

Desenvolvimento de um aplicativo educacional para o estudo de Teoria dos Grafos

Eduardo Bruno de Araújo Silveira¹ Márlon Oliveira da Silva¹

¹Departamento de Ciência da Computação – DCC
Universidade Presidente Antônio Carlos - UNIPAC
edubruno_2@hotmail.com, marlonos.br@gmail.com

Resumo. *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um aplicativo educacional para a disciplina de Teoria dos Grafos, o TGrafos, com o propósito de tornar o estudo da matéria mais fácil e prático, através de uma interface gráfica de grande usabilidade que permite a criação e o teste de grafos. Os testes envolvem a execução de algoritmos segundo o interesse específico de uma aplicação baseada em grafos.*

Palavras-Chave: Teoria dos Grafos, Software, Ensino, TGrafos.

1. Introdução

Um dos grandes desafios dos educadores é tornar o aprendizado dos alunos, algo estimulante.

Atualmente utilizam-se recursos computacionais para o desenvolvimento de ferramentas educativas, que vão desde aplicativos para representações gráficas, envolvendo disciplinas como cálculo numérico e física, até os jogos.

O uso de novas tecnologias tem apoiado os mais diversos tipos de aprendizado, o desenvolvimento profissional de maneira contínua e o compartilhamento de informações, promovendo a colaboração em grupos geograficamente separados. “O ensino mediado por tecnologias assume uma grande importância em todo o processo de aprendizagem, engrandecendo a idéia do ambiente de aprendizagem, antes restrita a um espaço físico para uma abordagem baseada no concreto vivido” (SCHURUM, 1999).

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um software para a disciplina de Teoria dos Grafos. A Teoria dos Grafos é uma disciplina de grande importância nas áreas de computação, matemática e engenharia, visto que os grafos são excelentes modelos para problemas fundamentais dessas áreas.

A Teoria dos Grafos tem como principal objetivo, o estudo de algoritmos mais eficientes na resolução de problemas relacionados a grafos. Todos esses problemas estão relacionados a importantes aplicações práticas, o que justifica e motiva a pesquisa pela busca de soluções para diversos problemas das áreas supracitadas.

A disciplina de Teoria dos Grafos é extremamente teórica, e exige num primeiro momento que os alunos tenham um alto grau de abstração. A quantidade de elementos que compõem um grafo é diretamente proporcional à dificuldade de representá-lo, visualizá-lo e principalmente, analisá-lo. O presente trabalho propõe o desenvolvimento de um

aplicativo com a finalidade de facilitar os processos de criação, manipulação e análise de grafos, contando com alguns algoritmos fundamentais propostos pela teoria de grafos, como o grafo complementar e o caminho de menor custo. O aplicativo tem como objetivo oferecer ao usuário uma interface de alta usabilidade para a manipulação e análise de grafos, tornando-se uma ferramenta de auxílio essencial no estudo da teoria de grafos e suas aplicações.

2. Fundamentação Teórica

Neste tópico serão apresentados a origem, conceitos básicos e aplicações relacionados a Teoria dos Grafos.

2.1. Origem

A Teoria dos Grafos surgiu em 1736, quando Euler levantou uma questão sobre planejamento urbano, conhecida como problema das pontes de Königsberg. A partir desse primeiro problema, Euler percebeu a possibilidade de transformar problemas de vários segmentos em uma estrutura que denominou “Grafo”. O método consistia em transformar os objetos do problema em vértices e relacioná-los por meio de arestas.

2.2. Conceituação

Grafos podem ser conceituados como uma representação esquemática do relacionamento existente entre elementos de dados. Representados por um conjunto finito e maior que zero de pontos (vértices) em determinada superfície e por um conjunto finito de ligações (arestas) entre esses pontos.

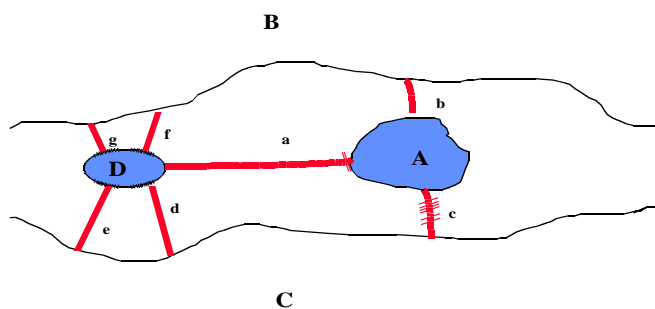


Figura 1. Mapa das pontes de Königsberg, onde os pontos (A e D) representam duas ilhas; (B e C), as duas margens do rio; e (a, b, c, d, e, f, g), as sete pontes do Problema.

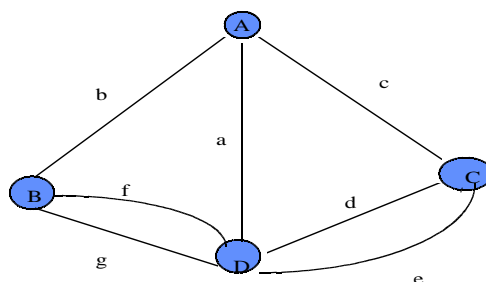


Figura 2. Grafo associado ao Problema das pontes de Königsberg.

O problema das pontes surgiu em Königsberg, uma cidade Russa do século XVIII. A cidade possuía sete pontes que faziam ligação entre duas pequenas ilhas e as margens de um rio que cortava a cidade (Figura 1). O problema consistia em atravessar as sete pontes da cidade, passando uma única vez em cada ponte e voltar ao ponto inicial.

O matemático Leonhard Euler elaborou um grafo para representar o problema das sete pontes. Nesse grafo, as margens do rio e as duas ilhas foram representadas por vértices e as sete pontes foram representadas por arestas (Figura 2). Euler provou que a travessia não era possível a partir das seguintes descobertas:

- Se o grafo contém apenas vértices pares (número par de arestas ligadas ao vértice), ele pode ser atravessado começando e terminando no mesmo ponto, passando apenas uma vez por cada aresta.
- Se o grafo contém no máximo dois vértices ímpares (número ímpar de arestas ligadas ao vértice), a travessia também é possível, mas é impossível voltar ao ponto de partida.
- Se o grafo contém um número par de vértices ímpares (N), para atravessá-lo torna-se necessário $N/2$ passagens distintas por uma mesma aresta.

2.3. Aplicabilidade

A Teoria dos Grafos tem grande importância, não só por seu aspecto teórico, mas também por sua imensa aplicabilidade em áreas como mecânica quântica, biologia computacional, ciência da computação, engenharia, matemática, economia, química orgânica, etc.

As aplicações práticas relacionadas à Teoria dos Grafos, têm sido foco de estudos há séculos.

Em 1847 Gustav Robert Kirchhoff, utilizou a Teoria dos Grafos com a finalidade de desenvolver um método eficaz para a análise de circuitos elétricos (OCHI, 1999).

Em 1859 o famoso matemático Irlandês William Rowan Hamilton, estudava problemas de caminhos a partir da Teoria dos Grafos (OCHI, 1999).

Em 1962, Ford e Fulkerson desenvolveram a teoria dos fluxos em redes, resolvendo a partir do estudo de grafos o problema do fluxo máximo, que se resumia basicamente em encontrar um fluxo de intensidade máxima, dentre os que respeitam a capacidade máxima dos arcos de determinada rede capacitada (OCHI, 1999).

De acordo com Cardoso (2005), “Um dos mais antigos problemas conhecidos, relacionado com a Teoria dos Grafos, diz respeito à coloração de mapas. Consiste em determinar o número de cores necessário para pintar um mapa de forma que não existam países ou estados com fronteira comum, pintados com a mesma cor.”

Têm-se registro de vários estudos baseados na Teoria dos Grafos, realizados ainda no século XIX, como citado, entretanto, atualmente são inúmeras as aplicações largamente utilizadas, que são associadas e representadas pelas estruturas de grafos, tais como: átomos de uma molécula, componentes de um circuito, funcionários de uma empresa, cidades

interligadas por estradas, sistemas de manufatura, redes de computadores, sistemas de comunicação, etc. Este tipo de aplicação envolve problemas como: planejar de forma eficiente o roteamento de pacotes pela internet, determinar a melhor rota de distribuição de correspondências ou a melhor rota para o serviço de transporte público de uma cidade, representar e analisar uma molécula e seus milhares de átomos, localizar pontos estratégicos em um mapa, etc.

Pode-se afirmar, baseando-se em todos os problemas nos quais a Teoria dos Grafos se aplica, que a disciplina vem ganhando espaço e se transformando numa área da matemática contemporânea de grande produção científica.

Um exemplo de problema atual extremamente comum, onde a Teoria dos Grafos se aplica, é:

- Design de Acesso a Rede

Busca definir quantas e quais ligações estabelecer entre pontos de acesso à rede, garantindo o menor custo no acesso (GIMBERT, 1999).

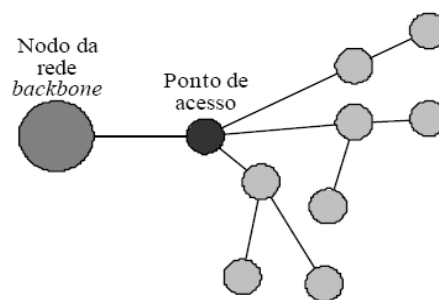


Figura 3. Grafo associado à arquitetura de uma rede de computadores.

A Figura 3 apresenta um grafo associado a uma rede de computadores. Nesse caso, os vértices do grafo representam os computadores (pontos de acesso) e as arestas representam as conexões físicas existentes entre os computadores. No grafo apresentado, as arestas não possuem valor associado, porém, poderiam representar o custo de operação (por unidade de tempo) correspondente a cada conexão.

3. Trabalhos Relacionados

Verificou-se a partir de pesquisas, uma grande variedade de aplicativos existentes com foco na Teoria dos Grafos. Há registro de projetos que vão desde Frameworks até aplicativos mais simples para manipulação de grafos, que possibilitam a visualização, modelagem e análise de grafos. Os trabalhos relacionados de maior importância serão apresentados a seguir.

3.1. Tulip

O Tulip é um software para visualização de grafos (ver Figura 4), desenvolvido pela universidade de Bordeaux. Seu grande diferencial é a possibilidade de salvar os grafos criados em arquivos no formato SVG (Scalable Vectorial Graphics), uma linguagem de

descrição vetorial de imagens bidimensionais estáticas ou dinâmicas. Além de possibilitar a criação e visualização de grafos, disponibiliza ao usuário vários algoritmos de análise já implementados.

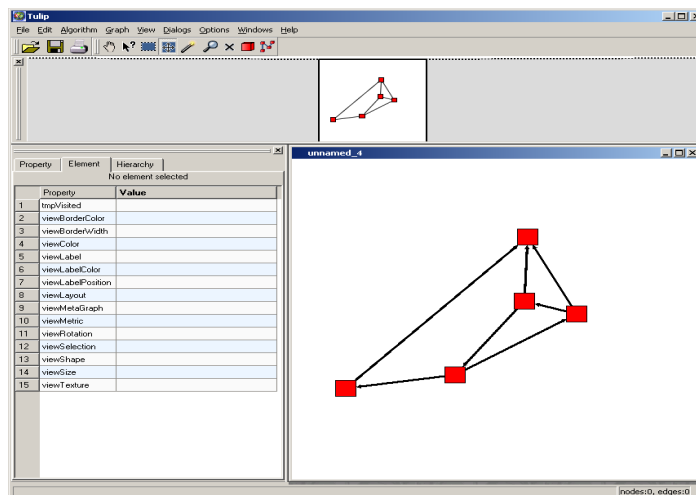


Figura 4. Tulip – Software para visualização e análise de grafos.

3.2. Projeto Curso on-line de Grafos

Consiste em um curso on-line voltado para a disciplina de Teoria dos Grafos, fazendo uso de recursos interativos como chats e applets java para a construção de grafos e verificação de definições. O projeto tem como objetivo a utilização de técnicas de cursos à distância e a obtenção de uma estrutura reutilizável na construção de outros cursos on-line.

3.3. Networks / Pajek

Software para análise e visualização de redes de computadores (Figura 5). Dentre suas características pode-se citar o poder de visualização fornecido por suas ferramentas de visualização e a implementação de algoritmos eficientes para a análise de redes. Apesar da interface simples apresentada na tela da figura 5, o Pajek é um software extremamente complexo e de alta usabilidade na área de redes de computadores (BATAGELJ, 2003)..

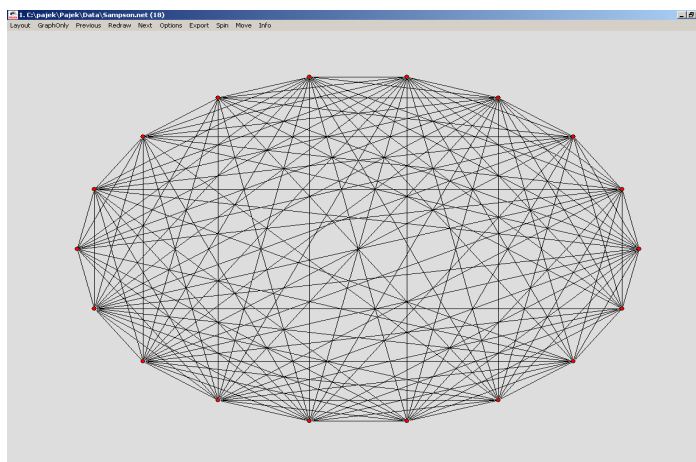


Figura 5. Pajek – Software para análise e visualização de redes de computadores.

3.4. Rox Graph Theory

É um framework open source destinado a construção de aplicações baseadas em grafos. O projeto é dividido em duas partes principais:

A primeira parte é a API para Grafos (Figura 6) com o objetivo de prover aos usuários a possibilidade de lidar com grafos sem necessariamente fazer uso de uma interface gráfica (SANGIORGI, 2006).

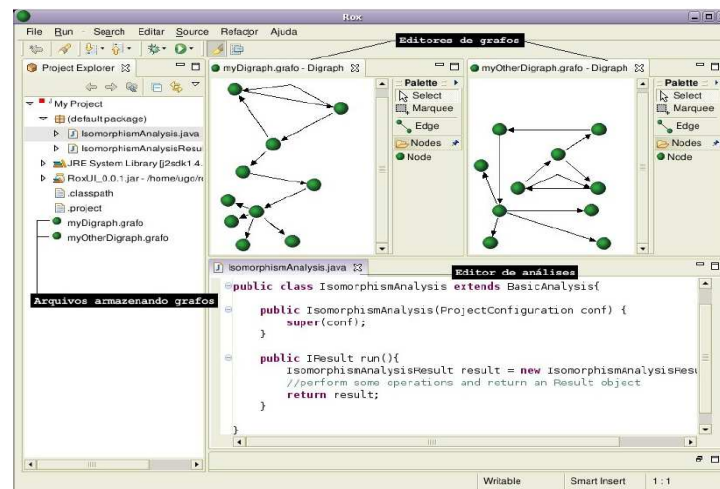


Figura 6. API para grafos do software ROXGT.

A segunda parte é a interface gráfica baseada no Java Eclipse (Figura 7), que permite que o Software tenha um editor visual para grafos e possa executar algoritmos baseados nas estruturas criadas.

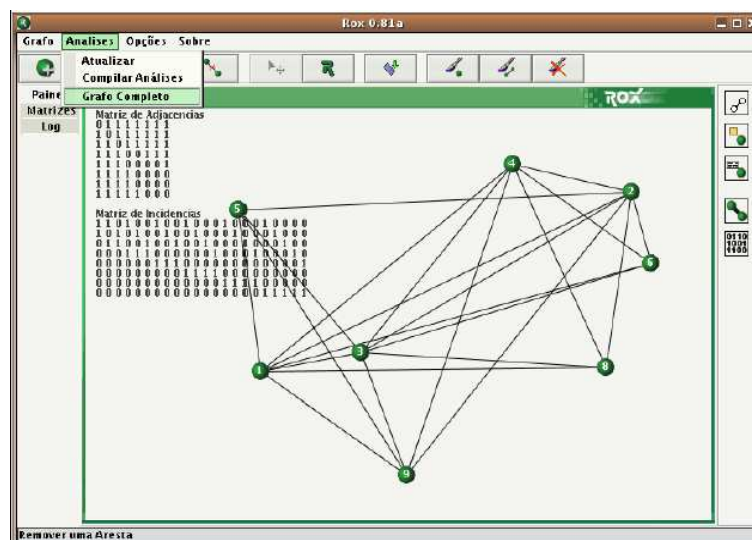


Figura 7. ROXGT – Interface gráfica do software ROXGT.

4. Modelagem e implementação do TGrafos

O software TGrafos foi desenvolvido com o objetivo de facilitar os processos de criação, manipulação e análise de grafos, destinando-se inicialmente aos alunos do curso de Ciência da Computação.

O TGrafos possui a característica de facilitar o entendimento de determinados conceitos da Teoria dos Grafos. No módulo de análise do software, serão exibidas para o usuário, todas as características do grafo criado, além das definições sobre a disciplina, que serão exibidas durante toda a execução do software, através de textos explicativos.

Entre os conceitos apresentados pelo TGrafos podem ser citados: a ordem do grafo, o grau de emissão e recepção dos vértices, o grafo complementar, informações de atingibilidade e possíveis percursos, pontos de articulação, caminhos de menor custo e outros.

A partir da estrutura criada para a visualização e manipulação de grafos, o usuário poderá criar novos métodos de análise, adicionando ao software novas funcionalidades e recursos. O software foi desenvolvido utilizando-se o Delphi Enterprise 7.0 da Borland Software Corporation, seguindo o paradigma de Programação Orientada a Objetos (POO).

Como visto anteriormente, um grafo G pode ser definido como um conjunto (V,A) , sendo V um conjunto finito maior que zero de vértices e A um conjunto finito de arestas (NETTO, 2001). A modelagem do software foi elaborada de acordo com esse modelo matemático.

A estrutura do software foi resumida fundamentalmente às classes Grafo, Vértice, Aresta e Mensagem de acordo com os seguintes critérios:

- A classe Vértice armazena informações básicas a respeito dessas estruturas, como o nome do vértice e sua posição, além de permitir operações como a busca de vértices adjacentes.
- A classe Aresta armazena informações como nome da aresta, vértices de origem e destino da aresta e possui operações como atribuição de rótulo (valor).
- A classe Grafo possui informações sobre o número de vértices e arestas, sendo responsável por todas as operações de análise e representação de grafos, como por exemplo: representação gráfica da estrutura, adição e remoção de vértices e arestas, verificação de percursos, representação do grafo complementar, geração da matriz de adjacência, análise do grafo a partir de sua matriz.
- A classe Mensagem armazena mensagens com definições de conceitos e explicações fundamentais para o estudo da disciplina de Teoria dos Grafos. As mensagens são apresentadas em todas as telas do software. Durante toda a execução do TGrafos, as mensagens são exibidas em um quadro de informações que apresenta apenas mensagens referentes ao contexto abordado na tela.

Existe um conjunto enorme de análises e algoritmos que podem ser implementados nessas estruturas. O Diagrama de Casos de Uso (Figura 9) a seguir representa apenas as

operações básicas implementadas no TGrafos durante a fase de desenvolvimento deste trabalho.

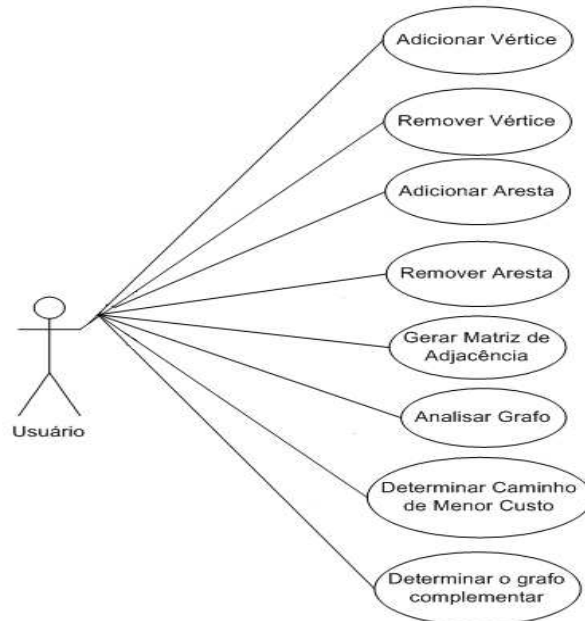


Figura 8. Diagrama de casos de uso do software TGrafos.

Conforme indicado na Figura 8, o usuário é capaz de manipular seu grafo, adicionando e removendo vértices e arestas, além de obter análises a partir de operações relacionadas a conceitos referentes à disciplina de Teoria dos Grafos.

O funcionamento do TGrafos ocorre da seguinte maneira:

Na tela principal, o software permite que o usuário crie seus próprios grafos, adicionando e removendo vértices e arestas, escolhendo entre grafo valorado, não-valorado, orientado e não-orientado (Figura 9). No quadro de informações da tela principal, são exibidas várias mensagens explicativas que abordam apenas conceitos relacionados às operações contidas na tela. Isso acontece com todas as telas do software, garantindo a introdução gradual de conceitos fundamentais para o entendimento do conteúdo da disciplina.

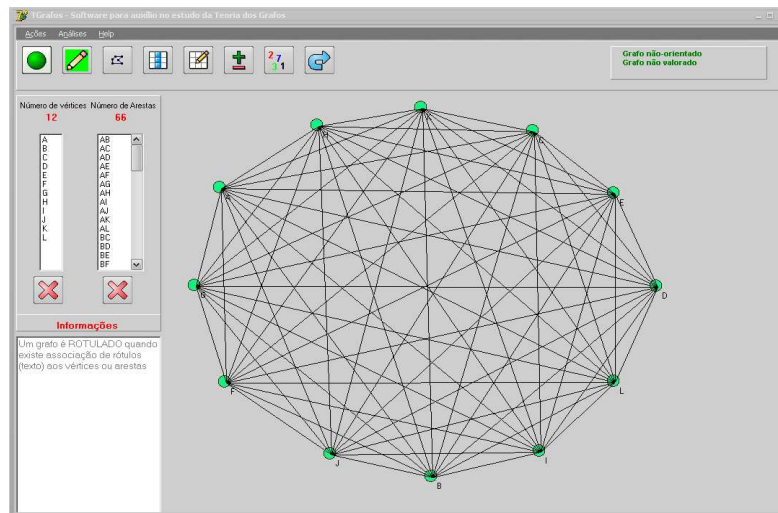


Figura 9. Tela principal do TGrafos.

Em um segundo momento, o usuário é capaz de fazer análises do grafo criado como: obtenção do grafo complementar, obtenção e análise das matrizes de adjacência e incidência relacionadas ao grafo criado e verificação de caminhos de menor custo.

A figura 10 apresenta para fim de exemplificação, a tela da representação automática da matriz de adjacência do grafo criado. No quadro de características, são listadas todas as características do grafo.

A interface mostra a matriz de adjacência do grafo K12. A matriz é uma tabela 12x12, onde cada elemento é 1, indicando a existência de uma aresta entre os vértices correspondentes. O painel direito exibe as características do grafo, incluindo o número de vértices (12) e arestas (66), e uma lista de arestas selecionadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 10. Tela de representação automática da matriz de adjacência.

Todos os conceitos apresentados através das mensagens explicativas ou através das análises são explicados detalhadamente no tutorial sobre a disciplina, que faz parte do software (Figura 11). O tutorial e as mensagens explicativas são mecanismos fundamentais para a aplicabilidade e usabilidade do TGrafos, que redundam em um melhor desempenho do aluno no processo de aprendizagem.

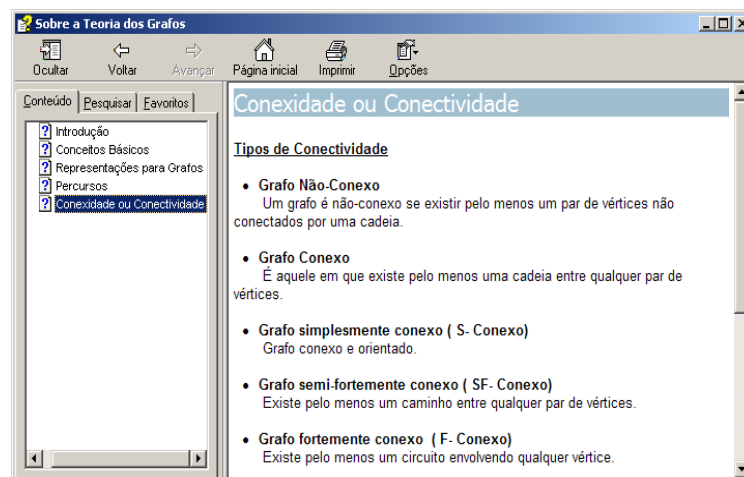


Figura 11. Tela de Help sobre o conteúdo da disciplina.

Com relação aos softwares apresentados no tópico 3 desse trabalho, o TGrafos é o software que apresenta a interface gráfica mais limpa e objetiva, garantindo ao usuário total usabilidade.

5. Análise dos resultados obtidos

Este tópico apresenta um breve estudo comparativo entre o GGrafos e os softwares citados no tópico 3, além de uma metodologia desenvolvida para avaliar a real contribuição do software no estudo da disciplina.

5.1 Estudo comparativo envolvendo o TGrafos

O TGrafos foi desenvolvido com o único objetivo de servir como ferramenta de auxílio no estudo da disciplina de Teoria dos Grafos. O estudo comparativo entre os softwares e suas principais características (Tabela1), enfatiza o título de software educativo do TGrafos, destacando seus mecanismos de apoio ao estudo da disciplina.

O software permite que as operações de criação e análise de grafos, anteriormente realizadas de forma extremamente lenta por meio da escrita, se tornem triviais através dos algoritmos implementados. Seu grande diferencial com relação aos softwares existentes no mercado são seus mecanismos de apoio ao estudo da disciplina (Tutorial sobre a disciplina de Teoria dos Grafos e as mensagens explicativas), que além de proporcionarem um ambiente interativo entre aluno e software, apresentam conceitos de forma clara e objetiva, priorizando a interatividade e criatividade.

Tabela 1. Estudo comparativo entre os softwares citados.

Característica/Software	Curso on-line	Pajek	ROX-GT	Tulip	TGrafos
Interface para manipulação e análise de grafos	x	x	x	x	x
Mensagens explicativas					x
Material de apoio à disciplina de TG					x
Help do software	x	x	x	x	x
Aplicação de conceitos da Teoria dos Grafos	x	x	x	x	x
Salvar os grafos criados		x		x	

5.2 Metodologia desenvolvida para a avaliação do software

Para a análise da contribuição do software, elaborou-se um questionário que deve ser aplicado aos alunos, em parceria com o professor da disciplina de Teoria dos Grafos.

O processo de avaliação possui três etapas básicas: aplicação do questionário antes da apresentação do TGrafos, aplicação do questionário depois da apresentação do software em sala de aula e comparação de resultados. O questionário apresenta opções de resposta que variam de 1(muito fácil) a 5 (muito difícil), com a finalidade de avaliar o grau de dificuldade dos alunos relacionado às seguintes ações:

- Representar um Grafo graficamente.
- Analisar e representar a matriz de incidência de um grafo.
- Analisar e representar a matriz de adjacência de um grafo.
- Construir o grafo complementar.
- Determinar o caminho de menor custo entre dois vértices.

A contribuição do software para o estudo da disciplina de Teoria dos Grafos será evidenciada a partir do momento em que o nível de dificuldade dos alunos apresentado no segundo questionário for menor que o apresentado no primeiro.

6. Conclusão e trabalhos futuros

A seguir será apresentada a conclusão obtida com o desenvolvimento do trabalho e serão sugeridas algumas propostas para trabalhos futuros.

6.1 Conclusão

A área de desenvolvimento de aplicações com objetivo pedagógico vem ganhando notável importância nos últimos tempos. O conceito de ensino tem sido objeto de estudos e vem sofrendo mudanças que têm favorecido a criação de ferramentas para a área.

O foco deste trabalho foi o desenvolvimento de um software educacional voltado para o auxílio estudo da disciplina de Teoria dos Grafos. Apesar de evidente, a contribuição do software no estudo da disciplina de Teoria dos Grafos não pôde ser testada, pois a disciplina não foi lecionada na instituição de ensino durante o período de desenvolvimento deste trabalho.

Para a elaboração do software, foram analisados diversos softwares e suas peculiaridades. Apresentou-se desde softwares direcionados ao estudo da disciplina com ênfase em demonstrações de conceitos, até softwares para aplicações específicas.

6.2 Propostas para trabalhos futuros

Atualmente existem vários tipos de softwares educacionais, entretanto ainda há uma grande ausência de softwares educacionais mais elaborados. Uma ferramenta fundamental no processo de ensino-aprendizagem é o chamado Sistema Tutor Inteligente (STI).

Um Sistema Tutor Inteligente possui a capacidade de direcionar o estudo, determinando previamente o que ensinar e como ensinar. O STI deve ser capaz de capturar informações relevantes sobre o aluno que estiver sendo tutorado, proporcionando-lhe um aprendizado individual (AZEVEDO, 2003).

Levando-se em consideração o objetivo deste trabalho, que é o desenvolvimento de um software para o auxílio da aprendizagem, propõe-se a implementação de um Sistema Tutor Inteligente, a partir do TGrafos, garantindo-lhe todas as características desta aplicação, conforme citado.

Outra proposta seria a implementação de novos algoritmos de análise, como por exemplo, a representação da árvore geradora mínima e o problema da coloração de mapas, além de um módulo de perguntas sobre a disciplina. Deve-se realizar ainda, a avaliação documentada a respeito da contribuição do software para a disciplina, seguindo a metodologia apresentada no tópico 5.1 deste trabalho, ou outra metodologia de avaliação.

7. Referências Bibliográficas

- AZEVEDO, Breno . Um Ambiente Inteligente para Aprendizagem Colaborativa. Vitória, 2003. Disponível em: < <http://www.inf.ufes.br/~sbie2001/figuras/artigos/a287/a287.htm> >. Acesso em: 20 out. 2007.
- BATAGELJ, Vladimir. Pajek Analysis and visualization of large networks. Slovenia, 2003. Disponível em: <<http://www.ijp.si/ftp/pub/preprints/ps/2003/pp871.pdf>>. Acesso em: 28 Set. 2007.
- CARDOSO, Domingos Moreira. Teoria dos Grafos e Aplicações. Aveiro, 2005. Disponível em: <<http://www2.mat.ua.pt/dcardoso/TextosApoio/TGA.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2007.
- GIMBERT, J. Los Grafos como modelos matemáticos: ejemplos y aplicaciones (Guión de la lección impartida). México, 1999. Disponível em: <http://web.udl.es/usuaris/p4_088280/teaching/guion_Lec_Guerrero.ps > Acesso em: 15 set. 2007.
- NETTO, Paulo Osvaldo Boaventura. Grafos: Teoria – Modelos – Algoritmos. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 304p.
- OCHI, L. S. Otimização em grafos (Notas de aula) – Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, 1999.
- SANGIORGI, Ugo Braga. RoxGT: Um framework de código aberto para o ensino, modelagem e análise de grafos. Salvador, 2006. Disponível em: < http://www.Roxgt.org/documentacao_old/Monografia-UgoBragaSangiori.pdf > Acesso em 18 mai. 2007.
- SCHRUM, L. Construindo ambientes de aprendizagem colaborativos. Disponível em: <<http://www.dco.fc.unesp.br/~jpalbino/Ambientes.html>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

