

O ensino da Computação Gráfica e áreas afins na FCUL

João Duarte Cunha

LNEC-CI, Av. do Brasil 101
1700-066 Lisboa Codex, Portugal
e-mail: jdc@lneec.pt

Maria Beatriz Carmo

FCUL-DI, Bloco C5, Piso 1,
Campo Grande 1700 Lisboa
Portugal
e-mail: bc@di.fc.ul.pt

Ana Paula Cláudio

FCUL-DI, Bloco C5, Piso 1,
Campo Grande 1700 Lisboa
Portugal
e-mail: apc@di.fc.ul.pt

1. SUMÁRIO

Descreve-se o ensino da computação gráfica e matérias afins no Departamento de Informática da Faculdade de Ciências de Lisboa, referindo-se em particular algumas experiências feitas no domínio da avaliação para ultrapassar as condições deficientes de ensino que têm existido. Referem-se igualmente algumas perspectivas de evolução a curto prazo.

2. INTRODUÇÃO

No Departamento de Informática (DI) da Faculdade de Ciências de Lisboa (FCUL) funcionam presentemente duas licenciaturas - Informática (I) e Engenharia da Linguagem e do Conhecimento (ELC) - e um mestrado em Informática (MI). Para além disso é leccionada uma disciplina de Computação Gráfica para as licenciaturas de Engenharia Geográfica (EG) e Engenharia Física (EF).

Até ao ano lectivo de 1997/98 existiu na licenciatura em Informática uma disciplina semestral de Computação Gráfica. Apesar de opcional esta disciplina era frequentada pela quase totalidade dos alunos da licenciatura. Na sequência da reforma curricular que entrou em vigor no ano lectivo de 1998/99 a disciplina de Computação Gráfica passou a ser obrigatória no 4º semestre, tendo sido introduzida uma disciplina opcional de Visualização de Informação a qual, no entanto, não está ainda a funcionar. Foi ainda introduzida como obrigatória a disciplina de Interfaces Pessoa-Máquina.

Na licenciatura de Engenharia da Linguagem e do Conhecimento existia como obrigatória a disciplina de Computação Gráfica (4.º semestre) e como opcional a disciplina de Interação Gráfica e Realidade Virtual. Do novo plano curricular desapareceu a disciplina de Interação Gráfica e Realidade Virtual, tendo a Computação Gráfica passado a opcional. A Interação Gráfica e Realidade Virtual continua a ser oferecida no mestrado.

Nas licenciaturas de Engenharia Geográfica e Engenharia Física a Computação Gráfica é uma disciplina obrigatória do 2º semestre.

Nesta comunicação expõem-se de forma sucinta os elementos que permitem caracterizar o funcionamento das várias disciplinas desta área, faz-se referência a algumas experiências que têm sido efectuadas no âmbito da avaliação e explicam-se as motivações que conduziram às alterações introduzidas nos novos planos

curriculares das duas licenciaturas do Departamento de Informática.

3. ELEMENTOS RELATIVOS AO FUNCIONAMENTO DAS DISCIPLINAS

3.1. O Departamento de Informática da FCUL

No Departamento de Informática existem quatro áreas: Ciência e Tecnologia da Programação (CTP), Organização de Sistemas Computacionais (OSC), Sistemas de Informação (SI) e Metodologias da Computação (MC). Com excepção da disciplina de Interfaces Pessoa-Máquina, que pertence à área de SI e da qual não trataremos, todas as disciplinas referidas se integram na área de MC.

O Departamento de Informática foi constituído em 1984 e teve no ano lectivo de 1997/98 39 docentes e 810 alunos, distribuídos pelas duas licenciaturas (700 em Informática e 110 em ELC).

3.2. A Computação Gráfica na licenciatura de Informática

3.2.1. Funcionamento da disciplina

Os dados mais importantes para se compreender as opções que têm sido tomadas na definição do programa e métodos de avaliação da disciplina de Computação Gráfica são:

- número de alunos inscritos
- recursos disponíveis no Departamento
- existência de uma única disciplina no plano curricular
- inexistência da figura de "trabalho de fim de curso"

As motivações, e as previsíveis consequências para esta área, da reforma curricular que entrou em vigor no presente ano lectivo, são discutidas na secção 3. A situação analisada aqui é a que se verificava no contexto do anterior plano curricular e que não irá sofrer alterações antes do ano lectivo de 1999/2000.

O crescimento do número de alunos inscritos (246 inscritos em 1997/98, dos quais foram avaliados 137), o facto de as matérias relacionadas com a computação gráfica disporem apenas de um semestre e a impossibilidade de utilizar os laboratórios para a realização de aulas práticas ou mesmo para garantir

condições para a realização de projectos de alguma complexidade, conduziu progressivamente àquilo que poderíamos chamar de "uma disciplina, duas realidades".

Este conceito assenta essencialmente numa flexibilização do esquema de avaliação que permite conciliar o grande interesse de alguns alunos pela computação gráfica e matérias afins com as limitações decorrentes da massificação que ocorreu.

O programa da disciplina (ver apêndice) é demasiado extenso para que todos os assuntos possam ser tratados com profundidade. O aumento do número de alunos, não acompanhado pelo correspondente aumento de docentes e laboratórios, levou à redução da componente prática obrigatória da avaliação a qual, no ano lectivo de 1997/98, teve um peso de apenas 25%.

Esta situação é claramente insatisfatória e, para os alunos mais interessados por estas matérias, desmotivante e injusta. Do reconhecimento deste facto nasceu o conceito a que acima chamámos "uma disciplina, duas realidades", que tem funcionado com ligeiras variantes nos últimos anos lectivos. Aos alunos são oferecidas duas modalidades de avaliação, uma das quais inclui uma componente de projecto com um peso elevado (50% nos últimos anos lectivos). Esta modalidade é explicitamente apresentada como exigindo maior dedicação e esforço de forma a não criar nos alunos quaisquer falsas expectativas.

Os projectos propostos são bastante variados e, em muitos casos, extravasam a matéria leccionada. Existe igualmente abertura para que os alunos proponham eles próprios o trabalho que pretendem realizar, podendo estas propostas, como é óbvio, ser ou não aceites.

3.2.2. O projecto de Computação Gráfica

O facto de a realização do projecto ser opcional e orientada para satisfazer os interesses dos alunos mais motivados tem permitido propor temas e alcançar objectivos que doutra forma seriam impensáveis no contexto de uma única disciplina semestral.

Os projectos realizados nos últimos anos podem agrupar-se em quatro grandes grupos:

- projectos realizados no âmbito de trabalhos de investigação em curso no DI, noutros departamentos da FCUL ou mesmo noutras instituições
- projectos integrados, envolvendo várias disciplinas
- projectos integrados, envolvendo vários grupos
- projectos "avulsos".

No primeiro caso conjuga-se a potencial aplicação do trabalho desenvolvido - que a experiência mostra ser muito valorizada pelos alunos - com as vantagens de um primeiro contacto com a actividade de investigação.

O segundo grupo de projectos teve origem na constatação de que muito do esforço investido pelos alunos na realização de trabalhos ao longo do curso é de certo modo improdutivo, na medida em que é dedicado a criar

o ambiente para execução do núcleo que interessa a uma disciplina específica. As experiências efectuadas envolveram as disciplinas de Programação Centrada em Objectos, Computação Gráfica e Inteligência Artificial que, antes da reforma curricular de 1998, funcionavam no 5.º, 6.º e 7.º semestres, respectivamente. Desta forma, pretendia-se criar condições para um trabalho consistente ao longo de 3 semestres.

A realização de projectos envolvendo vários grupos foi adoptada uma única vez, na sequência de uma solicitação de um conjunto de alunos os quais, por isso mesmo, estavam predispostos a assumir o risco da dependência mútua.

Nos projectos "avulsos" estão incluídos os trabalhos propostos pelos próprios alunos e outros de iniciativa dos docentes.

Seguidamente apresentam-se alguns exemplos que permitem perceber melhor o tipo e enquadramento dos diferentes projectos.

Projectos realizados no âmbito de trabalhos de investigação

Os projectos deste tipo correspondem a tarefas bem delimitadas e de dimensão compatível com o tempo disponível. Foram sempre realizados durante o verão, no intervalo entre a época normal e a época de recorrência, numa altura em que esta tinha lugar em Setembro.

Ray-tracing numa arquitectura paralela

No contexto da utilização do PVM (Parallel Virtual Machine) num projecto de investigação do Programa Mobilizador de Ciência e Tecnologia da ex-JNICT, havia interesse em testar a arquitectura com um problema facilmente paralelizável como é o caso do *ray-tracing*. O trabalho proposto foi escolhido por dois grupos de alunos que trabalharam de forma independente e com bons resultados, e foi realizado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

Utilização do Data-Explorer em Engenharia Civil

Este projecto foi igualmente realizado no LNEC por dois grupos de alunos, um no Departamento de Barragens e outro no Departamento de Geotecnia. O objectivo era testar a adequação do *software* de visualização Data Explorer em dois domínios da engenharia civil no âmbito de um protocolo entre o LNEC e a IBM. Neste caso os alunos trabalharam em contacto directo com os investigadores interessados na visualização. Um dos grupos prolongou mesmo por vários meses a colaboração iniciada no âmbito da disciplina, a convite do investigador com quem tinha trabalhado.

Trabalhos na área da visualização de informação

Os projectos incluídos neste grupo correspondem a pequenos desenvolvimentos para demonstração de conceitos e técnicas no âmbito de um trabalho de doutoramento em curso. Entre outros foi construído um programa para demonstrar o funcionamento do modelo da pirâmide truncada (Cunha95) e um outro em que era ilustrado o funcionamento de filtros de informação e funções de grau de interesse. Foi ainda desenvolvido um editor de *glyphs* e um programa para demonstrar a sua utilização.

Construção de uma biblioteca de rotinas para programação em ambiente X

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Matemática Computacional do Complexo Interdisciplinar II na sequência de interesse manifestado por um docente do Departamento de Matemática. Pretendia-se dispor de um conjunto de rotinas para facilitar a programação em ambiente X. As rotinas deveriam permitir criar e destruir janelas, ler e escrever a cor de cada pixel, definir interactivamente áreas de *zoom* e gravar o conteúdo das janelas. O projecto foi concluído com êxito.

Modelação do crescimento de organismos vivos

Este projecto foi efectuado em colaboração com um docente do Departamento de Biologia Vegetal e o seu interesse é essencialmente didáctico. O programa desenvolvido utiliza L-systems para demonstrar o crescimento de plantas.

Projectos integrados envolvendo várias disciplinas

Como ficou dito acima, estes projectos procuram criar sinergias entre diversas disciplinas. O modelo subjacente aos projectos propostos envolvendo as três disciplinas indicadas - Computação Gráfica, Programação Centrada em Objectos e Inteligência Artificial - envolvia a concepção e desenvolvimento do sistema segundo o paradigma da orientação por objectos, a construção de uma representação gráfica adequada e o enriquecimento do comportamento do sistema com técnicas de inteligência artificial. O modelo teve um relativo sucesso, embora só uma fracção dos grupos aderentes na primeira fase se mantivesse até ao fim.

"Mundo dos sólidos"

Neste trabalho, inspirado em (Bates, 1994), propunha-se a simulação de um mundo povoado por três tipos de seres, os cónicos, os esféricos e os elipsoidais, com regras simples de comportamento.

"Bandos"

O trabalho consistia na simulação de um *habitat* partilhado por duas espécies, uma de indivíduos solitários e outro vivendo em pequenos bandos. O *habitat* evolui de acordo com um conjunto de regras simples.

"O robot que vai às compras"

Numa sociedade servida por *robots* humanóides, as compras de supermercado são efectuadas por *robots*. Uma simulação deve permitir estudar o funcionamento de um supermercado em projecto por forma a otimizar as soluções, usando como critério primário a satisfação dos clientes (*robots*).

No âmbito da disciplina de Computação Gráfica este projecto utilizou o *software* Caligari TrueSpace3 para a simulação dos *robots* humanóides.

Este trabalho foi realizado no contexto do projecto SARA - Sociedade de Agentes Responsáveis e Animados - financiado pelo Programa PRAXIS 2/2.1(TIT/1662/95).

Projectos integrados envolvendo vários grupos

Como se disse acima, esta experiência foi realizada apenas uma vez. Na sequência do desejo manifestado por um conjunto de alunos de poderem realizar um trabalho com algum interesse para além da avaliação da disciplina, foi proposto o desenvolvimento de um pacote para ilustrar graficamente o funcionamento de alguns algoritmos de ordenação e pesquisa para ser usado na disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados. O trabalho foi distribuído a 4 grupos de alunos tendo sido atingidos os objectivos.

Projectos "avulsos"

A maioria dos projectos deste grupo tem envolvido a implementação de algoritmos de *rendering* numa perspectiva meramente didáctica, verificando-se uma diversidade relativamente grande no nível dos trabalhos apresentados.

De entre os trabalhos de iniciativa dos próprios alunos destacam-se, no passado recente, o desenvolvimento de um jogo com efeitos gráficos e sonoros relativamente sofisticados, a montagem de um capacete artesanal com detecção dos movimentos de rotação da cabeça e a implementação de algoritmos de visualização de dados volumétricos.

3.3. A Computação Gráfica nas licenciaturas de Engenharia Geográfica e Física

3.3.1. Funcionamento da disciplina

A disciplina de Computação Gráfica funciona para estas licenciaturas no 2.º semestre do 1.º ano, existindo no 1.º semestre uma disciplina de Introdução à Programação que não dá aos alunos a base mínima de conhecimentos que seria necessária para o desenvolvimento de qualquer projecto não completamente trivial. Por outro lado, no

contexto destas licenciaturas, a computação gráfica é antes de mais uma ferramenta cujas aplicações mais evidentes se encontram no âmbito dos SIG's, para a Engenharia Geográfica, e da visualização e do CAD, para a Engenharia Física.

Estas considerações determinam a orientação do programa, sobretudo a parte correspondente às aulas práticas e à componente prática da avaliação. O programa incluído em apêndice mostra uma primeira parte comum com o da disciplina da licenciatura em informática, embora certos tópicos, como os algoritmos de recorte, o *pipeline* de visualização e a eliminação de invisíveis sejam tratados de forma aligeirada.

A inclusão de algumas aulas sobre fundamentos de bases de dados resulta de ser esta a única oportunidade para dar aos alunos a base teórica necessária para a abordagem dos SIG's que ocorre no 4.º ano de Engenharia Geográfica.

Nas aulas práticas, para além do estudo detalhado de alguns algoritmos, é feita a aprendizagem dos programas Microstation da Intergraph, Excel (com ênfase na componente de representação gráfica) e Access.

3.3.2. Componente prática da avaliação

A componente prática da avaliação tem um peso relativamente elevado (50%) e baseia-se na elaboração de um projecto em Microstation e na realização de uma prova envolvendo a utilização de Excel ou Access.

O projecto inclui duas componentes, uma 2D e outra 3D, incidindo a avaliação, predominantemente, no grau de perícia na utilização do programa adquirido pelos alunos. Nalguns anos lectivos têm sido propostos projectos diferentes para as duas licenciaturas, tentando aproximar os temas ao domínio de interesse expectável dos alunos.

No ano lectivo de 1997/98 estiveram inscritos nesta disciplina 123 alunos, tendo sido avaliados 65. O recurso crítico para a componente prática da disciplina é o programa Microstation que estava instalado em cerca de 10 PC's 486/66 e 486/100 com 16MB, o que é insatisfatório, em particular sob o ponto de vista de desempenho do programa. A situação poderá melhorar no ano lectivo 1998/99 com a aquisição de uma licença de *campus* que permite instalar o programa em qualquer máquina.

3.4 Interação Gráfica e Realidade Virtual

Trata-se de uma disciplina do mestrado em Informática que até ao ano lectivo de 1997/98 fez igualmente parte do currículo da licenciatura em Engenharia da Linguagem e do Conhecimento. Tem um carácter predominantemente informativo procurando transmitir aos alunos uma visão dos diversos aspectos da interacção homem-máquina, incluindo desde as interfaces correntes tipo WIMP até ao futuro prometido pelos ambientes virtuais.

A formação dos alunos é bastante diversificada, verificando-se que a maioria não tem conhecimentos de computação gráfica o que obriga a investir algum tempo para garantir a familiarização com os conceitos básicos.

A avaliação é feita exclusivamente com base em trabalhos. Os três primeiros são de pequena dimensão e destinam-se a estimular a reflexão crítica sobre as interfaces correntes e o aprofundamento de alguns dos temas abordados nas aulas. O último trabalho tem um peso significativamente maior, podendo ser constituído pela elaboração de um trabalho monográfico ou pela realização de um projecto. A título de exemplo refere-se um dos projectos realizado no ano lectivo de 1997/98 do qual resultou um modelo 3D dos edifícios da FCUL e a construção de um *site* onde o mesmo está acessível em VRML.

4. A REFORMA CURRICULAR DAS LICENCIATURAS

Como se referiu, entrou em vigor no ano lectivo de 1998/99 uma reforma curricular das duas licenciaturas que existem no DI da FCUL: Informática e Engenharia da Linguagem e do Conhecimento. No que concerne às áreas com interesse para esta comunicação há que destacar um aumento significativo da oferta do lado da Informática e uma redução do lado da Engenharia da Linguagem e do Conhecimento.

No primeiro caso passou-se de uma disciplina opcional de Computação Gráfica para duas disciplinas obrigatórias (Computação Gráfica e Interfaces Pessoa-Máquina) e uma opcional (Visualização de Informação). No caso da Computação Gráfica trata-se de uma alteração quase formal, uma vez que a disciplina já era frequentada pela quase totalidade dos alunos. A introdução da disciplina de Interfaces Pessoa-Máquina veio colmatar uma falha grave do anterior currículo onde não existia espaço para o estudo dos aspectos específicos da interacção. A introdução da disciplina opcional de Visualização de Informação, cujo programa inclui a chamada visualização de dados científicos, resulta do reconhecimento da importância crescente da visualização gráfica na análise da informação das mais diversas proveniências.

No segundo caso, desapareceu a disciplina de Interação Gráfica e Realidade Virtual, substituída pela de Interfaces Pessoa-Máquina, tendo a Computação Gráfica passado de obrigatória a opcional. Esta alteração ficou a dever-se, por um lado, à possibilidade de tirar proveito da criação da disciplina de Interfaces Pessoa-Máquina, e por outro, ao reconhecimento de que a disciplina de Computação Gráfica tem um pendor excessivamente tecnológico para o perfil dos alunos desta licenciatura e para os objectivos da mesma.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As duas disciplinas de Computação Gráfica leccionadas no DI da FCUL tiveram no ano lectivo de 1997/98 cerca de 370 alunos inscritos, dos quais 200 foram efectivamente avaliados.

Não existem condições para a utilização de laboratórios nas aulas práticas e os equipamentos disponíveis são qualitativa e quantitativamente insuficientes para permitir a realização de projectos de alguma complexidade.

A flexibilização do método de avaliação na disciplina da licenciatura em Informática tem permitido concretizar alguns projectos de maior complexidade e satisfazer os alunos mais interessados sem criar situações de rotura. Nos anos lectivos mais recentes o número de alunos que optam pela realização do projecto tem oscilado entre uma e duas dezenas. A classificação final obtida situa-se normalmente na faixa superior das classificações atribuídas na disciplina.

Espera-se que o funcionamento da disciplina opcional de Visualização de Informação, conjugado com a melhoria das condições de trabalho que certamente acompanharão a entrada em exploração dos novos edifícios da FCUL, permita dar a um conjunto alargado de alunos da licenciatura em Informática uma formação sólida na área da computação gráfica.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Bates, Joseph, "The Role of Emotion in Believable Agents", Comm. of ACM, vol.37, n.7, July 1994
- [2] Cunha, J.D., Carmo, M.B., "Modelo da Pirâmide Truncada", VII Encontro Português de Computação Gráfica, pg. 35-46, 1995

7. APÊNDICE

Computação Gráfica – PROGRAMA

Informática e Engenharia da Linguagem e do Conhecimento

Introdução. Objectivos e posicionamento da Computação Gráfica relativamente a algumas áreas afins: Reconhecimento de formas ou padrões, Tratamento de imagens, CAD e Sistemas de Informação Geográfica.

Periféricos gráficos: tipos e características mais relevantes.

Gráficos 2D: Transformações geométricas, coordenadas homogéneas, transformação janela-enquadramento, recorte de pontos, rectas, polígonos e caracteres, preenchimento de áreas.

Gráficos 3D: Transformações geométricas, projecções (classificação e tratamento matemático), "pipeline" de visualização.

Eliminação de superfícies escondidas

Imagens realistas: Modelos de iluminação locais, "shading", modelos de iluminação globais ("ray-tracing" e radiosidade).

Introdução ao estudo da cor: Modelos de representação de cor.

Representação de curvas e superfícies. Curvas de Hermite e Bézier, *splines* e *B-splines*, superfícies bicúbicas paramétricas.

Bibliografia

Foley, van Dam, Feiner, Hughes, Phillips, "Introduction to Computer Graphics", Addison-Wesley, 1994

Roy A. Plastock and Gordon Kalley, "Computação Gráfica" (Edição portuguesa), McGraw-Hill, 1991

Foley and van Dam (Foley et al, na 2ª edição). "Fundamentals of Interactive Computer Graphics" (2nd edition), Addison-Wesley, 1990

W. Newmann and R. Sproull, "Principles of Interactive Computer Graphics" (2nd edition), McGraw-Hill, 1981

D. Rogers, "Procedural Elements for Computer Graphics", McGraw-Hill, 1985

Computação Gráfica - PROGRAMA

Engenharias Geográfica e Física

Objectivos. Posicionamento da Computação Gráfica relativamente às áreas afins: Reconhecimento de formas ou padrões e Tratamento de imagens. Aplicações importantes da Computação Gráfica: Visualização de dados científicos, CAD, Sistemas de Informação Geográfica, Animação, etc.

Periféricos gráficos de saída. Tipos, princípio de funcionamento e características mais relevantes.

Gráficos 2D. Transformações geométricas, coordenadas homogéneas, transformação janela-enquadramento, recorte, preenchimento de áreas.

Gráficos 3D. Transformações geométricas, projecções, "pipeline" de visualização. Eliminação de superfícies escondidas.

Introdução à problemática das imagens realistas. Definição do problema e breve descrição das técnicas mais importantes para a sua resolução.

Visualização de dados. Objectivos a atingir e erros a evitar. Análise crítica de casos. *Software* de visualização. Técnicas para representação de dados multidimensionais e multivariável.

Introdução ao modelo de dados relacional. Introdução à linguagem SQL.

Software a utilizar

Microstation™ da Intergraph

Excel 5.0 da Microsoft.

Tecplot^R da Lahey Computer Systems

Bibliografia

Roy A. Plastock and Gordon Kalley, "Computação Gráfica" (Edição portuguesa), McGraw-Hill, 1991

Foley, van Dam, Feiner, Hughes and Philips, "Introduction to Computer Graphics", Addison-Wesley, 1994

Edward R. Tufte, "The Visual Display of Quantitative Information", Graphics Press, 1983

Interação Gráfica e Realidade Virtual - PROGRAMA

Introdução. Objectivos.

Fundamentos da interação gráfica.

Breves noções sobre periféricos gráficos de saída. Periféricos gráficos de entrada. Conceito de dispositivos lógico e sua importância. Tipos de dispositivos físicos e lógicos. Dispositivos lógicos e interações básicas. Interações compostas.

Formas ou estilos de interação: Comandos, menus, pergunta/resposta, formulários, linguagem natural, manipulação directa, ambientes virtuais. Estudo detalhado da manipulação directa.

Metáforas e modelos conceptuais. O papel das metáforas na construção de interfaces. A metáfora do tempo de secretária. Vantagens e limitações das metáforas. Modelos conceptuais.

Concepção e desenho de interfaces. Regras de Schneiderman para a construção de diálogos. Funcionamento modal das interfaces. Concepção do aspecto gráfico das interfaces. Utilização de códigos visuais. Novas metáforas.

“Software” de janelas. Arquitectura típica de uma interface gráfica baseada em janelas. Tratamento do “input” e do “output” em janelas. Desenvolvimento de interfaces baseadas em janelas: caixas de ferramentas, “screen designers”, linguagens de descrição/especificação de interfaces, bibliotecas de rotinas.

Realidade Virtual.

O que se entende por realidade virtual ou ambientes virtuais. Ambientes sintetizados, realidade aumentada ou modificada, telepresença. Imersividade.

Princípio de funcionamento. Componentes típicos de um sistema de realidade virtual. Visão, audição, tacto

e sensação de força em ambientes virtuais.

Deteção da posição e orientação (“tracking”). Tipos e características de alguns dispositivos de “tracking”. Deteção do movimento dos olhos. Tipos de interação em ambientes virtuais: Navegação, selecção, manipulação, introdução de comandos.

Introdução ao VRML

Visualização.

Visualização de dados científicos e visualização de informação: semelhanças e diferenças, problemas e soluções. Observação de exemplos.

Bibliografia

- Human-Computer Interaction, Jenny Preece et al., Addison-Wesley, 1994
- Introduction to Computer Graphics, James Foley et al., Addison-Wesley, 1994 (caps. 4 e 8)
- Computer Graphics, Principles and Practice, 2nd ed., James Foley et al., Addison-Wesley, 1990 (caps. 8-10)
- Interactive Systems Design, William Newman and Michael Lamming, Addison-Wesley, 1995 (caps. 11-13)
- The Science of Virtual Reality and Virtual Environments, Roy Kalawsky, Addison-Wesley, 1994
- The Visualization Toolkit, Will Schroeder et al, 2nd edition, Prentice Hall, 1998
- VRML 2.0: Onde estamos?, José A. Guerreiro Venceslau, Trabalho realizado no âmbito da cadeira de IGRV
- VRML - Virtual Reality Modeling Language, Nuno M. S. Silva, Relatório de estágio, DI/FCUL
- VRML 2.0 Specification, 1996/08/04, <http://webspacesgi.com/moving-worlds/spec/index.html>