

Teaching and Learning Data Structures Supported by Computers: an experiment using CADILAG tool

Guilherme P. Cardim, Ingrid Marçal, Camila M. de Sousa, Danielle L. de Campos, Caio H. V. Marin, Alisson F. C. do Carmo, Douglas F. Toledo, Ayrton Saito, Ronaldo Celso Messias Correia, Rogério Eduardo Garcia

Departamento de Matemática, Estatística e Computação
Unesp - Campus de Presidente Prudente – Faculdade de Ciência e Tecnologia

Presidente Prudente – SP - Brazil

{gpcardim, miyuki.sousa, daniellelais.campos, caiomarin, alisondocarmo}@gmail.com; {ingridmarcal, doug_toledo, ton.saito}@hotmail.com; {ronaldo, rogerio}@fct.unesp.br

Abstract— This paper aims to present the use of a learning object (CADILAG), developed to facilitate understanding data structure operations by using visual presentations and animations. The CADILAG allows visualizing the behavior of algorithms usually discussed during Computer Science and Information System courses. For each data structure it is possible visualizing its content and its operation dynamically. Its use was evaluated and the results are presented.

Keywords— component; formatting; style; styling; insert (key words)

I. INTRODUÇÃO

Em Ciência da Computação o estudo de Estruturas de Dados é fundamental. Essas Estruturas de Dados são de extrema importância, pois são utilizadas no desenvolvimento de diversas aplicações. Estudar Estruturas de Dados consiste em estudar as possíveis maneiras de organizar dados em um computador, de modo que o acesso a esses dados, assim como a manipulação desses na estrutura que os organiza, seja feita adequadamente [3]. O uso de uma ferramenta que apresente graficamente tais conceitos e comportamentos pode ser um componente facilitador do processo de aprendizagem, uma vez que a apresentação de conceitos abstratos em animações consiste em uma melhoria da abordagem didática, como consequência do material utilizado [13].

Diversas ferramentas vêm sendo desenvolvidas para demonstrar visualmente o funcionamento de algoritmos e das estruturas de dados [14,15,16,17]. Quando usadas com objetivo de facilitar o aprendizado dos alunos, essas ferramentas se tornam um meio de minimizar as dificuldades encontradas pelos alunos por possibilitarem a visualização das estruturas e suas operações, diminuindo, assim, a abstração encontrada no estudo de Estruturas de Dados [5,13]. É nessa visualização de algo abstrato que se baseiam a maioria das ferramentas para apoio nessa disciplina [5].

Entretanto, segundo Papert [8] há duas linhas de orientação para trabalhos na área de informática na educação, o instrucionismo e o construcionismo. Os instrucionistas fazem uso do computador simplesmente como uma “máquina de ensinar” a qual passa as informações necessárias aos alunos através de instruções prontas. Já os construcionistas estimulam a construção do conhecimento por meio de desafio e conflitos

[6]. Essas diferentes perspectivas introduzem desafios às práticas pedagógicas, que devem ser adaptadas adequadamente para acomodar o uso de uma ferramenta de apoio na dinâmica de seu processo.

Considerando o perfil do egresso do curso de Bacharelado em Ciência da Computação [11] foi desenvolvido o CADILAG: um objeto de aprendizagem construcionista que mostra abstração e animações do funcionamento das operações sobre as estruturas [18]. O CADILAG deixa ao aluno as reflexões sobre o código computacional (algoritmo) que implementa tais operações. Neste artigo é apresentada uma avaliação sobre o uso dessa ferramenta no ensino-aprendizado de estruturas de dados, assim como reflexões a respeito. Para isso, este artigo encontra-se organizado da seguinte maneira: na Seção 2 são apresentadas algumas ferramentas disponíveis; na Seção 3 é apresentada a ferramenta CADILAG e na seção seguinte são apresentados exemplos de seu uso; na Seção 5 são apresentados o esquema de uso da ferramenta juntamente com a sua avaliação; finalizando, na Seção 6 são apresentadas as considerações finais.

II. FERRAMENTAS DISPONÍVEIS

Há diversos projetos que visam a facilitar o ensino/aprendizagem de Estruturas de Dados, como o ASTRAL [7] e o LABED (Laboratório de Estrutura de Dados) [10]. O projeto ASTRAL conta com diversas ferramentas educacionais que englobam aplicativos ilustrativos de estruturas de dados, como Árvores AVL, Árvores binárias de busca, Árvores B, Tabelas Hash e Grafos. As aplicações disponibilizadas pelo ASTRAL oferecem a visualização das estruturas, assim como possibilita que os alunos façam suas próprias simulações. Contudo, o ASTRAL dispõe de arquivos e didática diferente para cada tipo de estrutura dificultando a atividade docente e, conseqüentemente, a aprendizagem do aluno. O projeto LABED é um laboratório virtual no qual o aluno interage com as diversas estruturas de dados, permitindo a visualização de cada etapa das modificações realizadas na estrutura, por meio das operações básicas comuns a todas as estruturas, como inserção, remoção e busca. Porém, o LABED possui somente estruturas do tipo árvore.

Além dos projetos de pesquisa mencionados anteriormente, é possível encontrar diversas aplicações capazes de simular as

estruturas de dados na internet, porém normalmente cada aplicação exibe o funcionamento de apenas um tipo de estrutura, ou seja, são ferramentas específicas, acarretando em perda de tempo na procura da ferramenta certa para cada tipo de estrutura. Além disso, a utilização de um conjunto de aplicativos desenvolvidos por diferentes programadores e/ou instituições torna necessário que o professor se adeque à metodologia de ensino utilizada por cada aplicativo, podendo representar um grande obstáculo no aprendizado por parte do estudante [5].

Adicionalmente, o Currículo de Referência da SBC para Cursos de Graduação em Bacharelado em Ciência da Computação e Engenharia de Computação [12], em seus aspectos técnicos, estabelece como perfil do egresso a capacidade de conduzir um processo de projeto para construção de soluções de problemas. Isso motivou a escolha por uma abordagem construcionista, que propõe estimular a construção do conhecimento por meio de desafio e conflitos [6].

Diante desse cenário, foi proposto o desenvolvimento de um objeto de aprendizagem que reúne o apoio à visualização de conceitos pertinentes às diversas estruturas de dados: o CADILAG [18]. Sua grande vantagem sobre os outros projetos citados é possuir todas as estruturas ministradas durante um curso de Estruturas de Dados, e com o seu uso durante todo o curso, evita a necessidade do professor se adequar a diferentes metodologias em diferentes estruturas, facilitando a assimilação do conteúdo pelo estudante. Além disso, o CADILAG possui animações simples e objetivas, mostrando o funcionamento de cada estrutura e operação em particular, que juntamente com a fácil manipulação possibilita melhor visualização do estudante das estruturas de dados e suas funcionalidades. O CADILAG foi projetado e implementado com o objetivo de facilitar a assimilação das estruturas de dados computacionais por meio da visualização das estruturas de dados e de como elas são representadas no ambiente computacional, assim como suas operações. Isso faz com que os alunos pensem e construam o conhecimento sobre o funcionamento da estrutura a partir de suas simulações, cabendo ao aluno as reflexões sobre o código computacional (algoritmo) que implementa tais operações.

III. A FERRAMENTA CADILAG

O projeto CADILAG foi desenvolvido na linguagem de programação JavaFX, que é uma plataforma que possibilita a criação das mais variadas aplicações RIAs (Rich Internet Application). Esse tipo de aplicação permite a utilização da ferramenta por meio de arquivo executável ou diretamente pelo navegador. Sendo assim a aplicação se torna acessível a qualquer usuário independente do Sistema Operacional utilizado. Essa linguagem foi escolhida por ser uma linguagem recente possibilitando o aprendizado de uma nova linguagem pelos desenvolvedores, além disso, ela possibilita a criação de aplicações gráficas interativas de forma rápida e fácil [4].

O aplicativo possui uma restrição nos valores a serem inseridos, que devem possuir no máximo três dígitos. Isso ocorre pelo fato do tamanho das estruturas serem definidos em código, e para simplificar a implementação é utilizado um tamanho padrão para todas as estruturas onde apenas três dígitos são aceitos.

Com o intuito de facilitar a programação e a utilização dos códigos do aplicativo, este foi desenvolvido em módulos independentes, sendo que cada estrutura pertence a um pacote composto por diversas classes que se relacionam, possibilitando assim, a utilização, se necessária, do aplicativo com apenas uma estrutura por vez.

As estruturas abordadas na ferramenta são as tradicionalmente ministradas na disciplina de Estruturas de Dados [2], sendo elas:

- Lista estática simplesmente encadeada;
- Fila circular estática;
- Pilhas múltiplas;
- Lista dinâmica simplesmente/duplamente encadeada;
- Fila dinâmica simples e com prioridade;
- Pilhas dinâmicas;
- Tabela Hash com tratamento de colisão por lista de adjacência;
- Tabela Hash com tratamento de colisão por área de overflow;
- Listas cruzadas;
- Árvore binária de busca e AVL;
- Árvore B;
- Grafos com representação por matriz adjacente;
- Grafos com representação por lista de adjacência;
- Grafos através de sua representação visual.

Todas as estruturas apresentam as operações de inserção, remoção e busca. Entretanto a ferramenta aborda operações específicas de certas estruturas, como os percursos in-ordem, pré-ordem e pós-ordem em árvores binárias. A ferramenta visa a englobar as particularidades de cada uma das estruturas e apresentá-las da forma mais simples possível.

O aluno interage com o sistema por meio de uma interface amigável e intuitiva, com ícones e legendas expressivas. O aplicativo conta com tópicos de ajuda que apresentam uma explicação geral sobre o funcionamento da ferramenta em estudo, o que muitas vezes é capaz de sanar dificuldades e auxiliar na compreensão da animação da estrutura estudada no momento, e do funcionamento da estrutura.

IV. CONHECENDO O CADILAG

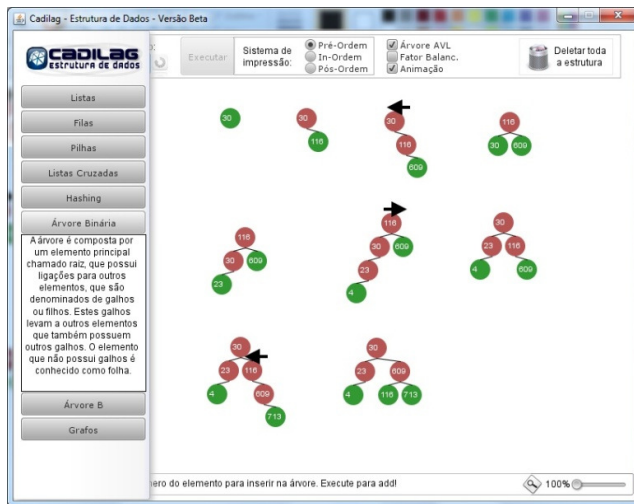
O CADILAG é composto por dois menus, responsáveis por acionar todas as funções existentes no aplicativo. Um instantâneo da interface é apresentado na Figura 1, na qual observam-se dois menus: o menu principal, localizado ao lado esquerdo da ferramenta, permite a escolha da estrutura; o menu secundário, localizado no topo, é responsável por acionar as funções particulares de uma estrutura escolhida. Ambos são detalhados a seguir.

No menu principal, ilustrado pela Figura 1, o usuário deve escolher a estrutura com a qual deseja trabalhar para, então, realizar as operações básicas daquela estrutura. Além disso, ao selecionar a estrutura desejada, um resumo do conceito da estrutura é mostrado. O menu secundário, ilustrado pela Figura 2, apresenta as opções com todas as funções disponíveis para a estrutura desejada. É por meio desse que o usuário interage com a ferramenta escolhendo as operações possíveis para a estrutura de dados em questão.

Figura 1. Menu Principal

Figura 2. Menu superior da estrutura de lista dinâmica simples

Na parte inferior da área de visualização da estrutura informações sobre a função escolhida são apresentadas. A área



central da tela é responsável pela demonstração e simulação da



estrutura e seu funcionamento. Em algumas estruturas, o usuário pode modificá-la interagindo a partir dessa área. Observa-se a imagem da tela de aplicação da estrutura por meio da Figura 3.

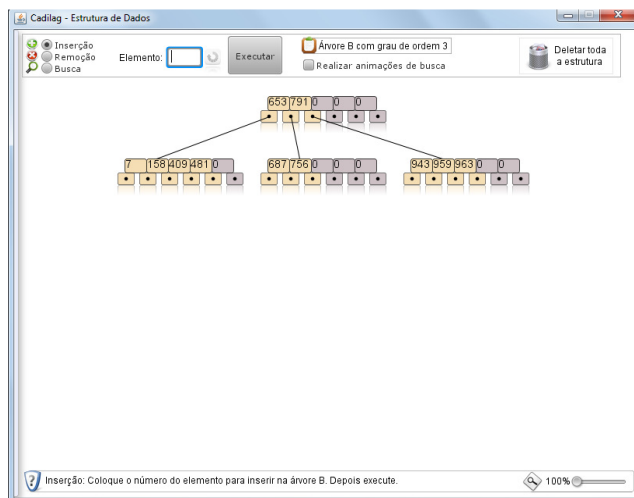


Figura 3. Tela de aplicação da estrutura árvore B

As estruturas são visualizadas logo abaixo do menu e sua disposição varia de acordo com o tipo da estrutura selecionada. Caso a dimensão desta ultrapasse a área de visualização, barras de rolagens são criadas, minimizando limitações quanto a quantidade de elementos pertencentes a cada estrutura, não havendo perda de informações.

V. USO DO CADILAG COMO FERRAMENTA PARA ENSINO-APRENDIZAGEM DE ESTRUTURAS DE DADOS

Primeiramente, o uso de alguma tecnologia de apoio ao processo de ensino-aprendizagem deve ser considerada ao se definir a metodologia de ensino a ser empregada. E a adequação da ferramenta e da metodologia de ensino para a prática pedagógica no ensino-aprendizagem de Estruturas de Dados deve ser direcionada para que a proposta colabore com a formação do aluno, não só considerando os objetivos da disciplina, mas também com a formação do perfil definido para o egresso do curso. Considerando o uso da ferramenta CADILAG (construcionista), cabe ao professor o papel instrucionista, passando informações necessárias para que o aluno consiga construir seu conhecimento. Grégoire e seus parceiros [19] salientam que a tecnologia por si só não muda diretamente o ensino-aprendizagem, o elemento mais importante é como a tecnologia é incorporada na instrução.

Nesse contexto, na abordagem pedagógica a ser utilizada deve-se considerar o uso da ferramenta como apoio ao aluno na construção de seu conhecimento, desenvolvendo atividades instrucionais projetadas para que os alunos combinem coordenadamente tarefas conceituais e tarefas procedimentais, por exemplo. Assim, cabe ao professor definir e coordenar as tarefas propostas para ser desenvolvidas pelos alunos usando a ferramenta, considerando o conceito em questão. Essa relação professor/aluno/tarefa/ferramenta é esquematizada na Figura 4, sem a pretensão de reduzir a esses elementos. Nesse esquema, o professor deve definir tarefas a serem executadas pelos alunos usando a ferramenta com o objetivo de expor conceitos e comportamentos específicos de cada estrutura de dados.

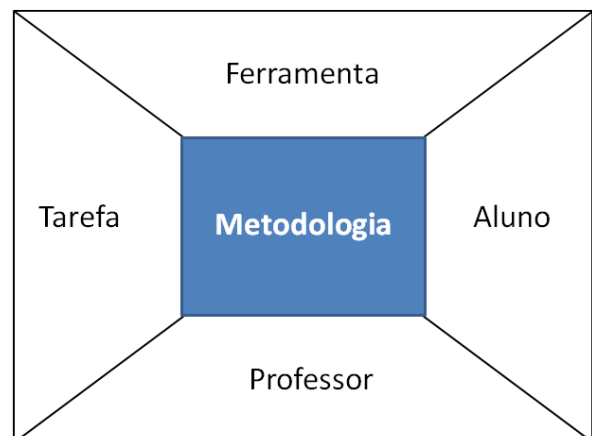


Figura 4. Esquema para abordagem metodológica

Por exemplo, considerando uma Árvore AVL, o professor deve propor sequências de inclusão e remoção de elementos que exponham as rotações à direita, à esquerda, e as rotações duplas (direita-esquerda e esquerda-direita). Adicionalmente, cabe ao professor despertar o interesse e a motivação para o uso da ferramenta, e essa tarefa não deve exigir esforço significativo.

Depois de ter sido utilizada como apoio às atividades didáticas da disciplina de Estrutura de Dados do curso de

Ciência da Computação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Presidente Prudente, foi feita uma avaliação dividida em dois pontos de vista (Professor e Alunos) expostos a seguir.

Quanto à avaliação dos alunos, os mesmos destacaram como vantagem com o uso da ferramenta CADILAG, a possibilidade da visualização simples e rápida das estruturas e animação de suas operações, o que torna a assimilação do conteúdo mais significativa. Destaca-se também a facilidade de utilização e aprendizado da ferramenta, características que poderiam ser obstáculos ao uso.

A. Avaliação pelo Professor

Na avaliação segundo o professor responsável, os alunos têm demonstrado interesse pelo uso do CADILAG. Destaca-se que alunos que cursam a disciplina pela segunda vez – tendo feito a primeira vez sem o uso da ferramenta CADILAG – apresentaram facilidade em compreender os conceitos relacionados. Este fato isolado poderia não ser uma evidência da vantagem do uso da ferramenta. Entretanto, o cruzamento deste com a avaliação dos alunos sugere um benefício do uso.

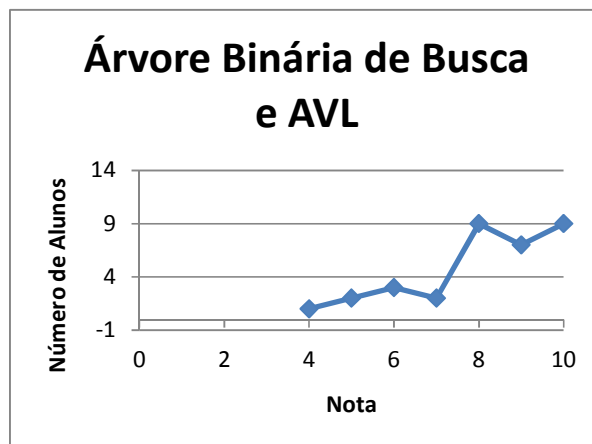
O docente ressalta, também, a facilidade de ter disponível uma aplicação que contempla todo o conteúdo ministrado durante o curso, o que dinamiza as aulas, despertando maior interesse por parte do estudante. Ressalta-se que uma avaliação mais detalhada será efetuada considerando separadamente alunos que cursaram com e sem o uso do CADILAG, considerando o desempenho de cada aluno.

B. Avaliação pelos Alunos

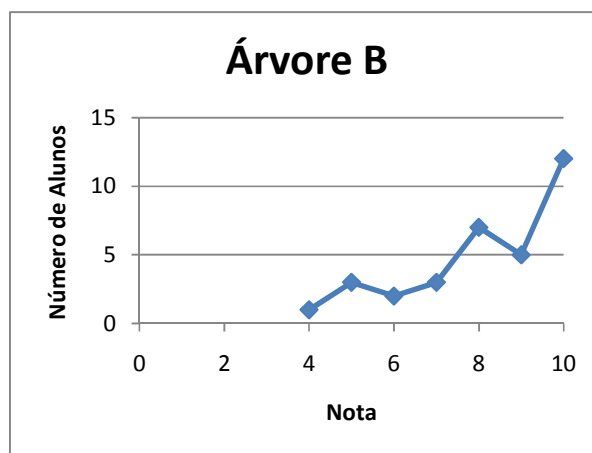
Para a avaliação dos alunos foi proposto um questionário com o objetivo de capturar aspectos específicos da metodologia e da ferramenta. Três perguntas têm como objetivo avaliar a metodologia utilizada. São elas: 1) Ter uma ferramenta para visualizar as operações nas diversas Estruturas de Dados é...; 2) Você considera que a Ferramenta CADILAG seja um instrumental útil na disciplina de ED? 3) Em sua opinião, o uso da ferramenta facilitou o entendimento dos conceitos relacionados às Estruturas de Dados? As possíveis respostas estipuladas à primeira pergunta foram Bom, Indiferente ou Ruim, para a segunda foi estipulado como resposta simplesmente sim ou não, e para a terceira sim, irrelevante ou não. Ambas capturam a adequação da metodologia para explorar o potencial de uso de uma ferramenta. Apenas 35 alunos voluntários responderam o questionário, sendo que: 34 responderam bom para a primeira pergunta e apenas um respondeu indiferente; todos responderam sim para a segunda pergunta, mas 29 responderam bom para a terceira pergunta e 6 responderam irrelevante. Este fato pode indicar uma contradição ou um que o uso da ferramenta foi útil, mas não essencial.

Outra pergunta no questionário – A ferramenta é fácil de usar? – também admite como resposta simplesmente sim ou não. Essa pergunta tem objetivo avaliar a usabilidade da ferramenta: três subcaracterísticas influenciam diretamente o propósito da ferramenta CADILAG – apreensibilidade, operacionalidade e atratividade [12] – pois influenciam na motivação para seu uso e, consequentemente, na tarefa do professor em conduzir o processo. Todos responderam sim.

Além disso, foi solicitado aos alunos que atribuíssem uma nota de um a dez, representando o quanto a ferramenta facilitou o entendimento para cada conceito (grau de ajuda da ferramenta). Essa pergunta foi motivada pela hipótese que de, quanto mais complexo, maior o grau de impacto do uso da ferramenta. Essa hipótese se confirmou com análises: o grau de ajuda para conceitos como Árvore B e Árvore AVL tiveram menor desvio médio. Pode-se observar na Figura 5 as notas atribuídas para essas ambas.



(a) Árvore AVL



(b) Árvore B

Figura 5. Grau de ajuda da ferramenta

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta CADILAG tem sido utilizada como apoio às atividades didáticas da disciplina de Estrutura de Dados do curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Presidente Prudente. Quanto à avaliação dos alunos, os mesmos destacaram como vantagem com o uso da ferramenta CADILAG, a possibilidade da visualização simples e rápida das estruturas e animação de suas operações, o que torna a

assimilação do conteúdo mais significativa. Destaca-se também a facilidade de utilização e aprendizado da ferramenta, características que poderiam ser obstáculos ao uso.

Na avaliação segundo o professor responsável, os alunos têm demonstrado interesse e motivação pelo uso da mesma: destaca-se que alunos que cursam a disciplina pela segunda vez – tendo feito a primeira vez sem o uso da ferramenta CADILAG – apresentaram facilidade em compreender os conceitos relacionados. O docente ressalta, também, a facilidade de ter disponível uma aplicação que contempla todo o conteúdo ministrado durante o curso, o que dinamiza as aulas, despertando maior interesse por parte do estudante. Ressalta-se que uma avaliação mais detalhada será efetuada considerando separadamente alunos que cursaram com e sem o uso do CADILAG.

Para explorar o uso da ferramenta, a metodologia de ensino-aprendizagem foi adequada de modo a permitir a coordenação de tarefas conceituais e tarefas procedimentais. E essa coordenação tem permitido alcançar resultados mais que satisfatórios.

REFERÊNCIAS

- [1] AZEREDO, P. A. “Uma proposta de Plano Pedagógico para a Matéria de Programação”, Anais do II Curso: Qualidade de Cursos de Graduação da Área de Computação e Informática (WEI 2000). Editora Universitária Champagnat.
- [2] AZEREDO, P. A.. O Ensino de Estruturas de Dados. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2002, Florianópolis. Anais do XXII Congresso da SBC. Porto Alegre : SBC, 2002. v. 1.
- [3] CORMEN, T. H., LEISERSON, C. E., RIVEST, R. L. e STEIN C. Algoritmos – Teoria e Prática. Ed. Campus. 2002.
- [4] DOWNES S. Learning Objects: Resources for Distance Education Worldwide. International Review of Research in Open and Distance Learning. v. 2.
- [5] FERREIRA, B. J. P. Em Busca de uma Prática Pedagógica Inclusiva: Uma Experiência no Ensino de Estruturas de Dados Mediada por Animações Gráficas. XV Workshop sobre Educação em Informática. Anais do XXVII Congresso da SBC. Rio de Janeiro, 2007.
- [6] FIELD, Robert; JavaFX Language Reference. Sun Microsystems. Disponível em: < <http://openjfx.java.sun.com/current-build/doc/reference/JavaFXReference.html>>. Acessado em 19 Março de 2010.
- [7] GARCIA, Islene C.; DE REZENDE, Pedro J.; CALHEIROS, Felipe C. Astral: Um ambiente para o ensino de estrutura de dados através de animações de algoritmos. Campinas: Unicamp, 2008. Disponível em: <WWW.ic.unicamp.br/~rezende/garcia.htm>. Acessado em 03 de Março de 2011.
- [8] PAPERT, S. and I. HAREL. Situating Constructionism. Constructionism, Ablex Publishing Corporation. 1991.
- [9] PAPERT, S. A Máquina das Crianças – Repensando a Escola na Era da Informática. Porto Alegre, Artes Médicas, 1994.
- [10] PISTORI, Hemerson. LABED: Um laboratório de Estrutura de dados. Universidade Católica Dom Bosco. Disponível em <<http://www.gpec.ucdb.br/pistori/projetos/labed/index.html>>. Acessado em 18 de Março de 2011.
- [11] SBC Sociedade Brasileira de Computação, Currículo de Referência da SBC para Cursos de Graduação em Bacharelado em Ciência da Computação e Engenharia de Computação, Disponível a partir de <http://www.sbc.org.br>. Acessado em 25 de março de 2011.
- [12] NBR ISO/IEC 9126-1:2003, Engenharia de software - Qualidade de Produto Parte 1: Modelo de qualidade, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Junho, 2003.
- [13] Soares, T. C. A. P., Cordeiro E. S., Stefani Í. G. A., Tirelo, F. Uma Proposta Metodológica para o Aprendizado de Algoritmos em Grafos Via Animação Não-Intrusiva de Algoritmos. III Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais (WEIMIG’ 2004). Belo Horizonte, MG, Brasil
- [14] Brown Marc H. Exploring algorithms using BALSA–II, IEEE Computer, May, 1988.
- [15] Brown, Marc H. Zeus: A System for Algorithm Animation and Multi-ViewEditing. Systems Research Center, February, 1992.
- [16] STASKO, J. T. Tango: A framework and system for algorithm animation. IEEE Computer, v. 23, n. 9, p. 27–39, 1990.
- [17] STASKO, J. T. Animating algorithms with xTango. SIGAGT News, v. 23, n. 2, p. 67–71, 1992.18. CARDIM et al. CADILAG Um Objeto de Aprendizagem para Apoio à Disciplina de Estrutura de Dados, 5th Latin-American Conference on Learning Objects, São Paulo, Outubro, 2010.
- [18] CARDIM et al. CADILAG Um Objeto de Aprendizagem para Apoio à Disciplina de Estrutura de Dados, 5th Latin-American Conference on Learning Objects, São Paulo, Outubro, 2010.