

Unioeste - Universidade Estadual do Oeste do Paraná
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
Colegiado de Ciência da Computação
Curso de Bacharelado em Ciência da Computação

**AVALIAÇÃO DE USABILIDADE EM AMBIENTES MULTIMODAIS
VOLTADOS A USUÁRIOS COM BAIXA VISÃO**

Marcelo Fudo Rech

CASCADEL
2014

MARCELO FUDO RECH

**AVALIAÇÃO DE USABILIDADE EM AMBIENTES MULTIMODAIS
VOLTADOS A USUÁRIOS COM BAIXA VISÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da
Computação, do Centro de Ciências Exatas e Tec-
nológicas da Universidade Estadual do Oeste do
Paraná - Campus de Cascavel

Orientador: Prof. Dr. Clodis Biscarioli
Co-Orientador: Prof. Dr. Márcio Seiji Oyamada

CASCADEL
2014

MARCELO FUDO RECH

**AVALIAÇÃO DE USABILIDADE EM AMBIENTES MULTIMODAIS
VOLTADOS PARA USUÁRIOS COM BAIXA VISÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em
Ciência da Computação, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel,
aprovada pela Comissão formada pelos professores:

Prof. Dr. Clodis Boscaroli (Orientador)
Colegiado de Ciência da Computação,
UNIOESTE

Prof. Dr. Marcio Seiji Oyamada (Co-Orientador)
Colegiado de Ciência da Computação,
UNIOESTE

Prof^a. Dr^a. Sílvia Amélia Bim
Departamento Acadêmico de Informática, UTFPR

Prof. Jeferson José Baqueta
Colegiado de Ciência da Computação,
UNIOESTE

Cascavel, 10 de dezembro de 2014

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que sempre deram o seu máximo para proporcionar uma vida tranquila para mim e minha irmã.

Aos meus amigos e colegas de curso, que compartilharam das mesmas dificuldades e felicidades para chegar até onde estamos.

Aos meus professores orientadores, Prof. Dr. Clodis Boscarioli e Prof. Dr. Marcio Seiji Oyamada, que me guiaram para que eu pudesse realizar este trabalho.

Agradeço também aos professores e alunos do Centro de Apoio Pedagógico às Pessoas Cegas ou com Visão Reduzida e da Escola Júlia Wanderley, pois sem eles, a parte mais importante deste trabalho não poderia ter sido realizada.

Lista de Figuras

| | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Esquema de orientação baseada nos ponteiros de relógio | 12 |
| 3.2 | Usuário utilizando o sistema Instant Tactile-Audio map. | 15 |

Lista de Tabelas

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Comparação de produtos CCTV | 6 |
| 2.2 | Comparação de produtos OCR | 7 |
| 2.3 | Comparação de <i>softwares</i> OCR para <i>smartphones</i> | 7 |
| 2.4 | Comparação de <i>softwares</i> Ampliadores de Tela | 8 |
| 2.5 | Comparação de <i>softwares</i> Leitores de Tela | 9 |
| 4.1 | Cenário de teste no site correios.com | 23 |
| 4.2 | Cenário de teste com a rede social Facebook | 23 |
| 5.1 | Resultados do cenário dos Correios no Teste Inicial | 26 |
| 5.2 | Resultados do cenário do Facebook no Teste Inicial | 26 |
| 5.3 | Cenário de teste com o site da globo.com | 28 |
| 5.4 | Resultados do teste uni-modal (Visual) - Cenário globo.com | 29 |
| 5.5 | Resultados do teste uni-modal (Visual) - Cenário Facebook | 29 |
| 5.6 | Resultados do teste bimodal (Visual - Auditivo) - cenário globo.com | 30 |
| 5.7 | Resultados do teste bimodal (Visual - Auditivo) - cenário Facebook | 30 |
| 5.8 | Diferença entre uni-modal (Visual) e bimodal (Visual-Auditivo) – Cenário globo.com | 31 |
| 5.9 | Diferença entre uni-modal (Visual) e bimodal (Visual-Auditivo) – Cenário Facebook | 31 |
| 5.10 | Resultado do teste bimodal (Visual-Tátil) – Cenário globo.com | 32 |
| 5.11 | Resultado do teste bimodal (Visual-Tátil) – Cenário Facebook | 33 |
| 5.12 | Diferença entre uni-modal (Visual) e bimodal (Visual-Tátil) – Cenário globo.com | 33 |
| 5.13 | Diferença entre uni-modal (Visual) e bimodal (Visual-Tátil) – Cenário Facebook | 33 |
| 5.14 | Resultado do teste tri-modal (Visual-Tátil-Auditivo) – Cenário globo.com | 34 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.15 | Resultado do teste tri-modal (Visual-Tátil-Auditivo) – Cenário Facebook | 34 |
| 5.16 | Diferença entre uni-modal e tri-modal – Cenário globo.com | 35 |
| 5.17 | Diferença entre uni-modal e tri-modal – Cenário Facebook | 35 |
| 5.18 | Diferença entre bimodal (Visual-Auditivo) e tri-modal – Cenário globo.com . . | 36 |
| 5.19 | Diferença entre bimodal (Visual-Auditivo) e tri-modal – Cenário Facebook . . | 36 |
| 5.20 | Diferença entre bimodal (Visual-Tátil) e tri-modal – Cenário globo.com | 36 |
| 5.21 | Diferença entre bimodal (Visual-Tátil) e tri-modal – Cenário Facebook | 37 |
| 5.22 | Porcentagem da diferença entre uni-modal, bimodal e tri-modal- Cenário globo.com | 37 |
| 5.23 | Porcentagem da diferença entre uni-modal, bimodal e tri-modal- Cenário Facebook | 37 |
| 5.24 | Respostas do questionário para as Questões de 1 a 8 | 38 |
| 5.25 | Respostas do questionário para as Questões de 9 a 13 | 39 |

Lista de Abreviaturas e Siglas

| | |
|----------|---|
| CCTV | <i>Closed Circuit Televisions</i> |
| GPS | <i>Global Positioning System</i> |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| LCD | <i>Liquid Crystal Display</i> |
| OCR | <i>Optical Character Recognition</i> |
| PlatMult | Plataforma Multissensorial |
| SVG | <i>Scalable Vector Graphics</i> |

Sumário

| | |
|--|-------------|
| Lista de Figuras | v |
| Lista de Tabelas | vi |
| Lista de Abreviaturas e Siglas | viii |
| Sumário | ix |
| Resumo | xi |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Motivação | 2 |
| 1.2 Objetivo | 3 |
| 1.3 Organização do Trabalho | 3 |
| 2 Tecnologias de Auxílio para Baixa Visão | 5 |
| 2.1 CCTV | 5 |
| 2.2 OCR | 6 |
| 2.3 Softwares Assistivos | 7 |
| 2.3.1 Ampliadores de tela | 8 |
| 2.3.2 Leitores de Tela | 8 |
| 2.4 Considerações Sobre Tecnologias Assistivas | 9 |
| 3 Ambientes Multimodais | 11 |
| 3.1 Haptic ATM interface | 12 |
| 3.2 SpaceSense | 13 |
| 3.3 Instant Tactile-Audio Map | 14 |
| 3.4 Multimodal interface for web accessibility | 16 |
| 3.5 PlatMult | 17 |
| 3.6 Considerações sobre os Ambientes Multimodais | 19 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4 | Avaliação de Usabilidade no PlatMult | 20 |
| 4.1 | Metodologia | 21 |
| 4.1.1 | Cenários utilizados | 22 |
| 4.1.2 | Questionário | 24 |
| 4.2 | Considerações sobre a Metodologia | 24 |
| 5 | Testes de Usabilidade | 25 |
| 5.1 | Testes de Prova de Conceito com Usuários Videntes | 25 |
| 5.2 | Testes com Usuários com Baixa Visão | 27 |
| 5.2.1 | Teste uni-modal (Visual) | 28 |
| 5.2.2 | Teste bimodal (Visual-Auditivo) | 30 |
| 5.2.3 | Teste bimodal (Visual-Tátil) | 32 |
| 5.2.4 | Teste tri-modal (Visual-Tátil-Auditivo) | 34 |
| 5.2.5 | Resultados do Questionário | 38 |
| 5.3 | Considerações Finais | 39 |
| 6 | Conclusões | 41 |
| 6.1 | Principais considerações | 41 |
| 6.2 | Trabalhos futuros | 42 |
| A | Anexo A - Questionário de Avaliação | 43 |
| | Referências | 45 |

Resumo

O uso de computadores vem crescendo constantemente, onde muitas tarefas podem ser realizadas com o uso destes. No entanto, estes dispositivos muitas vezes não são acessíveis, o que pode impossibilitar muitas pessoas de utilizá-los, como é o caso dos usuários baixa visão. Existem várias tecnologias que dão apoio a usuários que sofrem de baixa visão, como aparelhos de CCTV, OCR e *softwares* assistivos. Existem também os ambientes multimodais, que podem oferecer uma forma de interação diferenciada, estimulando vários sentidos do usuário ao mesmo tempo. Neste trabalho fez-se a avaliação de usabilidade da plataforma multimodal PlatMult, no intuito de verificar o efeito de estímulos multimodais em usuários com baixa visão no uso de computadores.

Palavras-chave: Usuários de Baixa Visão, Ambientes Multimodais, Teste de Usabilidade, PlatMult.

Capítulo 1

Introdução

Os computadores são muito utilizados para a realização de inúmeras tarefas, sejam estas relacionadas à trabalho ou ao entretenimento do usuário, devido à sua praticidade e eficiência. Estes aparelhos estão cada vez mais integrados com o dia a dia das pessoas, o que exige que a usabilidade desses dispositivos permita o maior número de usuários consiga utilizá-los. Contudo, computadores e aparelhos similares usam primariamente o estímulo visual para enviar informações ao usuário. Assim, ao considerar um usuário que possui seu sentido visual limitado, por motivos de deficiência, como é o caso das pessoas com baixa visão, ou por idade, a utilização de computadores ou similares se torna um grande desafio.

A baixa visão é uma patologia caracterizada pela visão em defasagem, no qual correções por método cirúrgico ou pela utilização de óculos e lentes de contato convencionais não é possível [Colembrander, 2000]. A baixa visão faz com que o indivíduo tenha dificuldades em realizar tarefas como leitura, escrita, assistir televisão, usar um computador, dirigir um carro ou reconhecer rostos à distância. Como a baixa visão não é remediável, a pessoa com esta patologia deve aprender a usar ao máximo sua visão restante [Get Eyes Smart, 2014].

De acordo com o CENSO de 2010 realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a deficiência visual atinge cerca de 35,7 milhões de pessoas no Brasil, e 18,8% dos entrevistados afirmam ter dificuldade em enxergar mesmo com o uso de óculos ou lentes de contato. Considerando este fato, é perceptível que existe um grande número de pessoas que tem dificuldade ao usar computadores convencionais por conta da visão em defasagem.

Quando engajada no ato de leitura, a pessoa com baixa visão se vê forçada a aproximar ao seu rosto o livro ou revista que está lendo, e muitas vezes, ainda assim encontra dificuldade em compreender o que está escrito. O mesmo acontece no uso do computador.

Na pesquisa realizada por [Murphy et al., 2008] com pessoas com baixa visão, os participantes informaram que tem muita dificuldade em interpretar as informações exibidas pelo computador devido ao fato de, muitas vezes, estas serem exibidas em tamanho muito pequeno. A falta de experiência por parte dos usuários no uso de computadores e informática básica também é um agravante para a dificuldade que os mesmos tem durante o uso.

Um sistema multimodal pode processar dois ou mais tipos de modo de entrada e saída de dados ao mesmo tempo, como toque, voz, gestos e outros [Sears and Jacko, 2007]. Dada tal característica, é esperado que estes sistemas sejam mais fáceis de aprender e usar do que computadores convencionais, tanto para usuários com ou sem limitações, como mostrado em [Akamatsu et al., 1995], uma vez que o uso exclusivo do sentido visual limita o uso de um computador para um usuário com baixa visão.

Vários ambientes multimodais foram projetados pensando nos usuários que sofrem de baixa visão, por exemplo, em [Cassidy et al., 2013] é descrito um caixa eletrônico que estimula o sentido tátil do usuário. A plataforma possui pequenos motores no teclado numérico, que vibram de forma a indicar ao usuário a direção de onde se localiza a entrada do cartão, a saída do recibo e outros, dependendo da ação que o usuário deseja realizar.

A plataforma que é usada nesta pesquisa é a PlatMult [Bidarra and Oyamada, 2011], uma plataforma multimodal que se utiliza de três tipos de estímulos para enviar informações ao usuário que a utilizar, o visual, proporcionado pela ferramenta xLupa, o tátil, fornecido pelo mouse adaptado com um vibrador de celular em seu interior, e por fim, o auditivo, realizado por um Leitor de Tela.

1.1 Motivação

Dado que sinais multimodais mostraram potencial para melhora na experiência do usuário [Akamatsu et al., 1995] e, no estudo de [Jacko et al., 2003], é feita uma avaliação com usuários portadores de degeneração macular¹ sobre a tarefa *drag-and-drop* em uma plataforma preparada especificamente para esta avaliação, é visto que existe um ganho em desempenho para usuários com degeneração macular quando expostos a estímulos multimodais. Com estas informações,

¹Uma condição médica que resulta na perda da visão no centro do campo visual devido a danos na retina. Torna difícil ou impossível de ler ou reconhecer rostos, embora ainda possua visão periférica suficiente para permitir outras atividades da vida diária.

e como apontado pelo Censo de 2010, existe um grande número de pessoas com deficiência visual, e devido ao aumento do uso de computadores na realização de muitas tarefas, é possível justificar o investimento em tecnologias multimodais que visam ajudar usuários com deficiência visual a usar sistemas computacionais.

Como o PlatMult é uma plataforma multimodal que visa auxiliar usuários com baixa visão, surge então a motivação para a elaboração de uma metodologia de coleta de dados para análise qualitativa e quantitativa do PlatMult no quesito de usabilidade, para verificar como seus *feedbacks* multimodais podem afetar seus usuários e se os *feedbacks* ajudam de fato os usuários.

1.2 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é estudar o efeito de estímulos multimodais em usuários com baixa visão no uso de computadores, com foco em *web*, e como estes estímulos combinados afetam a interação dos mesmos, verificando se os mesmos tem efeito positivo ou negativo na interação do usuário, utilizando testes de usabilidade como forma de análise. Como objetivos específicos estão:

- Elaborar uma metodologia para coletar dados sobre a usabilidade da plataforma PlatMult;
- Realizar testes com usuários de baixa visão, usando a metodologia elaborada;
- Testar várias combinações de *feedbacks*;
- Analisar e discutir as informações obtidas ao final da pesquisa.

1.3 Organização do Trabalho

Além do Capítulo 1 que contextualizou o presente trabalho, este documento está dividido da seguinte forma:

- O Capítulo 2 descreve e compara algumas soluções disponíveis a usuários que sofrem com a baixa visão.
- O Capítulo 3 descreve brevemente os ambientes multimodais e cita alguns exemplos voltados para baixa visão, e como os mesmos foram avaliados sobre sua usabilidade.

- O Capítulo 4 mostra como foi feita a concepção da metodologia de análise a ser usada neste trabalho.
- O Capítulo 5 mostra os resultados obtidos através de um teste inicial, para validação da metodologia, e em seguida mostra os resultados obtidos pela aplicação da metodologia em testes com usuários de baixa visão, como também apresenta uma análise dos mesmos.
- No Capítulo 6 constam as principais considerações deste trabalho, como também possíveis trabalhos futuros.

Capítulo 2

Tecnologias de Auxílio para Baixa Visão

Acessibilidade é o *design* focado em princípios que estendam o *design* padrão para pessoas que possuem algum tipo de limitação, para que o número de usuários potenciais que possam utilizar o produto, serviço ou local seja maximizado [Wegge and Zimmermann, 2007].

Com a tecnologia, foram criadas várias ferramentas que oferecem auxílio para pessoas que sofrem com visão debilitada quando se trata da leitura de texto, sendo este impresso ou digital. Dessas tecnologias, existem as que são produtos específicos para determinadas tarefas, como *Closed Circuit Televisions* (CCTV) - Televisão de Circuito Fechado, *Optical Character Recognition* (OCR) - Reconhecimento Ótico de Caracteres, livros de áudio e aparelhos de GPS. Outras são *softwares*, que podem ler em voz alta o texto exibido na tela, ampliar seu conteúdo, e possibilitar outras formas de interação [American Foundation for the Blind, 2014a].

A seguir, serão descritos alguns tipos de tecnologias assistivas para pessoas que sofrem com a baixa visão.

2.1 CCTV

CCTV's são usados geralmente para monitorar locais no intuito de manter a segurança de um ambiente, contudo, também podem ser usados no auxílio de leitura para usuários com baixa visão. Um CCTV feito para o uso de usuários com baixa visão pode ter o formato de um *desktop*, onde neste tipo o aparelho CCTV possui uma bandeja móvel onde o usuário coloca o material que gostaria de ler, na qual existe uma câmera posicionada logo acima, pronta para filmar o material de leitura, que em seguida exibirá as imagens em um monitor, de forma ampliada, possibilitando assim a leitura do material ao usuário.

Cada CCTV tem suas características, algumas podem oferecer *zoom* manipulável, enquanto outras, de custo mais baixo, oferecem apenas um *zoom* fixo. Em geral, é possível selecionar o contraste desejado e exibir as imagens com fundo preto e letras brancas. Alguns sistemas podem funcionar juntamente com um computador para o compartilhamento de tela.

Também existem versões portáteis de CCTV que possibilitam ao usuário usufruir dos benefícios da ampliação proporcionado pela tecnologia em um aparelho que pode ser guardado na mochila ou bolsa [Low Vision ORG 2014, 2014].

Na Tabela 2.1 é feita uma comparação entre vários produtos CCTV, onde pode ser visto que existem vários tipos de ferramentas CCTV, tanto portáteis como de mesa, e todas elas com preços elevados.

Tabela 2.1: Comparação de produtos CCTV

| Nome | Empresa | Tamanho Tela | Ampliação | Modos de cor | Portátil | Preço |
|----------------|--------------------|--------------|-----------|--------------|----------|-------------------|
| TOPAZ | Freedom Scientific | 17" a 24" | 77x | 33 | Não | U\$2595 – U\$3495 |
| RUBY | Freedom Scientific | 4.3" | 14x | 5 | Sim | U\$545 – U\$895 |
| CANDY 5 HD | HIMS | 5" | 22x | 4 | Sim | U\$695 |
| LifeStyle HD | HIMS | 22" a 24" | 95x | 7 | Não | U\$2995 |
| LookStation 19 | Aumed | 19" | 50x | 8 | Não | U\$2799 |

2.2 OCR

OCR (*Optical Character Recognition*), como a tradução da sigla diz, é o reconhecimento ótico de caracteres. Tal tecnologia pode ser aplicada em forma de *software*, onde será lida uma imagem digital e será extraído o texto, e quando voltada para deficientes visuais, o texto poderá ser lido pelo computador utilizando um sintetizador de voz. Também existem dispositivos dedicados, equipados com câmeras que podem digitalizar material impresso e ler o conteúdo. Estes dispositivos dedicados muitas vezes podem agir também como soluções CCTV, uma vez que também possuem câmeras [Low Vision ORG 2014, 2014].

Também existem programas de OCR para *smartphones*, que permitem ao usuário tirar uma foto com seu celular e então reconhecer o texto. Alguns, quando voltados para deficientes visuais, permitem usar um sintetizador de voz, se provido pelo sistema ou pela aplicação, para ler o texto em voz alta.

Na Tabela 2.2 é feita uma comparação entre alguns aparelhos dedicados a OCR e na Tabela

2.3 é feita uma comparação entre alguns *softwares* de OCR para *smartphones*.

Tabela 2.2: Comparação de produtos OCR

| Nome | Empresa | CCTV | Vários idiomas | Portátil | Preço |
|----------------|---------|------|----------------|----------|---------|
| Zoom-ex | Abisee | Sim | Sim | Sim | U\$1775 |
| Eye-pal Reader | Abisse | Não | Sim | Não | U\$1795 |
| Lavoice Solo | Aumed | Sim | Sim | Não | U\$1995 |

Tabela 2.3: Comparação de *softwares* OCR para *smartphones*

| Nome | Empresa | Sistema | Preço | Observações |
|-------------------|-----------------|---------|-----------|--|
| OCR Instantly PRO | Thesimplest.net | Android | R\$9,81 | Usa serviços Google para tradução de texto e sintetização de voz. |
| Georgie OCR | ScreemReader | Android | R\$75,39 | Possui sintetizador de voz próprio. Feito especificamente para deficientes visuais. |
| CapturaTalk | iansyst LTD | Android | R\$150,86 | Uma suíte de acessibilidade para Android. Possui OCR e sintetizador de voz integrados. |

Na Tabela 2.2 é mostrado que as soluções de OCR são muito caras, o que dificulta o acesso às mesmas. Em contraste, a Tabela 2.3 mostra que as soluções disponíveis para *smartphones* são muito mais baratas, e ainda tem a vantagem de serem portáteis, já que rodam em dispositivos móveis.

2.3 Softwares Assistivos

No uso de um computador, um usuário com baixa visão pode utilizar diversos tipos de *softwares* de auxílio, como ampliadores de tela, que aumentam o tamanho dos itens exibidos no monitor, a fim de possibilitar uma melhor leitura. Existem também *softwares* leitores de tela, que detectam as palavras exibidas em forma de texto e as que leem em voz alta para o usuário. Em conjunto com leitores de tela, navegadores textuais também podem ser utilizados. Estes *softwares* funcionam como um navegador convencional, com a diferença de não realizarem o carregamento de imagens [Acessibilidade Legal, 2008].

2.3.1 Ampliadores de tela

Ampliadores de tela são programas desenvolvidos para trabalhar como lupas sobre a tela do computador, alguns podem ampliar toda tela, ou podem ampliar somente uma parte em volta do cursor do mouse, simulando uma lupa física [American Foundation for the Blind, 2014b]. Na Tabela 2.4 é feita uma comparação entre alguns ampliadores de tela disponíveis no mercado.

Tabela 2.4: Comparação de *softwares* Ampliadores de Tela

| Nome | Empresa | Ampliação | Leitor de Tela | Plataforma | Portátil | Preço | Observações |
|----------------------|---|------------|----------------|------------|----------|-----------------|---|
| MAGic | Freedom Scientific | Até 36x | Opcional | Windows | Não | U\$395 – U\$595 | – |
| ZoomText | Ai Squared | Até 60x | Opcional | Windows | Opcional | U\$399 - U\$998 | – |
| Desktop Zoom | Telenet | Sem limite | Incluso | Windows | Sim | Gratuito | Não necessita instalação. |
| SuperNova | Dolphin | Até 60x | Incluso | Windows | Opcional | £295 | – |
| Magnifying glass PRO | Workers Collection | Sem limite | Não possui | Windows | Não | U\$24,95 | Age como uma lupa em volta do cursor. |
| xLupa | UNIOESTE | Até 30x | Incluso | Linux | Não | Gratuito | – |
| Magnifier | Microsoft | Até 16x | Não possui | Windows | Não | Gratuito | Incluso com Windows. |
| Orca | Gnome | Sem limite | Incluso | Unix | Não | Gratuito | Incluso em várias distribuições Linux. |
| iBrowse | Tongji Eye Institute, Tongji University | Sem limite | Incluso | Windows | Não | Gratuito | Foca na alteração da página <i>web</i> em vez da ampliação. |

Na Tabela 2.4 é visto que existem muitos ampliadores de telas, tanto pagos quanto gratuitos, onde usuários poderão escolher funções específicas como a ampliação total da tela ou ampliação em volta do cursor do mouse. É mostrado também que as ferramentas mais caras possuem melhor nível de ampliação e opções de portabilidade.

2.3.2 Leitores de Tela

Leitores de tela são programas que detectam conteúdo em forma de texto sendo exibido na tela do computador, e utilizam um sintetizador de voz para ler o conteúdo ao usuário. Alguns podem ser usados em conjunto com editores de texto, outros são voltados para lerem somente conteúdo *web* [American Foundation for the Blind, 2014c].

Na Tabela 2.5 é feita uma comparação entre alguns leitores de tela disponíveis para o usuário final.

Tabela 2.5: Comparação de *softwares* Leitores de Tela

| Nome | Empresa | Plataforma | Várias línguas | Preço | Observações |
|---------------|--------------------|-----------------|----------------|--------------------|--|
| Thunder Storm | ScreemReader | Windows | Sim | Gratuito | – |
| JAWS | Freedom Scientific | Windows | Sim | US\$895 – US\$1095 | Possui inúmeras ferramentas auxiliares. |
| Window-Eyes | Gw-micro | Windows | Sim | US\$895 | – |
| BrowseAloud | TextHelp | Multiplataforma | Sim | Gratuito | Não necessita instalação, iniciado a partir da execução de um <i>script</i> . |
| Narrator | Microsoft | Windows | Sim | Gratuito | Incluso com Windows |
| WebAnywhere | WebAnywhere | Multiplataforma | Inglês | Gratuito | Age como <i>proxy web</i> , não necessita instalação, necessita ser acessado via <i>web</i> e pode necessitar de ajuda de um terceiro para ser acessado. |
| DosVox | UFRJ | Windows | Sim | Gratuito | É uma coleção de ferramentas, que suportam integração com outros leitores de tela. |
| Orca | Gnome | Unix | Sim | Gratuito | Incluso em algumas distribuições Linux. |

Tal como existem muitos Ampliadores de Tela disponíveis no mercado, o mesmo se aplica a Leitores de Tela, cada um com suas características, como mostra a Tabela 2.5. Alguns Leitores de Tela não precisam ser instalados, o que facilita sua utilização, no entanto, estes funcionam exclusivamente em navegadores *web*, os Leitores de Tela pagos e que necessitam de instalação oferecem deferentes opções de línguas e podem ser usados em conjunto com outros programas do computador, não somente navegadores.

2.4 Considerações Sobre Tecnologias Assistivas

Várias ferramentas foram criadas para oferecerem auxílio para pessoas que possuem visão em defasagem. É possível perceber que existem vários tipos de tecnologias, cada uma oferecendo uma forma de solução para o mesmo problema: a leitura de texto digital ou impresso. Estas soluções podem ser visuais ou auditivas, e algumas conseguem integrar ambos os tipos, ou ainda, mais de uma solução pode ser usada ao mesmo tempo.

Muitas dessas ferramentas de auxílio são ainda caras, o que dificulta o acesso às mesmas, e as soluções que estão disponíveis gratuitamente carecem de funções somente encontradas em *softwares* pagos. Em geral, os pagos possuem teclas de atalho, maior compatibilidade com ferramentas de trabalho e permitem ao usuário usar o computador de forma autônoma, evitando a necessidade de ajuda de um terceiro. Já os *softwares* gratuitos se limitam a um cenário específico, como navegação na *web*, e às vezes, o usuário necessita de ajuda para iniciar a solução.

Este capítulo fez algumas breves comparações entre ferramentas de auxílio disponíveis no mercado voltado para pessoas com baixa visão. No restante deste trabalho são mostradas algumas soluções que podem ir além das tecnologias já vistas neste capítulo, e como as mesmas podem afetar a interação do usuário.

Capítulo 3

Ambientes Multimodais

Segundo [Sears and Jacko, 2007] sistemas multimodais são sistemas que podem processar dois ou mais modos de entrada ou saída de dados ao mesmo tempo. Isto possibilita uma nova forma como um usuário pode interagir com o computador, onde, por exemplo, o usuário utiliza comandos de voz em adição aos métodos tradicionais de entrada, como teclado e *mouse*. A sintetização de voz é outra maneira como o computador pode prover informações ao usuário, em adição a exibição de texto em um monitor.

Historicamente, o sistema “*Put that there*” de [Bolt, 1980] foi um dos primeiros a demonstrar o valor e a oportunidade das interfaces multimodais. Na pesquisa de [Bolt, 1980] uma sala que integrava entradas de voz e gestos foi construída, permitindo que o usuário, que permanecia sentado, manipulasse de forma natural a interface do sistema, que era projetada em uma parede. Isso mostrou que era possível construir sistemas que pudessem ser utilizados de forma mais natural pelo ser humano, e logo outros pesquisadores começaram a propor e construir suas próprias interfaces e ambientes multimodais. Como exemplo, [Neal et al., 1989] trabalharam em um sistema que permitia a interação com o usuário por meio da fala ou escrita de linguagem natural e gestos, e exibia resultados usando uma combinação de linguagem, mapas e gráficos. Em outro exemplo, [Cohen et al., 1997] projetaram um sistema que usava voz e toques com canetas, que rodava em um computador *tablet* antigo, voltado para treino militar.

Existem várias vantagens no uso de ambientes multimodais. Para [Oviatt and Cohen, 2000], os ambientes multimodais permitem modos de entrada de dados flexíveis, e para alguns casos, podem melhorar o desempenho do usuário, como em casos de manipulação gráfica, suportando melhor precisão espacial do que sistemas que lidam unicamente com voz. Outra vantagem é a capacidade de acomodar uma diversidade maior de usuários. Isso permite aos usuários, que

devido a alguma limitação, como a baixa visão ou cegueira, interajam com sistemas computacionais de uma maneira mais confortável.

A seguir, são brevemente detalhados alguns ambientes multimodais propostos e avaliados por pesquisadores. Os sistemas descritos são voltados a usuários que sofrem com deficiência visual, alguns focam em usuários com cegueira total, e outros em baixa visão. A cada exemplo, é também feita uma descrição de como cada ambiente foi avaliado em termos de eficiência e usabilidade.

3.1 Haptic ATM interface

Caixas eletrônicas não são muito acessíveis para pessoas com debilidades visuais. Pensando nisso, [Cassidy et al., 2013] propuseram e montaram um protótipo de um caixa eletrônico equipado com um teclado háptico, que saiba guiar o usuário cego ou de baixa visão na execução de tarefas como encontrar a entrada de cartão e saída do dinheiro e recibo.

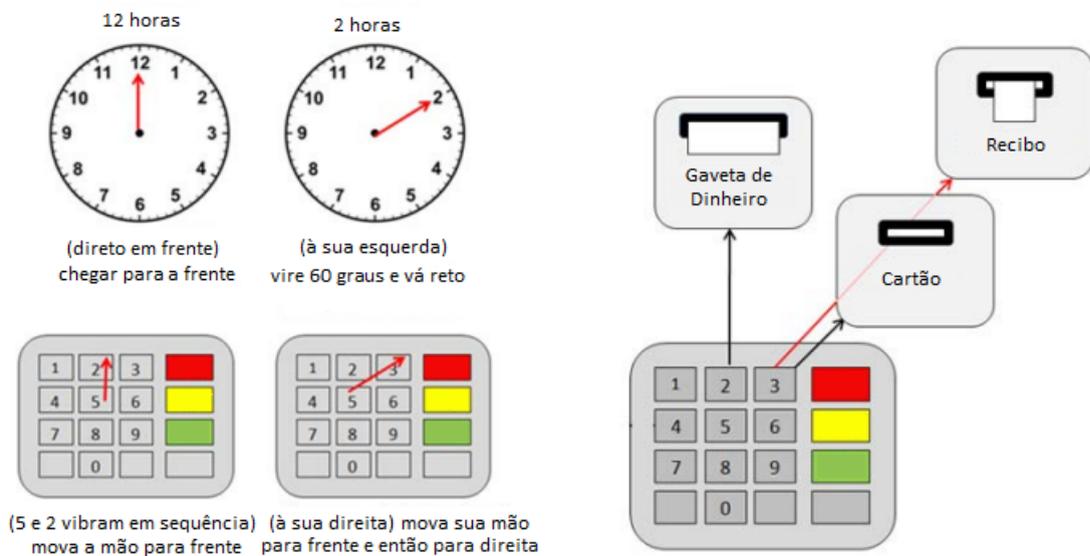


Figura 3.1: Esquema de orientação baseada nos ponteiros de relógio

Fonte: Adaptado de [Cassidy et al., 2013].

Nesta concepção do teclado háptico, foram adicionados vibradores de celular nas teclas numéricas, que vibram de modo a indicar a direção da entrada ou saída desejada. A direção é dada em forma de orientação baseada nos ponteiros do relógio. Como havia uma perda na precisão da direção, foram adicionados pontos hápticos nas entradas de cartão e saídas do dinheiro e

recibo, que vibrariam quando fossem requisitados. Ao seguir a direção dada pelo teclado, o usuário procuraria um disco que estaria a vibrar, e quando o alcançar, saberia que chegou ao seu objetivo.

Para avaliar a interface, [Cassidy et al., 2013] recrutaram 16 participantes com deficiência visual e cego-surdos parciais para tomarem parte em um teste de usabilidade. Dos 16 participantes, nove tinham experiência com o uso de caixas eletrônicas e os outros sete tinham nenhuma experiência. Para a realização do teste foi criado um aparato similar a um caixa eletrônico real, que continha um teclado numérico háptico e dois pontos hápticos que repensavam a entrada do cartão e a saída do recibo e dinheiro.

O procedimento do teste consistiu em filmar a interação, e usar análise estatística básica, pois o desempenho dos usuários era muito variado. Os participantes foram inicialmente instruídos sobre a plataforma para se familiarizarem com a mesma. Logo após, os mesmos seguiram um cenário de teste que simulava uma ação normal de uso de um caixa eletrônico, como retirar dinheiro e recibo.

Como resultado, foi percebido que alguns usuários conseguiam completar o teste rapidamente, enquanto alguns demoravam um pouco mais, e houve uma desistência por um participante, que não conseguiu encontrar um dos discos hápticos. Concluiu-se que a interface deveria ser melhorada, pois alguns usuários se confundiram durante a interação. E como relato dos usuários, os mesmos gostaram da interação, ainda que alguns necessitaram de ajuda no uso do caixa eletrônico, a interface poderia dar-lhes um pouco de autonomia.

3.2 SpaceSense

SpaceSense é uma aplicação de mapas criada por [Yatani et al., 2012] que executa em um dispositivo móvel, como um *Smartphone*. Esta aplicação funciona junto a uma capa modificada, contendo nove pequenos vibradores em um *grid* três por três separados por dois centímetros de distância cada um.

O objetivo do SpaceSense é ajudar pessoas com deficiência visual a conhecer o ambiente e localização de estabelecimentos de interesse, através de *feedback* auditivo, sendo que ao informar o nome da rua onde o usuário se encontra a aplicação irá oferecer instruções para onde seguir, e com *feedback* tátil, o sistema informará a direção a ser seguida vibrando na ordem

correta os vibradores presentes na capa do dispositivo.

Na avaliação do SpaceSense, [Yatani et al., 2012] recrutaram doze usuários com deficiência visual, onde dez eram totalmente cegos e dois com baixa visão. Houve duas partes na avaliação, a primeira foi um *feedback* dos usuários sobre o sistema em geral, onde os usuários utilizaram os sistema livremente, e a segunda foi uma avaliação do aprendizado dos usuários sobre os caminhos fornecidos pelo sistema.

Como Resultado da primeira parte do teste, foi identificado que os usuários conseguiram navegar pelas instruções do sistema e entender as informações apresentadas pelo *feedback* tátil. Os participantes comentaram que usariam o sistema se precisassem se deslocar a um lugar desconhecido.

No segundo teste, realizado em laboratório, foi pedido aos usuários que reproduzissem os caminhos dados pelo sistema com pequenas peças retangulares, para demonstrar que conseguiram interpretar as direções fornecidas. Como resultado deste teste, foi percebido que com o uso do sistema SpaceSense os usuários conseguiram criar caminhos mais próximos da realidade do que com o uso unicamente de *feedback* auditivo.

3.3 Instant Tactile-Audio Map

Este sistema proposto por [Wang et al., 2009] é um sistema que tem como objetivo gerar de forma automática, um arquivo que contém informações gráficas e textuais a partir de uma imagem fonte sem nenhum meta-dado incluso. Este arquivo gerado pode ser usado, então, em conjunto com uma cópia impressa por uma impressora em braile ou termal, e um *touchpad*, para prover informações táteis e auditivas sobre o mapa em questão.

O sistema proposto toma como entrada um arquivo de imagem de um mapa qualquer. A imagem é processada para que o texto contido nela, como nomes de ruas, sejam detectados e armazenados, e também que seja feita uma limpeza visual para eliminar detalhes irrelevantes. Toda essa informação é armazenada em um arquivo de formato SVG (*Scalable Vector Graphics*), que será impresso. A impressão será usada pelo usuário colocando-a sobre um *touchpad* conectado a um computador com o sistema. O usuário tocará o mapa sobre o *touchpad*, recebendo assim informações via estímulos táteis, e o sistema sintetizaria uma voz que lerá as informações textuais armazenadas no arquivo SVG criado anteriormente, provendo assim o

estímulo auditivo ao usuário. A Figura 3.2 mostra um usuário utilizando o sistema.



Figura 3.2: Usuário utilizando o sistema Instant Tactile-Audio map.
Fonte: [Wang et al., 2009].

Na pesquisa de [Wang et al., 2009] foram recrutados seis usuários cegos para realizar um teste de uso do sistema, e em seguida, responderam um questionário sobre a experiência do usuário no uso do sistema. Dos usuários recrutados, alguns já tinham experiência com uso de mapas. No teste de navegação, foram selecionados cinco exemplos de mapas, e solicitado aos participantes que localizassem dois pontos no mapa, estes podendo ser ruas, parques, estruturas ou outros, em seguida foi requisitado aos mesmos que descobrissem uma rota que interliga tais pontos.

Como resultado deste teste, [Wang et al., 2009] perceberam que os usuários, em sua maioria, conseguiam localizar pontos no mapa com mais facilidade do que encontrar rotas para ligar os mesmos, contudo, alguns participantes falharam em realizar as tarefas pedidas.

No questionário aplicado ao final do experimento, alguns relataram que se confundiram quando se deparavam com seguimentos descontínuos de ruas com o mesmo nome. Outros relataram que por usarem duas mãos para ler o conteúdo impresso, precisavam manter uma delas como referência inicial, causando confusão quando estavam procurando um caminho. Entretanto, os participantes gostaram do sistema destacando a facilidade de uso e grande quantidade de informação apresentada.

3.4 Multimodal interface for web accessibility

No trabalho de [Yu et al., 2006] foi mostrado um design de uma interface multimodal voltada para usuários com deficiência visual para uso em navegação na web. Esta interface é um *plug-in* para navegadores, que se utiliza de *feedback* tátil e auditivo para prover informação espacial e navegacional ao usuário.

O *feedback* tátil é fornecido por um *mouse* de baixo custo que vibra em determinadas ocasiões, por exemplo, quando o cursor do *mouse* passa por cima de um *link* ou imagem.

O *feedback* auditivo é feito pela sintetização de voz e no uso de sons não vocais, onde os sons não vocais são usados como complemento ao *feedback* tátil do *mouse*. Por exemplo, quando o cursor do *mouse* passa por uma imagem, além do *feedback* tátil, o som de uma câmera tirando uma fotografia é tocada, informando assim que existe uma imagem onde o cursor do *mouse* passou.

Para avaliar a interface, [Yu et al., 2006] conduziram testes com usuários videntes e usuários com deficiência visual. Nos testes com usuários videntes, segundo os autores, o objetivo foi de examinar a compreensão do usuário sobre o *layout* dos objetos de páginas web, a navegação a estes objetos e a usabilidade do sistema. Doze participantes videntes realizaram os testes com os olhos vendados. O primeiro teste consistia de usar o sistema e explorar duas páginas web e descrevê-las. O segundo era encontrar certos objetos nas páginas web, uma vez usando a interface multimodal, e outra usando ferramenta JAWS [JAWS, 2014], um leitor de tela comercial. Por fim, foi aplicado um questionário aos participantes sobre a usabilidade da interface multimodal.

Como resultado, os participantes conseguiram compreender e descrever o *layout* dos objetos das páginas web testadas na primeira parte do teste. Na segunda parte, foi visto que, em geral, o uso da ferramenta JAWS possibilitou um acesso mais rápido aos objetos requisitados pelos avaliadores, uma vez que JAWS não necessita de conhecimento espacial e se utiliza de atalhos de teclado para alcançar as informações em uma página. Por fim, os participantes acharam que a interface é fácil de usar, e o *feedback* tátil tornou simples o entendimento do *layout* da página.

Nos testes com usuários com deficiência visual, sete usuários com perda total ou parcial de visão participaram dos testes, e sua maioria já possuía experiência com leitores de tela. O objetivo destes testes era o mesmo dos realizados com usuários videntes. Foi feito um teste,

onde era solicitado aos usuários que explorassem duas páginas *web* e a descrevessem, e ao término de cada teste, foi aplicado um questionário sobre a usabilidade da interface multimodal. Neste teste, os usuários conseguiram compreender e descrever o *layout* das páginas visitadas, e comentaram que esperavam que o *layout* de uma página web se assemelhasse a uma lista de itens, conseqüentemente pelo fato de que leitores de tela acessam os objetos da tela de forma sequencial.

No questionário, os usuários informaram que tiveram dificuldade inicial no uso do *mouse*, mas puderam se acostumar, e também informaram que se no futuro voltassem a usar o sistema poderiam usá-lo sem a necessidade de auxílio.

3.5 PlatMult

PlatMult é uma plataforma multimodal voltada a usuários de baixa visão proposta por [Bidarra and Oyamada, 2011] desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa em Inteligência Aplicada (GIA) da UNIOESTE – Campus de Cascavel. A plataforma foi concebida para ser de baixo custo, para permitir que a mesma seja acessível para um grande número de pessoas. Em seu projeto, a plataforma utiliza arquitetura x86, por ser bem difundida e permitir o reuso de peças descartadas de outros computadores que foram substituídos por modelos mais novos. Para reduzir todo tipo de custo, os *softwares* utilizados são gratuitos, onde o sistema operacional é a distribuição Linux Ubuntu com interface gráfica GNOME.

PlatMult¹ utiliza três tipos de *feedback* para o auxílio dos usuários. Primeiro o visual, que é fornecido pela ferramenta xLupa, um ampliador de tela gratuito construído para executar em sistemas Linux, onde junto a ampliação de tela, fornece filtros de cores para melhor visualização. O segundo *feedback* é o tátil, proporcionado por um *mouse* adaptado com um vibrador de celular em seu interior, que vibra quando o cursor do *mouse* passa por um botão, menu ou *link*. Por fim, o terceiro *feedback* é o auditivo, realizado pelo Leitor de Tela, um sintetizador de voz que lê o conteúdo de botões e menus ao usuário.

Em [Boscarioli et al., 2013a], é descrita uma primeira avaliação de usabilidade e da eficiência realizada sobre a plataforma PlatMult. A avaliação se deu em etapas partes distintas, a

¹Por ser o foco da avaliação deste trabalho, no próximo capítulo haverá detalhes adicionais sobre a plataforma, para que seja melhor explicada a confecção da metodologia de análise usada no trabalho.

primeira consistia em uma avaliação heurística baseada nas Heurísticas de Nielsen, a fim de encontrar problemas na interface da solução. A segunda etapa foi um Teste de Usabilidade realizado com dois usuários de baixa visão, onde dois cenários de teste foram utilizados. O primeiro cenário consistia em o usuário usar o navegador da plataforma para realizar uma busca na internet por um site específico, e o segundo cenário consistia do usuário acessar diretamente o site do sistema de correios e realizar uma busca por um determinado CEP. Cada cenário foi realizado duas vezes, sendo que na primeira vez foi utilizada somente a ampliação de tela, e na segunda foi utilizada a ampliação de tela em adição ao leitor de tela e *mouse* tátil. Por fim, a terceira etapa foi uma aplicação de um questionário de pós-teste com perguntas relacionadas à usabilidade da plataforma.

Na primeira parte, foram encontradas várias inconsistências em menus e botões na interface do ampliador de tela, que foram prontamente corrigidos. No segundo teste, os observadores perceberam que o cursor do *mouse* era muito pequeno antes da realização da configuração da ampliação. Outro problema detectado foi a dificuldade dos usuários em entender a voz sintetizada da plataforma, uma vez que ela às vezes emitia informações confusas. Por fim, no questionário, os usuários informaram que o *mouse* tátil é de grande ajuda, assim como o leitor de tela, pois independente da confusão relatada sobre as informações, o mesmo ajudava quando era necessário escrever algum texto, devido à leitura em voz alta as teclas que eram pressionadas. No entanto, a metodologia aplicada em [Boscarioli et al., 2013a] fornecia dados somente qualitativos sobre a plataforma, e para obter dados quantitativos, deveria ser preparada outra metodologia de análise.

Como próxima etapa dessa pesquisa, em [Boscarioli et al., 2013b] foi realizado um estudo para testar uma metodologia de análise quantitativa sobre a plataforma PlatMult, onde procurava-se avaliar o tempo de interação dos usuários, juntamente com os erros cometidos durante o uso da plataforma. No estudo tomaram parte sete usuários com visão normal, que seguiram um cenário similar ao cenário de uso dos sistema de correios utilizado em [Boscarioli et al., 2013a].

O teste de interação foi filmado com uma câmera, com o objetivo de realizar a contagem do tempo da interação e possibilitar análise posterior. Como resultado deste último experimento, foi verificado que a metodologia poderia mostrar informações suficientes para serem analisadas,

como captar todos os *feedbacks* proporcionados pela plataforma, tempo da interação e a reação do usuário durante o uso da plataforma.

Em estudos anteriores, [Boscarioli et al., 2013a] e [Boscarioli et al., 2013b], mostraram que a plataforma PlatMult pode proporcionar ajuda a usuários como baixa visão. No entanto, estes estudos não verificaram como cada tipo de *feedback* afeta a experiência do usuário, o que leva a motivação de realizar novos experimentos voltados para esta análise.

3.6 Considerações sobre os Ambientes Multimodais

Existem muitos ambientes multimodais sendo propostos e testados, sempre visando uma melhor interação do usuário. Com os sistemas mostrados anteriormente, é perceptível que mesmo quando o objetivo é melhorar a usabilidade para um usuário com um tipo específico de deficiência, existem várias formas de como usar a multimodalidade para tal, visto que os ambientes descritos são bem distintos entre si.

Neste trabalho foi utilizada uma metodologia similar à testada por [Boscarioli et al., 2013b], com algumas mudanças e a adição de mais cenários de testes, para a obtenção de mais dados. Poderia ter sido usada uma metodologia similar a de [Yu et al., 2006], no entanto, a mesma foi preparada para verificar o entendimento de uma página web e encontrar determinados itens, como *links* e botões, mas não avaliar como o usuário pode interagir com determinados itens. Na próxima seção, será detalhado como a metodologia de análise a ser utilizada na plataforma PlatMult foi concebida.

Capítulo 4

Avaliação de Usabilidade no PlatMult

Segundo [Nielsen, 2012], usabilidade é um atributo de qualidade que verifica o quão fácil é uma interface de ser usada por um usuário. Usabilidade é definida por cinco componentes de qualidade:

- Capacidade de aprendizado: O quão fácil é para os usuários completarem uma tarefa básica na primeira vez que encontram o *design* da interface.
- Eficiência: O quão rápido os usuários podem realizar as tarefas assim que os mesmos aprendem o *design*.
- Capacidade de memorização: O quão fácil é para o usuário retornar para uma interface e usa-la de forma proficiente depois de um longo periodo sem utiliza-la.
- Erros: A quantidade de erros que um usuário comete, o quão severo estes são e o quão fácil é para o usuário se recuperar deles.
- Satisfação: O quão agradável é utilizar a interface.

Neste trabalho pretende-se avaliar a usabilidade plataforma PlatMult nos quesitos de Eficiência e Satisfação de forma a verificar se o uso de determinado *feedback* pode afetar de forma positiva ou negativa a experiência do usuário, ou se o uso simultâneo de vários tipos de *feedback* pode melhorar ou piorar o desempenho do usuário em questão.

Em [Jacko et al., 2003], é usada uma metodologia para testar a usabilidade em uma plataforma multimodal, cujo foco é testar os efeitos da multimodalidade em uma ação *drag-and-drop* em um computador. A plataforma de teste de [Jacko et al., 2003] possuía três tipos de *feedback*:

o tátil, que era fornecido por um *mouse* vibratório, acionado quando o usuário arrastava e posicionava um ícone da tela de forma correta. O *feedback* auditivo, que é um som não vocal similar ao som de uma ventosa, ativado quando o ícone era movido para o local correto. Por último, o *feedback* visual se dava por um realce de coloração roxa sobre o ícone quando o mesmo estava no local correto a ser colocado.

Para a avaliação da plataforma PlatMult, pensou-se em utilizar uma metodologia similar à de [Jacko et al., 2003], no entanto, para tal, seria necessário realizar algumas mudanças, visto que a plataforma PlatMult realiza seus *feedbacks* de forma e em momentos diferentes. Na Seção 4.1, são detalhadas as diferenças entre as plataformas e como essas diferenças resultaram na alteração da metodologia de [Jacko et al., 2003] neste trabalho.

4.1 Metodologia

Existem várias diferenças entre a plataforma de [Jacko et al., 2003] e a plataforma PlatMult. Como um primeiro exemplo, o *feedback* tátil do PlatMult se ativa quando o cursor do *mouse* passa por um menu, botão ou *link*, que não é necessariamente o objetivo do usuário, o mesmo vale para o Leitor de tela, que lerá o conteúdo de um menu, botão ou link, ficando assim a cargo do usuário determinar se chegou a seu objetivo; em contrapartida na plataforma de [Jacko et al., 2003], o *feedback* só ocorre quando o usuário alcança o objetivo correto. O *feedback* visual da plataforma PlatMult não é apenas um simples realce em um determinado ícone, mas sim em toda tela, ampliando-a completamente com um filtro de cores opcional.

Entre uma ação e outra, o usuário receberá um número não previsível de *feedbacks* táteis e auditivos, pois como mencionado, estes *feedbacks* não dizem ao usuário que o mesmo chegou a seu objetivo, mas sim que há algo a ser considerado na tela, o que leva ao fato de que, no uso do PlatMult, todos os *feedbacks* recebidos foram necessários para guiar o usuário à conclusão da tarefa. Isto leva a impossibilidade de usar o tempo entre o último *feedback* até a conclusão da tarefa como fator a ser analisado.

Em relação aos erros cometidos por usuários durante a interação, existe uma dificuldade em definir o que seria um "erro" propriamente dito. No uso normal de um computador, qualquer usuário, sendo este com ou sem baixa visão, está propenso a se equivocar e executar uma ação de forma errônea, no entanto os sistemas permitem ao usuário que o mesmo se recupere do

erro e continue de onde parou. Tal característica torna a contagem de erros cometidos pelo usuário na plataforma PlatMult complicada, uma vez que a plataforma deverá auxiliar o usuário a se recuperar de um caso venha a cometê-lo. Logo, foi pensado em considerar somente a desistência do usuário como erro na realização das tarefas.

Outro fator relevante é a complexidade de uma tarefa de uso cotidiano de um computador, como acessar o e-mail pessoal, onde é requerido ao usuário que o mesmo inicie o navegador, entre no site do serviço, realize o *login* para só então acessar seu e-mail. Existem muitas pequenas ações a serem realizadas até o usuário chegar ao seu objetivo, pensando nisso, foi decidido criar cenários de teste que sejam divididos em pequenas tarefas, que ao final, cheguem ao objetivo desejado. Isto permite uma análise mais detalhada sobre vários tipos de ações realizados por um usuário, podendo avaliar como cada *feedback* afeta individualmente. Por fim, foi decidido basear a análise de eficiência no tempo da interação de cada ação do cenário.

Para fins de comparação de *feedbacks*, foi decidido que cada usuário realizaria o percurso de cada cenário quatro vezes, a cada vez alternando a combinação de *feedbacks* da plataforma. Para evitar que o usuário se acostume com o cenário proposto, cada interação foi realizada com o intervalo de uma semana. A primeira interação seria realizada somente com o uso do ampliador de tela xLupa, a segunda com o ampliador junto ao leitor de tela, a terceira com o ampliador em conjunto do *mouse* tátil, e por fim a interação final seria realizada com todos os *feedbacks* ativados. Foi escolhido manter o ampliador sempre ativado durante os testes, haja vista que o uso do computador já é por si só um elemento de dificuldade para usuários de baixa visão, ainda mais para aqueles sem experiência de uso.

Ao fim da interação final, uma entrevista foi conduzida baseada em um questionário, pedindo para que o usuário desse uma nota, avaliando certos aspectos da plataforma, e se os mesmos, dado a oportunidade, usariam uma determinada combinação de *feedbacks* e se estavam satisfeitos com a plataforma PlatMult.

4.1.1 Cenários utilizados

Para os testes, foram elaborados dois cenários de uso cotidiano. O primeiro consistia de o usuário acessar o site do sistema de correios e realizar uma busca por um CEP qualquer, mostrado na Tabela 4.1, no segundo, o usuário deveria acessar a rede social Facebook e selecionar

uma conversa de *chat* dentre uma listagem de amigos disponíveis para tal, mostrado na Tabela 4.2. Na concepção dos cenários, o navegador da plataforma já está aberto, tirando a necessidade do usuário de inicializá-lo.

Tabela 4.1: Cenário de teste no site correios.com

| Passo | Ação | Leitor de tela | Tátil |
|-------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| 1 | Achar a barra de endereços do navegador. | Lê o conteúdo da barra de endereços. | Vibra ao selecionar a barra. |
| 2 | Digitar o endereço do site dos correios e acessá-lo. | Lê as letras digitadas. | Não há. |
| 3 | Achar a opção "Busca CEP" e clicá-la. | Lê os menus. | Vibra ao passar pelos menus. |
| 4 | Achar o campo de busca de CEP. | Não há. | Vibra ao selecionar o campo. |
| 5 | Digitar e pesquisar um CEP qualquer. | Lê os números digitados. | Não há. |

Tabela 4.2: Cenário de teste com a rede social Facebook

| Passo | Ação | Leitor de tela | Tátil |
|-------|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | Achar a barra de endereços do navegador. | Lê o conteúdo da barra de endereços. | Vibra ao selecionar a barra. |
| 2 | Digitar o endereço do site Facebook e acessá-lo. | Lê as letras digitadas. | Não há. |
| 3 | Encontrar o formulário de login. | Lê os campos do formulário. | Vibra ao selecionar os campos. |
| 4 | Efetuar o login na rede social. | Lê as letras digitadas. | Vibra ao selecionar os campos. |
| 5 | Abrir todas as mensagens de chat. | Lê as opções. | Vibra ao passar sobre as opções. |
| 6 | Selecionar um chat qualquer. | Lê o nome. | Vibra ao passar sobre os chats. |

Estes cenários foram pensados de forma a refletir ações cotidianas no uso de computadores, sejam eles relacionados à busca de informações, como é o caso de uma busca por um CEP, ou entretenimento e comunicação, como é o caso do cenário do Facebook.

Cada parte dos cenários foi pensada para que o usuário seja forçado a usar as informações dos *feedbacks* da plataforma caso estejam ativadas. Por exemplo, todas as partes utilizam o *feedback* visual, provido pela ampliação de tela, pois todas elas requerem a busca por objetos ou a leitura de informação textual. Nas partes que requerem a digitação de informações, o *feedback* auditivo foi ativado para ler cada tecla pressionada, e em conjunto com o tátil, foram ativados quando for necessário clicar em um botão ou *link*.

4.1.2 Questionário

Foi elaborado um questionário aplicado ao final dos testes de usabilidade para os usuários de baixa visão, pedindo para que atribuíssem notas para alguns aspectos dos estímulos proporcionados pela plataforma PlatMult, e se os mesmos usariam determinadas combinações de *feedbacks*. Para as questões onde era necessário dar uma nota, a escala escolhida foi de 1 a 7, onde 7 representa a melhor nota, e 1 o seu contrário. Esta escala foi escolhida devido a mesma ter um ponto médio, sendo este a nota 4, e por prover 3 pontos que pendem para o lado positivo e para o lado negativo, permitindo assim que o usuário possa dar a nota que melhor se aplica a sua opinião. O questionário utilizado se encontra no Anexo A.

4.2 Considerações sobre a Metodologia

Este capítulo teve como objetivo descrever como a metodologia de coleta de dados foi definida, ressaltando as diferenças entre as plataformas multimodais PlatMult e a usada por [Jacko et al., 2003].

Também é descrito o questionário que foi usado para conduzir uma entrevista com os usuários que participaram dos testes da plataforma para obter suas opiniões a respeito da plataforma PlatMult e seus *feedbacks*.

No Capítulo 5 são mostrados os resultados obtidos de um teste de prova de conceito da metodologia e também sobre a aplicação dos testes com usuários com baixa visão.

Capítulo 5

Testes de Usabilidade

Antes da realização dos testes de usabilidade com usuários com baixa visão, foi necessário validar a metodologia de análise. Para tal, foi realizado um teste de prova de conceito para verificar se a metodologia poderia prover informações sobre o tempo de interação dos usuários, como também identificar possíveis problemas que possam ocorrer durante uma interação de teste. Na Seção 5.1 esse teste inicial é detalhado.

5.1 Testes de Prova de Conceito com Usuários Videntes

Para a validação da metodologia, tomaram parte nos testes doze usuários videntes, onde onze eram alunos do curso de Ciência da Computação da UNIOESTE – Campus de Cascavel, e uma aluna de ensino médio, que possuía nível de habilidade básica com Informática. Destes doze alunos, todos já utilizavam a rede social Facebook, e dois deles já utilizaram o site do sistema dos correios para obter informações de um CEP.

Primeiramente os usuários foram instruídos em como a plataforma funciona e sobre o objetivo do teste de usabilidade. Cada cenário de teste lhes foi explicado e logo após foi pedido aos mesmos que realizassem o cenário referente aos Correios, e em seguida, o do Facebook.

A interação dos usuários foi filmada por uma câmera *off-screen* a 29 *frames* por segundo. A filmagem da interação tinha por objetivo possibilitar a análise posterior e ajudar na contagem do tempo de interação. Durante a interação, todos os *feedbacks* da plataforma estavam ativados, para testar se a filmagem era capaz de detectá-los quando ativados.

Cada vídeo das interações foi analisado a fim de determinar a contagem de tempo de cada interação. Foi tomado como início da contagem do tempo o ponto em que o vídeo se inicia,

ou seja, o ponto de tempo 0:00:00, e para determinação do ponto de término da contagem, é escolhido o ponto em que o usuário clica em um botão de confirmação ou em uma caixa de texto, ou o momento em que o mesmo pressiona a tecla ENTER do teclado, visto que são essas as ações determinantes que finalizam cada parte dos cenários.

As Tabelas 5.1 e 5.2 apresentam os resultados dos tempos obtidos nos cenários dos Correios e Facebook, respectivamente.

Tabela 5.1: Resultados do cenário dos Correios no Teste Inicial

| Usuário | 1º Passo | 2º Passo | 3º Passo | 4º Passo | 5º Passo | Total |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 8,675s | 9,643s | 12,213s | 11,811s | 13,814s | 56,156s |
| 2 | 5,138s | 6,674s | 9,81s | 18,818s | 4,805s | 45,245s |
| 3 | 12,613s | 14,781s | 19,92s | 19,419s | 17,818s | 84,551s |
| 4 | 9,509s | 16,817s | 14,214s | 24,324s | 18,118s | 82,983s |
| 5 | 7,307s | 13,013s | 6,907s | 9,81s | 11,612s | 48,649s |
| 6 | 8,709s | 12,212s | 0s | 10,811s | 13,914s | 45,646s |
| 7 | 7,431s | 13,857s | 13,413s | 6,073s | 9,943s | 50,717s |
| 8 | 6,473s | 9,476s | 4,738s | 16,75s | 20,354s | 57,791s |
| 9 | 7,608s | 8,875s | 10,611s | 29,162s | 16,417s | 72,673s |
| 10 | 5,405s | 14,148s | 5,672s | 8,942s | 10,878s | 45,045s |
| 11 | 7,007s | 16,149s | 5,606s | 16,75s | 9,143s | 54,655s |
| 12 | 10,844s | 46,447s | 0s | 40,44s | 15,015s | 112,746s |
| Media | 8,0599s | 15,174s | 8,592s | 17,759s | 13,485s | 63,071s |
| Variância | 4,705s | 106,638s | 34,965s | 95,873s | 19,608s | 442,832s |
| Desvio Padrão | 2,169s | 10,326s | 5,913s | 9,791s | 4,428s | 21,043s |

Tabela 5.2: Resultados do cenário do Facebook no Teste Inicial

| Usuário | 1º Passo | 2º Passo | 3º Passo | 4º Passo | 5º Passo | 6º Passo | Total |
|---------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| 1 | 7,741s | 10,744s | 11,278s | 13,08s | 17,217s | 22,689s | 82,749s |
| 2 | 5,639s | 5,472s | 8,075s | 24,758s | 19,753s | 11,011s | 74,708s |
| 3 | 13,08s | 11,878s | 17,217s | 35,703s | 28,361s | 15,816s | 122,055s |
| 4 | 14,748s | 8,742s | 10,677s | 21,155s | 17,15s | 12,279s | 84,751s |
| 5 | 8,008s | 21,421s | 16,55s | 27,628s | 48,515s | 32,833s | 154,955s |
| 6 | 9,142s | 15,616s | 6,54s | 44,511s | 33,767s | 14,081s | 123,657s |
| 7 | 9,977s | 16,95s | 10,944s | 19,62s | 37,771s | 12,679s | 107,941s |
| 8 | 5,372s | 8,942s | 9,61s | 17,217s | 15,215s | 6,879s | 63,235s |
| 9 | 5,472s | 15,349s | 9,476s | 40,173s | 28,429s | 13,747s | 112,646s |
| 10 | 6,273s | 11,478s | 11,879s | 17,751s | 17,751s | 6,94s | 72,072s |
| 11 | 4,638s | 6,139s | 7,341s | 23,357s | 8,141s | 7,875s | 57,491s |
| 12 | 10,878s | 61,956s | 10,783s | 190,357s | 35,368s | 8,509s | 317,851s |
| Media | 8,414s | 16,223s | 10,864s | 39,609s | 25,6198s | 13,778s | 114,509s |
| Variância | 10,545s | 228,895s | 10,575s | 2346,896s | 136,463s | 55,892s | 4939,128s |
| Desvio padrão | 3,247s | 15,129s | 3,251s | 48,444s | 11,681s | 7,476s | 70,278s |

Analisando a média dos tempos obtidos sobre o cenário dos correios, é possível perceber que o passo relacionado à busca do campo de pesquisa de CEP é, em média, o mais demorado

de ser encontrado. No entanto, alguns usuários puderam encontrar o campo de busca em um tempo muito menor em relação aos demais, o que pode ser relacionado à experiência prévia de uso. Vale ressaltar que o valor 0 em duas células da coluna referente ao 3º passo do cenário dos correios não estão equivocadas, isto se dá pelo fato de que o *layout* do site permite acessar a busca pelo CEP sem a necessidade de ir para uma página específica, desta forma os usuários 6 e 12 acessaram a busca pelo CEP de forma direta, assim pulando efetivamente o 3º passo do cenário, isto se deve também a experiência prévia do usuário que já conhecia o *layout* da página.

Em relação às médias do cenário do Facebook, é possível notar que o 4º passo, que é relacionado à ação de *login* na rede social é o ato que requer o maior tempo para ser completado, isto se deve ao fato de que um dos usuários no momento da interação acabou por inserir de forma errônea seus dados para realizar o *login*, o que o fez repetir a ação algumas vezes, consequentemente aumentando o tempo médio da ação.

Com estes testes, foi possível calcular o tempo da interação e também identificar algumas tarefas em que os usuários com baixa visão poderão ter alguma dificuldade a mais em relação a outras, visto que em determinadas tarefas usuários videntes podem ser propensos a cometer erros, o que leva a pensar que usuários com baixa visão possam cometer os mesmos erros com uma frequência igual ou maior. Tem-se então como resultado que a metodologia pode ser usada para prover dados suficientes para se fazer uma análise de eficiência da plataforma.

Vale ressaltar que esta foi somente uma parte do trabalho, os resultados com dos testes realizados com usuários com baixa visão estão na Seção 5.2.

5.2 Testes com Usuários com Baixa Visão

Depois de preparada a metodologia de avaliação da plataforma PlatMult e a realização do teste inicial mostrado na seção anterior, foram realizados os testes com dez usuários com baixa visão. Destes dez usuários, dois já utilizavam o computador mesmo sem o auxílio de softwares assistivos, um utilizava o Leitor de Tela DosVox, e outra já utilizava o ampliador de tela xLupa, presente na plataforma PlatMult. Os seis usuários restantes tinham pouca experiência com computadores.

Devido às recentes mudanças ocorridas no *layout* do site do sistema de correios, outro cenário teve de ser preparado para ser usado nos testes com usuários com baixa visão, visto que a

mudança do *layout* resultou no encurtamento de alguns passos do cenário anterior.

O novo cenário preparado se refere à procura de uma notícia relacionada ao esporte futebol no site do Globo, e segue detalhado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Cenário de teste com o site da globo.com

| Passo | Ação | Leitor de tela | Tátil |
|-------|---|--------------------------------------|---|
| 1 | Achar a barra de endereços do navegador. | Lê o conteúdo da barra de endereços. | Vibra ao selecionar a barra. |
| 2 | Digitar o endereço do site do site globo.com e acessa-lo. | Lê as letras digitadas. | Não há. |
| 3 | Procurar o menu “globoesporte”. | Lê os menus. | Vibra ao passar sobre menus. |
| 4 | Procurar a opção “futebol” no menu “globoesporte” e clica-la. | Lê as opções. | Vibra ao passar sobre as opções. |
| 5 | Encontrar uma noticia qualquer e clica-la. | Lê o titulo das notícias. | Vibra ao passar sobre os <i>links</i> das notícias. |

Este cenário é mais focado na procura por informações mostradas na tela do que na entrada de informações pelo usuário, como é o caso do cenário referente à rede social Facebook.

Os dez usuários participaram dos testes de usabilidades que foram realizados no decorrer de um mês, onde a cada semana um teste sobre cada cenário era realizado, uma vez com a ampliação, outra vez com a combinação da ampliação junto ao leitor de tela e o *feedback* tátil intercalados, e na última semana com todos os *feedback* juntos.

O primeiro cenário testado foi o referente ao site de noticias globo.com, e logo em seguida o cenário referente à rede social Facebook foi testado.

Nas Subseções 5.2.1 até 5.2.4 estão os resultados de cada teste de usabilidade realizado, com os tempos de duração, em segundos, referentes a cada passo dos cenários de apresentados no Capítulo 4 e neste Capítulo.

5.2.1 Teste uni-modal (Visual)

O teste uni-modal foi o primeiro a ser realizado com os usuários com baixa visão, onde somente o ampliador de tela estava ativado, proporcionando o *feedback* visual da plataforma.

Nesta primeira parte, antes do início da sessão dos testes, foi permitido aos usuários que utilizassem a plataforma PlatMult para que os mesmos pudessem se acostumar com o seu uso, isto foi necessário pois muitos dos usuários que participaram dos testes tinham pouca experiência com computadores, muito menos com ampliadores de tela. Assim que os usuários estavam

confortáveis com a plataforma os testes iniciaram.

Tabela 5.4: Resultados do teste uni-modal (Visual) - Cenário globo.com

| Usuários | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 20,687 | 49,383 | 22,823 | 10,277 | 57,524 |
| 2 | 20,387 | 36,737 | 16,316 | 14,014 | 35,335 |
| 3 | 44,645 | 18,118 | 14,214 | 10,811 | 18,418 |
| 4 | 34,401 | 79,546 | 79,88 | 56,857 | 131,765 |
| 5 | 12,98 | 54,888 | 20,72 | 8,609 | 23,323 |
| 6 | 96,596 | 167,902 | 59,926 | 51,785 | 60,461 |
| 7 | 9,276 | 30,53 | 81,982 | 5,506 | 20,02 |
| 8 | 23,557 | 38,038 | 13,213 | 42,576 | 70,07 |
| 9 | 16,55 | 47,848 | 9,943 | 9,543 | 14,347 |
| 10 | 4,705 | 8,808 | 6,99 | 25,71 | 27,961 |
| Media | 28,3784 | 53,1798 | 32,6007 | 23,5688 | 45,9224 |
| Variância | 711,4593627 | 2012,551231 | 867,2995438 | 383,0697364 | 1296,432957 |
| Desvio Padrão | 26,67319558 | 44,86146711 | 29,44994981 | 19,57216739 | 36,00601279 |

Tabela 5.5: Resultados do teste uni-modal (Visual) - Cenário Facebook

| Usuários | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 | Passo 6 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 3,503 | 115 | 16,417 | 91,024 | 26,159 | 10,144 |
| 2 | 3,403 | 32,566 | 10,811 | 54,855 | 11,878 | 15,082 |
| 3 | 20,254 | 14 | 20,687 | 64,598 | 23,157 | 16,883 |
| 4 | 27,528 | 104 | 41,575 | 205,699 | 17,157 | 14,314 |
| 5 | 9,743 | 51,622 | 149,112 | 25,225 | 39,64 | 14,415 |
| 6 | 38,538 | 48,416 | 70,203 | 237,904 | 72,339 | 51,385 |
| 7 | 6,974 | 15,315 | 4,538 | 30,03 | 12,946 | 17,05 |
| 8 | 37,237 | 50,584 | 39,106 | 181,648 | 71,772 | 19,419 |
| 9 | 11,111 | 47,047 | 20,312 | 96,405 | 19,519 | 13,609 |
| 10 | 2,636 | 8,675 | 8,342 | 27,961 | 12,78 | 5,172 |
| Média | 16,0927 | 48,8125 | 38,1103 | 101,5349 | 30,7347 | 17,7473 |
| Variância | 194,2059933 | 1297,408243 | 1912,640809 | 6210,468091 | 541,9078671 | 155,3991276 |
| Desvio Padrão | 13,93578105 | 36,01955362 | 43,73374909 | 78,80652315 | 23,27891465 | 12,46591864 |

Nas Tabelas 5.4 e 5.5, referentes aos primeiros testes realizados, ao analisar as médias obtidas, vimos que o passo 2 do primeiro cenário e o passo 4 do segundo cenário são os mais demorados. Isto se dá pelo fato dos dois necessitarem da entrada de dados via teclado e, como a maioria dos usuários era pouco experiente com computadores, os mesmos levaram mais tempo para encontrar as teclas do teclado para digitar as informações, uma vez que a baixa visão também dificulta a identificação das teclas do teclado. Para diminuir a dificuldade do usuário ao usar o teclado, uma solução seria utilizar um teclado específico para baixa visão, onde as teclas possuem um tamanho maior que o regular, para facilitar a identificação das teclas.

Outra observação, como previsto no teste de usabilidade realizado como prova de conceito,

o passo 4 do cenário do Facebook, referente a ação de *login*, é o passo mais propenso a erros, como mostrado pelo tempo do usuário 4 e 6, onde precisaram refaze-lo inúmeras vezes devido a entrada de dados incorretos no passo. Aqui conclui-se que os passos que requerem entrada via teclado são os passos mais difíceis de serem realizados, tomando assim mais tempo dos usuários para a sua conclusão.

5.2.2 Teste bimodal (Visual-Auditivo)

Neste segundo teste, assim como no primeiro, foi permitido que os usuários utilizassem a plataforma PlatMult, e desta vez, com o Leitor de Tela ativado, para que os mesmos pudessem entender como o mesmo funciona durante o uso, e assim que os mesmos estavam confortáveis, o segundo teste foi iniciado.

Tabela 5.6: Resultados do teste bimodal (Visual - Auditivo) - cenário globo.com

| Usuários | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 4,938 | 36,337 | 9,809 | 5,105 | 17,918 |
| 2 | 2,236 | 27,36 | 3,671 | 3,003 | 11,277 |
| 3 | 9,576 | 12,88 | 39,039 | 10,01 | 11,678 |
| 4 | 63,063 | 91,692 | 34,2 | 25,826 | 32,733 |
| 5 | 3,103 | 38,705 | 16,55 | 3,501 | 3,106 |
| 6 | 29,93 | 77,711 | 40,574 | 36,436 | 44,311 |
| 7 | 5,138 | 17,752 | 69,536 | 9,075 | 32,299 |
| 8 | 24,725 | 59,125 | 6,74 | 18,352 | 32,032 |
| 9 | 5,472 | 31,298 | 17,217 | 9,743 | 30,564 |
| 10 | 3,503 | 26,961 | 4,404 | 4,938 | 19,687 |
| Media | 15,1684 | 41,9821 | 24,174 | 12,5989 | 23,5605 |
| Variância | 375,8437412 | 674,6370254 | 452,9120733 | 121,471013 | 163,2445856 |
| Desvio Padrão | 19,38668979 | 25,97377573 | 21,28173098 | 11,02138889 | 12,77672046 |

Tabela 5.7: Resultados do teste bimodal (Visual - Auditivo) - cenário Facebook

| Usuários | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 | Passo 6 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 9,61 | 48,682 | 10,01 | 113,213 | 14,814 | 4,572 |
| 2 | 2,069 | 26,493 | 5,739 | 65,532 | 7,341 | 8,809 |
| 3 | 13,38 | 24 | 14,882 | 49,516 | 11,678 | 9,944 |
| 4 | 40,607 | 95 | 49,382 | 158,559 | 19,219 | 12,012 |
| 5 | 8,208 | 59,059 | 12,212 | 76,71 | 19,92 | 4,905 |
| 6 | 37,604 | 97,649 | 85,568 | 216,816 | 76,877 | 15,916 |
| 7 | 3,77 | 21,922 | 8,609 | 35,836 | 29,529 | 28,228 |
| 8 | 21,421 | 42,042 | 87,888 | 159,693 | 35,369 | 15,615 |
| 9 | 6,373 | 53,954 | -23,093 | 150,487 | 16,216 | 7,508 |
| 10 | 11,078 | 12,746 | 8,408 | 21,889 | 5,739 | 7,407 |
| Média | 15,412 | 48,1266 | 25,9605 | 104,8251 | 23,6702 | 11,4916 |
| Variância | 185,2366338 | 871,8597778 | 1325,236508 | 4180,726869 | 433,5565722 | 50,04047138 |
| Desvio Padrão | 13,61016656 | 29,52727176 | 36,40379799 | 64,65854057 | 20,82202133 | 7,073928992 |

Nas Tabelas 5.6 e 5.7, referentes aos testes com o leitor de tela ativado, já é possível perceber algumas mudanças nas médias dos tempos de cada passo. Nas Tabelas 5.8 e 5.9 estão as diferenças das médias entre o primeiro teste com o segundo, os valores positivos representam ganho de desempenho entre a interação bimodal e a uni-modal, e os valores negativos representam perda de desempenho.

Tabela 5.8: Diferença entre uni-modal (Visual) e bimodal (Visual-Auditivo) – Cenário globo.com

| Globo V - VA | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | |
|-----------------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % |
| 1 | 15,749 | 76,13% | 13,046 | 26,42% | 13,014 | 57,02% | 5,172 | 50,33% | 39,606 | 68,85% |
| 2 | 18,151 | 89,03% | 9,377 | 25,52% | 12,645 | 77,50% | 11,011 | 78,57% | 24,058 | 68,09% |
| 3 | 35,069 | 78,55% | 5,238 | 28,91% | -24,825 | -174,65% | 0,801 | 7,41% | 6,74 | 36,59% |
| 4 | -28,662 | -83,32% | -12,146 | -15,27% | 45,68 | 57,19% | 31,031 | 54,58% | 99,032 | 75,16% |
| 5 | 9,877 | 76,09% | 16,183 | 29,48% | 4,17 | 20,13% | 5,108 | 59,33% | 20,217 | 86,68% |
| 6 | 66,666 | 69,02% | 90,191 | 53,72% | 19,352 | 32,29% | 15,349 | 29,64% | 16,15 | 26,71% |
| 7 | 4,138 | 44,61% | 12,778 | 41,85% | 12,446 | 15,18% | -3,569 | -64,82% | -12,279 | -61,33% |
| 8 | -1,168 | -4,96% | -21,087 | -55,44% | 6,473 | 48,99% | 24,224 | 56,90% | 38,038 | 54,29% |
| 9 | 11,078 | 66,94% | 16,55 | 34,59% | -7,274 | -73,16% | -0,2 | -2,10% | -16,217 | -113,03% |
| 10 | 1,202 | 25,55% | -18,153 | -206,10% | 2,586 | 37,00% | 20,772 | 80,79% | 8,274 | 29,59% |
| Média | 13,21 | 46,55% | 11,1977 | 21,06% | 8,4267 | 25,85% | 10,9699 | 46,54% | 22,3619 | 48,69% |

No primeiro cenário, a adição do *feedback* auditivo ocasionou uma diminuição de muitos segundos da média em cada passo do cenário. Já no segundo cenário, não houve uma melhora significativa, e no passo 4, houve uma leve piora no desempenho. Esta queda de desempenho do passo 4 do segundo cenário se deu pelo fato dos usuários se confundirem brevemente com o leitor de tela, pois quando os mesmos digitavam a senha de suas contas da rede social, o leitor lia “asterisco” em vez de informar a tecla pressionada. Isto é uma medida de segurança para evitar que alguém escute a senha do usuário, mas que acabou por confundir os mais inexperientes.

Tabela 5.9: Diferença entre uni-modal (Visual) e bimodal (Visual-Auditivo) – Cenário Facebook

| Facebook V - VA | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | | Passo 6 | |
|--------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|
| | Seg | % | Seg | % |
| 1 | -6,107 | -174,34% | 66,4 | 57,70% | 6,407 | 39,03% | -22,189 | -24,38% | 11,345 | 43,37% | 5,572 | 54,93% |
| 2 | 1,334 | 39,20% | 6,073 | 18,65% | 5,072 | 46,92% | -10,677 | -19,46% | 4,537 | 38,20% | 6,273 | 41,59% |
| 3 | 6,874 | 33,94% | -9,276 | -64,35% | 5,805 | 28,06% | 15,082 | 23,35% | 11,479 | 49,57% | 6,939 | 41,10% |
| 4 | -13,079 | -47,51% | 9,375 | 8,98% | -7,807 | -18,78% | 47,14 | 22,92% | -2,062 | -12,02% | 2,302 | 16,08% |
| 5 | 1,535 | 15,75% | -7,437 | -14,41% | 136,9 | 91,81% | -51,485 | -204,10% | 19,72 | 49,75% | 9,51 | 65,97% |
| 6 | 0,934 | 2,42% | -49,233 | -101,69% | -15,365 | -21,89% | 21,088 | 8,86% | -4,538 | -6,27% | 35,469 | 69,03% |
| 7 | 3,204 | 45,94% | -6,607 | -43,14% | -4,071 | -89,71% | -5,806 | -19,33% | -16,583 | -128,09% | -11,178 | -65,56% |
| 8 | 15,816 | 42,47% | 8,542 | 16,89% | -48,782 | -124,74% | 21,955 | 12,09% | 36,403 | 50,72% | 3,804 | 19,59% |
| 9 | 4,738 | 42,64% | -6,907 | -14,68% | 43,405 | 213,69% | -54,082 | -56,10% | 3,303 | 16,92% | 6,101 | 44,83% |
| 10 | -8,442 | -320,26% | -4,071 | -46,93% | -0,066 | -0,79% | 6,072 | 21,72% | 7,041 | 55,09% | -2,235 | -43,21% |
| Média | 0,6807 | 4,23% | 0,6859 | 1,41% | 12,1498 | 31,88% | -3,2902 | -3,24% | 7,0645 | 22,99% | 6,2557 | 35,25% |

Observando as porcentagens da diferença entre as médias entre os uni-modal e o bimodal

Visual-Auditivo é perceptível que houve passos que obtiveram melhora significativa, onde 3 passos do primeiro cenário de teste foram realizados em praticamente metade do tempo do teste unimodal. No cenário do Facebook houve passos que não tiveram melhora significativa, como é o caso do passo 1 e 2. Isto se deve ao fato de que estes dois passos são similares aos dois primeiros passos do cenário do site do globo, e como o teste dos dois cenários foram realizados em sequencia, os usuários já realizavam esta tarefa de forma mais rápida. Desta forma, a análise deve se voltar para os passos restantes, onde houve melhora de aproximadamente 25% em 3 passos do cenário.

Pela matriz de diferença, podemos ver que houve alguns casos pontuais onde os usuários demoraram mais para realizar os passos durante a interação bimodal, isto se deve a pequenos erros cometidos durante a execução dos passos, mas o tempo de interação total foi menor.

5.2.3 Teste bimodal (Visual-Tátil)

Neste terceiro teste, o *mouse de feedback* motor estava ativado, e como nas interações de teste anteriores, foi permitido aos usuários utilizar a plataforma para se familiarizarem com o *feedback* tátil.

Tabela 5.10: Resultado do teste bimodal (Visual-Tátil) – Cenário globo.com

| Usuários | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 7,174 | 31,431 | 14,615 | 7,708 | 11,811 |
| 2 | 4,404 | 18,085 | 7,474 | 3,003 | 10,411 |
| 3 | 17,618 | 7,874 | 14,214 | 6,006 | 21,088 |
| 4 | 56,723 | 79,813 | 61,128 | 51,452 | 40,507 |
| 5 | 5,813 | 39,299 | 19,619 | 5,406 | 11,478 |
| 6 | 56,823 | 133,167 | 40,04 | 46,213 | 35,869 |
| 7 | 3,971 | 18,551 | 39,84 | 8,208 | 20,755 |
| 8 | 14,681 | 38,739 | 13,113 | 15,716 | 29,629 |
| 9 | 14,915 | 46,646 | 5,206 | 17,551 | 28,561 |
| 10 | 13,714 | 14,214 | 10,61 | 5,473 | 20,487 |
| Media | 19,5836 | 42,7819 | 22,5859 | 16,6736 | 23,0596 |
| Variância | 407,5617974 | 1438,308698 | 332,6508843 | 309,8826332 | 108,7092349 |
| Desvio Padrão | 20,18815983 | 37,92504051 | 18,23871937 | 17,60348355 | 10,42637209 |

Tabela 5.11: Resultado do teste bimodal (Visual-Tátil) – Cenário Facebook

| Usuários | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 | Passo 6 |
|---------------|-----------|-------------|-----------|---------|-------------|-------------|
| 1 | 3,77 | 49,483 | 14,248 | 92,759 | 17,117 | 5,205 |
| 2 | 2,369 | 24,558 | 5,072 | 63,396 | 7,474 | 4,138 |
| 3 | 12,346 | 62 | 10,51 | 70,17 | 23,524 | 10,911 |
| 4 | 39,64 | 96 | 31,098 | 166,967 | 35,035 | 11,411 |
| 5 | 3,537 | 25,292 | 12,446 | 62,762 | 4,238 | 6,339 |
| 6 | 40,841 | 99,032 | 34,301 | 166,033 | 76,076 | 9,609 |
| 7 | 3,804 | 8,675 | 4,538 | 26,56 | 8,008 | 36,206 |
| 8 | 29,997 | 38,638 | 21,922 | 104,705 | 44,444 | 9,309 |
| 9 | 9,543 | 37,971 | 42,843 | 84,918 | 55,656 | 12,546 |
| 10 | 4,771 | 10,544 | 12,079 | 19,219 | 11,211 | 6,207 |
| Média | 15,0618 | 45,2384 | 18,9057 | 85,7489 | 28,2783 | 11,1881 |
| Variância | 242,62439 | 1030,27012 | 171,78616 | 2516,82 | 577,9169038 | 85,30186432 |
| Desvio Padrão | 15,576405 | 32,09782111 | 13,106722 | 50,1679 | 24,03990232 | 9,23590084 |

Ao analisar as médias obtidas pelos testes mostrados nas Tabelas 5.10 e 5.11, e comparando com o dados do teste unimodal, pode-se perceber uma mudança nos valores dos tempos de cada passo dos cenários. As diferenças entre os valores do primeiro teste e o terceiro estão nas Tabelas 5.12 e 5.13.

Tabela 5.12: Diferença entre uni-modal (Visual) e bimodal (Visual-Tátil) – Cenário globo.com

| Globo | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | |
|-------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % |
| 1 | 13,513 | 65,32% | 17,952 | 36,35% | 8,208 | 35,96% | 2,569 | 25,00% | 45,713 | 79,47% |
| 2 | 15,983 | 78,40% | 18,652 | 50,77% | 8,842 | 54,19% | 11,011 | 78,57% | 24,924 | 70,54% |
| 3 | 27,027 | 60,54% | 10,244 | 56,54% | 0 | 0,00% | 4,805 | 44,45% | -2,67 | -14,50% |
| 4 | -22,322 | -64,89% | -0,267 | -0,34% | 18,752 | 23,48% | 5,405 | 9,51% | 91,258 | 69,26% |
| 5 | 7,167 | 55,22% | 15,589 | 28,40% | 1,101 | 5,31% | 3,203 | 37,21% | 11,845 | 50,79% |
| 6 | 39,773 | 41,17% | 34,735 | 20,69% | 19,886 | 33,18% | 5,572 | 10,76% | 24,592 | 40,67% |
| 7 | 5,305 | 57,19% | 11,979 | 39,24% | 42,142 | 51,40% | -2,702 | -49,07% | -0,735 | -3,67% |
| 8 | 8,876 | 37,68% | -0,701 | -1,84% | 0,1 | 0,76% | 26,86 | 63,09% | 40,441 | 57,72% |
| 9 | 1,635 | 9,88% | 1,202 | 2,51% | 4,737 | 47,64% | -8,008 | -83,91% | -14,214 | -99,07% |
| 10 | -9,009 | -191,48% | -5,406 | -61,38% | -3,62 | -51,79% | 20,237 | 78,71% | 7,474 | 26,73% |
| Média | 8,7948 | 30,99% | 10,3979 | 19,55% | 10,0148 | 30,72% | 6,8952 | 29,26% | 22,8628 | 49,79% |

Tabela 5.13: Diferença entre uni-modal (Visual) e bimodal (Visual-Tátil) – Cenário Facebook

| Facebook | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | | Passo 6 | |
|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|
| | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % |
| 1 | 0,133 | 3,80% | 70,804 | 61,52% | 11,613 | 70,74% | -7,475 | -8,21% | 19,152 | 73,21% | 4,148 | 40,89% |
| 2 | -1,102 | -32,38% | 4,238 | 13,01% | -2,802 | -25,92% | -15,115 | -27,55% | -3,738 | -31,47% | 8,876 | 58,85% |
| 3 | 8,242 | 40,69% | 3,536 | 24,53% | 8,609 | 41,62% | 8,742 | 13,53% | -7,941 | -34,29% | 7,14 | 42,29% |
| 4 | 5,573 | 20,24% | -7,208 | -6,90% | 17,284 | 41,57% | 7,968 | 3,87% | -11,538 | -67,25% | -8,642 | -60,37% |
| 5 | 6,206 | 63,70% | 9,447 | 18,30% | 137,59 | 92,27% | -63,353 | -251,15% | 30,964 | 78,11% | 9,911 | 68,75% |
| 6 | -1,836 | -4,76% | -27,66 | -57,13% | 24,558 | 34,98% | -107,007 | -44,98% | 9,276 | 12,82% | 29,563 | 57,53% |
| 7 | 0,334 | 4,79% | 4,171 | 27,23% | -6,006 | -132,35% | 6,006 | 20,00% | -12,546 | -96,91% | 7,573 | 44,42% |
| 8 | 18,085 | 48,57% | -16,984 | -33,58% | 16,984 | 43,43% | 58,892 | 32,42% | 26,226 | 36,54% | 2,402 | 12,37% |
| 9 | -11,779 | -106,01% | 8,609 | 18,30% | 9,902 | 48,75% | -0,792 | -0,82% | 2,101 | 10,76% | 7,603 | 55,87% |
| 10 | -2,102 | -79,74% | -3,003 | -34,62% | 0,334 | 4,00% | 6,072 | 21,72% | -3,102 | -24,27% | -6,44 | -124,52% |
| Média | 2,1754 | 13,52% | 4,595 | 9,41% | 21,8066 | 57,22% | -10,6062 | -10,45% | 4,8854 | 15,90% | 6,2134 | 35,01% |

Os resultados deste teste se assemelham aos resultados do teste bimodal Visual-Auditivo. A porcentagem também demonstrou melhoria no desempenho dos usuários, no entanto, não tão grande quanto no teste bimodal Visual-Auditivo.

5.2.4 Teste tri-modal (Visual-Tátil-Auditivo)

Neste último teste, todos os *feedbacks* foram ativados. Nas Tabelas 5.14 e 5.15 estão os resultados em segundos obtidos.

Tabela 5.14: Resultado do teste tri-modal (Visual-Tátil-Auditivo) – Cenário globo.com

| Usuários | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 4,905 | 39,9761 | 12,6759 | 4,805 | 15,149 |
| 2 | 4,438 | 18,618 | 5,406 | 6,54 | 10,477 |
| 3 | 17,384 | 24,291 | 24,224 | 14,214 | 13,48 |
| 4 | 45,679 | 83,483 | 32,433 | 29,029 | 27,327 |
| 5 | 4,371 | 57,591 | 6,039 | 4,204 | 12,68 |
| 6 | 30,33 | 71,538 | 17,218 | 24,824 | 56,857 |
| 7 | 3,67 | 10,544 | 48,582 | 7,074 | 13,88 |
| 8 | 21,388 | 27,16 | 13,948 | 10,811 | 19,753 |
| 9 | 17,918 | 76,076 | 9,476 | 10,344 | 10,143 |
| 10 | 8,742 | 6,874 | 4,671 | 2,936 | 5,739 |
| Media | 15,8825 | 41,61511 | 17,46729 | 11,4781 | 18,5485 |
| Variância | 190,8220641 | 811,563175 | 197,4268925 | 78,83940966 | 215,4910405 |
| Desvio Padrão | 13,81383596 | 28,48794789 | 14,05086803 | 8,879155909 | 14,67961309 |

Tabela 5.15: Resultado do teste tri-modal (Visual-Tátil-Auditivo) – Cenário Facebook

| Usuários | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 | Passo 6 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 3,77 | 49,483 | 14,248 | 92,759 | 17,117 | 5,205 |
| 2 | 2,369 | 24,558 | 5,072 | 63,396 | 7,474 | 4,138 |
| 3 | 12,346 | 62 | 10,51 | 70,17 | 23,524 | 10,911 |
| 4 | 39,64 | 96 | 31,098 | 166,967 | 35,035 | 11,411 |
| 5 | 3,537 | 25,292 | 12,446 | 62,762 | 4,238 | 6,339 |
| 6 | 40,841 | 99,032 | 34,301 | 166,033 | 76,076 | 9,609 |
| 7 | 3,804 | 8,675 | 4,538 | 26,56 | 8,008 | 36,206 |
| 8 | 29,997 | 38,638 | 21,922 | 104,705 | 44,444 | 9,309 |
| 9 | 9,543 | 37,971 | 42,843 | 84,918 | 55,656 | 12,546 |
| 10 | 4,771 | 10,544 | 12,079 | 19,219 | 11,211 | 6,207 |
| Média | 15,0618 | 45,2384 | 18,9057 | 85,7489 | 28,2783 | 11,1881 |
| Variância | 242,6243944 | 1030,27012 | 171,7861558 | 2516,820824 | 577,9169038 | 85,30186432 |
| Desvio Padrão | 15,57640505 | 32,09782111 | 13,10672178 | 50,16792625 | 24,03990232 | 9,23590084 |

Como mostram as Tabelas 5.16 e 5.17, quando se compara a interação uni-modal com a tri-modal, existe ganho de desempenho como era esperado, uma vez que no testes anteriores a adição de um *feedback* na interação ocasionou na melhora de desempenho dos usuários.

Tabela 5.16: Diferença entre uni-modal e tri-modal – Cenário globo.com

| Globo V - VTA | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | |
|------------------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % |
| 1 | 15,782 | 76,29% | 9,4069 | 19,05% | 10,1471 | 44,46% | 5,472 | 53,25% | 42,375 | 73,66% |
| 2 | 15,949 | 78,23% | 18,119 | 49,32% | 10,91 | 66,87% | 7,474 | 53,33% | 24,858 | 70,35% |
| 3 | 27,261 | 61,06% | -6,173 | -34,07% | -10,01 | -70,42% | -3,403 | -31,48% | 4,938 | 26,81% |
| 4 | -11,278 | -32,78% | -3,937 | -4,95% | 47,447 | 59,40% | 27,828 | 48,94% | 104,438 | 79,26% |
| 5 | 8,609 | 66,33% | -2,703 | -4,92% | 14,681 | 70,85% | 4,405 | 51,17% | 10,643 | 45,63% |
| 6 | 66,266 | 68,60% | 96,364 | 57,39% | 42,708 | 71,27% | 26,961 | 52,06% | 3,604 | 5,96% |
| 7 | 5,606 | 60,44% | 19,986 | 65,46% | 33,4 | 40,74% | -1,568 | -28,48% | 6,14 | 30,67% |
| 8 | 2,169 | 9,21% | 10,878 | 28,60% | -0,735 | -5,56% | 31,765 | 74,61% | 50,317 | 71,81% |
| 9 | -1,368 | -8,27% | -28,228 | -59,00% | 0,467 | 4,70% | -0,801 | -8,39% | 4,204 | 29,30% |
| 10 | -4,037 | -85,80% | 1,934 | 21,96% | 2,319 | 33,18% | 22,774 | 88,58% | 22,222 | 79,47% |
| Média | 12,4959 | 44,03% | 11,56469 | 21,75% | 15,13341 | 46,42% | 12,0907 | 51,30% | 27,3739 | 59,61% |

Tabela 5.17: Diferença entre uni-modal e tri-modal – Cenário Facebook

| Facebook V - VTA | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | | Passo 6 | |
|---------------------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % |
| 1 | -0,267 | -7,62% | 65,599 | 57,00% | 2,169 | 13,21% | -1,735 | -1,91% | 9,042 | 34,57% | 4,939 | 48,69% |
| 2 | 1,034 | 30,38% | 8,008 | 24,59% | 5,739 | 53,08% | -8,541 | -15,57% | 4,404 | 37,08% | 10,944 | 72,56% |
| 3 | 7,908 | 39,04% | -47,281 | -328,02% | 10,177 | 49,20% | -5,572 | -8,63% | -0,367 | -1,58% | 5,972 | 35,37% |
| 4 | -12,112 | -44,00% | 7,908 | 7,57% | 10,477 | 25,20% | 38,732 | 18,83% | -17,878 | -104,20% | 2,903 | 20,28% |
| 5 | 6,206 | 63,70% | 26,33 | 51,01% | 136,666 | 91,65% | -37,537 | -148,81% | 35,402 | 89,31% | 8,076 | 56,02% |
| 6 | -2,303 | -5,98% | -50,616 | -104,54% | 35,902 | 51,14% | 71,871 | 30,21% | -3,737 | -5,17% | 41,776 | 81,30% |
| 7 | 3,17 | 45,45% | 6,64 | 43,36% | 0 | 0,00% | 3,47 | 11,56% | 4,938 | 38,14% | -19,156 | -112,35% |
| 8 | 7,24 | 19,44% | 11,946 | 23,62% | 17,184 | 43,94% | 76,943 | 42,36% | 27,328 | 38,08% | 10,11 | 52,06% |
| 9 | 1,568 | 14,11% | 9,076 | 19,29% | -22,531 | -110,92% | 11,487 | 11,92% | -36,137 | -185,14% | 1,063 | 7,81% |
| 10 | -2,135 | -80,99% | -1,869 | -21,54% | -3,737 | -44,80% | 8,742 | 31,26% | 1,569 | 12,28% | -1,035 | -20,01% |
| Média | 1,0309 | 6,41% | 3,5741 | 7,32% | 19,2046 | 50,39% | 15,786 | 15,55% | 2,4564 | 7,99% | 6,5592 | 36,96% |

Ao comparar o teste bimodal Visual-Auditivo com a interação trimodal, em alguns passos houve perda de desempenho, no entanto, esta perda foi pequena como mostram as tabelas 5.18 e 5.19. Houve também ganho de desempenho e em alguns passos, esta melhoria foi superior a 20%. No entanto, no Passo 5 do cenário do Facebook, houve uma perda de desempenho considerável, com -19,47%. O passo em questão se refere a ação de procura pela lista de *chats*, isto se deu pelo fato da página possuir um número elevado de botões e *links* que foram lidos pelo leitor, o que fez os usuários focarem sua atenção em vários itens até chegarem a seu objetivo.

Tabela 5.18: Diferença entre bimodal (Visual-Auditivo) e tri-modal – Cenário globo.com

| Globo | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | |
|-------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| | VA - VTA | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg |
| 1 | 0,033 | 0,67% | -3,6391 | -10,01% | -2,8669 | -29,23% | 0,3 | 5,88% | 2,769 | 15,45% |
| 2 | -2,202 | -98,48% | 8,742 | 31,95% | -1,735 | -47,26% | -3,537 | -117,78% | 0,8 | 7,09% |
| 3 | -7,808 | -81,54% | -11,411 | -88,59% | 14,815 | 37,95% | -4,204 | -42,00% | -1,802 | -15,43% |
| 4 | 17,384 | 27,57% | 8,209 | 8,95% | 1,767 | 5,17% | -3,203 | -12,40% | 5,406 | 16,52% |
| 5 | -1,268 | -40,86% | -18,886 | -48,79% | 10,511 | 63,51% | -0,703 | -20,08% | -9,574 | -308,24% |
| 6 | -0,4 | -1,34% | 6,173 | 7,94% | 23,356 | 57,56% | 11,612 | 31,87% | -12,546 | -28,31% |
| 7 | 1,468 | 28,57% | 7,208 | 40,60% | 20,954 | 30,13% | 2,001 | 22,05% | 18,419 | 57,03% |
| 8 | 3,337 | 13,50% | 31,965 | 54,06% | -7,208 | -106,94% | 7,541 | 41,09% | 12,279 | 38,33% |
| 9 | -12,446 | -227,45% | -44,778 | -143,07% | 7,741 | 44,96% | -0,601 | -6,17% | 20,421 | 66,81% |
| 10 | -5,239 | -149,56% | 20,087 | 74,50% | -0,267 | -6,06% | 2,002 | 40,54% | 13,948 | 70,85% |
| Média | -0,7141 | -4,71% | 0,36699 | 0,87% | 6,70671 | 27,74% | 1,1208 | 8,90% | 5,012 | 21,27% |

Tabela 5.19: Diferença entre bimodal (Visual-Auditivo) e tri-modal – Cenário Facebook

| Facebook | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | | Passo 6 | |
|----------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| | VA - VTA | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg |
| 1 | 5,84 | 60,77% | -0,801 | -1,65% | -4,238 | -42,34% | 20,454 | 18,07% | -2,303 | -15,55% | -0,633 | -13,85% |
| 2 | -0,3 | -14,50% | 1,935 | 7,30% | 0,667 | 11,62% | 2,136 | 3,26% | -0,133 | -1,81% | 4,671 | 53,03% |
| 3 | 1,034 | 7,73% | -38,005 | -160,43% | 4,372 | 29,38% | -20,654 | -41,71% | -11,846 | -101,44% | -0,967 | -9,72% |
| 4 | 0,967 | 2,38% | -1,467 | -1,54% | 18,284 | 37,03% | -8,408 | -5,30% | -15,816 | -82,29% | 0,601 | 5,00% |
| 5 | 4,671 | 56,91% | 33,767 | 57,18% | -0,234 | -1,92% | 13,948 | 18,18% | 15,682 | 78,72% | -1,434 | -29,24% |
| 6 | -3,237 | -8,61% | -1,383 | -1,42% | 51,267 | 59,91% | 50,783 | 23,42% | 0,801 | 1,04% | 6,307 | 39,63% |
| 7 | -0,034 | -0,90% | 13,247 | 60,43% | 4,071 | 47,29% | 9,276 | 25,88% | 21,521 | 72,88% | -7,978 | -28,26% |
| 8 | -8,576 | -40,04% | 3,404 | 8,10% | 65,966 | 75,06% | 54,988 | 34,43% | -9,075 | -25,66% | 6,306 | 40,38% |
| 9 | -3,17 | -49,74% | 15,983 | 29,62% | -65,936 | -285,52% | 65,569 | 43,57% | -39,44 | -243,22% | -5,038 | -67,10% |
| 10 | 6,307 | 56,93% | 2,202 | 17,28% | -3,671 | -43,66% | 2,67 | 12,20% | -5,472 | -95,35% | 1,2 | 16,20% |
| Média | 0,3502 | 2,27% | 2,8882 | 6,00% | 7,0548 | 27,18% | 19,0762 | 18,20% | -4,6081 | -19,47% | 0,3035 | 2,64% |

A comparação entre a interação bimodal Visual-Tátil e a interação tri-modal traz resultados similares com a comparação bimodal Visual-Auditiva e tri-modal, como mostram as Tabelas 5.20 e 5.21. Houve pouca perda ou ganho de desempenho entre as interações bimodais e a tri-modal.

Tabela 5.20: Diferença entre bimodal (Visual-Tátil) e tri-modal – Cenário globo.com

| Globo | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | |
|-------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| | VT - VTA | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg |
| 1 | 2,269 | 31,63% | -8,5451 | -27,19% | 1,9391 | 13,27% | 2,903 | 37,66% | -3,338 | -28,26% |
| 2 | -0,034 | -0,77% | -0,533 | -2,95% | 2,068 | 27,67% | -3,537 | -117,78% | -0,066 | -0,63% |
| 3 | 0,234 | 1,33% | -16,417 | -208,50% | -10,01 | -70,42% | -8,208 | -136,66% | 7,608 | 36,08% |
| 4 | 11,044 | 19,47% | -3,67 | -4,60% | 28,695 | 46,94% | 22,423 | 43,58% | 13,18 | 32,54% |
| 5 | 1,442 | 24,81% | -18,292 | -46,55% | 13,58 | 69,22% | 1,202 | 22,23% | -1,202 | -10,47% |
| 6 | 26,493 | 46,62% | 61,629 | 46,28% | 22,822 | 57,00% | 21,389 | 46,28% | -20,988 | -58,51% |
| 7 | 0,301 | 7,58% | 8,007 | 43,16% | -8,742 | -21,94% | 1,134 | 13,82% | 6,875 | 33,12% |
| 8 | -6,707 | -45,68% | 11,579 | 29,89% | -0,835 | -6,37% | 4,905 | 31,21% | 9,876 | 33,33% |
| 9 | -3,003 | -20,13% | -29,43 | -63,09% | -4,27 | -82,02% | 7,207 | 41,06% | 18,418 | 64,49% |
| 10 | 4,972 | 36,25% | 7,34 | 51,64% | 5,939 | 55,98% | 2,537 | 46,35% | 14,748 | 71,99% |
| Média | 3,7011 | 18,90% | 1,16679 | 2,73% | 5,11861 | 22,66% | 5,1955 | 31,16% | 4,5111 | 19,56% |

Tabela 5.21: Diferença entre bimodal (Visual-Tátil) e tri-modal – Cenário Facebook

| Facebook | Passo 1 | | Passo 2 | | Passo 3 | | Passo 4 | | Passo 5 | | Passo 6 | |
|----------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % | Seg | % |
| 1 | -0,4 | -11,87% | -5,205 | -11,76% | -9,444 | -196,59% | 5,74 | 5,83% | -10,11 | -144,28% | 0,791 | 13,19% |
| 2 | 2,136 | 47,41% | 3,77 | 13,31% | 8,541 | 62,74% | 6,574 | 9,40% | 8,142 | 52,14% | 2,068 | 33,32% |
| 3 | -0,334 | -2,78% | -50,817 | -467,15% | 1,568 | 12,98% | -14,314 | -25,63% | 7,574 | 24,36% | -1,168 | -11,99% |
| 4 | -17,685 | -80,55% | 15,116 | 13,54% | -6,807 | -28,02% | 30,764 | 15,56% | -6,34 | -22,09% | 11,545 | 50,29% |
| 5 | 0 | 0,00% | 16,883 | 40,03% | -0,924 | -8,02% | 25,816 | 29,14% | 4,438 | 51,15% | -1,835 | -40,74% |
| 6 | -0,467 | -1,16% | -22,956 | -30,18% | 11,344 | 24,85% | 178,878 | 51,86% | -13,013 | -20,63% | 12,213 | 55,97% |
| 7 | 2,836 | 42,71% | 2,469 | 22,16% | 6,006 | 56,96% | -2,536 | -10,56% | 17,484 | 68,59% | -26,729 | -282,04% |
| 8 | -10,845 | -56,63% | 28,93 | 42,82% | 0,2 | 0,90% | 18,051 | 14,70% | 1,102 | 2,42% | 7,708 | 45,30% |
| 9 | 13,347 | 58,31% | 0,467 | 1,21% | -32,433 | -311,56% | 12,279 | 12,63% | -38,238 | -219,53% | -6,54 | -108,89% |
| 10 | -0,033 | -0,70% | 1,134 | 9,71% | -4,071 | -50,84% | 2,67 | 12,20% | 4,671 | 29,41% | 5,405 | 46,55% |
| Média | -1,1445 | -8,22% | -1,0209 | -2,31% | -2,602 | -15,96% | 26,3922 | 23,53% | -2,429 | -9,40% | 0,3458 | 3,00% |

Ao comparar as médias e as porcentagens do teste realizado somente com a ampliação, e o realizado com todos ativados, é possível perceber que existe um grande ganho de velocidade na conclusão dos passos dos cenários. Isso mostra que os *feedbacks* adicionais podem sim melhorar a desempenho dos usuários no uso de computadores. Contudo, ao adicionar um *feedback* a mais em uma interação bimodal, o ganho não será tão expressivo, mas ainda assim existe ganho de desempenho, como mostram as Tabelas 5.22 e 5.23.

Tabela 5.22: Porcentagem da diferença entre uni-modal, bimodal e tri-modal- Cenário globo.com

| Diferença | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Visual - Visual Auditivo | 46,55% | 21,06% | 25,85% | 46,54% | 48,69% |
| Visual - Visual Tátil | 30,99% | 19,55% | 30,72% | 29,26% | 49,79% |
| Visual - Visual Tátil Auditivo | 44,03% | 21,75% | 46,42% | 51,30% | 59,61% |
| Visual Auditivo - Visual Tátil Auditivo | -4,71% | 0,87% | 27,74% | 8,90% | 21,27% |
| Visual Tátil - Visual Tátil Auditivo | 18,90% | 2,73% | 22,66% | 31,16% | 19,56% |

Tabela 5.23: Porcentagem da diferença entre uni-modal, bimodal e tri-modal- Cenário Facebook

| Diferença | Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | Passo 4 | Passo 5 | Passo 6 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Visual - Visual Auditivo | 4,23% | 1,41% | 31,88% | -3,24% | 22,99% | 35,25% |
| Visual - Visual Tátil | 13,52% | 9,41% | 57,22% | -10,45% | 15,90% | 35,01% |
| Visual - Visual Tátil Auditivo | 6,41% | 7,32% | 50,39% | 15,55% | 7,99% | 36,96% |
| Visual Auditivo - Visual Tátil Auditivo | 2,27% | 6,00% | 27,18% | 18,20% | -19,47% | 2,64% |
| Visual Tátil - Visual Tátil Auditivo | -8,22% | -2,31% | -15,96% | 23,53% | -9,40% | 3,00% |

No cenário do Facebook, no passo 4 houve piora no desempenho dos usuários quando se comparou as interações uni-modais com ambas as combinações bimodais. Como mencionado antes, na interação bimodal com *feedback* auditivo, devido ao sistema de segurança, o leitor lia "asterisco" no campo de senha, o que causou confusão. Na comparação entre uni-modal e

bimodal com *feedback* tátil, em algumas interações a vibração do *mouse* fez com que o cursor se movesse na tela, o que fez com que os usuários tivessem que mover novamente o *mouse* para posicionar o cursor corretamente.

5.2.5 Resultados do Questionário

Ao final do último teste de usabilidade, os usuários responderam a um questionário, descrito no Capítulo 4, aplicado em uma entrevista onde era pedido para dar uma nota, entre um a sete, sobre cada item referente aos três *feedbacks* da plataforma PlatMult. Na Tabela 5.24 são mostradas as notas atribuídas pelos usuários.

Tabela 5.24: Respostas do questionário para as Questões de 1 a 8

| Usuário | Questão 1 | Questão 2 | Questão 3 | Questão 4 | Questão 5 | Questão 6 | Questão 7 | Questão 8 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 7 | 4 | 7 | 5 | 7 | 4 | 5 | 7 |
| 2 | 4 | 7 | 6 | 7 | 7 | 2 | 4 | 4 |
| 3 | 7 | 6 | 7 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 7 | 5 | 5 | 7 | 6 | 1 | 2 | 1 |
| 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 3 | 4 |
| 6 | 7 | 7 | 7 | 5 | 5 | 6 | 7 | 6 |
| 7 | 5 | 7 | 7 | 4 | 7 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 7 | 7 | 4 | 7 | 7 | 5 | 7 | 5 |
| 9 | 7 | 1 | 5 | 2 | 5 | 4 | 4 | 1 |
| 10 | 7 | 7 | 6 | 7 | 7 | 3 | 5 | 4 |
| Média | 6,5 | 5,8 | 6,1 | 5,6 | 6,3 | 3,1 | 3,9 | 3,4 |
| Desvio Padrão | 1,080 | 1,989 | 1,101 | 1,713 | 0,949 | 1,792 | 2,183 | 2,271 |

É possível perceber que a maioria dos usuários gostou da ampliação, e que a mesma ajuda em muito a utilização a plataforma, pois a média das questões relacionadas a ampliação obtiveram médias acima do valor 4, que é o valor intermediário. O mesmo vale para o *feedback* tátil, apesar do fato de que os usuários comentaram que se uma página contiver muitos *links* próximos uns dos outros, o *mouse* vibrara demais, o que pode causar confusão.

Em relação ao leitor de tela, mais da metade dos usuários preferiram que o leitor não estivesse ativado, pois segundo seus comentários, o mesmo é difícil de entender quando esta lendo o conteúdo dos *links* e botões sejam pela qualidade da voz sintetizada, ou pela velocidade, que é muito rápida. Contudo, na leitura das teclas do teclado o leitor é satisfatório, mas não o suficiente para fazer com que o usuário queira manter leitor ativado.

Esta percepção do usuário sobre o leitor de tela é contraditória com os dados obtidos através

da medição dos tempos nos testes de usabilidades realizados. Isto pode se dar ao fato de que ao ouvir o *feedback* auditivo os usuários quando não compreendiam o que estava sendo dito prestaram mais atenção no *feedback* visual, de forma que o *feedback* auditivo serviu como um aviso ao usuário de que existia um item na tela que poderia ser importante.

No geral, todos com exceção de um usuário estavam satisfeitos com a plataforma, visto que a plataforma oferece vários auxílios ao usuário, como mostra a Tabela 5.25, onde se encontram as respostas dos usuários sobre as questões de 9 a 13 do questionário. O usuário que estava insatisfeito com os *feedbacks* em geral comentou que o mesmo já usava o computador sem nenhuma ferramenta auxiliar e se acostumou a usar o computador desta forma, onde cada *feedback* ativado era ignorado, ou atrapalhava a interação devido a seu hábito de uso.

Tabela 5.25: Respostas do questionário para as Questões de 9 a 13

| Usuário | Questão 9 | Questão 10 | Questão 11 | Questão 12 | Questão 13 |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| 2 | Sim | Sim | Não | Não | Sim |
| 3 | Sim | Sim | Não | Não | Sim |
| 4 | Sim | Sim | Não | Não | Sim |
| 5 | Sim | Sim | Sim | Não | Sim |
| 6 | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| 7 | Não | Não | Não | Não | Não |
| 8 | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| 9 | Sim | Sim | Não | Não | Sim |
| 10 | Sim | Sim | Não | Não | Sim |
| Total | 9 Sim - 1 Não | 9 Sim - 1 Não | 4 Sim - 6 Não | 3 Sim - 7 Não | 9 Sim - 1 Não |

5.3 Considerações Finais

As avaliações realizadas tiveram como objetivo verificar como o usuário reagiria a estímulos multimodais no uso de computadores, para analisar se a adição de estímulos além do visual poderiam melhorar a experiência do usuário e ajuda-lo a completar certas tarefas de forma mais eficiente e satisfatória.

Com a aplicação dos testes de usabilidade, foi visto que a adição de um *feedback* a mais já influencia de forma positiva a interação do usuário com o computador. Quando se adiciona dois *feedback* ao visual, existe sim uma melhora na interação, mas se for comparado as interações bimodais, o ganho não é muito elevado, mas já é um diferencial que mostra as eficiência dos estímulos na interação do usuário.

Com a aplicação do questionário ao final dos testes, foi possível saber a opinião dos usuários em relação aos *feedback* da plataforma. Mesmo que os tempos obtidos nos testes de usabilidade sejam favoráveis ao estímulo auditivo proporcionado pelo leitor de tela, a maioria dos usuários preferiu usar a combinação do *feedback* tátil com o visual, mantendo o *feedback* auditivo desativado. Visto que as notas *feedback* pelos usuários ao *feedback* auditivo foram baixas, percebe-se que o leitor de tela precisa ser melhorado, em termos de voz sintetizada e velocidade, para que os usuários possam considera-lo satisfatório, visto que foram os problemas mais acentuados detectados pela entrevista e questionário.

De modo geral, a maioria dos usuários gostaram da plataforma PlatMult e de seus *feedback*, e dado a oportunidade, os usuários escolheriam utilizá-la para navegação web. A plataforma PlatMult se mostrou eficiente em permitir o acesso com mais facilidade aos usuários com baixa visão, com os estímulos multimodais proporcionando uma interação mais eficiente e satisfatória aos usuários com baixa visão.

Capítulo 6

Conclusões

Este trabalho discutiu o efeito de estímulos multimodais na interação de usuários com baixa visão com computadores, usando a plataforma multissensorial PlatMult, desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa em Inteligência Aplicada (GIA) da Unioeste, campus de Cascavel. Este capítulo traz considerações finais sobre a pesquisa e possibilidades de trabalhos futuros.

6.1 Principais considerações

Os computadores são muito utilizados para a realização de inúmeras tarefas que estão relacionadas a trabalho ou a entretenimento do usuário, e existem muitos usuários que não podem utilizar estas ferramentas devido à deficiência visual. Neste sentido, este trabalho apresentou uma análise de uma plataforma multissensorial voltada a usuários de baixa visão para verificar se seus *feedbacks* proporcionavam real ajuda aos usuários.

Com os resultados obtidos no Capítulo 5, foi visto que a interação multimodal pode ajudar usuários com deficiência visual a utilizar o computador com mais facilidade. Tal fato foi confirmado pela análise de tempo da interação, cujo o tempo de conclusão das ações era diminuído a cada adição de um *feedback* extra ao visual, no entanto, o uso de três *feedbacks* na interação com o computador não mostra resultados melhores em contraste a uma interação bimodal. Com a opinião dos usuários também foi possível verificar que os *feedbacks* visual e tátil da plataforma são eficientes, onde o auditivo não é o mais confortável de ser usado, concluindo assim que o mesmo precisaria de ajustes para se tornar mais aceitável. Visto que foi possível analisar os efeitos da multimodalidade no uso de computadores por usuários de baixa visão, o trabalho conseguiu alcançar os objetivos propostos.

6.2 Trabalhos futuros

Como possíveis trabalhos futuros destacam-se:

- Realizar melhorias na plataforma Platmult, em relação ao leitor de tela. O questionário mostrou que a maioria dos usuários não gostou muito do leitor de tela, mesmo que ele tenha melhorado seus desempenhos durante a interação;
- Montar outros cenários de teste que levem em consideração outros tipos de interação, não somente a interação web;
- Fazer uma análise mais aprofundada para verificar quais tipos de ações são mais afetadas por determinados *feedbacks*.

Apêndice A

Anexo A - Questionário de Avaliação

Para as questões abaixo, atribua uma nota de 1 a 7 (sendo 7 a melhor nota) em relação aos *feedbacks* da plataforma PlatMult:

- Ampliador de Tela xLupa:

1. Qualidade da ampliação e filtros de cores;
2. Entendimento e compreensão dos itens(campos, botões etc.) ampliados;
3. Navegabilidade com o mouse com a tela ampliada;

- Mouse com *feedback* tátil:

4. Força e duração da vibração;
5. Compreensão e entendimento da vibração em relação aos itens da tela;

- Leitor de tela:

6. Qualidade da voz sintetizada;
7. Velocidade da voz sintetizada;
8. Entendimento geral da voz sintetizada;

Para as questões abaixo, responda “sim” ou “não”:

9. Dada a possibilidade, você usaria o ampliador de tela xLupa?
10. Dada a possibilidade, você usaria o ampliador de tela xLupa em conjunto ao mouse de *feedback* tátil?

11. Dada a possibilidade, você usaria o ampliador de tela xLupa em conjunto com o leitor de tela?
12. Dada a possibilidade, você usaria todos os *feedbacks* da plataforma PlatMult em conjunto?
13. No geral, está satisfeito com a plataforma PlatMult?

Referências

- [Acessibilidade Legal, 2008] Acessibilidade Legal (2008). Acesso à web e tecnologias assistivas. Disponível em: <http://acessibilidadelegal.com/33-acesso.php>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Akamatsu et al., 1995] Akamatsu, M., Mackenzie, I. S., and Hasbroucq, T. (1995). A comparison of tactile, auditory, and visual feedback in a pointing task using a mouse-type device. *Ergonomics*, 38(4):816–827.
- [American Foundation for the Blind, 2014a] American Foundation for the Blind (2014a). Assistive technology. Disponível em: <http://www.afb.org/info/living-with-vision-loss/using-technology/assistive-technology/123>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [American Foundation for the Blind, 2014b] American Foundation for the Blind (2014b). Magnification programs for the computer screen. Disponível em: <http://www.afb.org/info/living-with-vision-loss/using-technology/assistive-technology/magnification-programs-for-the-computer-screen/1235>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [American Foundation for the Blind, 2014c] American Foundation for the Blind (2014c). Speech systems. Disponível em: <http://www.afb.org/info/living-with-vision-loss/using-technology/assistive-technology/speech-systems/1235>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Bidarra and Oyamada, 2011] Bidarra, J. and Oyamada, M. (2011). Development of an interactive kiosk with screen amplifier targeting low vision and old-aged people. In *Proceedings of AIRTECH - Accessibility, Inclusion and Rehabilitation using Information Technologies*, pages 13–14, Cuba. AIRTECH.

- [Bolt, 1980] Bolt, R. A. (1980). "put-that-there": Voice and gesture at the graphics interface. In *Proceedings of the 7th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, SIGGRAPH'80, pages 262–270, New York, NY, USA. ACM.
- [Boscarioli et al., 2013a] Boscarioli, C., Oyamada, M. S., Bidarra, J., and Rech, M. F. (2013a). Evaluating the interaction of users with low vision in a multimodal environment. In *ACHI 2013- Sixth Internacional Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, pages 256–262, Nice. IARIA.
- [Boscarioli et al., 2013b] Boscarioli, C., Oyamada, M. S., and Rech, M. F. (2013b). Uma proposta para avaliar a interação multimodal para usuários com baixa visão. In *Proceedings of the 12th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, IHC'13, pages 337–338, Porto Alegre, Brazil, Brazil. Brazilian Computer Society.
- [BrowseAloud, 2014] BrowseAloud (2014). Site oficial do software browsealoud. Disponível em: https://www.browsealoud.com/page.asp?pg_id=80785. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [CANDY 5 HD, 2014] CANDY 5 HD (2014). Site oficial do produto cctv candy 5 h. Disponível em: <http://hims-inc.com/products/candy-5-hd/>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [CapturaTalk, 2014] CapturaTalk (2014). Site de download da aplicação capturataalk. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.capturataalk.capturataalk>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Cassidy et al., 2013] Cassidy, B., Cockton, G., and Coventry, L. (2013). A haptic atm interface to assist visually impaired users. In *Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, ASSETS'13, pages 1:1–1:8, New York, NY, USA. ACM.
- [Censo, 2010] Censo (2010). Censo IBGE 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_resultados_amostra.shtm. Data do último acesso: 04/11/2014.

- [Cohen et al., 1997] Cohen, P. R., Johnston, M., McGee, D., Oviatt, S., Pittman, J., Smith, I., Chen, L., and Clow, J. (1997). Quickset: Multimodal interaction for distributed applications. In *Proceedings of the Fifth ACM International Conference on Multimedia, MULTIMEDIA'97*, pages 31–40, New York, NY, USA. ACM.
- [Colebrander, 2000] Colebrander, A. (2000). *Reabilitação de baixa visão*. Cultura Médica, Rio de Janeiro, 2 edition.
- [DesktopZoom, 2014] DesktopZoom (2014). Site oficial do software desktopzoom. Disponível em: <http://users.telenet.be/littlegems/MySoft/DesktopZoom/Index.html>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [DosVox, 2014] DosVox (2014). Site oficial do software dosvox. Disponível em: <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/download.htm>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Eye-pal Reader, 2014] Eye-pal Reader (2014). Site oficial do produto ocr eye-pal reader. Disponível em: <http://www.abisee.com/products/eyepal-reader.html.html>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Georgie OCR, 2014] Georgie OCR (2014). Site de download da aplicação. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.screenreader.GeorgieOCR>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Get Eyes Smart, 2014] Get Eyes Smart (2014). What is low vision? Disponível em: <http://www.geteyesmart.org/eyesmart/diseases/low-vision.cfm>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Jacko et al., 2003] Jacko, J. A., Scott, I. U., Sainfort, F., Barnard, L., Edwards, P. J., Emery, V. K., Kongnakorn, T., Moloney, K. P., and Zorich, B. S. (2003). Older adults and visual impairment: What do exposure times and accuracy tell us about performance gains associated with multimodal feedback? In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'03*, pages 33–40, New York, NY, USA. ACM.

- [JAWS, 2014] JAWS (2014). Site oficial do software jaws. Disponível em: <http://www.freedomscientific.com/products/fs/jaws-product-page.asp>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Lavoice Solo, 2014] Lavoice Solo (2014). Site oficial do produto ocr lavoice solo. Disponível em: http://www.aumedgroup.com/a/shangpin/Low_Vision/a/shangpin/ocr/2014/0211/389.html. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Lifestyle HD, 2014] Lifestyle HD (2014). Site oficial do produto cctv lifestyle hd. Disponível em: <http://hims-inc.com/products/lifestyle-hd>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [LookStation 19, 2014] LookStation 19 (2014). Site oficial do produto cctv lookstation 19. Disponível em: <http://www.aumedgroup.com/a/shangpin/Desktop/40.html>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Low Vision ORG 2014, 2014] Low Vision ORG 2014 (2014). Assisitive techonology. Disponível em: <http://www.low-vision.org/services/assistive-technology/>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [MAGic, 2014] MAGic (2014). Site oficial do software magic. Disponível em: <http://www.freedomscientific.com/products/low-vision/MAGic-screen-magnification-software.asp>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Magnifier, 2014] Magnifier (2014). Site do software magnifier da microsoft. Disponível em: <http://windows.microsoft.com/pt-br/windows/make-screen-items-bigger-magnifier#1TC=windows-7>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Magnifying Glass PRO, 2014] Magnifying Glass PRO (2014). Site oficial do software magnifying glass pro. Disponível em: http://www.workerscollection.com/wcollect/english/html/mg_pro.html. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Murphy et al., 2008] Murphy, E., Kuber, R., McAllister, G., Strain, P., and Yu, W. (2008). An empirical investigation into the difficulties experienced by visually impaired internet users. *Univers. Access Inf. Soc.*, 7(1):79–91.

- [Narrator, 2014] Narrator (2014). Site oficial do software narrator. Disponível em: <http://windows.microsoft.com/pt-br/windows/hear-text-read-aloud-narrator#1TC=windows-7>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Neal et al., 1989] Neal, J. G., Thielman, C. Y., Dobes, Z., Haller, S. M., and Shapiro, S. C. (1989). Natural language with integrated deictic and graphic gestures. In *Proceedings of the Workshop on Speech and Natural Language, HLT'89*, pages 410–423, Stroudsburg, PA, USA. Association for Computational Linguistics.
- [Nielsen, 2012] Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to usability. <http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [OCR Instantly Pro, 2014] OCR Instantly Pro (2014). Site de download da aplicação. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.thesimplest.ocrpro>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Orca, 2014] Orca (2014). Site oficial do software orca. Disponível em: <https://wiki.gnome.org/action/show/Projects/Orca?action=show&redirect=Orca>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Oviatt and Cohen, 2000] Oviatt, S. and Cohen, P. (2000). Perceptual user interfaces: Multimodal interfaces that process what comes naturally. *Commun. ACM*, 43(3):45–53.
- [RUBY, 2014] RUBY (2014). Site oficial do produto cctv ruby. Disponível em: <http://www.freedomscientific.com/products/low-vision/RUBY-handheld-video-magnifier.asp>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Sears and Jacko, 2007] Sears, A. and Jacko, J. A. (2007). *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications (Human Factors and Ergonomics Series)*. L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, NJ, USA, 2 edition.
- [SupoerNova, 2014] SupoerNova (2014). Site oficial do software supernova. Disponível em: <http://www.yourdolphins.com/productdetail.asp?id=3>. Data do último acesso: 04/11/2014.

- [ThunderStorm, 2014] ThunderStorm (2014). Site oficial do software thunderstorm. Disponível em: <http://www.screenreader.net/index.php?pageid=11>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [TOPAZ, 2014] TOPAZ (2014). Site oficial do produto cctv topaz. Disponível em: <http://www.freedomscientific.com/products/lv/TOPAZ2-product-page.asp>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Wang et al., 2009] Wang, Z., Li, B., Hedgpeth, T., and Haven, T. (2009). Instant tactile-audio map: Enabling access to digital maps for people with visual impairment. In *Proceedings of the 11th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, Assets'09*, pages 43–50, New York, NY, USA. ACM.
- [WebAnyWhere, 2014] WebAnyWhere (2014). Site oficial da ferramenta webanywhere. Disponível em: <http://webanywhere.cs.washington.edu/>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Wegge and Zimmermann, 2007] Wegge, K. and Zimmermann, D. (2007). *Accessibility, Usability, Safety, Ergonomics: Concepts, Models, and Differences*, volume 4554 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg.
- [Window-eyes, 2014] Window-eyes (2014). Site oficial do software window-eyes. Disponível em: <http://www.gwmicro.com/Window-Eyes/>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Xiao et al., 2010] Xiao, G., Xu, G., and Lu, J. (2010). ibrowse: Software for low vision to access internet. In *Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2010 3rd International Conference on*, volume 5, Yantai. IEEE.
- [xLupa, 2014] xLupa (2014). Site oficial do software xlupa. <http://projetos.unioeste.br/campi/xlupa/>. Data do último acesso: 04/11/2014.
- [Yatani et al., 2012] Yatani, K., Banovic, N., and Truong, K. (2012). Spacesense: Representing geographical information to visually impaired people using spatial tactile feedback. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'12*, pages 415–424, New York, NY, USA. ACM.

[Yu et al., 2006] Yu, W., Kuber, R., Murphy, E., Strain, P., and McAllister, G. (2006). A novel multimodal interface for improving visually impaired people's web accessibility. *Virtual Real.*, 9(2):133–148.

[Zoom-ex, 2014] Zoom-ex (2014). Site oficial do produto ocr zoom-ex. <http://www.abisee.com/products/zoom-ex.html>. Data do último acesso: 04/11/2014.

[ZoomText, 2014] ZoomText (2014). Site oficial do software zoomtext. <http://www.aisquared.com/zoomtext>. Data do último acesso: 04/11/2014.