Levantamento de Tecnologias de Assistência à Educação para Pessoas com Deficiências Visuais

Luís Adelmo Barbosa Leite¹, André Lage Freitas¹

¹Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Campus Arapiraca

luis.adelmo.bl@gmail.com, andre.freitas@arapiraca.ufal.br

Abstract. *In spite of the advances in computer science, the educational process of vision impaired people still faces great challenges. While some technologies miss key features, others have similar features with further constraints. This survey puts together tools that support the education of visually impaired people; both for computer and mobility uses. The results gathered here are useful for those who aim at either researching or using assistive technologies for the education of visually impaired people.*

Resumo. *Apesar dos recentes avanços da informática, a utilização de tecnologias de apoio ao ensino de pessoas com deficiências visuais ainda é um desafio. Há diversas ferramentas com características semelhantes enquanto outras com funcionalidades específicas apresentam algumas restrições. Este artigo apresenta um levantamento sobre as atuais tecnologias de assistência ao ensino e à mobilidade das pessoas com deficiências visuais. O trabalho realizado tem o intuito de ajudar pesquisadores, usuários e gestores de instituições educacionais na escolha da tecnologia mais adequada para o seu ambiente educacional.*

1. Introdução

A educação de pessoas com deficiência visual traz mais desafios à educação além da complexidade inerente ao processo educacional. Por exemplo, nas aulas descritivas, surge a inviabilidade de se utilizar abstrações visuais ou, tem-se de adequar o apelo visual às deficiências dos que têm sua capacidade visual reduzida. Outros exemplos incluem o acesso ao material didático. Primeiramente, o discente deve ter acesso à bibliografia de um curso que, na maioria das vezes, é textual. Além de textos digitais que também são utilizados como fonte referenciais de apoio ao ensino, principalmente, as diversas fontes de conhecimento disponíveis na Internet. Finalmente, o(a) discente deve ter acesso físico aos locais utilizados no processo educacional o que envolve desafios além da acessibilidade de projeto arquitetural.

As tecnologias computacionais contemporâneas têm contribuído com o processo educacional. Alguns jogos e programas incentivam o aprendizado de crianças como o GCompris, Dyscover e ToonDoo. Outra categoria de ferramentas digitais foca no ensino à distância como as plataformas Moodle, Coursera e Blackboard, enquanto outras ferramentas de permitem que pesquisas sejam realizadas na Web como o Google, Wikipédia e demais repositórios de conteúdo aberto. Entretanto, a maioria dessas ferramentas não pode ser utilizadas diretamente por pessoas com deficiências visuais. Especificamente, cegos, daltônicos e pessoas com restrições visuais severas encontram obstáculos para utilizar as ferramentas computacionais pois seus requisitos de acessibilidade não são prioridade ante seus requisitos funcionais. Para contornar esse problema, programas específicos

permitem que as pessoas com deficiência visual utilizem o computador tais como ampliadores e leitores de tela e dispositivos de entrada e/ou saída com suporte à braille. Outros dispositivos computacionais assistem a locomoção de pessoas com deficiência visual como os dispositivos portáteis de suporte à mobilidade. Estes dispositivos são úteis não somente no dia a dia das pessoas com deficiência visual, mas também nas tarefas educacionais como o deslocamento na escola e visitas *in loco* como museus, teatros e conferências.

Este artigo expõe um levantamento realizado sobre as atuais tecnologias assistivas à educação de pessoas com deficiências visuais. O levantamento foi classificado criteriosamente de acordo com as funcionalidades de cada tecnologia e outras informações relevantes aos que necessitam ou têm interesse em utilizar ou pesquisar sobre essas tecnologias assistivas. Dessa maneira, o levantamento realizado permite facilitar as decisões de educadores e gestores de instituições educacionais no âmbito da escolha das ferramentas mais adequadas no apoio da educação das pessoas com deficiências visuais.

O restante do artigo está organizado como descrito a seguir. A Seção 2 descreve as tecnologias que auxiliam o ensino de pessoas com deficiências visuais. Em seguida, a Seção 3 discorre acerca das tecnologias portáteis para assistência à mobilidade das pessoas com deficiências visuais. Na Seção 4, encontra-se uma análise crítica sobre o levantamento e as ferramentas estudadas. Finalmente, a Seção 5 conclui o trabalho apresentando trabalhos relacionados e futuras perspectivas.

2. Assistência ao ensino de cegos e deficientes visuais

Esta seção reúne ferramentas que estão diretamente relacionadas com o ensino de pessoas com deficiências visuais. Primeiramente, são abordados os ampliadores de tela na Seção 2.1 seguidos dos leitores de tela na Seção 2.2. Posteriormente, a Seção 2.3 aborda programas específicos para o ensino da química enquanto a Seção 2.4 apresenta algumas ferramentas de apoio ao ensino das pessoas com deficiências visuais.

2.1. Ampliadores de tela

Ampliadores de tela são programas que aumentam o tamanho da tela do computador aproximando o que está sendo exibido no momento. Esses programas tem o intuito de assistir as pessoas que possuem baixa visão. São descritas as ferramentas *Virtual Magnifying Glass Portable*, *Magic*, *Lightening Express*, *ZoomText* e *Magical Glass*.

Como ampliadores de tela proprietários temos *Magic* e *ZoomText*. O *Magic* [Freedom Scientific 2013b], permite ampliação entre uma e dezesseis vezes com subníveis de ampliação. Fornece cinco formas de visualização e teclas de atalho para exploração da tela eficientemente. Possui um sistema de vocalização de textos ao mesmo tempo da ampliação. Disponível também em licença de demonstração que dura quarenta minutos a cada inicialização do sistema operacional. Já o *ZoomText* [Ataraxia 2013] possui também leitura de tela. Fornece ampliação entre uma e trinta e seis vezes com subníveis de variação e disponibiliza oito opções de janelas de ampliação possibilitando configurações. Também possui licença experimental válida por sessenta dias.

Existem também ampliadores de telas gratuitos como *Virtual Magnifying Glass Portable* [Pyy Et Al. 1999], *Lightening Express* e *Magical Glass*. O primeiro é software livre multiplataforma, disponível em português e outros idiomas, com ampliação entre

uma e dezesseis vezes, com dois modos de ampliação. Além disso é portátil, podendo ser instalado em pendrive, por exemplo. Já o Lightning Express [Claro Software 2013] executa sobre MS Windows XP e Vista de 32-bits, possui licença válida até meia noite de todos os dias, sendo necessário reinstalar. Simples e sem muitas configurações, com ampliação entre uma dezesseis vezes. Disponibiliza versão plus para mais funcionalidades. O Magical Glass funciona sobre a plataforma MS Windows 32-bits, substitui o cursor do mouse por uma tela ampliadora e fornece três opções de lupa. Teclas numéricas entre um e nove servem para configurar a área de ampliação.

2.2. Leitores de tela

Os leitores de tela são programas que, através síntese de voz, geram saídas de áudio do que é exibido na tela do computador. Nessa seção são abordados os leitores de tela *Jaws*, *NVDA*, *Virtual Vision*, *Orca* e *Speakup*.

Como leitores de tela proprietários temos o *Jaws* e o *Virtual Vision*. O *Jaws* [Freedom Scientific 2013a] permite navegação e acesso a páginas Web, por meio dos navegadores Internet Explorer e Firefox. Fornece integração com as suítes de escritório Lotus Symphony e Lotus Notes da IBM e MS Office, além do Adobe Acrobat Reader (leitor de arquivos do tipo PDF) além de outras aplicações. Pode ser utilizado com qualquer dispositivo de saída braille. Já o *Virtual Vision* [Virtual Vision] possui suporte aos aplicativos MS Windows e acesso à Web com diversas formas de leitura.

Existem ferramentas livres como *NVDA*, *Orca*, e *Speakup*. Sendo que o *NVDA* [NV Access] executa sobre a plataforma Ms Windows e oferece integração com o navegador Internet Explorer, com Adobe Acrobat Reader, além de suítes de escritório e programas utilitários. Já *Orca* e *Speakup* executam sobre a plataforma GNU/Linux e o *Orca* [Façanha Et Al. 2007] é integrado por padrão ao projeto Gnome¹ fornecendo interação com diversos tipos de aplicações do projeto em vários idiomas, inclusive o português brasileiro. Já o *Speakup* [Linux Speakup 2013] fornece funções típicas de revisão de tela em modo texto com idioma inglês.

2.3. Ferramentas para auxiliar o ensino da química

O ensino da matéria química apresenta desafios específicos devido, principalmente, à necessidade de se representar a composição das moléculas. Editores moleculares são programas utilizados para criação e modificação de representação de estruturas químicas. São utilizados para gerar representação de moléculas e reações químicas, através de retorno em áudio. Dentre os editores moleculares, destacam-se os *NavMol*, *Brailchem*, *Marvin*, *MolsKetch*, *BKchem*. Esta seção discorre sobre alguns destes editores moleculares.

NavMol e *Brailchem* são ferramentas livres, enquanto *Marvin* é proprietária. Com interface de texto, o *NavMol* permite exploração das moléculas, informando sobre átomos vizinhos, tipos de ligações e alteração de estruturas moleculares. Já o *Brailchem* funciona como extensão do navegador Web Firefox. Composto por cliente e servidor, permite explorar estruturas e propriedades moleculares e a tabela periódica dos elementos químicos [MOLinsight 2013]. Já o *Marvin* possui versão comercial e gratuita para estudantes e é composto por: o *Sketch*, *View* e *Space* que juntos fornecem exploração de estruturas e reações químicas de alta qualidade, inclusive em 3D. Vinculado ao *Marvin*, o *MolConverter*, programa de linha de comando, converte vários tipos de arquivos.

¹O Projeto Gnome é uma solução de interface gráfica para a plataforma GNU/Linux

2.4. Apoio ao ensino multidisciplinar e demais dispositivos genéricos

Esta seção reúne informação acerca de dispositivos eletrônicos e mecânicos assim como ferramentas que auxiliam o ensino de pessoas com deficiências visuais. São apresentadas as ferramentas DOSVOX e Vinux, sistemas completos para operação do computador, assim como o Terminal Braile, o Braille Fácil, Brltty e o Odt2Daisy que são dispositivos e ferramentas com diferentes utilidades. Esta seção também aborda alguns dispositivos úteis ao ensino de pessoas com deficiências visuais como medidores e gráficos táteis.

O DOSVOX [NCE/UFRJ 2002] é um conjunto de ferramentas livres para permitir que pessoas cegas ou com deficiência visual usem as principais funções do sistema operacional. Fornece manipulação de arquivos, navegação na Web, gerência de programas e demais ferramentas aplicativos como leitor de mídias e editores de textos. Com ferramentas do próprio sistema e interface intuitiva, estabelece comunicação por meio da síntese de voz em português brasileiro, sendo possível a configuração para outros idiomas. Para o treinamento de digitação no teclado, o DOSVOX disponibiliza o DigitaVox cujo objetivo é fornecer à pessoa com deficiência visual maior destreza na digitação, utilizando técnicas de ensino de digitação já existentes com retorno contínuo de síntese de voz.

O Vinux [Vinux Project 2013] é uma personalização da distribuição GNU/Linux Ubuntu especializada para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual. Dispõe, especialmente, de três leitores de tela e dois ampliadores de tela. Utiliza o Orca para navegação em ambiente gráfico e o Speakup para operações simples em modo texto (ver Seção 2.2). Através do Compiz Window Manager, gestor de interface gráfica, permite exploração na tela através do mouse. Para gerenciamento das atividades, fornece definição de teclas de atalho e utiliza o Brltty [Brltty 2013], ferramenta de acesso para terminal braile em modo texto, para disponibilizar uma saída em braile com o Orca.

A Linha ou Terminal Braile é um dispositivo de entrada e saída com interface em braile que pode ser conectado através de uma interface *Universal Serial Bus* (USB). Exibe em braile a informação contida na tela e fornece botões de comandos para o manuseio do computador e do dispositivo. Já o Braille Fácil [Inst. Benjamin Constant 2009] é uma ferramenta gratuita que traduz documentos para o sistema braile. Com textos digitados no editor de texto próprio ou importado de outro editor. Também possibilita criação e transcrição para braile de textos especiais, como codificações matemáticas ou musicais e desenhos táteis. O Odt2Daisy [LibreOffice.org 2013] é extensão do editor de texto LibreOffice Writer que permite exportar textos para o formato Daisy 3, o padrão para formatos de livro digital falado em vários idiomas, com mecanismos de síntese de voz do sistema operacional. Suporta conteúdo matemático no padrão MathML, linguagem de marcação matemática. Existem ainda os livros falados para quem não conhece o braile ou não tem acesso a outras tecnologias assistivas.

Além das ferramentas específicas citadas anteriormente, dispositivos mais simples que não necessitam necessariamente do computador podem ser utilizados complementarmente na educação de pessoas com deficiência visual. Existem medidores e equipamentos de cálculo, como, régua, esquadro e transferidor em braile e calculadoras falantes, mas com raras opções em português, medidores falantes de pressão e de açúcar no sangue bem como termômetros falantes e relógios. Para identificação de cores e reconhecimento de cédulas de real, tem-se o Prisma [Auire 2013], um leitor portátil. Gráficos táteis são utilizados para transmitir informações não textuais através de imagens impressas em su-

perfícies em relevo de três modos. Modo manual, em que, imprime-se linhas em relevo e textura sobre papel alumínio de diagramação, e equipamentos de termoformação criam várias cópias; em modo semi-automático, imprime-se gráficos criados em computador em papel dilatante, coloca-se a impressão em um dispositivo de aquecimento e as áreas escuras da impressão se dilatam para formar um relevo [DO-IT 2013]. Também pode-se realizar impressão computadorizada auxiliada por programas como o Graph-it, que possibilitam o uso das impressoras braile para impressão de gráficos.

3. Assistência à mobilidade de cegos e deficientes visuais

A independência é um dos principais desafios a ser alcançado pelos(as) estudantes com deficiências visuais. As ferramentas descritas nas seções anteriores permitem aumentar o grau de independência dessas pessoas, uma vez que, a locomoção é necessária para garantir um maior grau de autonomia na busca pelo conhecimento. Esta seção apresenta alguns dispositivos que auxiliam a mobilidade das pessoas com deficiências visuais classificando-os de acordo com a parte do corpo humano na qual dispositivo é utilizado. A Seção 3.1 reúne os dispositivos utilizados nas mãos e braços, a Seção 3.2 introduz alguns dispositivos utilizados na cabeça e na Seção 3.3 são apresentados dispositivos que são utilizados no tronco.

3.1. Dispositivos de assistência usados em mãos e braços

Dispositivos projetados para serem utilizados nas mãos e braços cegos ou deficientes visuais, baseiam-se na comunicação tátil e atuam de diferentes maneiras. Por exemplo, o Finger-Braille, transmite informação verbal, através de pequenos estímulos nos dedos, a pessoas com surdo-cegueira. Seis dispositivos, em seis dedos das mãos, expressam qualquer caractere em braile com os seis pontos de comunicação. Implementado com duas tecnologias, vibração motora e solenoide. Pode ser utilizado com um computador de pulso via bluetooth [Velázquez 2010, Hirose and Amemiya 2003]. Já o Band-aid-size é um dispositivo de estimulação tátil leve e flexível que possibilita ser enrolado em qualquer parte do corpo humano assemelhando-se a um curativo adesivo. Provoca estímulos na pele humana sendo utilizado em um terminal braile ou qualquer visor tátil para transmitir informações para cegos. Alguns protótipos desenvolvidos por pesquisadores canadenses da Universidade de British Columbia, transmitem informação por meio de sinais de alertas intermitentes provocados por dois motores vibradores. Podem ser utilizados para fornecer padrões de alertas simples, como informações sobre obstáculos, sendo usados tanto no pulso como no antebraço. Além disso, existem ainda relógios braile, com dígitos como caracteres braile ou saída de áudio [Velázquez 2010, Koo Et Al. 2008, Zyga 2008].

3.2. Dispositivos de assistência usados na cabeça

Alguns dispositivos, projetados para serem utilizados na cabeça das pessoas com deficiências visuais utilizam câmeras de vídeo ou ondas sonoras para captar informações do ambiente e expressá-las aos usuários de diferentes maneiras. Dentre os dispositivos, temos três tecnologias abaixo descritas.

O Sistema vOICe converte informações de profundidade visual para representação auditiva. Indica não somente a presença de um obstáculo, mas também fornece suas características. A imagem captada por uma câmera é traduzida para áudio utilizando frequência e intensidade como parâmetros para representar informações na cena. Já o

Sistema de Óculos Inteligentes traduz dados visuais em informação com representação tátil. Extrai dados visuais do ambiente e exibe a representação tátil em uma superfície de estímulo por toque. Além disso, provê mapas táteis proporcionando independência, segurança e mobilidade. Tongue Display Unit é uma técnica que traduz imagens capturadas por uma câmera em estímulos elétricos suaves e envia para o dorso da língua por meio de uma matriz flexível de eletrodos, ativando a parte do cérebro responsável pela formação da imagem e mapeiam para o cérebro a informação sobre o ambiente. Através de captação de ondas sonoras do ambiente, o SonicGuide, atualmente Kaspera, um óculos configurado com detectores de som realiza envio e recebimento de estímulos modulados de objetos alvos, onde a intensidade e frequência produzem informações sobre a distância, direção e características desses objetos. Emite alertas, em forma de áudio, sobre obstáculos [Velázquez 2010, Velázquez Et Al. 2003, Goldstein and Wiener 1981].

3.3. Coletes e cintos para assistência a deficientes visuais

Esta seção concentra-se nos dispositivos que são utilizados no tronco e assistem a mobilidade de pessoas com deficiências visuais. As abordagens utilizam protótipos e sistemas que usam coletes e cintos para orientar a locomoção da pessoa cega. O sistema Kahru é um conjunto composto de colete e cinto para possibilitar orientação direcional. O colete possui seis vibrações motoras localizadas no colete que geram vibrações. Enquanto o cinto com receptor infravermelho identifica obstáculos. Existem também os cintos como NavBelt, que fornece orientações em áudio através de uma matriz de sensores de detecção de som posicionados em um cinto em volta do abdômen. Os sensores fornecem informação de obstáculos localizados em um angulo de visão de cento e vinte graus de largura a frente do utilizador. Já o ActiveBelt utiliza o vibradores no cinto para navegação direcional. É composto por um GPS, um sensor geomagnético e oito vibradores distribuídos em intervalos regulares em volta do abdômen [Velázquez 2010].

4. Discussão

Este trabalho investigou diversas ferramentas existentes na literatura que auxiliam o ensino de pessoas com deficiências visuais. As ferramentas analisadas foram classificadas em dois grandes grupos: **(i)** ferramentas de apoio ao ensino e acesso ao computador e **(ii)** ferramentas de apoio a mobilidade.

A Tabela 1 resume as principais características do grupo das ferramentas de apoio ao ensino e acesso ao computador. As opções variam desde os ampliadores e leitores de tela para computador até às ferramentas de apoio ao ensino multidisciplinar com destaque para a química. Dentre os ampliadores e leitores de tela, deve-se levar em consideração o custo de aquisição, a portabilidade e a necessidade de se ter funcionalidades básicas ou mais completas. Deve-se observar também a relação entre o leitor e o ampliador adotado, uma vez que, alguns ampliadores já possuem uma versão simplificada de leitor de tela enquanto que alguns leitores também possuem versões de ampliador de tela. Ferramentas mais complexas oferecem uma abordagem diferente para a utilização do computador como o DOSVOX e o Vinux. São compostos por conjunto de ferramentas que possibilitam o acesso às principais funções do sistema operacional utilizando o áudio como saída padrão. Enquanto o DOSVOX é um sistema composto por um conjunto de ferramentas próprias para acessibilidade, o Vinux é um sistema operacional que reúne as tecnologias para possibilitar o acesso pleno ao computador. Ambos fazem parte de projetos importantes e estão em constante atualização. Em relação aos programas para o

Table 1. Assistência ao ensino de cegos e deficientes visuais

Nome	Funcionalidade Principal	Custo	Vantagens	Desvantagens	Idioma
Virtual Magnifying Glass Portable	Ampliador de tela	Gratuito	Portátil e multi-plataforma;	No modo clássico, lupa desaparece ao clicar;	Português e outros
Lightening Express	Ampliador de tela	Gratuito	Prático e de fácil configuração;	Utilização válida por um dia e exige mais recursos do computador;	Inglês
Magical Glass	Ampliador de tela	Gratuito	Fácil Navegação pela teclas de atalho;	Exige mais recursos do computador;	Inglês
Magic	Ampliador de tela	Pago	Facilidade de Navegação com teclas de atalho, fornece vocalização de textos;	Alto preço da licença e exige mais recursos do computador;	Português e outros
ZoomText	Ampliador de tela	Pago	Ampliação de até 36x, oferece também leitura de tela;	Alto preço da licença;	Inglês
NVDA	Leitor de tela	Gratuito	Leitura de PDF, Aplicativos e no padrão SAPI;	Não grava o áudio;	Português e outros
Orca	Leitor de tela	Gratuito	Leitura de inúmeras aplicações;	Dificuldade de identificação da posição dos objetos na tela;	Português e outros
Speakup	Leitor de tela	Gratuito	Simple e prático;	Dificuldade de incorporar idiomas diferentes do inglês;	Inglês e outros
Jaws	Leitor de tela	Pago	Leitura PDF, e Aplicativos;	Sem padrão SAPI, Não grava áudio;	Português e outros
Virtual Vision	Leitor de tela	Pago	Leitura de Aplicativos;	Não lê PDF. Sem padrão SAPI. Não grava áudio;	Português e inglês
DOSVOX	Acesso às principais funções do sistema operacional;	Gratuito	Diálogo Amigável, múltiplas ferramentas;	Textos têm que ser convertidos para extensão .txt;	Português e outros
Vinux	Acesso às principais funções do sistema operacional;	Gratuito	Composição de ferramentas que auxiliam a acessibilidade;	Se instalado, pode atrapalhar uso de outras ferramentas assistivas;	Português e outros
DigitaVox	Curso de digitação	Gratuito	Fornecer maior agilidade na digitação;	Requer um sintetizador de voz padrão SAPI5;	Português e outros
Braille Fácil	Tradutor de textos para braille;	Gratuito	Tradução rápida de textos para braille;	Somente plataforma MS Windows	Português
Odt2Daisy	Tradutor de textos para áudio;	Gratuito	Tradução para o formato Daisy3;	Apenas LibreOffice;	Português e outros
Audio Books	Texto falado;	Pago	Ajuda pessoas que não conhecem o braille ou não tem acesso a outras tecnologias;	Existem poucos livros em formato de texto falado;	Português e outros
Terminal braille	Terminal de saída braille;	Pago	Possibilita leitura para o cegos;	Preço alto;	Português e outros
NavMol	Editor de moléculas	Gratuito	Facilita exploração de estruturas moleculares;	Interface em modo texto;	Português e outros
Brailchem	Editor de moléculas	Gratuito	Também explora elementos químicos da tabela periódica;	Depende de internet para funcionar;	Português e outros
Marvin	Desenho de moléculas	Pago	Desenhar e visualizar informações químicas;	Documentação e interface em inglês;	Inglês

Table 2. Assistência à mobilidade de cegos e deficientes visuais

Nome	Utilização	Funcionalidade principal	Interação homem-computador
Band-aid-size	Mãos	Terminais braille;	Estimulação na pele;
Finger-Braille	Dedos	Funcionamento com computador de pulso;	Cada estímulo nos dedos funciona com pontos braille;
Display tátil para braço e pulso	Braço/Pulso	Fornecer padrões de alerta;	Vibrações intermitentes;
Relógio braille	Pulso	Orientação a cegos;	Os dígitos são caracteres braille;
BrainPort Vision Technology	Língua	Ajuda a identificar as coisas;	Tecnologia TDU - Tongue Display Unit;
SonicGuide/ Kasper	Cabeça	Ajuda na mobilidade e orientação;	Envio e recebimento de estímulos modulados de objetos alvos;
Sistema vOICe	Cabeça	Detecta obstáculos e suas características;	Câmera como fonte de entrada, converte informações visuais para informações auditivas;
Sistema de Óculos Inteligentes	Mão e cabeça	Traduz dados visuais em informação com representação tátil;	Extraí dados do ambiente, processa e exibe informação tátil;
Sistema Kahru	Colete e cinto	Ajuda na mobilidade e orientação;	Receptor infravermelho identifica obstáculos e orienta o usuário;
NavBelt	Cinto	Informa obstáculos em ângulo de 120° a frente;	Matriz de sensores de detecção de som;
ActiveBelt	Cinto	Mostrador tátil sobre cinto para orientação direcional;	Vibrações;

ensino multidisciplinar, pode-se destacar uma ampla variedade de ferramentas para exibir informações não textuais. No entanto, algumas ferramentas não usam idioma português, o que pode impossibilitar a compreensão. Essa dificuldade pode ser contornada caso seja preciso apenas visualizar ou desenhar informações.

A Tabela 2 apresenta ferramentas de apoio a mobilidade. Baseando-se nos demais sentidos para auxiliar o deslocamento das pessoas que apresentam alguma deficiência visual. Os sentidos do corpo humano mais utilizados são tato e audição. A maioria dessas tecnologias são protótipos desenvolvidos por grupos de pesquisa em universidades, portanto ainda não estão facilmente acessíveis ao público geral. Surge, então, o grande desafio de tornar estas tecnologias cada vez mais acessíveis às pessoas com deficiência visual. Para alcançar esse objetivo, necessita-se da popularização dessas tecnologias o que pode ser alcançado através da produção em maior escala e com baixo custo ao usuário final. Exemplos de iniciativas que possibilitam a popularização dessas tecnologias são os softwares e hardware livres. Tais abordagens permitem o acesso a algoritmos ou projetos permitindo a sua distribuição gratuitamente.

5. Conclusão

Este artigo apresenta um levantamento realizado sobre as tecnologias que assistem o ensino e a mobilidade de pessoas com deficiências visuais. Foi constatado que existem vários tipos de ferramentas para a assistência do ensino e mobilidade das pessoas com deficiências visuais. As ferramentas gratuitas atendem plenamente os requisitos nas suas categorias, fator favorável para situações de restrições financeiras. Outra constatação importante é que, ao escolher uma ferramenta, deve ser considerado seus requisitos de instalação para viabilizar a utilização adequada da ferramenta.

Dentre os trabalhos que tentam orientar as pessoas na escolha de ferramentas de apoio a cegos e deficientes visuais, [Amorim Et Al.] analisam o uso de tecnologias assistivas para o ensino de cegos. Entretanto, poucas ferramentas são descritas, não possibilitando uma análise mais detalhada. Em [Massambani Et Al. 2011], é fornecido um

catálogo com várias ferramentas de acessibilidade, porém não descrevem outras opções de ferramentas para uma mesma necessidade. O governo brasileiro publicou relatórios técnicos [Ministério da Educação Et Al. 2009a, Ministério da Educação Et Al. 2009b] que descrevem e analisam os leitores de tela. Contudo, tais relatórios não abordam outros tipos de ferramentas. Em [Velázquez 2010], apresenta-se várias tecnologias que focam apenas na mobilidade de pessoas com deficiências visuais.

Em contraste com os trabalhos citados anteriormente, este artigo reúne uma grande variedade de ferramentas e tecnologias de acessibilidade para deficientes visuais e expõe as principais características de cada ferramenta a fim de auxiliar na escolha da tecnologia mais adequada. Entretanto, não inclui o estudo sobre acessibilidade em vias públicas para pessoas com deficiências visuais, pois foge ao escopo deste trabalho. Como trabalho futuro, será realizado um estudo de caso com um discente com deficiência visual que não tem familiaridade com o computador. Algumas ferramentas serão escolhidas e, em seguida, o discente será capacitado e relatará suas experiências e dificuldades em cada ferramenta. O intuito é entender na prática os desafios da educação de pessoas com deficiências visuais utilizando as tecnologias assistivas disponibilizadas atualmente.

References

- Amorim Et Al. Educação de cegos mediada pela tecnologia. Disponível em <http://www.educacao.salvador.ba.gov.br/site/epv-autorias.php>, último acesso em Março de 2013.
- Ataraxia (2013). Zoomtext. Disponível em: <http://www.ataraxia.pt/zomtext.php>, último acesso em Março de 2013.
- Auire (2013). Prisma. Disponível em: <http://www.auire.com.br/prisma>, último acesso em Março de 2013.
- Brltty (2013). Briltty. Disponível em: <http://mielke.cc/brltty/>, último acesso em Março de 2013.
- Claro Software (2013). Lightning express. Disponível em: <http://itzooms.com>, último acesso em Março de 2013.
- DO-IT (2013). What are tactile graphics? Disponível em: <http://www.washington.edu/doit/Faculty/articles?464>, último acesso em Março de 2013.
- Façonha Et Al. (2007). Orca: Estudo de caso em linux ubuntu. In *II Cong. de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica*. João Pessoa - PB.
- Freedom Scientific (2013a). Jaws for windows screen reader software. Disponível em: <http://www.freedomscientific.com/products/fs/jaws-product-page.asp>, último acesso em Fevereiro de 2013.
- Freedom Scientific (2013b). MAGic Screen Magnification Software. Disponível em: <http://www.freedomscientific.com/products/lv/magic-bl-product-page.asp>, acesso em Março de 2013.
- Goldstein, B. A. and Wiener, W. R. (1981). Acoustic analysis of the sonic guide. *Journal Of The Acoustical Society Of America*, pages 313 – 320.

- Hirose, M. and Amemiya, T. (2003). Wearable finger-braille interface for navigation of deaf-blind in ubiquitous barrier-free space. Columbia University, Tóquio.
- Inst. Benjamin Constant (2009). Braille fácil. Disponível em: <http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil>, último acesso em Março de 2013.
- Koo Et Al. (2008). Development of Soft-Actuator-Based Wearable Tactile Display. In IEEE, editor, *Transaction on Robots*, volume 24, pages 549 – 558.
- LibreOffice.org (2013). Odt2daisy. Disponível em: <http://extensions.libreoffice.org/extension-center/odt2daisy>, último acesso em Março de 2013.
- Linux Speakup (2013). Welcome to speakups webpage. Disponível em: <http://www.linux-speakup.org/speakup.html>, último acesso em Março de 2013.
- Massambani Et Al. (2011). Catálogo forttec de tecnologias assistivas. In FORTEC, editor, *Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia*.
- Ministério da Educação Et Al. (2009a). Leitores de tela: Descrição e comparativo. Technical report, Ministério do Planejamento e Ministério da Educação.
- Ministério da Educação Et Al. (2009b). Leitores de tela: Pontos de fragilidade. Technical report, Ministério do Planejamento e Ministério da Educação.
- MOLinsight (2013). Disponível em: http://www.molinsight.net/index_pt.htm, último acesso em Março de 2013.
- NCE/UFRJ (2002). Projeto DOSVOX. Disponível em: <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox>, último acesso em Março de 2013.
- NV Access. Welcome to the Home of NVDA. Disponível em: <http://www.nvda-project.org/>, último acesso em Março de 2013.
- Pyy Et Al. (1999). Virtual magnifying glass. Disponível em: <http://magnifier.sourceforge.net>, último acesso em Março de 2013.
- Velázquez, R. (2010). Wearable assistive devices for the blind. In (Eds.), A. L.-E. . S. M., editor, *Wearable and Autonomous Biomedical Devices and Systems for Smart Environment: Issues and Characterization*, pages 331 – 349. Springer.
- Velázquez Et Al. (2003). Intelligent glasses: A new man-machine interface concept integrating computer vision and human tactile perception. In *Proceedings of EuroHaptics*, pages 456–460.
- Vinux Project (2013). Disponível em: <http://vinuxproject.org>, último acesso em Março de 2013.
- Virtual Vision. Disponível em: <http://www.virtualvision.com.br>, último acesso em Março de 2013.
- Zyga, L. (2008). Researchers design band-aid-size tactile display. Disponível em: <http://phys.org/news131968663.html#jCp>, último acesso em Março de 2013.