



SICITE

XVII

SEMINÁRIO
DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
E TECNOLÓGICA DA UTFPR

RECURSOS DE ACESSIBILIDADE PARA AUXILIAR A NAVEGAÇÃO DE ESTUDANTES CEGOS EM UM EDITOR DE DIAGRAMAS¹

André Luís Martins Bandeira [Bolsista PIBIC/ Fundação Araucária]¹,
Luciano Tadeu Esteves Pansanato [Orientador]¹,
Luiz Gustavo dos Santos [Colaborador]¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE)
Câmpus Cornélio Procopio
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Av. Alberto Carazzai, 1640, Centro

abandeira@r7.com, luciano@utfpr.edu.br, gustavodote@gmail.com

Resumo - Neste trabalho é apresentada uma pesquisa sobre a utilização de recursos de acessibilidade para auxiliar estudantes cegos na navegação em um editor de diagramas. O objetivo é permitir a um estudante cego a possibilidade de entender e construir um diagrama sem o auxílio de outra pessoa ou de qualquer equipamento especial que não aqueles usualmente utilizados por um usuário cego. A interface acessível desenvolvida para um editor de diagramas é apresentada, assim como os recursos adicionais de navegação desenvolvidos para oferecer formas alternativas de exploração de diagramas. Os trabalhos futuros envolvem o planejamento e execução de uma avaliação da interface com usuários cegos.

Palavras-chave: Inclusão; Estudantes Cegos; Acessibilidade; Diagramas.

Abstract - This work presents a research on the usage of accessibility resources to support blind students in navigating a diagram editor. The research aims to allow a blind student to understand and make a diagram without the aid of another person or any special equipment other than those usually used by a blind user. The accessible interface developed for a diagram editor is presented, as well as additional resources of navigation which are developed to offer alternative ways of diagram exploration. The future work includes the planning and execution of an evaluation with blind users.

Keywords: Inclusion; Blind Students; Accessibility; Diagrams.

INTRODUÇÃO

Diagramas são ferramentas gráficas importantes e efetivas para a descrição e comunicação de ideias. Entretanto, a essência gráfica inerente aos diagramas faz com que estes sejam parcialmente ou totalmente inacessíveis a estudantes cegos. Uma alternativa para apresentar um diagrama a um estudante cego é produzir uma representação tátil equivalente ao diagrama, por exemplo, usando uma impressora de alto relevo ou mesmo uma impressora braile. A primeira utiliza um papel especial que reage ao calor e a segunda é um tipo de impressora de impacto. Em geral, o custo desses equipamentos especializados é alto e dificilmente estão disponíveis para a comunidade. Na literatura existem alguns trabalhos [1]

¹ Trabalho aceito para publicação nos Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, SBIE, 2012.

[2] que descrevem a aplicação de representações táteis no ensino de diagramas para estudantes cegos. Esses trabalhos descrevem casos específicos que exigem pessoal dedicado na construção dessas representações táteis.

Os leitores de tela, como JAWS² e NVDA³, são programas (software) que convertem informações textuais em áudio utilizando um sintetizador de voz. Essa tecnologia é utilizada principalmente por usuários cegos para a leitura de documentos textuais e da interface de um software. Para diagramas, um leitor de tela está limitado às suas descrições textuais alternativas, quando disponíveis. Por exemplo, as descrições textuais encontradas em livros-texto (arquivo PDF fornecido pela editora) e em notas de aula produzidas pelo professor da disciplina. Além disso, as ferramentas geralmente utilizadas para a criação de diagramas (por exemplo, Microsoft Office Visio) não são acessíveis para os leitores de tela, tornando difícil para um estudante cego acompanhar diversas tarefas da mesma maneira que seus colegas sem deficiência.

Neste trabalho é apresentada a utilização de recursos de acessibilidade para auxiliar a navegação de usuários cegos em um editor de diagramas. O objetivo é superar as barreiras de acesso por estudantes cegos às informações contidas em diagramas. O foco inicial do trabalho são os diagramas da Linguagem de Modelagem Unificada, ou *Unified Modeling Language* (UML), devido ao trabalho realizado anteriormente neste contexto [3]. A UML é uma linguagem gráfica utilizada para especificar, construir e documentar os artefatos de sistemas/software [4] e caracteriza-se como o principal protocolo de comunicação da indústria de software. O ensino da simbologia que compõe a UML para estudantes cegos é desafiador, uma vez que o uso de representações táteis exige equipamentos específicos (e pessoal dedicado) e as ferramentas de software utilizadas para a criação de diagramas não trabalham bem com os leitores de tela.

METODOLOGIA

A metodologia empregada na realização deste trabalho está centrada nas seguintes atividades principais:

Revisão bibliográfica de trabalhos representativos que descrevem sistemas para transmitir informação gráfica a usuários cegos. Essa atividade envolveu a identificação de trabalhos relacionados, em especial aqueles específicos que envolvem diagramas no contexto do processo de ensino-aprendizagem.

Projeto e desenvolvimento de um recurso tecnológico (software) para apoio à edição de diagramas por usuários cegos. O desenvolvimento foi realizado em duas (2) etapas: (a) implementação de uma interface acessível de um editor de diagramas existente que permita aos leitores de tela o acesso às suas informações (dos componentes da interface). (b) investigação e implementação de funcionalidades, acessíveis por meio de comandos de teclado, para a navegação através de uma representação de um diagrama estruturada com base em vértices e arestas.

Planejamento e execução de uma avaliação da interface do editor de diagramas. O objetivo dessa atividade é avaliar se os usuários potenciais do software desenvolvido conseguem entender e, principalmente, construir diagramas usando a interface proposta. O planejamento da avaliação envolveu principalmente a definição dos objetivos e do grupo de participantes, a preparação do material a ser utilizado (incluindo representações táteis de diagramas) e a realização de uma avaliação piloto. A avaliação é composta de um questionário de levantamento (*survey*), um conjunto de tarefas a ser realizado pelo participante e um questionário de fechamento (perguntas que devem ser respondidas após as

² Freedom Scientific. JAWS. <http://www.freedomscientific.com/products/fs/jaws-product-page.asp>.

³ NV Access. NonVisual Desktop Access (NVDA). <http://www.nvda-project.org/>.

tarefas). O material da avaliação está concluído e a avaliação está em andamento com doze (12) participantes; todos são pessoas cegas que trabalham com desenvolvimento de sistemas/software.

A metodologia também envolve indiretamente o desenvolvimento de atividades de extensão universitária. Essa atividade visa produzir recursos didáticos de apoio a atividades de ensino-aprendizagem com estudantes cegos de acordo com a demanda da comunidade, principalmente das escolas públicas e órgãos de apoio a pessoas com deficiência visual. O pressuposto para essa atividade é que a experiência concreta e contextualizada adquirida nos trabalhos desenvolvidos para a comunidade fornece informações importantes para o aperfeiçoamento de técnicas e também proporciona novas visões sobre uma realidade conhecida.

TRABALHOS RELACIONADOS

Existem vários trabalhos que descrevem sistemas computacionais para transmitir informação gráfica a usuários cegos. O foco desses sistemas tem sido a extensão da interface tradicional com a utilização de áudio [5] [6] [7] [8] [9], de dispositivo tátil e de força [10], ou uma combinação desses recursos [11] [12]. Alguns desses sistemas permitem somente a apresentação do diagrama e pouca interação do usuário [5] [8] [10], enquanto outros permitem que o usuário explore a representação do diagrama [6] [7] [9] [11] [12].

A interface apresentada neste trabalho emprega somente os recursos geralmente utilizados por um usuário cego (teclado e leitor de tela) e oferece tanto a possibilidade de apresentar o diagrama ao usuário quanto a funcionalidade necessária para que este faça a edição do diagrama e/ou até mesmo a construção de um diagrama a partir do zero. Adicionalmente, a interface também oferece recursos adicionais de navegação desenvolvidos para oferecer formas alternativas de exploração de diagramas.

RECURSOS DE ACESSIBILIDADE

Acessibilidade se refere à capacidade de produtos e ambientes serem usados pelas pessoas [13]. Prover acessibilidade é remover barreiras que impeçam as pessoas com deficiência de participarem de atividades do cotidiano, incluindo o uso de serviços, produtos e informação.

A metodologia utilizada neste trabalho para prover a acessibilidade a diagramas é, na primeira etapa, a implementação de uma interface acessível para um editor de diagramas existente que permita aos leitores de tela o acesso às suas informações (dos componentes da interface). A segunda etapa é a investigação e implementação de funcionalidades, acessíveis por meio de comandos de teclado, para a navegação através de uma representação de um diagrama estruturada com base em vértices e arestas.

Acessibilidade da Interface

O editor de diagramas utilizado neste trabalho é o *GEneric Diagram Editor* (GEDE), que é uma ferramenta de apresentação e edição de diagramas desenvolvida como trabalho de iniciação científica [14]. O GEDE foi desenvolvido na linguagem Java para ser utilizado em qualquer aplicação na qual seja necessária a apresentação (e edição) de um diagrama. Assim, o GEDE não pode ser executado somente pelos seus recursos, mas é preciso que seja acoplado dentro de um sistema que o inicialize sempre que houver a necessidade.

A acessibilidade na interface do GEDE foi implementada usando os recursos da API de Acessibilidade Java (*Java Accessibility API*). A API de Acessibilidade Java torna a

informação no componente da interface disponível às tecnologias assistivas, como os leitores de tela, sistemas de reconhecimento de voz e os monitores braille atualizáveis (linhas braille), fornecendo aos usuários uma apresentação alternativa e o controle de aplicações Java [15]. A acessibilidade é fornecida através de adaptações no código, por meio da implementação da interface *Accessible* e a invocação explícita da classe *AccessibleContext*, responsável por enviar a mensagem para a tecnologia assistiva, fornecendo as informações pertinentes aos componentes apresentados graficamente na interface. A classe *AccessibleContext* através do método *getAccessibleContext* retorna o contexto acessível para o objeto gráfico em questão. Esse contexto diz respeito a informações como: nome, descrição, função e estado. Essas informações servem como uma espécie de legenda aos leitores de telas [16]. Adicionalmente, a *Java Access Bridge* é responsável pela conexão das aplicações que implementam a API de Acessibilidade Java às bibliotecas de acessibilidade do sistema operacional. Essa conexão se encarrega de habilitar o leitor de tela (ou outra tecnologia assistiva) para a comunicação com a aplicação Java, incumbindo-se pelo mecanismo de tráfego de informações em um contexto acessível.

A interface acessível do GEDE proporciona a apresentação em áudio da descrição dos elementos que compõem o diagrama. Essa descrição é a responsável pelas informações capazes de provocar a construção de uma imagem mental (dos conceitos) do diagrama representado visualmente de maneira semelhante ao que ocorre durante a leitura tátil [17]. A acessibilidade foi implementada de maneira que tanto um usuário cego quanto um usuário sem deficiência visual podem utilizar os mesmos recursos do editor de diagramas, pois o acesso à interface pode ser realizado tanto pelo mouse quanto pelo teclado.

Na Figura 1 é mostrado um exemplo da interface acessível desenvolvida para o GEDE; a interface mostra um diagrama de casos de uso da UML. O diagrama de casos de uso é o diagrama mais geral e informal da UML, utilizado na fase de levantamento e análise de requisitos para representar as principais funcionalidades (usos) do sistema/software. A técnica utilizada para construir um diagrama é identificar os atores (usuários ou outros sistemas) e os serviços que o sistema fornecerá aos atores, conhecidos como casos de uso. O diagrama é construído organizando os atores e casos de uso e especificando os seus relacionamentos.

O conceito de grafo é utilizado neste trabalho, pois não existe uma definição técnica para diagrama que seja amplamente aceita. Um grafo consiste num conjunto de nós (ou vértices) que podem estar conectados por arcos (ou arestas) [18]. Os vértices contêm informação e as arestas são usadas para conectar os nós que mantêm algum tipo de relação. Nesse diagrama de casos de uso (Figura 1) existem dois tipos de vértices, ator (homem palito) e caso de uso (elipse), e diversos tipos de arestas, associação (linha cheia), *include* (linha tracejada com o rótulo “<<Include>>”) e *extend* (linha tracejada com o rótulo “<<Extend>>”).

Recursos Adicionais de Navegação

Os recursos adicionais de navegação desenvolvidos oferecem formas alternativas de exploração dos diagramas. Esses recursos são acionados por meio das teclas de função e alteram a navegação padrão para permitir a navegação por grupos de elementos. O objetivo é fornecer acesso rápido a um determinado elemento por meio da navegação por um grupo reduzido de elementos ao qual pertence o elemento desejado. Além disso, também permite ao usuário obter uma visão geral de um determinado grupo de elementos. Assim, através dos recursos adicionais de navegação é esperado que a questão da complexidade de diagramas em termos de número de elementos seja minimizada. As teclas utilizadas para ativar os recursos adicionais de navegação são apresentadas na Tabela 1.

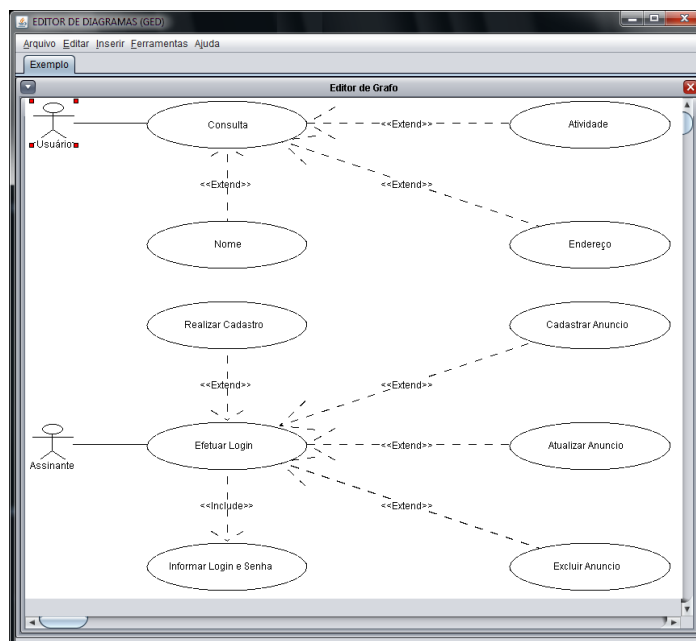


Figura 1. Exemplo da interface com um diagrama de casos de uso da UML.

Para a realização de testes dos recursos adicionais de navegação foram utilizados os leitores de tela JAWS versão 13.0.527 e NVDA versão 2012.2, com a instalação e configuração padrão. Esses testes tiveram o objetivo de verificar problemas e diferenças no uso da interface com diferentes leitores de tela. As diferenças encontradas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1. Teclas utilizadas para ativar os recursos adicionais de navegação.

Tecla	Descrição
F3	Navegação padrão
F4	Navegação por vértices
F5	Navegação por arestas
F6	Navegação por tipo de elemento

Tabela 2. Diferenças encontradas no uso da interface com leitores de tela diferentes.

JAWS	NVDA
Informa as teclas de atalho para menus e itens de menu.	Para informar as teclas de atalho é necessária a realização de configuração extra.
Descreve apenas o tipo e nome referente ao elemento com foco.	Descreve o tipo e nome do elemento com foco, mas antes informa “rótulo”, com referência ao tipo do componente de interface implementado no código; a cada elemento que recebe o foco também é informado o nome da janela.

Navegação Padrão

A ativação da navegação padrão é realizada através do pressionamento da tecla de função F3 ou da sequência de teclas de atalho Alt + F > N > P para acesso à opção correspondente no submenu Navegação. O objetivo da navegação padrão é fornecer uma maneira de percorrer todo o diagrama (usando o teclado) a partir do elemento mais próximo

do canto superior esquerdo, seguindo coordenadas cartesianas até o elemento mais próximo do canto inferior direito (isto é, de cima para baixo e da esquerda para a direita). A navegação é realizada utilizando as teclas Tab e Shift + Tab que, ao serem pressionadas, trazem o foco do sistema para o próximo elemento ou para o elemento anterior do diagrama, respectivamente. Essa forma de navegação é semelhante à navegação por links em um navegador web.

Navegação por Vértices

A navegação por vértices é ativada ao pressionar a tecla de função F4 ou as teclas de atalho Alt + F > N > V. Ao ativar essa navegação é construída uma estrutura de dados interna (lista) que permite ao leitor de tela reportar informações referentes apenas aos elementos referentes aos vértices do grafo correspondente ao diagrama. Por exemplo, para o diagrama de casos de uso mostrado na Figura 1, a navegação por vértices permite o percurso pelos atores e casos de uso (vértices) do diagrama. A navegação provida por esse recurso é decorrente da necessidade de proporcionar ao usuário cego uma forma mais rápida para acessar determinada categoria de elementos do diagrama.

Outro recurso fornecido pela navegação por vértices é a possibilidade de percorrer os casos de uso relacionados a um determinado ator do diagrama. Esse benefício é devido à organização dos elementos dentro da estrutura de dados interna, que mantém os relacionamentos de um ator com os casos de uso.

Navegação por Arestas

O recurso de navegação por arestas é responsável por permitir a exploração das arestas e é acionado pela tecla F5 ou Alt + F > N > A. Por exemplo, enquanto a navegação por vértices provê um percurso pelos atores e casos de uso do diagrama mostrado na Figura 1, a navegação por arestas provê um percurso pelos relacionamentos existentes no diagrama (associação, *include* e *extend*). A identificação dos relacionamentos é facilitada através da navegação por arestas.

O tipo de relacionamento, associação, *extend* ou *include*, é informado antes da apresentação dos elementos que fazem parte do relacionamento. Por exemplo, considerando o diagrama apresentado na Figura 1, no relacionamento “<<Extend>>” que indica o caso de uso “Atividade” como uma extensão (*extend*) do caso de uso “Consulta”, a informação apresentada pelo leitor de tela seria da seguinte maneira: “*extend* de atividade a consulta”. Essa forma de leitura dos relacionamentos também é realizada na navegação padrão.

Navegação por Tipo de Elemento

O recurso de navegação por tipo de elemento torna restrita a navegação apenas a um determinado tipo de elemento do diagrama, por exemplo, ator ou caso de uso. A ativação é feita pressionando a tecla de função F6 ou Alt + F > T. Alternativamente, o percurso por somente ator ou caso de uso pode ser ativado diretamente pelas teclas de atalho Alt + F > T > A e Alt + F > T > C, respectivamente.

A navegação por categoria de vértice, neste caso, por ator ou caso de uso, é o desdobramento da navegação por vértices (apresentada anteriormente). A necessidade desses recursos de navegação fundamenta-se na dificuldade encontrada por usuários cegos de assimilar o que está representado em um diagrama com cinco ou mais desses elementos. Essa dificuldade é decorrente do esforço cognitivo para memorizar os nomes de atores e casos de uso.

Uma alternativa para obter os nomes de atores e casos de uso do diagrama em questão é por meio do menu Editar, submenu Selecionar, e percorrer os submenus ator e caso de uso com as setas direcionais. Essa opção permite a navegação direta para um determinado elemento do diagrama.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A principal contribuição deste trabalho é um recurso tecnológico (software) capaz de permitir a um estudante cego a possibilidade de entender e construir um diagrama sem o auxílio de outra pessoa ou de qualquer equipamento especial que não aqueles usualmente utilizados por um usuário cego. No contexto do processo de ensino-aprendizagem, além de oferecer autonomia aos estudantes cegos, esse recurso também permite que estes possam interagir com seus colegas sem deficiência visual em um trabalho em grupo a partir do acesso ao mesmo diagrama.

Um dos trabalhos futuros que podem dar continuidade aos resultados apresentados neste trabalho é o desenvolvimento dos elementos gráficos dos outros diagramas da UML, visto que o desenvolvimento e teste se concentraram apenas no diagrama de casos de uso. A interface em termos de código não exige grandes alterações para permitir a edição dos demais diagramas. Entretanto, o esforço dedicado para o desenho dos seus elementos e a ordenação destes de modo a serem inteligíveis por tecnologias assistivas é um desafio. Em última análise, a leitura dos elementos de um diagrama deve ser feita de modo a fornecer ao usuário cego as informações necessárias para subsidiar a construção mental de uma imagem daquilo que o diagrama representa, ou seja, não se trata apenas de apresentar em áudio o que está na tela, mas apresentar de um modo que potencializa o entendimento por parte do usuário.

A perspectiva de estender os resultados obtidos para outras notações gráficas, como os diagramas de rede, mapas mentais e notações matemáticas, também é um dos trabalhos futuros. Inicialmente, essa extensão será desenvolvida a partir do mapeamento das características semelhantes entre estas notações e as da UML. Essa possibilidade é o diferencial em termos de contribuição tecnológica deste trabalho em relação a alguns dos trabalhos relacionados.

A extensão para outras notações gráficas também é uma oportunidade para acomodar aprimoramentos que podem aparecer à medida que a avaliação com usuários estiver concluída. O conhecimento obtido com os resultados da avaliação permite direcionar os trabalhos futuros para a melhoria da interface.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária, Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI-PR) e Governo do Estado do Paraná pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] BROOKSHIRE, R. G. Teaching UML Database Modeling to Visually Impaired Students. *Issues in Information Systems*, v. 7, n. 1, p. 98-101, 2006.
- [2] FRANCONI, J. M.; SMITH, A. C. Computer science accessibility for students with visual disabilities. *SIGCSE Bull.*, 34, 1 (Mar.), p. 91-95, 2002.
- [3] SILVA, C. E.; PANSANATO, L. T. E.; FABRI, J. A. Ensinando Diagramas UML para Estudantes Cegos. In: XVIII CIESC – XXXVI CLEI, Asunción, 2010.

- [4] FOWLER, M. UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language. 3. ed. New York: Addison-Wesley, 2003.
- [5] KENNEL, A. R. Audiograf: a diagram-reader for the blind. In: Proc. 2nd Annual ACM Conference on Assistive Technologies, p. 51-56, 1996.
- [6] BROWN, A.; PETTIFER, S.; STEVENS, R. Evaluation of a non-visual molecule browser. In: Proc. 6th ACM Conf. on Computers and Accessibility, p. 40-47, 2004.
- [7] COHEN, R. F.; MEACHAM, A.; SKAFF, J. Teaching graphs to visually impaired students using an active auditory interface. SIGCSE Bull., v. 38, n. 1, p. 279-282, 2006.
- [8] METATLA, O.; BRYAN-KINNS, N.; STOCKMAN, T. Diagrams As Sonified Trees: The Design and Implementation of Auditory UML. In: Poster presentation at 1st International Workshop on Haptic and Audio Interaction Design (HAID), 2006.
- [9] MAGALHÃES, R. L.; NETO, M. M. F. ApreNDER: Ferramenta de Apoio à Construção de Diagrama Entidade Relacionamento para Deficientes Visuais. In: XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, João Pessoa, PB, 2010.
- [10] ROTARD, M.; KNÖDLER, S.; ERTL, T. A tactile web browser for the visually disabled. In: Proc. Sixteenth ACM Conf. on Hypertext and Hypermedia, p. 15-22, 2005.
- [11] KING, A.; BLENKHORN, P.; CROMBIE, D.; DIJKSTRA, S.; EVANS, D. G.; WOOD, J. Presenting UML Software Engineering Diagrams to Blind People. In: Proc. 9th Int. Conf. on Computers Helping People with Special Needs, p. 522-529, 2004.
- [12] HORSTMANN, M.; LORENZ, M.; WATKOWSKI, A.; IOANNIDIS, G.; HERZOG, O.; KING, A.; EVANS, D. G.; HAGEN, C.; SCHLIEDER, C.; BURN, A.; KING, N.; PETRIE, H.; DIJKSTRA, S.; CROMBIE, D. Automated interpretation and accessible presentation of technical diagrams for blind people. New Rev. Hypermedia Multimedia, v. 10, n. 2, p. 141-163, 2004.
- [13] DIAS, C. Usabilidade na Web: criando portais mais acessíveis. Rio de Janeiro: Alta Books, 2003.
- [14] SILVA, L. H. C.; PANSANATO, L. T. E. Uma Ferramenta para Auxílio à Apresentação e Edição de Diagramas. In: VI Encontro de Atividades Científicas, Londrina, PR. Londrina: UNOPAR, 2002.
- [15] ORACLE. Java SE Desktop Accessibility. 2012. Disponível em <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/index-jsp-140174.html>. Acesso em 27 jul. 2012.
- [16] CHAPMAN, M.; CHENERY, S. Developing accessible GUIs with Swing. IBM Tutorial. 2002. Disponível em www.ibm.com/developerworks/java/tutorials/j-access/j-accesspdf.pdf. Acesso em 10 set. 2011.
- [17] MORAIS, D. F. P. Imagem também se lê com as mãos: um relato a respeito da leitura de imagens com crianças cegas. In: III Seminário Leitura de Imagens para a Educação: múltiplas mídias, Florianópolis, SC, UDESC, 2010.
- [18] TENENBAUM, A. M.; LANGSAM, Y.; AUGENSTEIN, M. J. Data Structures Using C. New York: Prentice-Hall, 1990.