

# **TEORIA DE GRAFOS: UMA PROPOSTA DE OBJETO DE APRENDIZAGEM PARA O MODELO EAD**

**Valdir Agostinho de Melo**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
COPPE / Programa de Engenharia de Produção  
[valdir@pep.ufrj.br](mailto:valdir@pep.ufrj.br)

**Denis Silva da Silveira**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
COPPE / Programa de Engenharia de Produção  
[denis@pep.ufrj.br](mailto:denis@pep.ufrj.br)

**Samuel Jurkiewicz**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
COPPE / Programa de Engenharia de Produção  
[jurki@pep.ufrj.br](mailto:jurki@pep.ufrj.br)

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta um objeto de aprendizagem voltado ao ensino da Teoria de Grafos, em cursos de graduação, cuja estrutura se aplica totalmente ao modelo de ensino a distância. É feita uma comparação qualitativa entre algumas ferramentas que possuem o mesmo propósito.

**PALAVRAS CHAVE.** Objetos de aprendizagem. EAD. Educação.

## **ABSTRACT**

This work presents a learning object directed to the teaching of the Graphs Theory, in graduation courses, whose structure is totally applied to e-learning model. A qualitative comparison between some tools is made.

**KEYWORDS.** Learning Objects. E-learning. Education.

## 1. Introdução

No Brasil, o destaque do setor educacional, a partir de 2001, foi o crescimento do Ensino Assistido à Distância (EAD), onde Ministério da Educação e Cultura, MEC (2009), tem fomentado a incorporação de tecnologias e técnicas de educação à distância aos métodos didático-pedagógicos, além de promover a pesquisa e o desenvolvimento voltados à introdução de novos conceitos e práticas nas escolas brasileiras.

De acordo com o levantamento realizado pelo Censo da Educação Superior do Ministério da Educação, INEP (2007), somente no período de 2003 a 2006 o número de curso de graduação a distância teve um aumento de 571%, ou seja, passou de 52 para 349. O crescimento no ingresso de estudantes nestes cursos também superou as expectativas, passando de 49 mil, em 2003, para 207 mil, em 2006, o que representa uma elevação de 315%.

Considerando essa nova perspectiva de prática educacional, a área de ensino de Teoria de Grafos tem apresentado poucas iniciativas quanto ao seu uso em EAD. A Teoria de Grafos, particularmente, diferencia-se das outras áreas de conhecimento por trabalhar com um conceito abstrato de informação.

Com todo esse movimento de novos adeptos ao EAD, não se pode deixar de analisar um método voltado ao aprendizado à Teoria de Grafos, bem como suas vantagens, limitações e problemas.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2, é comentada a Teoria da Aprendizagem, na Seção 3, os Objetos de Aprendizagem. Na Seção 4, os Agentes Pedagógicos. Na Seção 5, são apresentados detalhes de ferramentas dedicadas ao ensino da Teoria de Grafos e na seção seguinte faz-se uma comparação entre as ferramentas usadas neste trabalho. Por último, tem-se as considerações finais.

## 2. A Teoria da Aprendizagem

O termo aprendizagem é usado freqüentemente na linguagem diária e, de um modo geral, é tido como sinônimo de “conhecimento”. Segundo Bleger (1989), pode-se entender o ato de adquirir conhecimento como um processo que pressupõe modificação mais ou menos estável de linhas de conduta, entendendo-se por conduta todas as modificações do ser humano, seja qual for a área que apareça.

Este trabalho não se aprofundou nas particularidades compreendidas pelas diversas teorias de aprendizagem. Entretanto, é necessário diferenciar o processo do produto e, sendo assim, neste trabalho ressaltamos que a aprendizagem é o processo de adquirir conhecimento.

A aquisição de conhecimento do ser humano apresenta um determinado padrão independente do assunto estudado. Inicialmente, um rápido progresso é observado, porém, a taxa de aprendizado vai decaindo ao longo do tempo. Segundo Wolff (1976), durante as etapas evolutivas, o aluno poderá “aparentemente, não obter progresso durante longo tempo; contudo, no decorrer desse período de aparente estabilidade, o processo de estruturação prossegue e repentinamente surge a habilidade.” Por esse motivo, o professor deve dominar uma técnica pedagógica que motive e incentive os aprendizes no momento da aparente estabilidade. É durante essa fase que muitos alunos perdem o interesse e tendem a interromper o processo de assimilação.

A aprendizagem por meio da apresentação visual ou auditiva é uma forma de motivar, pois a estimulação sensorial é comprovada através de experiências realizadas em Pellitteri *et al.* (1997).

Em teorias de aprendizagem desenvolvidas com base nas teorias construtivistas propostas em Piaget (2002), o estudante deve construir seu próprio conhecimento e não absorvê-lo passivamente dentro da sala de aula ou através da leitura de livros-texto. Esta forma de aprendizado exige que o aluno não só descubra fatos, mas que a partir destes, construa modelos mentais viáveis que possibilitam a construção do conhecimento. Nesse método, o docente tem como função orientar os estudantes na busca desse objetivo, porém deve levar em consideração as estruturas cognitivas individuais de cada um, o que torna esse método pedagogicamente muito mais complexo que o modelo clássico de ensino e que, segundo Valente (1999), a sociedade do conhecimento necessita de pessoas criativas que tenham a capacidade para criticar

construtivamente, pensar, aprender sobre aprender, trabalhar coletivamente e conhecer suas potencialidades.

Finemman e Bootz (1995) destacam que, na teoria construtivista, os processos colaborativos e de apoio à negociação social do significado são altamente relevantes visto que cada estudante possui uma perspectiva única. A elaboração de métodos pedagógicos deve levar em consideração todos esses aspectos apresentados pelas teorias da aprendizagem.

### 3. Objetos de Aprendizagem

Segundo a Rede Interativa Virtual de Educação, RIVED (2009), que é um programa da Secretaria de Educação a Distância e que tem por objetivo a produção de conteúdos pedagógicos digitais, na forma de objetos de aprendizagem. Tais conteúdos primam por estimular o raciocínio e o pensamento crítico dos estudantes, associando o potencial da informática às novas abordagens pedagógicas, aonde a meta que se pretende atingir disponibilizando esses conteúdos digitais é melhorar a aprendizagem das disciplinas da educação básica e a formação cidadã do aluno.

Partindo de exemplos práticos que despertem a curiosidade dos estudantes, os objetos de aprendizagem têm sido uma importante ferramenta no aprimoramento de temas didáticos das mais diversas disciplinas sendo que, neste trabalho, é observado apenas o ensino da Teoria de Grafos.

Contribuindo com esta atividade, foi desenvolvida a ferramenta gratuita e didática *AlgoDeGrafos*, Silveira *et al.*, (2006), com o intuito de auxiliar alunos de graduação e pós-graduação no seu aprendizado. Através do seu uso, alunos que estejam se iniciando na Teoria de Grafos poderão adquirir uma percepção mais aprofundada das estruturas de grafo, trabalhar com seus conceitos de uma maneira mais intuitiva, e verificar a sua aplicabilidade em diferentes exemplos.

Assim como o *AlgoDeGrafos*, existem outras ferramentas disponíveis na internet. Entretanto, sua criação se justificou porque algumas das ferramentas disponíveis apresentam restrições quanto a sua usabilidade e as que são mais abrangentes, não são gratuitas, acarretando um ônus aos alunos ou as instituições que queiram utilizá-las. Para este trabalho, escolheu-se algumas ferramentas que apresentam um objetivo análogo ao *AlgoDeGrafos*, por isso não foram considerados os casos onde são disponibilizadas apenas funções para incorporação em programas a serem desenvolvidos pelo usuário, pois se faz necessário um conhecimento prévio em programação.

### 4. Agentes Pedagógicos

Um problema encontrado nos sistemas tradicionais de aprendizagem auxiliados por computador é a sua dificuldade em prover um ensino interativo junto ao aluno. Um sistema voltado para Educação a Distância deve cobrir ao máximo a dificuldade causada pela distância física que separa o aluno do professor e dos demais colegas, exigindo assim mecanismos mais eficientes de adaptabilidade e, principalmente, de ajuda ao aluno na solução de problemas.

Os avanços mais recentes no campo dos ambientes de aprendizagem inteligentes têm proposto o uso de arquiteturas baseadas em agentes. Um agente, segundo (Bradshaw, 1997) é uma entidade de *software* que funciona de forma contínua e autônoma em um ambiente em particular, capaz de intervir no seu ambiente, de forma flexível e inteligente, sem requerer intervenção ou orientação humana constante. De um modo ideal, um agente que funcione, continuamente, por longos períodos de tempo, deve ser capaz de aprender com a experiência e, se ele habita um ambiente com outros agentes, seja capaz de comunicar-se e cooperar com eles, e ainda mover-se de um local para outro.

Os agentes, em um modo geral, são chamados pedagógicos quando eles são utilizados em sistemas ensino-aprendizagem. Os agentes pedagógicos são, segundo (Giraffa, 1999), aqueles utilizados em sistemas que utilizam o paradigma de agentes desenvolvidos para fins educacionais, podendo atuar como tutores virtuais, estudantes virtuais, ou ainda companheiros virtuais de aprendizagem, tendo como objetivo auxiliar os estudantes no processo de aprendizagem.

O termo agente pedagógico foi criado porque muitos sistemas desenvolvidos para a educação propõem adotar um paradigma de agentes. Segundo Pereira (1997), incorporar agentes dentro de *software* de educação proporciona uma melhora substancial nos aspectos pedagógicos deste ambientes, pois eles possibilitam interações naturais mais intensas através da aproximação entre estudantes e sistema.

Os agentes pedagógicos dividem-se em agentes *goal-driven* - guiados por objetivos - que são os tutores, mentores e assistentes; e agentes *utility-driven* - guiados pela sua utilidade no ambiente - que são os agentes que realizam tarefas auxiliares ligadas às atividades pedagógicas, executando tarefas para o estudante ou para o professor como, por exemplo, agendamento de encontro de grupos, lembrete de atividades a serem entregues (temas, exercícios), podendo atuar, tanto em ambientes de rede, como em ambientes Web, Giraffa (1999).

## 5. Ferramentas de Avaliadas

Esta seção apresenta três outras ferramentas disponibilizadas na internet que foram usadas na comparação da ferramenta *AlgoDeGrafos*.

### 5.1 TBC-Grafos

O *TBC-Grafos* (Treinamento Baseado em Computador para Algoritmos em Grafos) procura, segundo os seus desenvolvedores Santos e Costa (2006), analisar tópicos básicos de programação, englobar conteúdo teórico sintético e representar um repositório didático com visualização. O *TBC-Grafos* é um *Applet Java*, ver Figura 1, que permite inserir vértices, arestas, e modificar pesos visualmente, diretamente no desenho do grafo, visualizar o algoritmo que será executado e ainda ser acessada pela internet.

Os algoritmos disponibilizados são os de Busca (largura e profundidade), Árvore Geradora Mínima (*Prim* e *Kruskal*) e os dois principais algoritmos para a construção do Caminho Mínimo (*Dijkstra* e *Bellman-Ford*). Devido à restrição imposta pela ferramenta, que é a impossibilidade de pesos negativos nos arcos, a principal contribuição do algoritmo de *Bellman-Ford*, que é a possibilidade de determinar o caminho mínimo em arestas que podem ter pesos negativos, não pode ser observada pelo usuário.

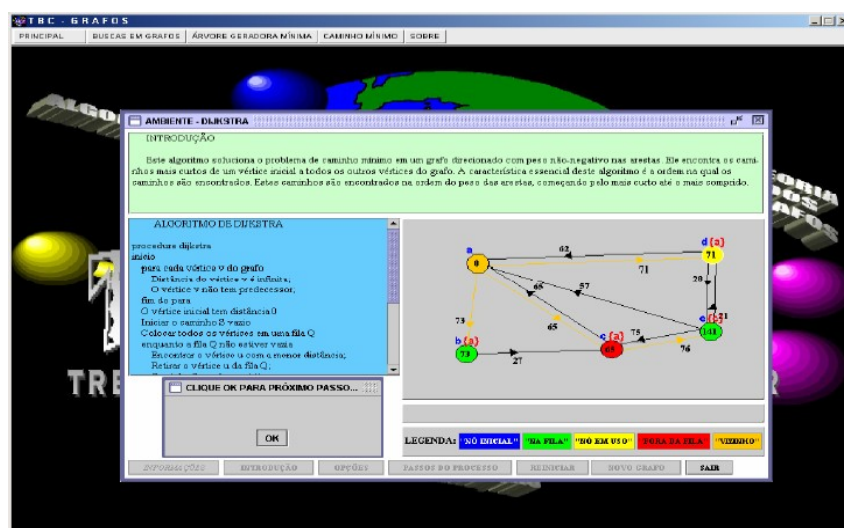


Figura 1: Uma imagem da execução do TBC-GRAFOS.

### 5.2 GRIN

A ferramenta *GRIN* (*Graph Interface*), foi desenvolvida por Pechenkin (2009), sendo uma das ferramentas atuais mais completas para manipulação de grafos. Possui uma versão gratuita e outra paga. Sua interface gráfica eficiente na criação e visualização de grafos e oferece diversos algoritmos para manipulação. Apesar disso, sua versão gratuita possui muitas limitações. A Figura 2 ilustra uma imagem de sua execução.

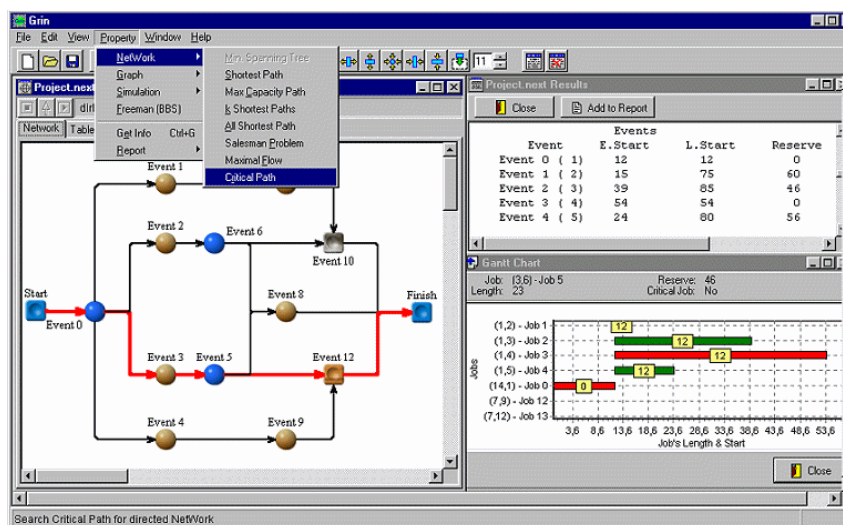


Figura 2: Uma imagem da execução do GRIN.

### 5.3 Graph-Magics

A ferramenta *Graph-Magics*, desenvolvida por Ciubatii (2009), é outra ferramenta comercial que também permite sua utilização em vários problemas da Teoria de Grafos. Também é possível baixar sua versão gratuita. Igualmente a ferramenta anterior, sua utilização é tão intuitiva quanto, facilitando o seu manuseio por um usuário inexperiente. A Figura 3 ilustra uma interface da *Graph-Magics*.

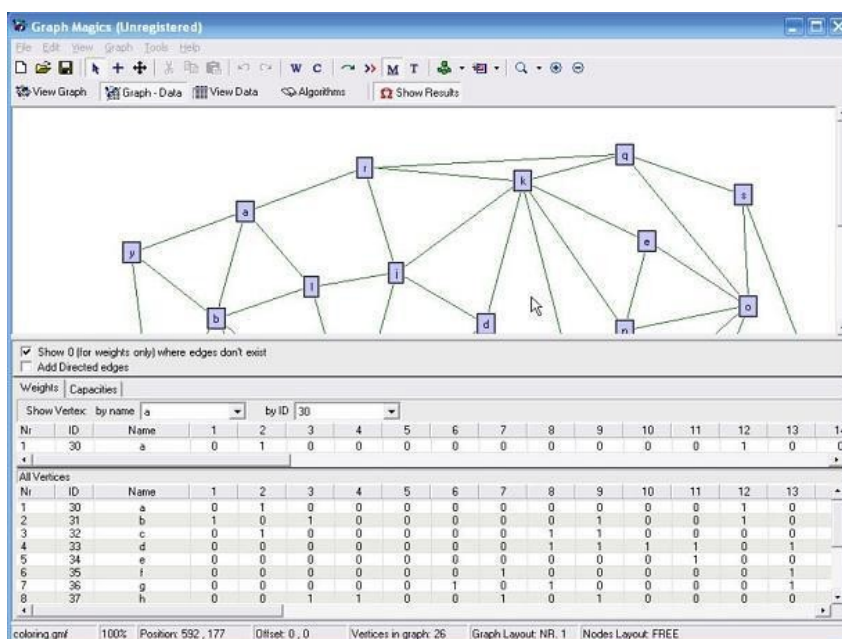


Figura 3: Uma imagem da execução do Graph-Magics.

No entanto, assim como as ferramentas *GRIN* e *TBC-Grafos*, a ferramenta *Graph-Magics* não apresenta nenhum tipo de assistente para facilitar o usuário.

### 5.4 AlgoDeGrafos

A escolha dos seus algoritmos levou em consideração os problemas mais conhecidos na literatura de Teoria de Grafos sendo que, para a maioria dos problemas, mais de um algoritmo foi

implementado, permitindo ao usuário que, par um dado grafo qualquer, seja possível a execução de vários algoritmos, em vários problemas.

Além de ser mais completo, o *AlgoDeGrafos* apresenta um assistente pedagógico caracterizado pela figura do *Merlin* que guia o usuário no uso da ferramenta. Um exemplo disso pode ser visto a seguir na execução do algoritmo de *Dijkstra*. Para isso, deve-se clicar com o botão direito do mouse, sobre a área livre do grafo. Neste ponto, o *AlgoDeGrafos* irá mostrar o menu relativo aos algoritmos disponíveis, bastando ao interessado selecionar a opção desejada. A Figura 4 ilustra essa situação.

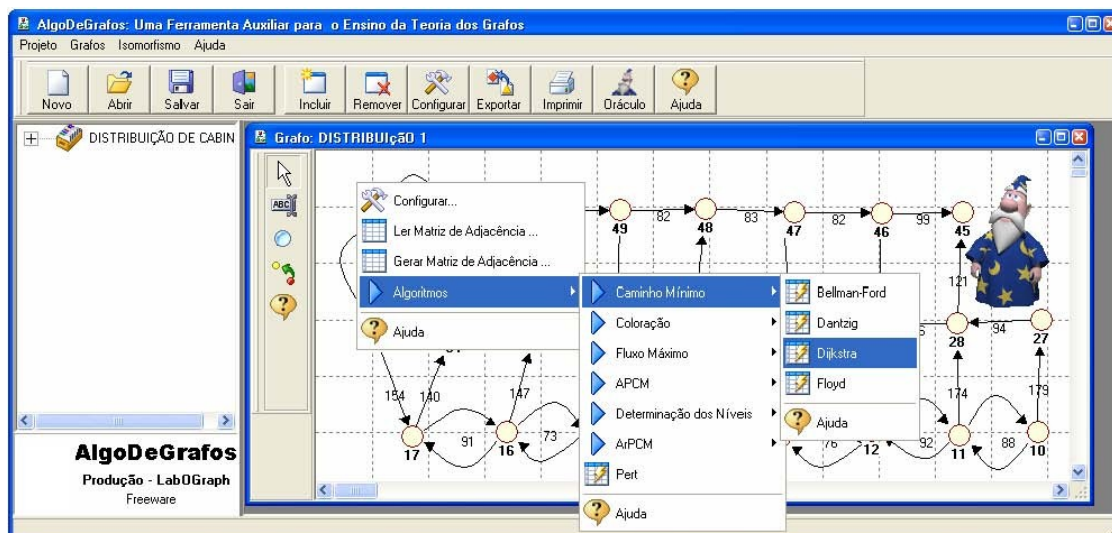


Figura 4: Selecionando a Opção para a Execução do Algoritmo de Dijkstra.

Vale ressaltar a existência dos dois tipos básicos de problemas de caminho mínimo: os que envolvem a determinação de caminhos a partir de um vértice dado e os que permitem a determinação dos caminhos unindo todos os pares de vértices. Este problema existe em grafos orientados e não orientados. O algoritmo de *Dijkstra* é do primeiro tipo, ou seja, necessita que seja informado qual o vértice de origem. Neste momento entra em ação o agente pedagógico caracterizado pela figura do *Merlin*, o assistente do *AlgoDeGrafos*, solicitando ao aluno, através dos recursos de voz e escrita, que selecione o referido vértice de origem, como pode ser observado na Figura 5.

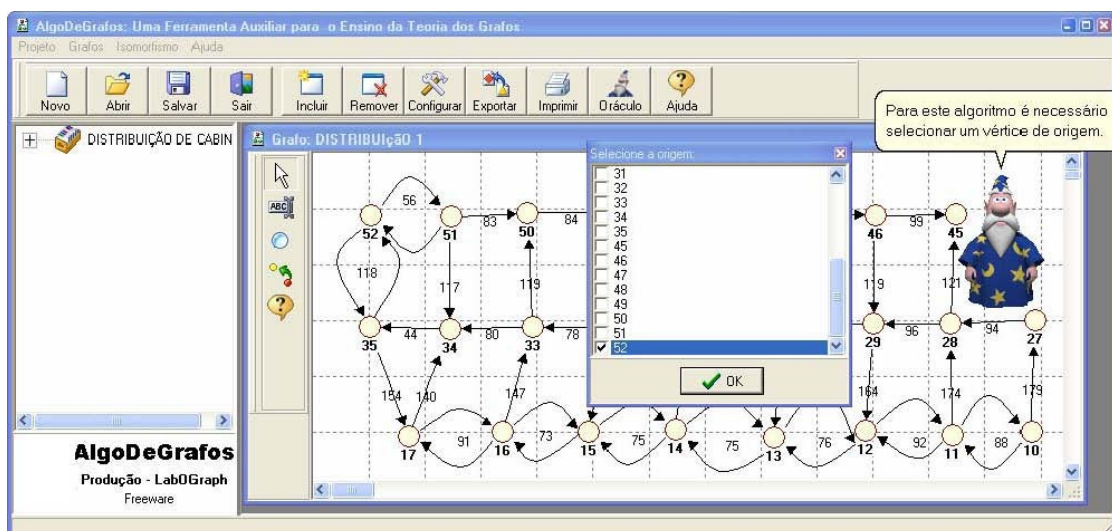


Figura 5: Selecionando o Vértice de Origem.



Após a confirmação, como pode ser visto na Figura 6, o *AlgoDeGrafos* indicará o vértice de origem em cor vermelha e os arcos dos diferentes caminhos a partir dele por meio de linhas mais grossas, informação está reforçada pelo assistente.

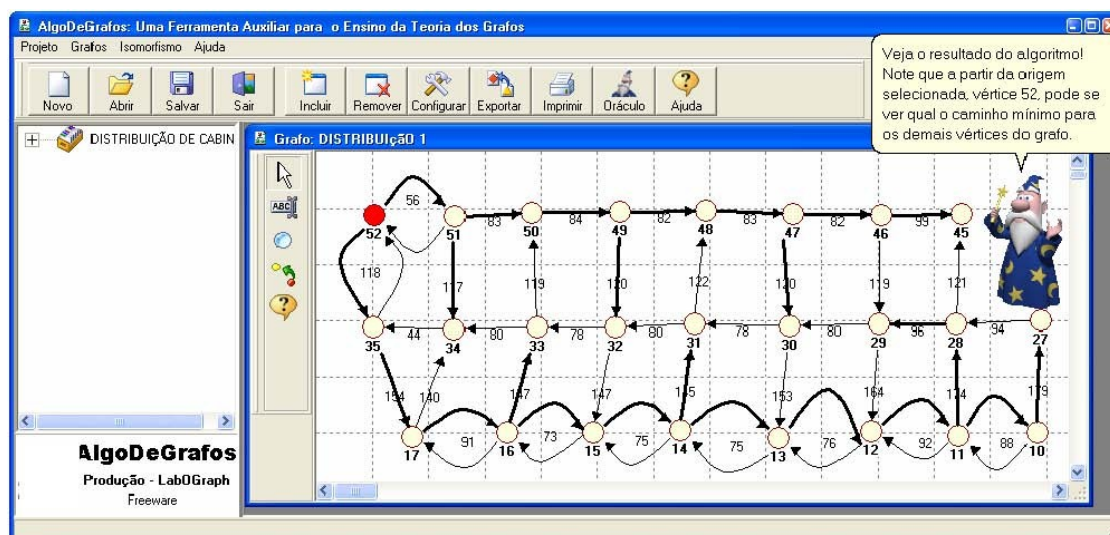


Figura 6: O Resultado Gráfico do Algoritmo de Dijkstra tendo como Origem o Vértice 52.

No entanto, caso o aluno desconheça as restrições do algoritmo de *Dijkstra*, como por exemplo informar por algum motivo que seja um arco com o valor negativo, o assistente irá se pronunciar informando, ao aluno que este algoritmo não trabalha com valores negativos. Interações como esta propicia ao aluno uma segurança maior no uso do *AlgoDeGrafos*. A Figura 7 apresenta a ocorrência deste fato.

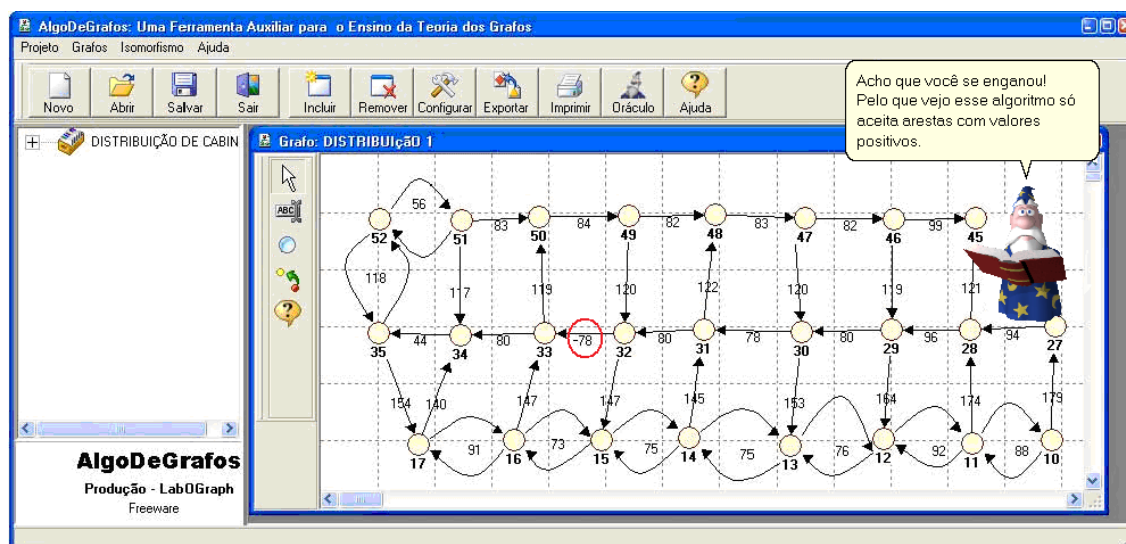


Figura 7: Interação do Merlin Após um Erro Cometido pelo Usuário.

## 6. Comparação Entre as Ferramentas

Como características principais, para efeito de análise comparativa, consideramos a facilidade de utilização, recursos de entrada e saída, algoritmos implementados, interface, limites, restrições, ajuda, instalação, entre outras. A Tabela 1 resume as principais características de cada uma das ferramentas utilizadas neste trabalho. Ressaltando que, no caso das ferramentas pagas, foram testadas apenas as versões gratuitas.

Tabela 1: Principais Características das Ferramentas Avaliadas

	TBC-GRAFOS	GRIN	Graph-Magics	AlgoDeGrafos
Ler e salvar o grafo em arquivo	NÃO	SIM	SIM	SIM
Entrada de dados gráfica	SIM	SIM	SIM	SIM
Exibição dos resultados graficamente	SIM	SIM	SIM	SIM
Execução passo-a-passo	SIM	SIM	SIM	NÃO
Multiplataforma	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
Sistema completamente gratuito	SIM	NÃO	NÃO	SIM
Permite nomear os vértices alfanumericamente	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Permite indicar o valor das arestas	de 0 até 100	de 0 até 99999	de 0 até 1000	de -32768 até 32767
Permite arestas direcionadas (arcos)	SIM	NÃO	NÃO	SIM
Permite arestas não direcionadas	NÃO	SIM	SIM	SIM
Tópicos de ajuda	SIM	SIM	SIM	SIM
Permite ponto de quebra nas arestas	NÃO	SIM	NÃO	SIM
Permite reorganizar o grafo	SIM	SIM	SIM	SIM
Busca em Grafos	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
Algoritmo para caminho mínimo	SIM	SIM	SIM	SIM
Algoritmo para árvore parcial mínima	SIM	SIM	SIM	SIM
Algoritmo para coloração de vértices	NÃO	SIM	SIM	SIM
Algoritmo para fluxo máximo	NÃO	SIM	SIM	SIM
Algoritmo para arborescência parcial mínima	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Algoritmo para níveis de um grafo sem circuito	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Método PERT	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Algoritmo do Carteiro Chinês	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
Assistente pedagógico	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Ordem máxima para execução de algoritmo	15	40	1000	100

Como pode ser visto na Tabela 1, no que concerne a possibilidade do usuário poder executar um algoritmo passo-a-passo, o que poderá auxiliá-lo na verificação dos resultados intermediários, somente o *AlgoDeGrafos* não apresenta tal facilidade.

Quanto ao quesito multiplataforma, somente o *TBC-Grafos* o é por definição, o que abre novas possibilidades de uso em ambientes *open source*. Outro aspecto interessante são os algoritmos de Busca, voltados principalmente para os estudantes de graduação. Fora isso, o *TBC-Grafos* apresenta uma capacidade de operação muito restrita, já que permite a inclusão de, no máximo, 15 vértices. Para os arcos, sua valoração máxima está compreendida entre 0 e 100. Mesmo que o número máximo de vértices seja 15, o tamanho disponível para visualização do grafo é fixo, o que poderá induzir o aluno a não visualização de detalhes importantes já que, por não permitir pontos de quebras nas arestas (arcos) pode haver sobreposição de informações. Outro ponto a ser observado é a impossibilidade do *TBC-Grafos* de importar ou exportar um grafo qualquer. Tal operação tende a dificultar a sua utilização, seja como exercício de fixação por parte do docente ou mesmo fixação do conteúdo, isso por parte do aluno.

Das versões pagas, o *GRIN* apresenta, além dos mais tradicionais, algoritmos voltados para aplicações práticas, que não foram consideradas neste trabalho, e uma interface muito mais amigável que o *Graph-Magics*. Sua versão demo é pequena e fácil de instalar.

Associada a sua interface de fácil comunicação, onde o usuário sempre está situado no contexto da ferramenta, o *AlgoDeGrafos* apresenta um diferencial que o classifica como uma ferramenta propícia ao seu uso no modelo de ensino EAD, já que o seu foco está no auxílio presente e constante das informações necessárias, que facilitam a condução do aprendizado por parte dos alunos. Quando acionado, o assistente pedagógico (*Merlin*) conduz o usuário, sinalizando os erros e apontando possíveis caminhos.

Comparando todas elas, é possível perceber que o *TBC-Grafos* é o mais limitado em recursos, sendo o *GRIN* o mais completo, mas por não ser um freeware, seu uso pode não ser convidativo no modelo EAD. O *AlgoDeGrafos* surge como uma possibilidade imediata, já que alia diversos recursos presentes no *GRIN* e no *Graph-Magics* e a gratuidade do *TBC-Grafos*.



## 7. Considerações finais

Este trabalho apresentou a ferramenta *AlgoDeGrafos*, um *software* gratuito e de utilização livre, com diversas capacidades que podem ser utilizadas no ensino da teoria dos grafos, tais como a leitura de dados de grafos ou, como alternativa, o seu desenho imediato, a aplicação de diversos algoritmos dos de uso mais comum nas aplicações de grafos. Através do seu uso, alunos que estejam iniciando seus estudos na teoria dos grafos poderão adquirir uma percepção mais aprofundada das estruturas de grafo, trabalhando com seus conceitos de uma maneira mais intuitiva e verificando a sua execução em diferentes exemplos que, tradicionalmente, são ensinados sem o auxílio de ferramentas.

O *AlgoDeGrafos*, desde 2007, está sendo utilizando em um curso de Engenharia de Produção de uma Instituição de Ensino Superior e estamos alcançando resultados satisfatórios, o que vem permitido melhorias gradativas, tornando o *AlgoDeGrafos* mais flexível e contextualizado no seu propósito de ser um facilitador do processo de aprendizagem da Teoria do Grafos.

Uma das principais contribuições do *AlgoDeGrafos* é permitir um incremento no processo de ensino-aprendizagem dado que, um conjunto de informações sobre a Teoria de Grafos está disponível no seu ambiente, sob a forma de diversas mídias, seja através de hipertexto do seu auxílio (*help*), seja através da animação e áudio do assistente pedagógico; o que o habilita também como uma ferramenta que pode ser aplicada ao ensino no modelo EAD, faltando ainda um estudo prático, que permita aferir os seus possíveis benefícios.

## Referências Bibliográficas

**Bleger, J.**, 1989. Psicologia da Conduta. 2 ed. Porto Alegre: Artes Médicas.

**Bradshaw, J. M.**; 1997. *An Introduction to software Agents*. In: Bradshaw, J. M. (Ed.). Software Agents. Massachussetts: MIT Press.

**Ciubatii, D.**, 2009. Graph-Magics, <http://www.graph-magics.com/> - Acesso em março 2009.

**Finemman, E. e Bootz S.**, 1995. An Introduction to Constructivism in Instructional Design Technology and Teacher Education Annual University of Texas.

**Giraffa, L. M. M.**, 1999. Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

**INEP**, 2009. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. <http://www.inep.gov.br/> - Acesso em março 2009.

**Pechenkin, V.**, 2009. GRIN - Graph Interface, [http://www.geocities.com/pechv\\_r1/](http://www.geocities.com/pechv_r1/) - Acesso em março 2009.

**Pellitteri, J., Stern, R. e Nakhutina, L.**, 1997. *Music: The Sounds of Emotional Intelligence. Voices from the middle*, p.25.

**Pereira, A., S.**, 1997. Um Estudo de Aplicações de Ensino na Internet Orientada a Agentes. Porto Alegre: UFRGS.

**Piaget, J.**, 2002. Epistemologia Genética. Ed. Martins Fontes.

**RIVED**, 2009. Rede Interativa Virtual de Educação. <http://www.rived.mec.gov.br/> - Acesso em março 2009.

**Santos, R. P. ; Costa, H. A. X.**, 2006. [Um Software Gráfico Educacional para o Ensino de Algoritmos em Grafos](#). In: INTERNATIONAL CONFERENCE IADIS (International Association for Development of the Information Society).CIAWI'2006), Murcia – Espanha. v. 1.

**Silveira, D. S.; Melo, V. A.; Boaventura Netto, P. O.**; 2006. Algo\_De\_Grafos: uma ferramenta auxiliar para o ensino da teoria dos grafos. In: XIII Congreso Latinoiberoamericano de Investigación Operativa, Montevideo v. 1. p. 1-6.

**Valente, J. A.**, 1999. “O computador na sociedade do conhecimento”. Campinas: UNICAMP/NIED.

**Wolff, W.**, 1976. Fundamentos de Psicologia. Ed. Mestre Jou, São Paulo.