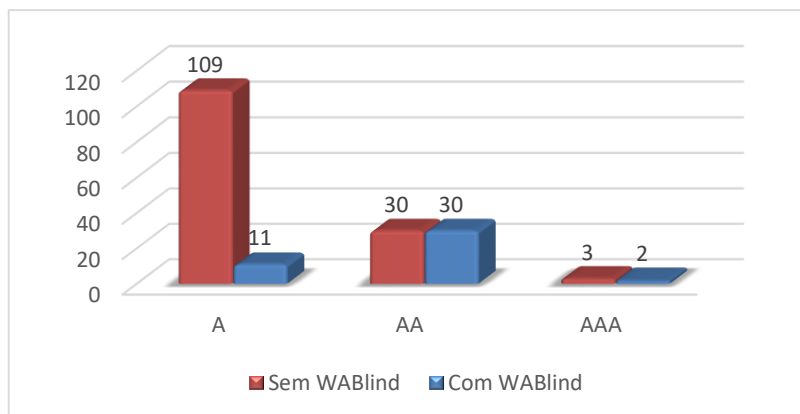
A primeira página testada pelo AChecker foi a <http://r7.com>, relacionada a categoria entretenimento, que apresentou em seu resultado do teste de validação da acessibilidade problemas relacionados as diretrizes 1.1.1, 1.3.1, 1.4.6, 2.2.1, 2.4.4, 2.4.6 e 3.3.6 do WCAG 2.0 (veja Gráfico 1).

Gráfico 2 - Problemas encontrados na página principal do site r7.com com a utilização da ferramenta WABlind.



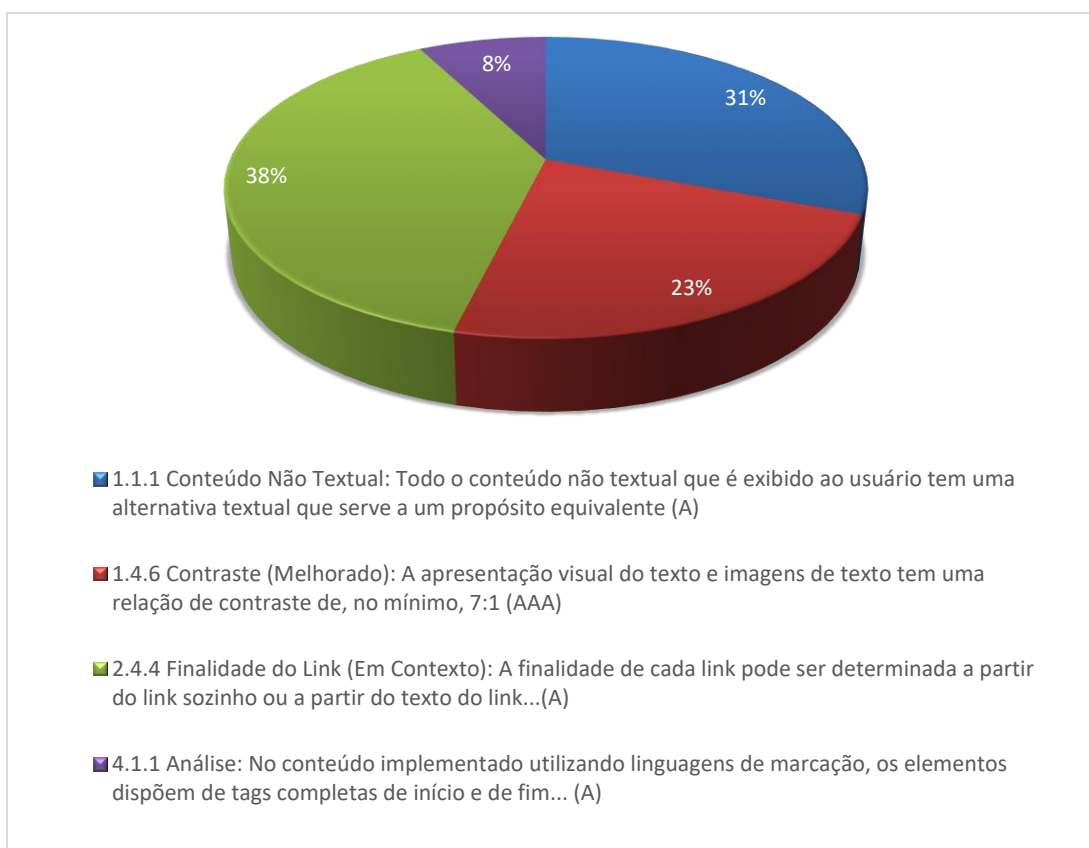
No Gráfico 3 é apresentado um quantitativo de problemas ocorridos no site r7.com agrupados por níveis das diretrizes (A, AA, AAA) do WCAG 2.0.

Gráfico 3 - Quantitativo de problemas, agrupados por níveis, da página principal do site r7.com.



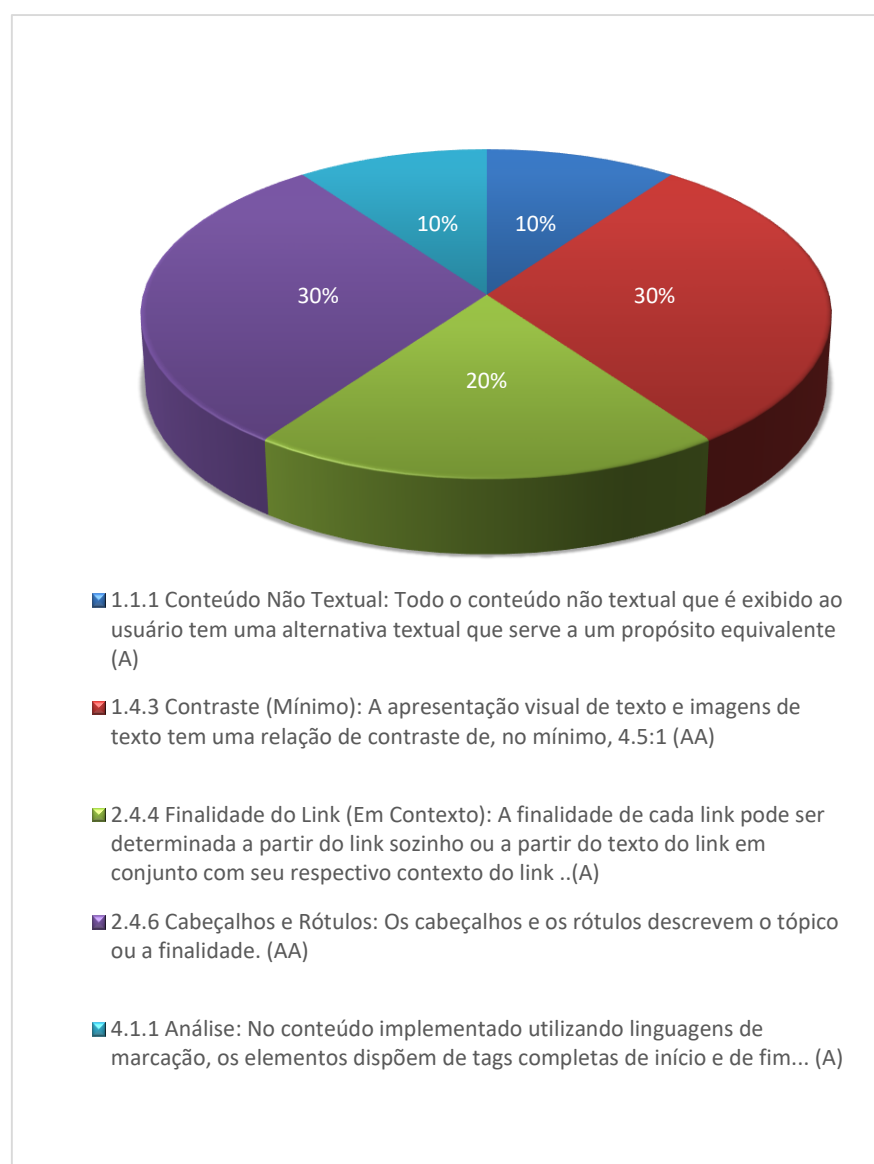
A segunda página testada pelo AChecker, foi a <http://portalsaude.saude.gov.br>, relacionada a categoria saúde, que apresentou em seu resultado do teste de validação da acessibilidade problemas relacionados as diretrizes 1.1.1, 1.4.6, 2.4.4 e 4.1.1 do WCAG 2.0 (veja Gráfico 4).

Gráfico 4 - Problemas encontrados na página principal do site governamental do portal da saúde sem a utilização da ferramenta WABlind.



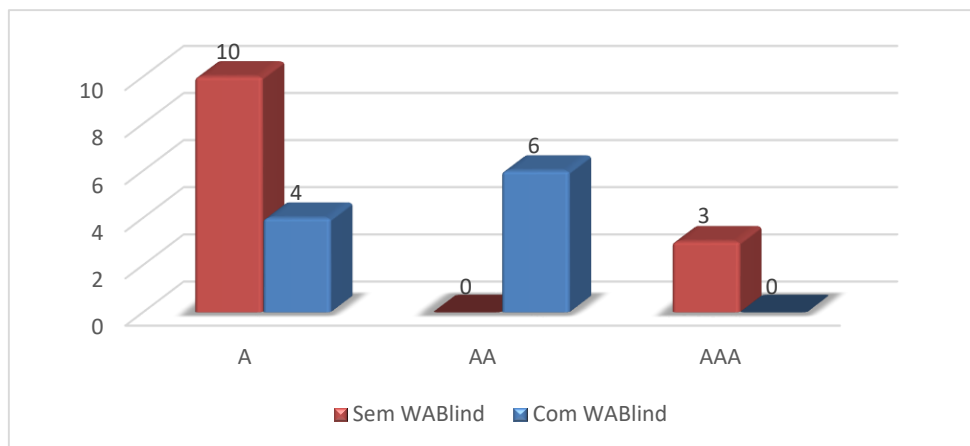
Com o uso da ferramenta WABlind na página os problemas referentes a diretriz 1.1.1 diminuíram de 31% para 10%, a diretriz 1.4.6 foram sanados, porém apareceram 30% de problemas relacionados a diretriz 1.4.3, a diretriz 2.4.4 diminuiriam de 38% para 20%, já os problemas referentes a diretriz 4.1.1 foram sanados, no entanto apareceram problemas relacionados a diretriz 2.4.6.

Gráfico 5 - Problemas encontrados na página principal do site governamental do portal saúde com a utilização da ferramenta WABlind.



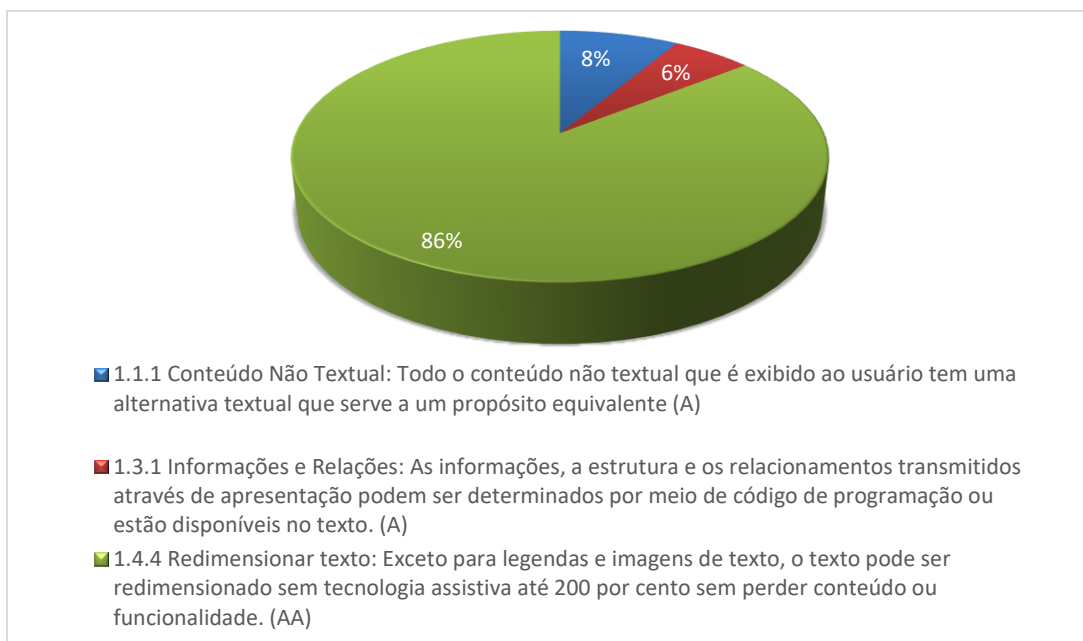
No é apresentado um quantitativo de problemas ocorridos no site r7.com agrupados por níveis das diretrizes (A, AA, AAA) do WCAG é apresentado um quantitativo de problemas ocorridos no site r7.com agrupados por níveis das diretrizes (A, AA, AAA) do WCAG 2.0.

Gráfico 6 - Quantitativo de problemas, agrupados por níveis, da página principal do site governamental do portal da saúde.



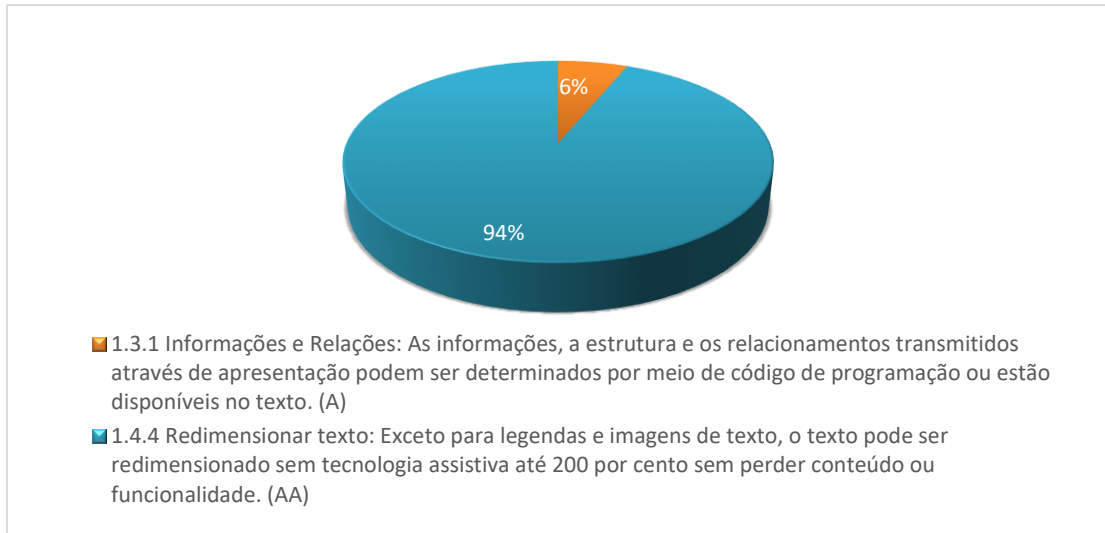
A terceira página testada pelo AChecker foi a <http://portal.mec.gov.br> relacionada a categoria educação, que apresentou em seu resultado do teste de validação da acessibilidade problemas relacionados as diretrizes 1.1.1, 1.3.1 e 1.4.4 do WCAG 2.0 (veja Gráfico 7Gráfico 7).

Gráfico 7 - Problemas encontrados na página principal do site governamental do portal da educação sem a utilização da ferramenta WABlind.



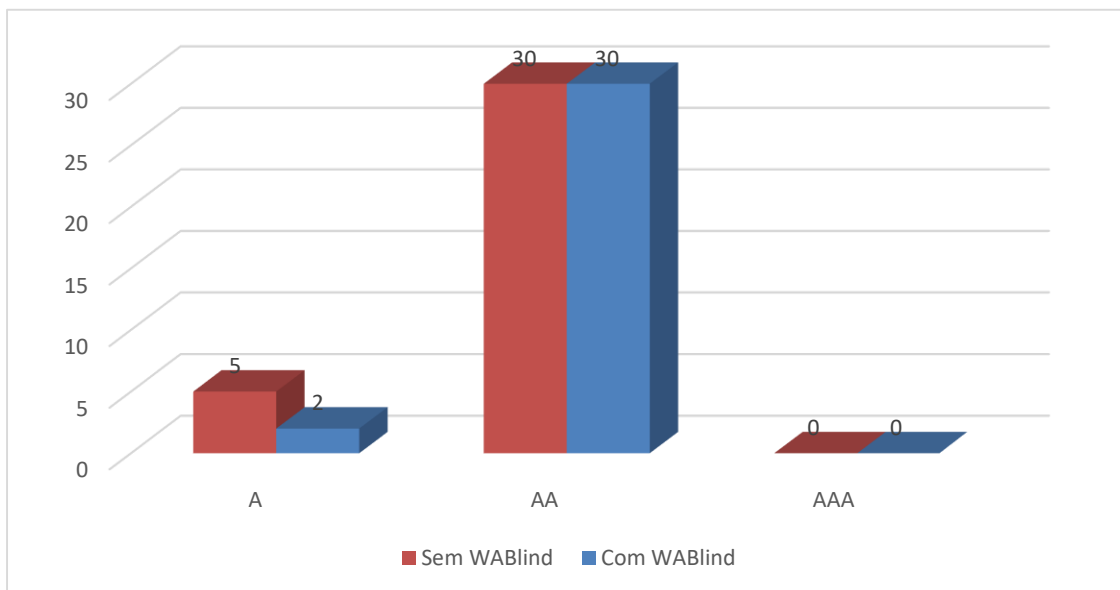
Com o uso da ferramenta WABlind na página os problemas referentes a diretriz 1.1.1 foram sanados em 100%, a diretriz 1.3.1 se mantiveram em 6%, já os da diretriz 1.4.4 tiveram aumento de 86% para 94%.

Gráfico 8 - Problemas encontrados na página principal do site governamental do portal da educação com a utilização da ferramenta WABlind.



No Gráfico 9 é apresentado um quantitativo de problemas ocorridos no site governamental do portal da educação agrupados por níveis (A, AA, AAA) das diretrizes do WCAG 2.0

Gráfico 9 - Comparativo quantitativo de problemas da página principal do site governamental do portal da educação associados aos níveis da WCAG 2.0



5.2.3 Análise

No primeiro teste, envolvendo o site da categoria entretenimento, foram constatados problemas de oito diretrizes do WCAG 2.0. Três de nível A (1.1.1, 1.3.1 e 2.4.4), Dois de nível AA (1.4.4 e 2.4.6) e três de nível AAA (1.4.6, 2.2.1 e 3.3.6). Com o uso da ferramenta WABlind, utilizando as tratativas automáticas que envolvem diretrizes de nível A, a página principal do site r7.com obteve como resultado do teste de validação uma diminuição significativa das ocorrências envolvendo diretrizes de tal nível. No teste de validação sem o uso da ferramenta WABlind a quantidade de problemas de nível A era de 109, após o uso da ferramenta a quantidade de problemas diminuiu para 11. As de nível AA sem a ferramenta WABlind eram 30, após o uso da ferramenta ainda permaneceram em 30. A quantidade de problemas de nível AAA diminuiu de 3 para 2 após o uso da WABlind.

No segundo teste, envolvendo o site da categoria saúde, sem o uso da ferramenta WABlind foram constatados problemas de quatro diretrizes do WCAG 2.0. Três de nível A (1.1.1, 2.4.4 e 4.1.1) e um de nível AAA (1.4.6). Com o uso da ferramenta WABlind, utilizando as tratativas automáticas que envolvem diretrizes de nível A, a página principal do site governamental do portal da saúde, também obteve como resultado do teste de validação uma diminuição significativa das ocorrências envolvendo diretrizes de tal nível. No teste de validação sem o uso da ferramenta WABlind a quantidade de problemas de nível A era de 10, após o uso da ferramenta a quantidade de problemas diminuiu para 4. Não ocorreu problemas de nível AA sem a ferramenta WABlind, após o uso da ferramenta a quantidade de problemas de nível AA era de 6. A quantidade de problemas de nível AAA foi 100% reduzida, diminuindo de 3 para 0 após o uso da WABlind.

Por fim, no terceiro teste, envolvendo o site da categoria educação, sem o uso da ferramenta WABlind foram constatados problemas de três diretrizes do WCAG 2.0. Duas de nível A (1.1.1 e 1.3.1) e uma de nível AA (1.4.4). Com o uso da ferramenta WABlind, utilizando as tratativas automáticas que envolvem diretrizes de nível A, a página principal do site governamental do portal da educação, também obteve como resultado do teste de validação uma diminuição significativa das ocorrências envolvendo diretrizes de tal nível. No teste de validação sem o uso da ferramenta WABlind a quantidade de problemas de nível A era 5, após o uso da ferramenta a quantidade de problemas diminuiu para 2. A quantidade de problemas de nível AA permaneceu em 30 após o uso da WABlind. A quantidade de problemas de nível AAA foi nula com e sem a utilização da WABlind.

No geral, pode-se observar que em todos os testes realizados houve uma diminuição significativa de ocorrências de problemas referentes as diretrizes de nível A quando tratadas pela ferramenta WABlind. O uso da ferramenta também reflete a interdependência das diretrizes, onde as correções de problemas de algumas diretrizes de determinados níveis podem acarretar em alterações na quantidade de ocorrência dos demais, conforme especificado no início desta seção.

5.2.4 Discussão

Como a ferramenta WABlind foi desenvolvida após o RotaColab, algumas informações, bem como comportamentos dos usuários obtidos nos testes do RotaColab foram levadas em consideração, tais como a disposição de elementos na página web de forma ampliada e a maximização da interação por voz, pois foram percebidas dificuldades com relação a disposição de informações e orientação na leitura da página do aplicativo RotaColab durante os testes, devido aos usuários não possuírem intimidade com recursos de tela *touchscreen*.

Diante disso, para desenvolvimento da WABlind refletiu-se sobre a disposição de elementos em uma página web e considerou-se rotular os elementos dispostos, tanto por meio de tratativas automáticas como de modo colaborativo a fim de minimizar obstáculos encontrados durante a navegação em nas mesmas, especificamente em dispositivos moveis.

Para os testes foram coletadas páginas, em categorias diversas, que possuíam problemas de acessibilidade, conforme diretrizes do WCAG 2.0, a fim de demonstrar melhorias com a utilização da WABLIND. O resultado desse estudo sugere que o uso desta ferramenta promove a acessibilidade por meio da ampliação da inclusão digital de pessoas cegas, contribuindo para um maior alcance da web em elementos de páginas web que não possuem *feedback* auditivo.

Capítulo 6

CONCLUSÃO

6.1 Considerações Iniciais

O desafio de ampliar a acessibilidade a pessoas portadoras de deficiências visuais por meio do uso de recursos multimodais como suporte a interação foi a nossa motivação. Nossa abordagem partiu deste aspecto com o objetivo de apresentar elementos estruturantes para o desenvolvimento de projetos de interfaces multimodais a fim de ampliar o acesso a atividades anteriormente inacessíveis a este grupo de pessoas.

O principal desafio para o desenvolvimento de interfaces multimodais a este público é o desenvolvimento de interfaces que atendam a critérios de acessibilidade e serviços que abstraíam as necessidades do usuário e não as características do próprio dispositivo a especificação das melhores formas de IHC. Os estudos investigativos sobre a interação de pessoas portadoras de deficiência visuais em dispositivos móveis é uma demanda latente que requer cada vez mais estudos e pesquisas aplicadas.

Enquanto padrões e diretrizes para o desenvolvimento de projetos de interfaces multimodais ainda não estão totalmente definidos, iniciativas individuais como a do trabalho de pesquisa aqui relatado tentam suprir a falta de direcionamentos para o desenvolvimento de tais aplicações. Como resultado, um esquema conceitual de elementos estruturantes para o desenvolvimento de projetos de interfaces multimodais para pessoas portadoras de deficiências visuais e duas ferramentas/aplicações para pessoas portadoras de deficiências visuais envolvendo interação multimodal, RotacColab e WABlind, foram implementados e detalhados nesta dissertação.

6.2 Resultados e Contribuições

Podemos citar como principais resultados e contribuições desta dissertação:

- Um produto de uma aplicação de geroreferenciamento para dispositivos móveis voltada para pessoas com deficiência visual que gerou uma publicação na *The 13th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, relatando o desenvolvimento e testes realizados com o aplicativo RotaColab.
- Um protótipo, em fase inicial, de uma ferramenta para ampliar o acesso por deficientes visuais a conteúdo web originalmente inacessível.
- Palestra sobre Desenvolvimento de Aplicações Acessíveis Para Deficientes Visuais no XVII Encontro Brasileiro de Usuários de Dosvox.

6.3 Limitações e Trabalhos Futuros

Nossa abordagem foi proposta visando uma perspectiva de ampliação da acessibilidade envolvendo modelos e técnicas com aspectos de percepção da interação do usuário. No Capítulo 4 - procuramos apresentar um esquema conceitual para o desenvolvimento de projetos de interfaces multimodais e o detalhamento dos elementos que o compõe. Esse esquema, no entanto, não determina uma estrutura de interação e sim possíveis caminhos a serem seguidos no desenvolvimento de interfaces multimodais a um público com inabilidades.

O nosso principal objetivo com a apresentação dos elementos estruturantes para projetos de interfaces multimodais foi permitir a identificação dos recursos multimodais a serem considerados em projetos voltados a pessoas com deficiência visual e demonstrar que a interação deve ser apoiada por tais recursos que indica uma nova maneira de interagir adequadamente, visando atingir o propósito de aceitação dos usuários. Como sugestões para futuras pesquisas, pretende-se aprofundar o estudo sobre a interação multimodal envolvendo pessoas com deficiências visuais e tecnologias que abrangem a computação ubíqua, como por exemplo, uso de relógios e óculos inteligentes, visto que durante este projeto a pesquisa foi

aprofundada em diferentes cenários estruturais de conteúdo web para pessoas com deficiências visuais. Diante, disso, pretende-se aprofundar os estudos em cenários de interação multimodal para pessoas portadoras de diferentes limitações, a fim de construir um arcabouço para o desenvolvimento de *software* multimodal por meio de diretrizes disponíveis em uma base de conhecimento, visto que este trabalho de mestrado já indica ponteiros para novas alternativas de interação em diferentes aspectos.

REFERÊNCIAS

A. LEGIN et al. Electronic tongue for quality assessment of ethanol, vodka and eau-de-vie. **Analytica Chimica Acta** **534**, 2005. 129-135.

A., C. et al. Multimodal input fusion in human-computer interaction. **NATO-ASI Conference on Data Fusion for Situation Monitoring, Incident Detection, Alert, and Response Management**, 2003.

ABASCAL, J.; MORIYÓN, R. Tendencias en interacción persona computador. **Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial**, n. 16, p. 9-24, 2002.

ACHECHER. Web Accessibility Checker, 2011. Disponível em: <<http://achecker.ca/checker/index.php>>. Acesso em: 03 Novembro 2014.

ALEJANDRO, J.; NICU, S. Multimodal human-computer interaction: A survey, *Computer Vision and Image Understanding*, v. 108, p. 116-134, October 2007.

ALVES, D. D. Acessibilidade no Desenvolvimento de Software Livre. **Dissertação de Mestrado**, Campo Grande/MS, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.cbc.ufms.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1030/1/Daniel%20Domingos%20Alves.pdf>>.

ANASTOPOULOU, S. Investigating multimodal interactions for the design of learning environments: A case study in science learning. **Thesis submitted to The University of Birmingham for the degree of Doctor of Philosophy**, Birmingham, United Kingdom, 2004.

ANDROID. Accessibility Developer Checklist, 2014. Disponível em: <<http://developer.android.com/guide/topics/ui/accessibility/checklist.html>>. Acesso em: 05 Fevereiro 2014.

ANDROID. android.speech, 2014. Disponível em: <<http://developer.android.com/reference/android/speech/package-summary.html>>. Acesso em: 16 Agosto 2014.

ANDROID. TextToSpeech, 2014. Disponível em: <<http://developer.android.com/reference/android/speech/tts/TextToSpeech.html>>. Acesso em: 16 Agosto 2014.

ANTHONY, L.; YANG, J.; E KOEDINGER, K. R. Evaluation of Multimodal Input for Entering. **ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2005)**, Portland, OR, USA, 2005. 1184 -1187.

ANTHONY, L.; YANG, J.; E KOEDINGER, K. R. Entering mathematical equations multimodally: Results on usability and interaction patterns. **Technical Report CMU-HCII-06-101.**, 2006.

AZEVEDO, L. (Ed.) **Assistive Technology Training in Europe**. Lisboa: HEART, 1995.

BARBOSA, S. D. J. (. D. J. **Interação humano-computador [recurso eletrônico]**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. D. **Interação Humano-Computador**. [S.l.]: Elsevier Editora Ltda, 2010.

BOLT, R. A. “Put-that-there”: voice and gesture at the graphics interface. **ANNUAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES - SIGGRAPH '80**, New York, NY, USA, 7, 1980. 262–270.

BOLT, R. A. “**Put-that-there**”: voice and gesture at the graphics interface. **ANNUAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES**. New York, NY, USA: Proceedings...ACM. 1980. p. 262–270.

BOURGUET, M.-L. Towards a taxonomy of error-handling strategies in recognition-based multimodal human-computer interfaces.. **Signal Processing Journal**, 2007. 3625 -3643.

BOURGUET, M.-L. An overview of multimodal interaction techniques and applications. In: (EDS.), P. Z. E. C. S. A. **Human computer interaction: Concepts, methodologies, tools, and applications**. New York, USA: Information Science Reference: [s.n.], 2009. p. 95-101.

BOYD, G. M. & M. P. D. How Can Intelligent CAL Better Adapt to Learners? Oxford: Computers & Education, v. 18, 1992. Cap. 1-3, p. 23-28.

BRASIL. Ministério Nacional da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução 196/96 sobre pesquisa envolvendo seres humanos. **Journal of the Electrochemical Society**, 1996.

BRASIL. Decreto 5.296/04, que regulamenta as Leis 10.098/00 e 10.048/00., 2004. Disponível em: <https://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm>. Acesso em: 22 Fevereiro 2014.

BRASILEIRO, G. E. eMAG - Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico, 2014. Disponível em: <<http://emag.governoeletronico.gov.br/>>. Acesso em: 22 Fevereiro 2014.

BRETAN, I.; KARLGREN, J. Synergy effects in natural language based multimodal interaction. **In Proceedings of the ERCIM 1993 Workshop on Multimodal Human-Computer Interaction**, Nancy, France., 1993.

BREWSTER, S. Overcoming the Lack of Screen Spaces on Mobile Computers, *Personal and Ubiquitous Computing*. [S.l.]: [s.n.], v. 6, 2002. p. 188-205.

BUNT, H.; BEUN, R.-J.; BORGHUIS, T. Multimodal human-computer communication systems, techniques, and experiments. **Lect. Notes Comput. Sci.**, n. 1374, 1998.

CARVALHO, J. O. F. Uma taxonomia para os dispositivos de acesso à informação voltados para o deficiente visual. **Seminário de Acessibilidade, Tecnologia da Informação e Inclusão Digital**, São Paulo, v. 2, n. Anais, 2003. Disponível em: <www.fsp.usp.br/acessibilidade>.

CATINIS, L. Etude de l'usage de la parole dans les interfaces multimodales. **Institut National Polytechnique de Grenoble**, Grenoble, França, 1998.

CETIC.BR. Uso da Internet pelo celular cresce entre os brasileiros, revela Cetic.br. **CETIC.BR**, 2015. Disponível em: <<http://cetic.br/noticia/uso-da-internet-pelo-celular-cresce-entre-os-brasileiros-revela-cetic-br/>>. Acesso em: 15 Setembro 2015.

CGI, C. G. D. I. Censo da Web.br. **Dimensões e características da Web brasileira: um estudo do.gov.br.**, 17 Agosto 2010. Disponível em: <<http://www.cgi.br/noticia/cgi-br-e-nic-br-anunciam-projeto-censo-da-web-br-com-apresentacao-de-retrato-da-web-governamental/212>>. Acesso em: 13 Setembro 2014.

CHARWAT, H. J. **Lexikon der Mensch-Maschine-Kommunikation**. Oldenbourg: [s.n.], 1992.

CIALDEA, M. Meta-Reasoning and Student Modelling. In: COSTA, E. (Ed.). **New Directions for Intelligent Tutoring Systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1992. p. 71-90.

COHEN, P. R. et al. Synergistic Use of Direct Manipulation and Natural Language. **Proceedings of CHI'89: Conference on Human Factors in Computer Systems**, New York, USA, 1989. 227 - 233.

COHEN, P. R. et al. QuickSet: multimodal interaction for distributed applications. **ACM International Conference on Multimedia**, Seattle, WA, 1997. 31-40.

COHEN, P. R. et al. The efficiency of multimodal interaction: A case study. **In Proceedings of the International Conference on Spoken Language**, Sydney, Australia, 1998. 249 -252.

D'ULIZIA, A.; E FERRI, F. Formalization of multimodal languages in pervasive computing paradigm. Paper presented at the Third International Conference. **On Signal-Image Technology e Internet-Based Systems (Sitis'06)**., 2006.

DA ROCHA FERNANDES, A. M. **Inteligência Artificial: noções gerais**. Florianópolis: Visual Books, 2003.

DE SOUZA, C. S. The Semiotic Engineering of User Interface Languages. **International Journal of Man-Machine Studies**, 39, 1993. 753-773.

DE SOUZA, C. S. The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction. **The MIT Press**, Cambridge, MA, 2005.

DE SOUZA, C. S. et al. "Projeto de Interfaces de Usuário: Perspectivas Cognitiva e Semiótica". **Anais da Jornada de Atualização em Informática, XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**, Rio de Janeiro, 1999.

DE SOUZA, C. S.; BARBOSA, S. D. J.; PRATES, R. O. **A Semiotic Engineering Approach to User Interface Design. Knowledge Based Systems**. Amsterdam: [s.n.], v. 14, 2001. 461-465 p.

DIX, A. J. et al. **Human-Computer Interaction**, 2008.

DUL, J. & W. B. **"Ergonomia prática"**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

DUMAS, B.; LALANNE, D.; OVIATT, S. Multimodal interfaces: a survey of principles, models and framework. **Human Machine Interaction**, 2009. 3-26.

E.A.FEIGENBAUM, A. B. A. **Handbook of Artificial Intelligence**. London: Pitman, v. 1, 1981.

ENAP. "e- MAG - Modelo de Acessibilidade de Governo Eletrônico", Janeiro 2007. Disponível em: <<http://emag.governoeletronico.gov.br/>>. Acesso em: 10 Setembro 2013.

FAULKNER, C. **The Essence of Human-Computer Interaction**. [S.l.]: Harlow: Prentice Hall, 1998.

FERNANDES, A. M. D. R. **Inteligência artificial: noções gerais**. Florianópolis: Visual Books, 2003.

FILHO, S. F. M. D. C.; BICA, F. Acessibilidade digital para cegos: Um modelo de interface para utilização do mouse. **XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, Fortaleza, 2008.

FISCHER, G. "Beyond 'Couch Potatoes': From Consumers to Designers". In **Proceedings of the 5th Asia Pacific Computer-Human Interaction Conference**. IEEE Computer Society, 1998. 2-9.

FRAINER, A. S. **Planos na Interação Homem-Máquina (Dissertação de Mestrado)**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1993.

FREIRE, A. P. . P. H. . P. C. "Empirical Results from an Evaluation of the Accessibility of Websites by Dyslexic Users". **13th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction**, Lisboa, Portugal, 792, n. Sun SITE Central Europe, 2011. 41.

FREIRE, A. P.; GOULARTE, R.; FORTES, R. P. M. Techniques for developing more accessible web applications: a survey towards a process classification. **SIGDOC**, 2007.

GEISER, G. **Mensch-Maschine Kommunikation**. Oldenbourg: [s.n.], 1990.

GEPNER, B.; BUTTIN, C.; DE SCHONEN, S. Face processing in young autistic. **Infant Behavior and Development**, 1994. 661.

GERBER, E. "Conducting usability testing with computer users who are blind or visually impaired". **Proceedings of the 17th Annual International Conference of California State University Northridge (CSUN) "Technology and Persons with Disabilities"**, 2002.

GOOGLE. Google Maps, 2014. Disponível em: <<http://maps.google.com>>. Acesso em: 16 Agosto 2014.

GORLENKO, L.; MERRICK. **No wires attached: Usability challenges in the connected mobile world**. 4. ed. [S.l.]: IBMSystems Journal, v. 42, 2003.

GRANOLLERS, T. MPIu+a. Una metodología que integra la ingeniería del software, la interacción persona ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares. **Tesis Doctoral**, España, 2004.

HALL, D. L.; LLINAS, J. An introduction to multi-sensor data fusion. **Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems**, 1997. 6-23.

HARTLEY, J. R.; SMITH, M. J. . M. Question Answering and Explanation Giving in On-Line Hep Systems. In: SELF, J. (Ed.). **Artificial Intelligence and Human Learning: Intelligent Computer Aided Instruction**. New York: Chapman and Hall Computing, 1988. p. 226-235.

HELANDER, M. G.; LANDAUER, T. K.; PRABHU, P. V. **Handbook of Human - Computer Interaction**. 2. ed. North-Holland: Elsevier, 1997. 1.582 p.

HEWETT, T. et al. ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction. **ACM SIGCHI Report**, ACM, NY, NY, 1992. Disponível em: <<http://old.sigchi.org/cdg>>. Acesso em: 18 Junho 2013.

HONKALA, M.; POHJA, M. Multimodal interaction with xforms. **ICWE '06: Proceedings of the 6th International Conference on Web Engineering**, New York, NY, USA, 2006. 201–208.

IBGE. Características Gerais da População, Religião e Pessoas com Deficiência: Publicação Completa. **CENSO DEMOGRÁFICO 2010**, 2010. Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?http=1&u=biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>. Acesso em: 20 Fevereiro 2014.

ICONFINDER. Icon Smartphone Mobile, 2015. Disponível em: <https://www.iconfinder.com/icons/430776/android_call_iphone_mobile_smartphone_touch_icon>. Acesso em: 10 Janeiro 2015.

INACIO JUNIOR, V. D. R. Um framework para desenvolvimento de interfaces multimodais em aplicações de computação ubíqua. **Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo**, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-11122007-105843>>. Acesso em: 05 Março 2014.

INANOGLU, Z. et al. Multimodal speaker identity conversion –Continued. **Paper presented at the eNTERFACE07 workshop**, Istambul, Turquia, 2007.

INTERACTION, W. -V. B. & M. Voice Browsing & Multimodal Interaction, 2005. Disponível em: <<https://www.w3.org/2005/Talks/1111-maxf-delhi/#%281%29>>.

ISO. Ergonomics of human-system interaction - Part 171: Guidance on software accessibility. **ISO 9241-171**, 2008.

ISO/IEC. Information technology - Accessibility considerations for people with disabilities. **ISO/IEC TR 29138**, 2009.

JAMES, F.; GURRAM, R. Multimodal and federated interaction. In **P. Zaphiris e C. S. Ang (Eds.), Human computer interaction: Concepts, methodologies, tools, and applications**, New York, USA, 2009. 102 -122.

JOHNSTON, M. Building multimodal applications with EMMA. **Proceedings of the 2009 International Conference on Multimodal Interfaces**, Cambridge, Massachusetts, USA, p. 47-54, 2009.

JOKINEN, K.; RAIKE, A. **Multimodality - Technology, Visions and Demands for the**. [S.l.]: [s.n.], 2003.

JORDAN, P. W. "An introduction to Usability". London: Taylor & Francis, 1998.

KANE, S. K. E. A. Usable Gestures for Blind People: Understanding Preference. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, New York - NY - USA, 2011. 413-422.

KARAM, M.; SCHRAEFEL, M. C. A taxonomy of gestures in human computer interaction. **Electronics and Computer Science**, 2005.

KAVCIC, A. Software Accessibility: Recommendations and Guidelines. Computer as a Tool. **The International Conference EUROCON - IEEE**, Belgrade, Serbia and Montenegro, 2, 2005. 1024 -1027.

KAY, A. "User Interface: A Personal View". In: ARMSTRONG, H. **Digital Design Theory: Readings from the Field**. [S.l.]: [s.n.], 1989. p. 121-130.

KIEFFER, S.; CARBONELL, N. How really effective are multimodal hints in enhancing visual target spotting? Some evidence from a usability study. **Journal on Multimodal User Interfaces**, 2007. 1 - 5.

KO, T. H. Untethered human motion recognition for a multimodal interface. **Massachusetts Institute of Technology**, Cambridge, Massachusetts, USA, 2003.

KOONS, D.; SPARRELL, C.; THORISSON, K. Integrating simultaneous input from speech, gaze, and hand gestures. In: MAYBURY, M. (.). **Intelligent Multimedia Interfaces**. Cambridge: MIT Press, 1993. p. 257–276.

KUNZINGER, E. "Moving Beyond Minimal Accessibility to Ease of Access". **IBM Corporation**, 2005.

LARSON, J. A.; OVIATT, S. L.; FERRO, D. Designing the user interface for pen and speech. **CHI '99 Workshop, Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'99)**, Philadelphia, USA, 1999.

LAZAR, J.; DUDLEY-SPONAUGLE, A.; GREENIDGE, K. "Improving Web Accessibility: a study of webmaster perceptions". [S.l.]: Elsevier, 2003.

LEE, J. C.-. Spatial user interfaces: Augmenting human sensibilities in a domestic kitchen. **Massachusetts Institute of Technology**, Cambridge, Massachusetts, USA, 2005.

LIBRARY, I. D. **Accessibility Guide for IOS**, 2012. Disponível em: <<https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/iPhoneAccessibility/Introduction/Introduction.html>>. Acesso em: 03 Março 2014.

LINDGAARD, G. “Usability Testing and System Evaluation”. **Chapman & Hall**, London, UK, 1994.

LISOWSKA, A. Multimodal interface design for multimedia meeting content retrieval, Geneva, Switzerland., 2007.

LÓPEZ-CÓZAR, R. Uso de canales de comunicación adicionales en sistemas conversacionales. **Procesamiento del Lenguaje Natural**, 30, 2003. 89 - 97.

M. BENALI-KHOUDJA et al. Tactile interfaces: a state-of-the-art survey. **International Symposium on Robotics**, 2004.

MACHADO, D. R.; MACHADO, R. P.; CONFORTO, D. Dispositivos móveis e usuários cegos: recomendações de acessibilidade em discussão. **Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE 2014**, 2014.

MANZINI, E. Uso da entrevista em dissertações e teses produzidas em um programa de pós-graduação em Educação. **Revista Percursos – NEMO**, v. 4, p. 149- 171, 2012. ISSN 2.

MCCALLA, G. The central importance of student modeling to intelligent tutoring. In: COSTA, E. **New Directions for Intelligent Tutoring System**. Berlim: Springer-Verlag, 1992. p. 107-131.

MCTEAR, M. “Intelligent Interface Technology: From Theory to Reality?”. **Interacting with Computers**, 12, 2000. 323-336.

MELO, A. M.; CECILIA, M. B. L. C. Design para a inclusão: desafios e proposta. **Proceedings of VII Brazilian symposium on Human factors in computing systems**, Natal, RN, Brazil, 2006. 11-20.

MYNATT, E. D. Transforming graphical interfaces into auditory interfaces for blind users. **Human-Computer Interaction**, 1997. 7 -45.

NEAL, J. G. et al. Natural language with integrated deictic and graphic gestures. **ACL Workshop on Speech and Natural Language**, Stroudsburg, PA, , 1989.

NETO, A. T. **Tese de Doutorado - Uma abordagem para projeto de aplicações com Interação Multimodal na Web**. São Paulo: [s.n.], 2011.

NIELSEN, J. “**Usability Engineering**”. Boston - USA: Academic Press, 1993. 362 p.

NIGAY, L.; COUTAZ, J. A design space for multimodal systems: concurrent processing and data fusion. In: S. ASHLUND, et al. **Proceedings of the INTERCHI '93**

Conference on Human Factors in Computing Systems. Amsterdam: IOS Press, 1993. p. 172-178.

OMS, O. M. D. S. Pessoas Cegas e Parcialmente Cegas, 2014. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>>. Acesso em: 29 Setembro 2014.

O'REILLY, T. What Is Web 2.0. **Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software**, 2005. Disponível em: <<http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>>. Acesso em: 13 Outubro 2014.

OVIATT, S. Designing robust multimodal systems for diverse users and environments. **In Workshop on universal accessibility of ubiquitous computing: providing for the elderly.**, 2001.

OVIATT, S. Advances in robust multimodal interface design.. **IEEE Comput. Graphics Appl.** **23 (5)**, 2003. 62-68.

OVIATT, S. L.; ANGELI, A. D.; KUHN, K. Integration and Synchronization of Input Modes during Multimodal Human-Computer Interaction. **Proceedings of CHI'1997**, 1997. 415-422.

OVIATT, S. L.; COHEN, P. R. Multimodal interfaces that process what comes naturally. **Communications of the ACM**, n. 43(3), p. 45-53, 2000.

OVIATT, S.; COULSTON, R.; LUNSFORD, R. When do we interact multimodally? Cognitive load and multimodal communication patterns. **In Proceedings of the 6th IEEE international conference on multimodal interfaces**, State College, PA, USA, 2004. 129 -136.

PADOVANI, S. "Avaliação ergonômica de sistemas de navegação em hipertextos fechados". **Dissertação de Mestrado. PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.** , Rio de Janeiro, 1998. 247.

PASSERINO, L. M.; MONTARDO, S. P. Inclusão social via acessibilidade digital: Proposta de inclusão digital para Pessoas com Necessidades Especiais. **Revista da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação**, v. 08, p. 02-18, 2007.

PELACHAUD, C. Multimodal expressive embodied conversational agents. In Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia, Singapore, 2005. 683 - 689.

PIMENTEL, M. G. C. G. R.; BORTOLOZZI, F. Um framework para desenvolvimento de interfaces multimodais em aplicações de computação ubíqua. **Dissertação (Mestrado em**

Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Universidade de São Paulo - USP/São Carlos, 2007.

PIMENTEL, M.; FUKS, H. **Sistemas Colaborativos**. Rio de Janeiro - RJ: Elsevier-Campus-SBC, 2011.

PRATES, R. B. O. & S. D. J. Avaliação de Interfaces de Usuário - Conceitos e Métodos. In: Juan Manuel Adán Coello; Sandra C. P. Ferraz Fabbri. (Org.). **Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.**, Campinas: SBC, 2, 2003. 245-293.

PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. Introdução à Teoria e Prática da Interação Humano-Computador fundamentada na Engenharia Semiótica. **Jornadas de Atualização em Informática, JAI** , 2007. 263-326.

PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. Avaliação de Interfaces de Usuário - Conceitos e Métodos. **Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de**

PREECE, J. et al. **Human-Computer Interaction**. [S.l.]: Addison-Wesley, 1994.

QIAO, L.; FENG, L.; ZHOU, L. Information Presentation on Mobile Devices: Techniques and Practices. Xangai, China: APWeb, 2008. p. 395-406.

QUEK, F. et al. A multimedia database system for temporally situated perceptual. **Multimedia Tools and Applications**, 18, August 2002. 91-113.

RAFAEL, S. I. F. D. S. Tese de Doutorado. Para uma Taxonomia da Multimodalidade. [S.l.]: [s.n.], 2014.

RATZKA, A. Explorative studies on multimodal interaction in a pda- and desktop-based scenario. **Proceedings of the International Conference on Multimodal Interfaces**, 2008.

REEVES, L. M. et al. Guidelines for multimodal user interface design. 1. ed. [S.l.]: Commun. ACM, v. 47, 2004. p. 57-59.

ROCHA, H. V.; BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e avaliação de interfaces humano-computador**. Campinas - São Paulo: NIED/UNICAMP, 2003.

ROTH, S. F. et al. Towards an information visualization workspace: Combining multiple means of expression. **Human-Computer Interaction**, 1997. 131 - 185.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A modern approach**. 2. ed. New Jersey: Pearson Education, 2004.

SÁ, E. D. D. **ACESSIBILIDADE: AS PESSOAS CEGAS NO ITINERÁRIO DA CIDADANIA.**, 2014. Disponível em: <<http://www.bancodeescola.com/acesibilidade.htm>>. Acesso em: 07 Março 2014.

SALGADO, L. C. D. C. **CommEST - Uma ferramenta de apoio ao método de Avaliação de Comunicabilidade.** [S.l.]: orientador: Clarisse Sieckenius de Souza, 2007.

SALT. SALT Forum - Speech Application Language Tags (SALT) 1.0 Specification., 2002. Acesso em: 15 Agosto 2013.

SCHOMAKER, L. et al. A Taxonomy of Multimodal Interaction in the Human Information Processing System. A Report of the Espirit Basic Research Action 8579 MIAMI, February 1995.

SCHUTZER, D. **Artificial intelligence: an applications-oriented approach.** New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1987.

SILBERNAGEL, D. **Taschenatlas der Physiologie.** Thieme: [s.n.], 1979.

SONZA, A. P. Ambientes virtuais acessíveis sob a perspectiva de usuários com limitação visual. **Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias Na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.**

STURM, J. On the usability of multimodal interaction for mobile access to information services. Tese de Doutorado. **Radboud University Nijmegen, Nijmegen, The Netherlands, 2005.**

TAIB, R.; RUIZ, N. Multimodal interaction styles for hypermedia adaptation. **IUI '06: Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user interfaces**, New York, NY, USA, 2006. 351–353.

TALARICO NETO, A. **Uma abordagem para projeto de aplicações com interação multimodal na web. Tese de Doutorado.** São Carlos: [s.n.], 2011. 199 p.

TANGARIFE, T. M. **Dissertação (Mestrado em Artes e Design) - A acessibilidade nos websites governamentais: um estudo de caso no site da Eletrobrás.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2007. Disponível em: <www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10500/10500_4.PDF>. Acesso em: 13 Junho 2013.

VAN WASSENHOVE, V.; GRANT, K. W. .; POEPPPEL, D. Visual speech speeds up the neural processing of auditory speech. **Proc. Nat. Acad. Sci.** **102**, 2005. 1181–1186.

VERNIER, F.; NIGAY, L. A framework for the combination and characterization of output modalities. **P. Palanque e F. Paternò**, Leipzig, Alemanha: Springer-Verlag Berlin / Heidelberg, 1946, 2001. 35-50.

VETTER, A.; CHANIER, T. Supporting oral production for professional purposes in synchronous communication with heterogeneous learners. **ReCALL - The Journal of EuroCALL**, 2006. 5-23.

W3C. XHTML+Voice Profile 1.0, 2001. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/2001/NOTE-xhtml+voice-20011221/>>. Acesso em: 03 Fevereiro 2014.

W3C. W3C Multimodal Interaction Framework, 2003. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/2003/NOTE-mmi-framework-20030506/>>.

W3C. Acessibilidade para o WAI. **W3C**, 2005. Disponível em: <<http://www.w3.org/WAI/intro/accessibility.php>>. Acesso em: 20 Setembro 2014.

W3C. Web Accessibility Evaluation Tools List. **Web Accessibility Initiative**, 2006. Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>>. Acesso em: 05 Julho 2014.

W3C. Resultados preliminares - Pesquisa sobre uso de Tecnologias Assistivas: Ampliadores e leitores de tela, 21 Janeiro 2013. Disponível em: <<http://acessibilidade.w3c.br/pesquisa/resultados-preliminares/>>.

WAHLSTER, W. Pointing, Language and the Visual World: Towards Multimodal Input and Output for Natural Language Dialog Systems (Panel). **In Proceedings of the 10th International Joint Conference on Artificial Intelligence**, Milan, Italy. Morgan Kaufmann, agosto 1987. 1163.

WAIBEL, A. . et al. Multimodals interfaces. **Artif. Intell. Rev.** **10 (3)**, 1996. 299-319.

WAZLAWICK, R. Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação, 184 ISBN 8535235221, 2009.

WCAG. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0, 2014. Disponível em: <<https://www.w3.org/Translations/WCAG20-pt-br/>>. Acesso em: 15 Novembro 2014.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. Intelligent Agents: Theory and Practice, p. 115-152, 1995.

YANG, Z.; WU, C.; LIU, Y. Locating in fingerprint space: wireless indoor localization with little human intervention. **MOBICOM**, 2012. 269-280.

ZAJICEK, M. .; POWELL, C.; REEVES, C. A Web Navigation Tool for the Blind. **in Proceedings of ASSETS98**, 1998. 204-206.

ZENKA, R.; E SLAVÍK, P. Multimodal Interface for Data Retrieval during Conversation. **In Proceedings for the 19th International CODATA Conference - The Information Society: New Horizons for Science [CD-ROM]**, Paris, 2004.

ZHANG, Z. Leveraging Pervasive and Ubiquitous Service Computing. **In P. Zaphiris e C. S. Ang (Ed.), Human computer interaction: Concepts, methodologies, tools, and applications**, New York, USA, 2009. 262 -278.

ZUASNÁBAR, D. M. H.; GERMANO, J. S. E.; CUNHA, A. M. D. “Um ambiente de aprendizagem via www baseado em interfaces inteligentes para o ensino de engenharia”. **COBENGE**, 2003.