

UTILIZAÇÃO DE *APPLETS* COMO FERRAMENTA DE VISUALIZAÇÃO DE ALGORITMOS NO ENSINO DE PROGRAMAÇÃO GRÁFICA 3D EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Roberto Scalco¹

Abstract — *This work presents an experience carried through with the students of Computational Systems I – Computer Graphics, a discipline of Electric Engineering (Emphasis Computation) at Escola de Engenharia Mauá. During the semester, the students had been submitted to two boardings of Computer Graphics: theoretical and computational practical. In the classroom, the students had been exposed to theory, with its vectorial and matricial characteristics, while that, during a few weeks, computational implementation had been presented in modules, using distance education. These modules presented the graphical library OpenGL, using the Delphi development environment. The conception and development of the distance course have been based on previous experiences, intending to facilitate the visualization of results on presentation of instructions and algorithms when the source code is presented. So, with the use of applications developed in Java language, the presented examples have a direct relation between instructions and generated graphical effect, facilitating the learning.*

Index Terms — *Computer Graphics, Distance Education, Applets, Algorithms Visualization.*

INTRODUÇÃO

O módulo Computação Gráfica da disciplina Sistemas Computacionais I, ministrada no primeiro semestre da quarta série (diurno) e da quinta série (noturno) do curso de Engenharia Elétrica – Ênfase Computação na Escola de Engenharia Mauá, ofereceu, a partir de 2005, parte do conteúdo sob a forma de um curso a distância.

Este módulo foi dividido em duas partes, sendo o conteúdo matemático apresentado na forma presencial, enquanto que a base para a implementação computacional foi apresentada sob a forma de um curso a distância denominado “OpenGL em Delphi” [1]. O conteúdo apresentado a distância versa sobre a aplicação de uma linguagem de programação que utiliza uma biblioteca específica para o desenvolvimento de aplicativos gráficos.

Um problema existente no processo de ensino-aprendizagem de algoritmos ou de uma linguagem de programação consiste no fato de que há uma brecha entre a teoria e os primeiros resultados. A abstração dos conceitos é uma grande dificuldade apresentada pelos alunos, uma vez

que estes não conseguem perceber de imediato como a representação gráfica de um fluxograma ou as palavras de um código-fonte poderão se transformar em um programa de computador.

Este problema ocorre principalmente quando o aplicativo desenvolvido é algo além de um simples programa sequencial do tipo digitar-calculador-exibir. Outro problema semelhante ocorre na programação orientada ao objeto e na programação gráfica.

Diversas ferramentas são confeccionadas com o intuito de permitir que os alunos possam fazer suas próprias construções abstratas a partir de conceitos também abstratos. Tais ferramentas utilizam as mais variadas abordagens, desde as propriedades lúdicas dos jogos [2] até a recriação de linguagens de programação sob a forma gráfica [3], o que permite aos alunos associar situações do seu cotidiano (diversão ou exercícios de computação) com a lógica envolvida no desenvolvimento de aplicativos.

Para a criação do curso não foi desenvolvida nenhuma ferramenta como as supracitadas. A preocupação maior foi, além da linguagem utilizada, permitir que os alunos pudessem relacionar os conceitos apresentados durante o estudo da teoria. Para tal, houve a necessidade de trazer o produto compilado para a fase inicial do estudo, diminuindo a brecha existente entre a teoria e a implementação.

Este artigo resume como o curso a distância foi desenvolvido, ressaltando as preocupações existentes com diversos aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem e mostrando uma abordagem que utiliza a semiótica para relacionar o código-fonte desenvolvido com a representação gráfica obtida como resultado.

A evolução do curso

No primeiro semestre de 2004, o módulo Computação Gráfica foi oferecido pela primeira vez utilizando uma abordagem totalmente presencial. A última aula de cada bimestre foi ministrada no Núcleo de Métodos Computacionais da Escola de Engenharia Mauá nas quais foram apresentadas algumas das instruções pertencentes à biblioteca gráfica OpenGL.

Nestas duas aulas o conteúdo teórico visto no bimestre era apresentado sob a forma de instruções da OpenGL. Desta maneira, houve uma limitação quanto ao enunciado dos

¹ Roberto Scalco, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1, sala G-02, 09.580-900, São Caetano do Sul, SP, Brasil, roberto.scalco@maua.br


trabalhos, uma vez que a data final para a entrega do mesmo coincidia com a semana da segunda aula no laboratório.

Com esta limitação, os efeitos visuais de foto-realismo não puderam ser solicitados formalmente, embora alguns grupos tenham, por iniciativa própria, aplicado os efeitos de iluminação, transparência e textura em seus projetos finais.





A implantação do ambiente de educação a distância TelEduc [4] no início de 2005, permitiu utilizar algumas das funcionalidades disponíveis para que o curso a distância pudesse ter um bom andamento.

Cada tópico referente à programação gráfica foi apresentado em módulos com duração de uma semana, sendo previsto um tempo de quinze a vinte minutos para a leitura e compreensão do texto e trinta minutos para a resolução individual do exercício proposto. Aproveitando os recursos do ambiente, os exercícios eram entregues nos portfólios de cada aluno, compartilhados exclusivamente com o formador.

Sistemas Computacionais I - Computação Gráfica

 em Delphi

Módulos Principais

Módulos Principais	Tópicos abordados
 Introdução à Biblioteca	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição de algumas características do funcionamento; • Código fonte para configuração inicial dos aplicativos.
 Modelagem Geométrica	<ul style="list-style-type: none"> • Desenho de primitivas (vértices, arestas e faces); • Curvas e Superfícies de Bézier.
 Transformações Geométricas	<ul style="list-style-type: none"> • Translação; • Rotação; • Mudança de Escala; • Manipulação da pilha.
 Efeitos de Iluminação	<ul style="list-style-type: none"> • Fontes de Luz; • Componentes da Luz; • Características dos materiais; • Efeitos da atenuação atmosférica

Antes de continuar a navegação instale a [Máquina Virtual Java](#).

FIGURA. 1
PÁGINA PRINCIPAL DO CURSO.

Quanto à correção, o ambiente TelEduc permite associar as atividades com avaliações além de um recurso de realimentação por parte do formador que adiciona comentários aos exercícios postados. Esta realimentação constante permitia ao aluno realizar as correções necessárias dentro do período da aula (uma semana), além de evitar que pequenos erros fossem propagados para as outras atividades.

Para o primeiro semestre de 2006, deseja-se implantar um horário fixo de atendimento aos alunos utilizando a ferramenta Bate-Papo. Desta maneira, pretende-se sanar as dúvidas e aumentar o contato entre formador e aluno para diminuir o tempo entre o surgimento de uma dúvida e a sua solução.

CONCEITOS UTILIZADOS

Esta seção destina-se à apresentação dos fundamentos utilizados quando da preparação do curso a distância, considerando aspectos didáticos e pedagógicos, além da preocupação com o desenvolvimento da habilidade de relacionar objetos sob diferentes representações.

As situações didáticas

Devem ser consideradas as tipologias das situações didáticas, analisando como estas situações são relacionadas entre si [5]:

- **Situações de ação:** o aluno encontra-se ativamente empenhado na busca pela solução de um problema. Estas ações resultam na produção de um conhecimento de natureza mais operacional, experimental;
- **Situações de formalização:** o aluno utiliza de forma mais elaborada os modelos ou esquemas fundamentados nos conceitos apresentados. Desta maneira, o aluno constrói sua solução a partir de diversas peças apresentadas de forma isolada;
- **Situações de validação:** situações relacionadas ao plano da racionalidade e voltadas diretamente para o problema da prova da verdade;
- **Situações de institucionalização:** o contexto apresentado extrapola a individualidade dos problemas. Os conceitos tornam-se universais, ou seja, não estão mais restritos aos problemas isolados;

Estas situações são exploradas constantemente, pois, durante a resolução dos exercícios, os alunos buscam a sua solução utilizando modelos definidos na teoria, como por exemplo, definição da câmera ou o uso de modelos primitivos. Ao final do curso, os alunos utilizam um conjunto destas pequenas soluções para criar o projeto final cuja gama abrange desde a aplicação de algoritmos de Modelagem Geométrica até jogos com cenários complexos.

Por se tratar de um curso de aplicação, o módulo a distância faz uso das situações de ação, formalização e institucionalização. Somente durante a aula presencial a validação é utilizada para contestar os conceitos, verificando suas características e peculiaridades.

Relacionamento dos símbolos

Os problemas no ensino de uma linguagem de programação gráfica podem ser divididos nas dificuldades relacionadas a três áreas:

- Desenho e visualização espacial;
- Linguagem de programação;
- Geometria Analítica e Álgebra Linear.

Estas três áreas possuem características distintas fazendo com que os alunos as estudem de maneiras diferentes. A visualização espacial é uma habilidade que deve ser desenvolvida [6]. O ensino de uma linguagem de programação pode ser entendido como a tradução de uma linguagem gráfica de representação de um algoritmo (fluxograma) para as instruções de cada linguagem. Após o estudo dos conceitos matemáticos básicos, os alunos são submetidos a um conjunto de exercícios para a fixação.

Nota-se que cada área possui um conjunto de símbolos próprios (gráficos, lógicos e algébricos). A Computação Gráfica associa estas três áreas, utilizando estes três símbolos. Desta maneira, o desafio consiste em desenvolver no aluno a habilidade de associar estes três elementos.

Deve-se ressaltar que o conhecimento adquirido está relacionado a um contexto individual e subjetivo, revelando a necessidade de experiências diretas e pessoais [5].

Para atender às demandas das três grandes áreas envolvidas, torna-se necessário a utilização de uma abordagem cognitiva que permita ao aluno compreender, efetuar e possuir o controle da diversidade dos processos que lhe são propostos [7]. Desta maneira, é preciso conhecer quais são os sistemas cognitivos necessários à fixação dos objetos de cada área, bem como a realização de múltiplas transformações de representações.

Há uma grande atividade matemática envolvida na Computação Gráfica. Esta atividade está associada na mobilização simultânea de, ao menos, dois registros², ou na possibilidade da troca contínua do registro.

As transformações de representações que devem ser consideradas podem ser divididas em:

- **Tratamentos:** transformações de representações dentro do mesmo registro. Por exemplo, resolução de um sistema de equações.
- **Conversões:** transformações de representações que mudam de registro, mas conservam os objetos denotados. Por exemplo, transcrição de uma equação algébrica para sua forma gráfica e vice-versa.

A compreensão da Matemática ocorre quando existe o desenvolvimento da habilidade que permite mudar o registro sem confundir um objeto com sua representação. De maneira semelhante, é desejado que o aluno possua a habilidade de relacionar, por meio de uma linguagem de programação, os vértices de um modelo tridimensional com o resultado gráfico. Além disso, outro fator influencia o resultado, transcendendo as três dimensões do modelo: a movimentação, em função do tempo, dos elementos que compõem um objeto, bem como as alterações dos fatores da câmera e da cena.

Torna-se necessário analisar, de forma cognitiva, as representações dos símbolos, códigos, algoritmos e desenhos existentes no escopo deste estudo. Estas representações podem ser divididas em [7]:

- **subjetiva e mental:** é o estudo das crenças, sobre fenômenos físicos e naturais, bem como suas explicações, sob um ponto de vista infantil;
- **internas ou computacionais:** estas representações manifestam-se de forma inconsciente, natural. Ou seja, o indivíduo executa tarefas sem pensar em todos os passos necessários à sua execução;

- **semióticas:** é uma representação externa e consciente. Considera a dualidade da representação de um mesmo objeto sob símbolos distintos, como a forma (representante) e o conteúdo (representado). O tratamento destas representações é feito sobre a forma, independentemente do conteúdo estudado.

Estas três representações realizam funções diferentes quando do tratamento dos objetos. As representações mentais têm uma função de objetivação, enquanto que as computacionais realizaram o tratamento destes objetos. As representações semióticas realizam tanto as funções de objetivação, como o tratamento. Por tratar-se de uma representação consciente, o tratamento é intencional, sendo este um importante fator para o aprendizado do indivíduo.

Símbolos utilizados

No escopo deste estudo, os símbolos que devem ser relacionados representam elementos de áreas do conhecimento com uma carga extremamente abstrata.

Os enunciados dos exercícios utilizam símbolos matemáticos (equações de superfícies) e gráficos (perspectivas isométricas cotadas dos objetos que devem ser desenhados). Nesta primeira fase, o aluno deve mudar estes registros para um conjunto de vértices, sejam os que irão compor a malha da superfície ou os dos elementos primitivos que compõem o modelo.

O segundo passo consiste em abstrair as propriedades em comum dos vértices para então agrupá-los em estruturas pertinentes da linguagem de programação utilizada. Nesta fase, o aluno deve converter a representação de uma lista contendo três coordenadas dos vértices para a representação da instrução da linguagem.

A conversão final se dá com a visualização gráfica do programa compilado. Neste passo os ajustes necessários fazem com que os dois primeiros sejam revistos continuamente.

FERRAMENTAS UTILIZADAS

Embora o curso verse sobre as instruções da biblioteca gráfica OpenGL suportada pelo ambiente de programação Delphi, para o desenvolvimento do material didático a linguagem Java foi a escolhida em vista de sua facilidade na geração de aplicativos para a internet (*applet's*). Por tratar-se de uma interface entre o aplicativo e o *hardware* gráfico (placa de vídeo), a biblioteca OpenGL pode ser utilizada em ambas as linguagens Object Pascal (ambiente Delphi) e Java.

Como o curso trata de aplicações visuais, optou-se por utilizar os *applet's* como canal para que as mudanças de registros pudessem ocorrer de maneira mais natural. Desta forma, o aluno pode comparar, lado a lado, o código-fonte referente ao tópico estudado com o aplicativo sendo executado.

² Representações semióticas utilizadas em Matemática.

Para instigar a curiosidade dos alunos, o código-fonte apresentava apenas os elementos necessários para a representação do modelo estudado. Assim, os exemplos não refletiam o resultado exato exibido no *applet*. Estas diferenças vão desde a representação de elementos auxiliares de construção utilizados na aula teoria presencial até a criação de animações predefinidas com a câmera ou a movimentação do modelo pelo usuário, via mouse.

O exemplo a seguir mostra o código-fonte para a construção de uma curva de Bézier a partir de quatro pontos de controle pertencentes a um espaço tridimensional. Esta curva, na verdade, é desenhada como uma seqüência de vinte pequenos segmentos de reta.

```

procedure desenha_curva_de_Bezier;

// 4 pontos do espaço 3D
var pc: array[1..4,1..3] of GLfloat;

begin
// definindo os pontos de controle
//      x      y      z
pc[1,1]:=0; pc[1,2]:=0; pc[1,3]:=0; // P1=[0,0,0]'
pc[2,1]:=2; pc[2,2]:=0; pc[2,3]:=0; // P2=[2,0,0]'
pc[3,1]:=2; pc[3,2]:=2; pc[3,3]:=2; // P3=[2,2,2]'
pc[4,1]:=2; pc[4,2]:=2; pc[4,3]:=4; // P4=[2,2,4]'

// configurar a janela e a câmera
glClearColor(1,1,1,1);
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT or GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity;
glOrtho(-1.5,1.5,-1,2,-10,10); // janela
gluLookAt(2,2,2,0,0,0,0,1); // isométrica
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity;

// determinar 3 polinômios (Px, Py e Pz),
// com domínio u = [0; 1]
// vértices 3D      umin umax gr Npc pontos
glMapf(GL_MAP1_VERTEX_3, 0, 1, 3, 4, @pc);
glEnable(GL_MAP1_VERTEX_3);

// configurar as características da curva
glColor3f(1.0, 0.0, 0.0); // linha vermelha
glLineWidth(3); // espessura = 3
glMapGrid1f(20,0,1); // divide u = [0; 1] em 20
glEvalMesh1(GL_LINE,0,20); // desenhar a curva

glFlush; // atualizar o vídeo
end;

```

FIGURA. 3

CÓDIGO-FONTE REFERENTE À CONTRUÇÃO DE UMA CURVA DE BÉZIER.

A figura 4 mostra a imagem do aplicativo sendo executado, sob a forma de *applet*. Os pontos verdes representam os pontos de controle desenhados no espaço tridimensional, enquanto que as linhas tracejadas em azul representam a interligação ordenada destes pontos de controle. Deve-se notar que o código-fonte apresentado desenha apenas a linha vermelha.

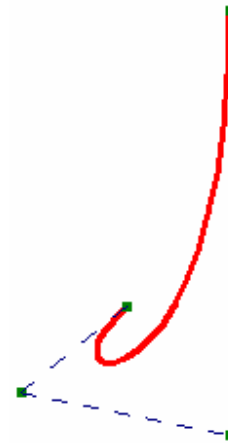


FIGURA. 4
CURVA DE BÉZIER.

Esta diferença entre o código-fonte fornecido como exemplo e a execução do *applet* existe em função da metodologia que os alunos utilizam para estudar: antes de resolver o problema proposto no final de cada módulo, a maioria dos alunos compilava o código-fonte do exemplo em seus computadores. Desta forma, a curiosidade despertada nestes alunos fazia com que os elementos não representados, ou animações existentes em outros exemplos, fossem criados nos exemplos antes mesmo que os alunos se dispusessem a resolver o exercício para entrega.

PESQUISA COM OS ALUNOS

Ao término do semestre, foi realizada uma pesquisa junto aos alunos para verificar suas opiniões em relação ao curso a distância.

Esta pesquisa foi realizada com doze dos quatorze alunos da quarta série do período diurno e com os doze alunos da quinta série do período noturno.

Sob o ponto de vista das disciplinas oferecidas a estes alunos na atual grade curricular, o módulo Computação Gráfica, da disciplina Sistemas Computacionais I foi o primeiro contato destes alunos com o ambiente de Educação a Distância TelEduc e com uma disciplina com abordagem presencial e a distância.

Considerando esta situação com relação a um curso a distância e sobre o assunto apresentado, verificou-se que:

- aproximadamente 21% dos alunos já havia feito um curso a distância, sendo estes cursos, em sua maioria, referentes à área da Computação;
- a biblioteca gráfica OpenGL era conhecida por 37,5% dos alunos antes do curso, seja pelo aspecto de implementação ou por uso em jogos comerciais.

O gráfico a seguir mostra como o uso dos *applet's* auxiliaram na compreensão da ferramenta OpenGL (primeira seqüência); no auxílio à elaboração dos exercícios

(segunda seqüência) e na compreensão dos exemplos (terceira seqüência) quando dispostos mutuamente o código-fonte e o aplicativo em execução:

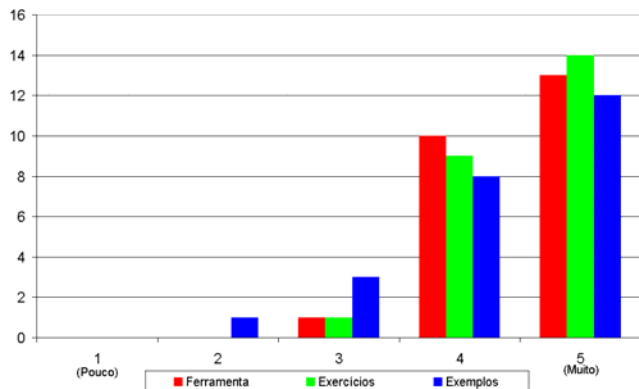


FIGURA. 5

AUXÍLIO DOS APLET'S PARA COMPREENSÃO DA TEORIA.

Com relação aos exercícios propostos no final de cada módulo, houve um crescimento linear no nível de dificuldade sentido pelos alunos. Além disso, 75% dos alunos sentiram liberdade para criar elementos além do solicitado ou para gerar situações, como animações ou aplicação de textura, após a modelagem dos objetos.

Como apresentado anteriormente, o aprendizado se dá por um processo realimentado. O ambiente de Educação a Distância TelEduc permite que os outros membros façam comentários sobre os resultados de cada indivíduo. Desta forma, foi possível que cada aluno tivesse uma resposta rápida sobre o seu desempenho nos exercícios entregues. Uma vez que cada módulo dura uma semana, os alunos podiam fazer melhorias em suas versões após os comentários.

A figura 6 mostra que os comentários feitos pelo formador ajudaram na conclusão ou melhoria das atividades.

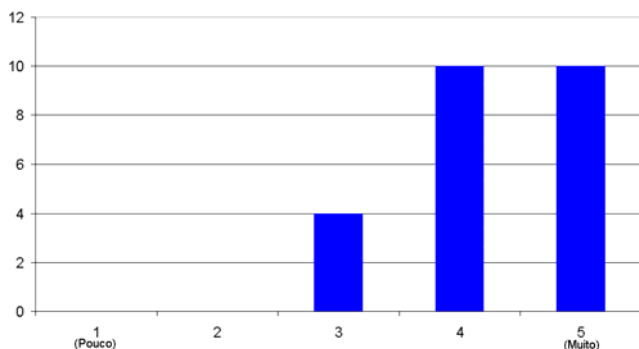


FIGURA. 6

AUXÍLIO DOS COMENTÁRIOS PARA A NOVA VERSÃO DO EXERCÍCIO.

COMENTÁRIOS FINAIS

A pesquisa realizada junto ao alunado mostra que os aplicativos desenvolvidos e apresentados sob a forma de *applet's* facilitaram o aprendizado dos tópicos ministrados no curso a distância. Estes resultados puderam ser comprovados não apenas estatisticamente, mas também pelo excepcional material desenvolvido pelos alunos durante o projeto final da disciplina.

Durante a fase de desenvolvimento do projeto, os alunos mostraram desenvoltura com a ferramenta, sendo que as dúvidas abordaram problemas relacionados às peculiaridades de cada projeto.

Nota-se que o auxílio visual de elementos abstratos é uma ferramenta fundamental para fazer transformações e conversões dos registros de maneira natural, melhorando o desempenho dos alunos durante o aprendizado, sem a limitação de uma memorização temporária dos assuntos estudados.

AGRADECIMENTO

A todos os alunos que participaram da disciplina Sistemas Computacionais I durante o primeiro semestre de 2005 e a Escola de Engenharia Mauá por permitir que mais esta ação didática pudesse ser desenvolvida e aplicada.

REFERÊNCIAS

- [1] SCALCO, R. OpenGL em Delphi, São Caetano do Sul, 2005. Disponível em <<http://geocities.yahoo.com.br/oswirad/>>. Acesso em 23 out. 2005.
- [2] SOARES, M. V., SCALCO, R.; "O uso de jogos como elemento modificador na aprendizagem". In: GCETE 2005 – GLOBAL CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, 2005, Bertioga. *Anais*. Bertioga, 2005. p. 1067-1071.
- [3] XAVIER, G. M. C., *et al*; "Estudo dos fatores que influenciam a aprendizagem introdutória de programação", In: IV ERBASE – ESCOLA REGIONAL DE COMPUTAÇÃO BAHIA-SERGIPE, 2004, Feira de Santana. *Anais eletrônicos*. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2004. Disponível em <<http://www.uefs.br/erbase2004/documentos/weibase/Weibase2004Artigo002.pdf>>. Acesso em 11 ago. 2005.
- [4] NIED – UNICAMP. TelEduc, Campinas, 2005. Disponível em <<http://hera.nied.unicamp.br/teleduc/>>. Acesso em 27 out. 2005.
- [5] MACHADO, S. D. A, *et al*, "Educação Matemática: uma introdução". São Paulo, S.P. : Educ, 1999, 208p
- [6] GERSON, H. B. P. "O estudo da visualização no ensino de desenho". 2000. 202p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. São Paulo.
- [7] DUVAL, R. "Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em Matemática". In: MACHADO, S. D. A. "Aprendizagem em Matemática: registros de representação semiótica", Papyrus Editora, 2003.