

FERNANDO NUNES FERREIRA

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Ensino de Computação Gráfica no DEEC

PORTO - FEUP

1991



1. INTRODUÇÃO

Este trabalho resulta de uma adaptação feita sobre um relatório da disciplina Sistemas Gráficos, escrito pelo autor no âmbito das suas provas de Agregação. É natural, portanto, que de algum pormenor ressalte essa origem.

1.1- Objectivo do trabalho

SISTEMAS GRAFICOS, cujo tema fulcral é a Computação Gráfica, foi regida pelo autor três vezes em cursos de mestrado (em 1984 e 1988, no DEEC da FEUP e, em 1990, na Universidade da Madeira) e uma vez numa licenciatura (em 1989/90, no DEEC).

Este trabalho relata os resultados de uma reflexão, feita sobre esta experiência, tendo considerado como base **Sistemas Gráficos**, a disciplina da Licenciatura que se desenrolou no DEEC, no ano lectivo 1989/90. Obviamente, não se fica apenas pela análise do passado, pelo que também são indicadas algumas pistas que potenciarão um trabalho mais harmonioso e profícuo, num futuro muito próximo.

1.2- A "Computação Gráfica" no DEEC

Sistemas Gráficos, disciplina opcional do 5^a Ano (Informática e Sistemas) da Licenciatura do DEEC, funcionou pela primeira vez no 2^o Semestre do ano lectivo de 1989/90.

A importância indiscutível do tema central que desenvolve -Computação Gráfica-, e a boa receptividade verificada por parte dos alunos garantem a sua continuidade no plano de estudos presente, assim como em planos de estudos futuros.

O tema Computação Gráfica foi introduzido no DEEC, pelo autor, ao reger a disciplina **Sistemas Gráficos Interactivos**, no curso de Mestrado realizado em 1984.

O mesmo tema voltou a ser desenvolvido, pelo mesmo docente, na disciplina **Sistemas Gráficos**, no curso de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores, perfil Informática Industrial, realizado no DEEC, em 1988.

Esta disciplina veio a ser repetida no curso de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores, perfil Informática Industrial, realizado na Universidade da Madeira, em 1990.

A importância do tema Computação Gráfica, pela influência que exerce em inúmeras aplicações, nomeadamente naquelas que requerem a utilização de sistemas de CAD, e a não existência de qualquer disciplina da Licenciatura que cobrisse aquele tema, fez com que este fosse contemplado, nos anos lectivos 1985/86 e 1988/89, no âmbito da disciplina de **Computadores II**, 2º Semestre do 5º Ano, do ramo Informática e Sistemas, pelo Prof. José A. Silva Matos.

A importância da Computação Gráfica não deve ser vista apenas em termos da incidência que evidencia sobre inúmeras aplicações, já que encerra em si mesma um manancial enorme de tópicos, conceitos, algoritmia, arquitecturas avançadas e até arte, que desafiam constantemente a curiosidade e o esforço da comunidade científica.

1.3- Estrutura do trabalho

O presente trabalho aborda vários tópicos, nomeadamente, a inserção da disciplina **Sistemas Gráficos** no plano de estudos actual, o programa, o conteúdo das matérias versadas e os métodos de ensino e de avaliação.

Em "**2. Sistemas Gráficos no Plano de Estudos Actual**", dá-se uma panorâmica do conteúdo programático da disciplina, discute-se o seu posicionamento na Licenciatura e analisa-se a problemática da coexistência de uma disciplina análoga, ao nível do Mestrado.

Em "**3. O Programa e o Conteúdo das Matérias Desenvolvidas**", apresenta-se, com algumas alterações estruturais, o programa que serviu de base aos trabalhos que tiveram lugar no ano lectivo 1989/90, desenvolve-se, capítulo a capítulo, o conteúdo das matérias versadas e discute-se a bibliografia de apoio. São também considerados os aspectos julgados mais relevantes, relacionados com as aulas práticas.

Em "**4. Os Métodos de Ensino e de Avaliação**", referem-se os métodos de ensino utilizados na leccionação das matérias teóricas e práticas e os métodos de avaliação praticados.

O texto termina com "**5. Conclusão Final**", onde se tecem considerações sobre algumas alterações a introduzir na disciplina **Sistemas Gráficos**, especialmente, ao nível das aulas práticas e da estratégia de avaliação.

2. SISTEMAS GRAFICOS NO PLANO DE ESTUDOS ACTUAIS

2.1- Introdução

Sem analisar profundamente o programa da disciplina **Sistemas Gráficos**, conclui-se que, no essencial, se procura fazer uma introdução à Computação Gráfica através dos conceitos, algoritmia, software gráfico, características e princípios de funcionamento do equipamento gráfico mais usual.

Estando a disciplina colocada no último ano da Licenciatura do DEEC, julga-se adequado deixar em aberto pistas de estudos mais aprofundados, obviamente, com carácter informativo, pensando nos alunos em quem a matéria desperta maior curiosidade e lançando, desde logo, uma semente de desejo relacionado com a potencial frequência de um curso de pós-graduação.

Nesta parte, para além de ser dada uma panorâmica do conteúdo programático da disciplina, será analisada a sua relação com as disciplinas que dela mais se aproximam e, finaliza-se, discutindo a problemática da existência de uma disciplina, também sobre Computação Gráfica, a nível do mestrado.

2.2- Panorâmica do conteúdo programático de Sistemas Gráficos

O conteúdo programático de **Sistemas Gráficos** está organizado de tal forma que cada capítulo introduz um tópico novo. A progressão é contínua e, em geral, um capítulo assenta nos anteriores, pelo que a sequência das matérias deverá ser respeitada.

O desenvolvimento harmonioso dos trabalhos exige alguns requisitos prévios sobre Álgebra Linear, Geometria Analítica, Trigonometria, Programação e Estruturas de Informação. Estes tópicos são abordados de forma breve quando as matérias os exigem, apenas para informar os alunos que é chegada a altura de fazerem uma revisão.

É possível agrupar o conteúdo programático desta disciplina em:

Grupo de Fundamentos que, para além de apresentar o equipamento gráfico de entrada/saída, encerra ainda os tópicos básicos de Computação Gráfica 2D,

- Caracterização do equipamento gráfico e apresentação dos princípios de funcionamento;
- Algoritmia de desenho por pontos dos elementos geométricos básicos, tendo em consideração a importância da tecnologia raster;
- Primitivas gráficas e ponto da situação sobre os standards gráficos;

- Preenchimento de áreas;
- Transformações geométricas e de visualização 2D;
- Segmentação do ficheiro de visualização.

Grupo de Interação, onde a diversidade enorme de dispositivos físicos de entrada são agrupados num pequeno conjunto de dispositivos lógicos,

- Classes e Modos de funcionamento de dispositivos (lógicos) de entrada;
- Simulação de dispositivos lógicos de entrada;
- Técnicas de Interação.

Grupo de Modelação que, para além das transformações geométricas 3D, integra ainda os esquemas mais usuais de modelação de superfícies e sólidos,

- Transformações geométricas e de visualização 3D;
- Modelação de superfícies;
- Modelação de sólidos.

Grupo de Síntese de Imagem que, partindo de modelos computacionais de cenas 3D sintetizadas, cria as imagens respectivas,

- Cálculo de visibilidade de cenas 3D;
- Modelos de iluminação;
- Modelos de cores;
- Algoritmos de "Ray-Tracing" e "Radiosity".

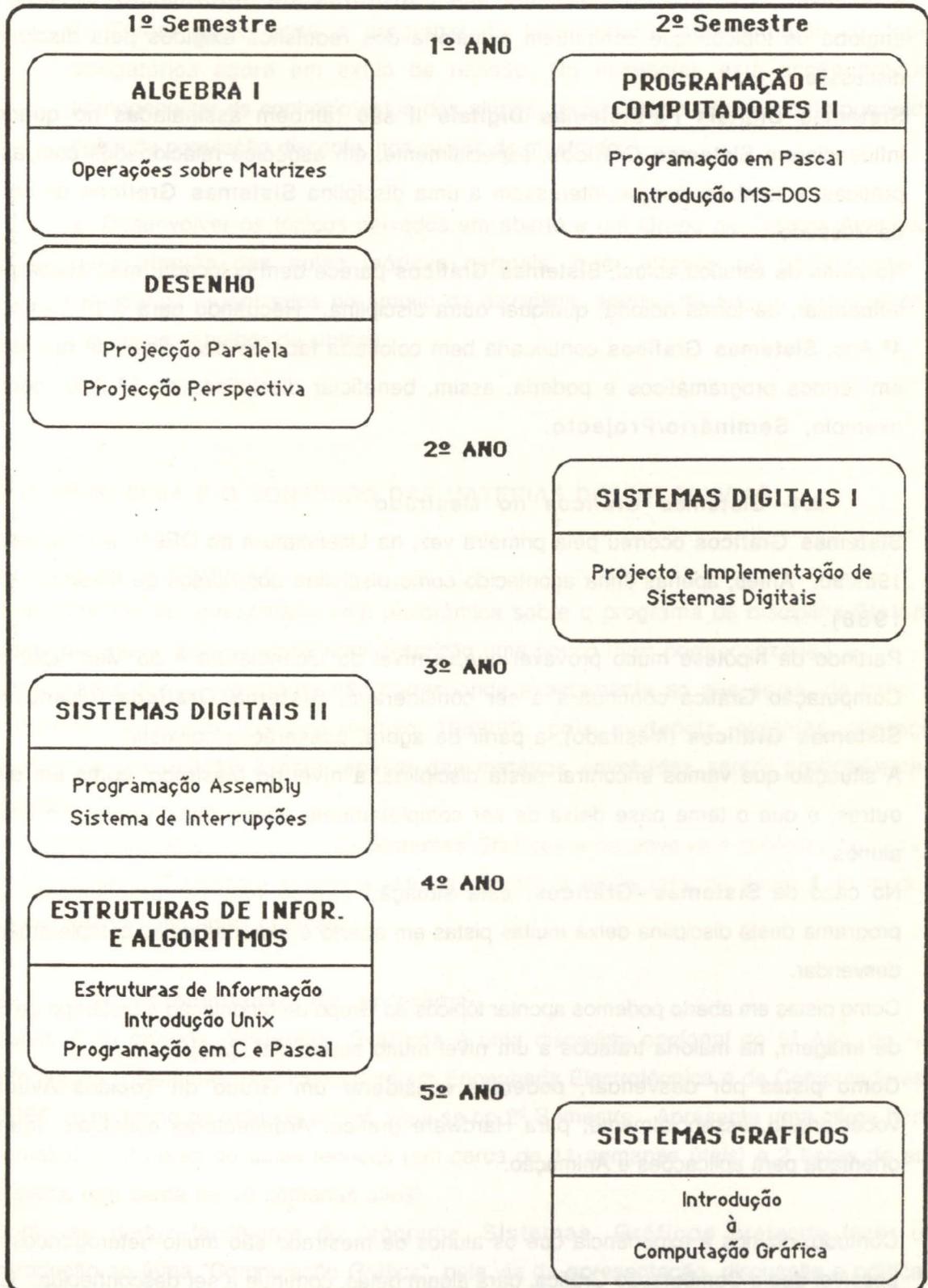
Alguns destes tópicos são apenas abordados com carácter informativo, como se mostrará mais tarde [3.2].

2.3- Posicionamento de Sistemas Gráficos na Licenciatura

Sistemas Gráficos é uma disciplina opcional do 5^a Ano, do ramo Informática e Sistemas, da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores do DEEC e, no plano de estudos actual, situa-se no 2^o Semestre.

Colocada no 2^o Semestre do último ano, podemos dizer que esta disciplina acaba por não ter influência relevante em qualquer outra disciplina, mas já não podemos dizer que seja completamente independente em relação a disciplinas que a antecedem.

O quadro da página seguinte indica a posição das disciplinas que podem influenciar positivamente o decurso dos trabalhos em **Sistemas Gráficos**, bem como os requisitos que esta disciplina espera delas.



No 1º Ano, encontram-se três disciplinas, **Algebra I**, **Desenho e Programação e Computadores II**, que integram tópicos importantes para **Sistemas Gráficos**. Todavia, é ao nível do 4º Ano, 1º Semestre, que **Estruturas de Informação e Algoritmos** engloba os tópicos que constituem a maioria dos requisitos exigidos pela disciplina em discussão.

Sistemas Digitais I e **Sistemas Digitais II** são também assinaladas no quadro por influenciarem **Sistemas Gráficos**, especialmente, em aspectos relacionados com as aulas práticas, e também porque interessam a uma disciplina **Sistemas Gráficos** de um curso de Mestrado.

No plano de estudos actual, **Sistemas Gráficos** parece bem colocada, mas acaba por não influenciar, de forma notória, qualquer outra disciplina. Recuando para o 2º Semestre do 4º Ano, **Sistemas Gráficos** continuaria bem colocada face às disciplinas de que depende em termos programáticos e poderia, assim, beneficiar disciplinas do 5º Ano, como, por exemplo, **Seminário/Projecto**.

2.4- Sistemas Gráficos no Mestrado

Sistemas Gráficos ocorreu pela primeira vez, na Licenciatura do DEEC, no ano lectivo de 1989/90. Antes, apenas tinha acontecido como disciplina dos cursos de Mestrado (1984 e 1988).

Partindo da hipótese muito provável que, a nível da Licenciatura e do Mestrado, o tema Computação Gráfica continuará a ser considerado, **Sistema Gráficos** (Licenciatura) e **Sistemas Gráficos** (Mestrado), a partir de agora, passarão a coexistir.

A situação que vamos encontrar nesta disciplina, a nível do Mestrado, como em algumas outras, é que o tema base deixa de ser completamente desconhecido para a maioria dos alunos.

No caso de **Sistemas Gráficos**, esta situação parece não ser problemática, pois o programa desta disciplina deixa muitas pistas em aberto e algumas delas completamente por desvendar.

Como pistas em aberto podemos apontar tópicos do Grupo de Modelação e do Grupo de Síntese de Imagem, na maioria tratados a um nível muito superficial [3.2].

Como pistas por desvendar, podemos considerar um Grupo de Tópicos Avançados, vocacionado, essencialmente, para Hardware gráfico, Arquitecturas especiais, Interacção orientada para aplicações e Animação.

Contudo, diz-nos a experiência que os alunos de mestrado são muito heterogéneos, sendo possível que a Computação Gráfica, para algum deles, continue a ser desconhecida. É esta a

situação verdadeiramente problemática. Partir do "zero" penalizaria os que já conhecem o tema. Partir da disciplina da Licenciatura, penalizaria os alunos que não a frequentaram. Assim, a estratégia que se pensa pôr em prática, na próxima versão de **Sistemas Gráficos** a nível do Mestrado, resume-se nas acções seguintes:

1- Tomar como base o programa da Licenciatura, apresentando os tópicos obrigatórios agora em estilo de revisão. No essencial, esta acção procurará homogeneizar os conhecimentos dos alunos, respondendo assim à heterogeneidade típica da população discente, nos cursos de mestrado.

2- Desenvolver os tópicos deixados em aberto e um Grupo de Tópicos Avançados, quer através das aulas teóricas normais, quer através da participação em seminários organizados no âmbito da disciplina, análise de artigos e realização de pequenos trabalhos de síntese.

3. O PROGRAMA E O CONTEUDO DAS MATERIAS DESENVOLVIDAS

3.1- Introdução

Anteriormente, foi apresentada uma panorâmica sobre o programa da disciplina **Sistemas Gráficos**, mas impõe-se agora uma descrição uma pouco mais pormenorizada.

O programa que se apresenta não corresponde exactamente ao que serviu de base aos trabalhos realizados no ano lectivo 1989/90, pois evidencia algumas alterações estruturais em relação a este, apesar das matérias envolvidas serem praticamente as mesmas.

Esta parte considera o programa de **Sistemas Gráficos** e desenvolve o conteúdo de cada um dos capítulos. É também dedicada alguma atenção à bibliografia de apoio e ao modo de funcionamento das aulas práticas.

3.2- Apresentação do programa

Como já foi referido, **Sistemas Gráficos** é uma disciplina opcional do 5^º Ano, do ramo Informática e Sistemas, da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores do DEEC e, no plano de estudos actual, situa-se no 2^º Semestre. Apresenta uma carga horária semanal de 2 horas de aulas teóricas (em cerca de 11 semanas úteis) e 2 horas de aulas práticas (em cerca de 10 semanas úteis).

Como se deduz facilmente do programa, **Sistemas Gráficos** pretende fazer uma introdução ao tema "Computação Gráfica", pela via da apresentação, discussão e prática de

conceitos, algoritmia, software gráfico e características e princípios de funcionamento do equipamento gráfico mais usual.

O programa que se segue apresenta algumas alterações em relação ao programa praticado no ano lectivo 1989/90, alterações essas mais de natureza estrutural do que, propriamente, de conteúdo. Para além das matérias desenvolvidas, anota-se a carga horária aproximada para cada um dos capítulos, no que se refere às aulas teóricas.

As matérias tratadas em pormenor são indicadas em "texto carregado", distinguindo-se assim das matérias de carácter informativo, estas em "texto normal".

Programa de Sistemas Gráficos

(Aulas teóricas)

Capítulo 1- INTRODUÇÃO

HT: 1 H

- 1.1-Computação Gráfica; Breve história
- 1.2-Aplicações da Computação Gráfica
- 1.3-Temas alvo de desenvolvimento e investigação
- 1.4-Objectivo da cadeira Sistemas Gráficos
- 1.5-Organização dos trabalhos
- 1.6-Apresentação da bibliografia de base

Capítulo 2- EQUIPAMENTO GRAFICO

HT: 2 H

- 2.1-Introdução
- 2.2-Classificação
- 2.3-Saída Gráfica
 - 2.3.1-Saída sobre ecrã
 - 2.3.2-Saída em papel
- 2.4-Entrada Gráfica
 - 2.4.1-Dispositivos para apontar
 - 2.4.2-Dispositivos para posicionar

Capítulo 3- TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO POR PONTOS

HT: 1 H

- 3.1-Introdução
- 3.2-Notas sobre Geometria
- 3.3-Desenho de pontos
- 3.4-Desenho de segmentos de recta
- 3.5-Técnicas de "Antialiasing"
- 3.6-Desenho de circunferências

— Programa de Sistemas Gráficos (cont.) —————

(Aulas teóricas)

Capítulo 4- PRIMITIVAS GRAFICAS

HT: 2 H

- 4.1-Introdução
- 4.2-Standards gráficos; Conceitos Básicos; situação actual
- 4.3-Visualização: Programa-utilizador, Display-file, Interpretador e Ecrã
- 4.4-Coordenadas do mundo real, ecrã e normalizadas
- 4.5-Operações gráficas básicas: Line e Move
- 4.6-Primitivas de Texto; geração de caracteres

Capítulo 5- PREENCHIMENTO DE AREAS

HT: 2 H

- 5.1-Introdução
- 5.2-Tipos de Conectividade
- 5.3-Preenchimento por difusão (flood-fill)
 - 5.3.1-Segundo o contorno
 - 5.3.2-Segundo o interior
- 5.4-Preenchimento por varrimento, pela análise do contorno (boundary-fill)
- 5.5-Preenchimento do tipo misto
 - 5.5.1-Por Inversão
 - 5.5.2-Por inversão, com linha separadora
 - 5.5.3-Por inversão, com "flag"
- 5.6-Preenchimento por varrimento, segundo descrição de contorno
 - 5.6.1-Segundo lista de pontos fronteira ordenados
 - 5.6.2-Segundo tabela de listas de pontos fronteira ordenados
 - 5.6.3-Segundo Lista das arestas activas

Capítulo 6- TRANSFORMAÇÕES 2D

HT: 2 H

- 6.1-Introdução
- 6.2-Notas sobre matrizes
- 6.3-Factor de Escala
- 6.4-Translação
- 6.5-Rotação
 - 6.5.1-Notas sobre Trigonometria
 - 6.5.2-Rotação em torno da origem

— Programa de Sistemas Gráficos (cont.) —————
(Aulas teóricas)

- 6.6-Representação de transformações através de matrizes
- 6.7-Matrizes de transformação em coordenadas homogêneas
- 6.8-Concatenação de transformações
 - 6.8.1-Concatenação apoiada em matrizes
 - 6.8.2-Rotação em torno de um ponto arbitrário; um exemplo
- 6.9-Outras transformações

Capítulo 7- JANELAS E "VIEWPORTS"

HT: 1 H

- 7.1-Introdução
- 7.2-Janelas e Viewports
- 7.3-Transformação de Visualização
- 7.4-Corte 2D para Janelas rectangulares
 - 7.4.1-Algoritmo Cohen-Sutherland Outcode (corte de linhas)
 - 7.4.2-Algoritmo Sutherland-Hodgman (corte de polígonos)
- 7.5-Corte generalizado
- 7.6-Janelas Múltiplas

Capítulo 8- SEGMENTAÇÃO

HT: 1 H

- 8.1-Introdução
- 8.2-Tabela de Segmentos
- 8.3-Campos da Tabela de Segmentos
- 8.4-Operações sobre os segmentos; Criar, Fechar, Apagar, Alterar nome
- 8.5-Visibilidade e outras propriedades do segmento

Capítulo 9- INTERACÇÃO

HT: 2 H

- 9.1-Introdução
- 9.2-Classes de dispositivos de entrada
 - Locator, Stroke, Pick, Choice, Valuator, String
- 9.3-Modos de funcionamento dos dispositivos de entrada
 - Request, Sample, Event
- 9.4-Simulação de um "locator" com um "pick"

Programa de Sistemas Gráficos (cont.)

(Aulas teóricas)

9.5-Simulação de um "pick" com um "locator"

9.6-Técnicas de interacção

Capítulo 10- TRANSFORMAÇÕES 3D

HT: 2 H

10.1-Introdução

10.2-Notas sobre Geometria 3D

10.3-Transformações 3D

10.3.1-Factor de Escala

10.3.2-Translação

10.3.3-Rotação

10.4-Projecção paralela

10.5-Projecção perspectiva

10.6-Projecções especiais

10.7-Corte 3D

Capítulo 11- MODELAÇÃO GEOMÉTRICA

HT: 2 H

11.1-Introdução

11.2-Faces planas

11.3-Curvas e Superfícies Paramétricas

11.3.1-Curvas de interpolação e de aproximação

11.3.2-Controlo global e local

11.3.3-Curvas e Superfícies de Bézier

11.3.4-Curvas e Superfícies B Splines

11.4-Modelação de Sólidos

11.4.1-Representação por fronteira (B-rep)

11.4.3-Geometria de Construção de Sólidos (CSG)

11.4.4-Enumeração espacial (Octrees)

Capítulo 12- CALCULO DE VISIBILIDADE

HT: 2 H

12.1-Introdução

___ Programa de Sistemas Gráficos (cont.) _____

(Aulas teóricas)

12.2-Classificação dos algoritmos de visibilidade

12.3-Descrição de alguns algoritmos de visibilidade

Capítulo 13- VISUALIZAÇÃO COM ELEVADO NÍVEL DE REALISMO

HT: 2 H

13.1-Introdução

13.2-Modelos de Iluminação

13.3-Sombras

13.4-Sombreamento; Gouraud, Phong

13.5-Cores

13.6-Texturas

13.7-Algoritmos de "Ray Tracing" e "Radiosity"

3.3- Conteúdo das matérias desenvolvidas

A presente secção faz uma descrição do conteúdo dos treze capítulos desenvolvidos em **Sistemas Gráficos**, agrupados da seguinte forma:

Grupo de Fundamentos que, para além de apresentar o equipamento gráfico de entrada/saída, encerra ainda os tópicos básicos de Computação Gráfica 2D (Capítulo 2-Equipamento Gráfico; Capítulo 3-Técnicas de Visualização por Pontos; Capítulo 4-Primitivas Gráficas; Capítulo 5-Preenchimento de Areas; Capítulo 6-Transformações 2D; Capítulo 7-Janelas e "Viewports"; Capítulo 8-Segmentação),

Grupo de Interacção, onde a diversidade enorme de dispositivos físicos de entrada são agrupados num pequeno conjunto de dispositivos lógicos (Capítulo 9-Interacção),

Grupo de Modelação que, para além das transformações geométricas 3D, integra ainda os esquemas mais usuais de modelação de superfícies e sólidos (Capítulo 10-Transformações 3D; Capítulo 11-Modelação Geométrica) e, finalmente,

Grupo de Síntese de Imagem que, partindo de modelos computacionais de cenas 3D sintetizadas, cria as imagens respectivas (Capítulo 12-Cálculo de Visibilidade; Capítulo 13-Visualização com elevado Nível de Realismo).

Grupo de Fundamentos

No **Capítulo 1**, que se refere à primeira aula, afloram-se questões de carácter geral relacionadas com a história da Computação Gráfica, suas aplicações e pistas de investigação e desenvolvimento actualmente exploradas. Aspectos práticos, considerando o modo de funcionamento das aulas teóricas e aulas práticas, são também apresentados.

O **Capítulo 2** dedica-se ao equipamento gráfico e apresenta uma classificação e critérios de comparação para os dispositivos de entrada/saída, que são, logo de seguida, caracterizados e o princípio de funcionamento analisado.

As técnicas de visualização por pontos, fundamentais na tecnologia raster, é o tópico base do **Capítulo 3**. Este inicia-se com algumas notas sobre Geometria Analítica e põe em evidência o algoritmo de Bresenham para o desenho de segmentos de recta.

A expansão deste algoritmo ao desenho de circunferências, bem como a integração de técnicas de "Antialiasing", são referidos apenas a título informativo.

O **Capítulo 4** dá uma perspectiva dos standards gráficos e apresenta a situação actual nesta área. Considera também alguns comandos gráficos para desenho de linhas e caracteres e alguns conceitos, nomeadamente, "Display-file", Interpretador gráfico e Coordenadas do mundo real (coordenadas utilizador), normalizadas e de ecrã.

Vários algoritmos de preenchimento de áreas são analisados, com alguma profundidade, no **Capítulo 5**, sendo de salientar os que funcionam directamente sobre a memória gráfica (preenchimento por difusão e por varrimento analisando o contorno) e os que funcionam a partir de uma descrição do contorno.

O **Capítulo 6**, para além de algumas notas sobre Matrizes e Trigonometria, apresenta as transformações geométricas 2D, Factor de Escala, Translação e Rotação. Aborda também o problema da concatenação de transformações, justificando a utilização das matrizes de transformação em coordenadas homogéneas.

Este capítulo finaliza com uma referência a outras transformações geométricas, nomeadamente, as Reflexões em torno da origem e dos eixos, cujas matrizes são deduzidas considerando a matriz concatenação da sequência de transformações em que essas reflexões são decompostas.

Os conceitos de Janela e "Viewport" são objecto do **Capítulo 7**, que, obviamente, abrange as Transformações de Visualização e o Corte 2D de linhas e polígonos.

O Corte Generalizado, considerando outras janelas que não sejam rectângulos de lados paralelos às fronteiras do ecrã, e as Janelas Múltiplas são tópicos considerados apenas a título informativo.

Com o **Capítulo 8** termina o designado Grupo de Fundamentos. Este capítulo apresenta o conceito de Segmentação do conteúdo do "Display-file" e avança sobre os tópicos relacionados com a organização, operações e propriedades dos Segmentos.

Grupo de Interacção

O Grupo de Interacção integra unicamente o **Capítulo 9** que, no essencial, considera a diversidade enorme de dispositivos (físicos) de entrada numa perspectiva lógica. Assim, são identificadas as classes lógicas em que aqueles dispositivos físicos são agrupados, bem como os modos de funcionamento. O capítulo termina com a apresentação de várias técnicas de interacção, com as quais se pretende minimizar as limitações dos dispositivos físicos, mostrando-os, através de artifícios de software, com facilidades que não dispõem.

Grupo de Modelação

O **Capítulo 10** inicia a abordagem à Computação Gráfica 3D, com algumas notas sobre Geometria, passando depois à apresentação das transformações geométricas 3D e das projecções paralela e perspectiva. Este capítulo termina com algumas notas sobre projecções especiais (por exemplo, isométrica) e o corte 3D.

O **Capítulo 11** é um capítulo essencialmente de carácter informativo, em que são abordadas a representação de superfícies 3D a partir de faces planas e, de uma forma ligeira, a representação paramétrica de curvas e superfícies e a Modelação de Sólidos.

Grupo de Síntese de Imagem

O **Capítulo 12** trata um dos tópicos clássicos da Computação Gráfica, os algoritmos utilizados na determinação das partes visíveis (linhas e superfícies) de uma cena 3D, quando projectada no plano do ecrã ou do papel. Durante longos anos os esforços de I&D incidiram sobre esta área, produzindo inúmeros algoritmos baseados em estratégias diversas. Impõem-se, portanto, a apresentação de uma classificação dos inúmeros algoritmos de visibilidade existentes e a descrição e análise dos exemplares mais significativos.

Finalmente, o **Capítulo 13** integra um conjunto de tópicos da Computação Gráfica (modelos de iluminação, cor, textura e transparência) que ainda não se encontram

completamente estabilizados, continuando a ser alvos de esforços de I&D. No âmbito de uma disciplina de introdução, este capítulo é visto com carácter eminentemente informativo.

3.4- Bibliografia de apoio

Com excepção do livro "Principles of Interactive Computer Graphics", dos autores W. Newman e R. Sproul, a década de 70 caracterizou-se pela ausência de obras sobre Computação Gráfica, reflexo evidente da forte movimentação que começava a verificar-se neste domínio. Entretanto, alguns conhecimentos entraram na fase de estabilização e os livros surgiram em abundância e qualidade, especialmente na segunda metade da década de 80.

Nesta secção, será apresentada uma análise sobre as obras publicadas que mais se destacaram, bem como sobre a documentação produzida localmente.

3.4.1- Breve análise de alguns livros

Da breve análise que se faz sobre os livros de Computação Gráfica, considerados como os mais significativos, conclui-se que actualmente se dispõe de bibliografia publicada em quantidade e qualidade. No final da análise, adiantam-se algumas sugestões sobre os livros a utilizar não só numa óptica limitada à Licenciatura, mas pensando também numa possível pós-graduação.

•W. Newman, R. Sproul

Principles of Interactive Computer Graphics

McGraw-Hill Book Company, 1979

(Primeira edição, 1973)

A edição de 1973 desta obra foi o primeiro livro sobre Computação Gráfica (software e hardware) com reflexos a nível mundial, sendo, por isso, uma referência indiscutível durante vários anos. A edição de 1979 surge bastante mais actualizada, reflectindo as alterações o êxito da visualização baseada em monitores de varrimento TV. Desta forma, "Principles of Interactive Computer Graphics" entrou na década de 80 como sendo o "Livro de Computação Gráfica".

•J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes

Computer Graphics; Principles and Practice

Addison-Wesley, 1990

(Primeira edição, "Fundamentals of Interactive Computer Graphics", 1982)

O livro de Foley, edição de 1982, pode ser considerado como o "sucessor" da obra de W. Newman. A segunda edição, de 1990, é o livro mais actualizado e mais extenso (1174 páginas, praticamente duplicando o volume da primeira edição) sobre "Computação Gráfica". O leitor terá a oportunidade de conhecer, como utilizador e como projectista, temas variados como sejam CORE, PHIGS, Interfaces com o utilizador, Síntese de imagem e Tópicos avançados sobre hardware gráfico.

•**Steven Harrington**

Computer Graphics: A Programming Approach

McGraw-Hill, 1987 (Primeira edição, 1983)

"Computer Graphics: A Programming Approach", de Steven Harrington, merece uma referência, pela forma original como trata o tema. Partindo do equipamento disponível, o utilizador é convidado a desenvolver um pacote de software gráfico, fortemente inspirado no CORE, com extensões para gráficos do tipo raster, visibilidade, sombreamento e curvas.

A segunda edição aparece com actualizações em, praticamente, todos os capítulos, mas a diferença de fundo reside na modelação de objectos no espaço utilizador, na visualização em coordenadas normalizadas e na segmentação, portanto na direcção dos standards mais actuais, nomeadamente, PHIGS, GKS, CGI e CGM.

•**D. F. Rogers, A. J. Adams**

Mathematical Elements for Computer Graphics

McGraw-Hill Book Company, 1976

•**D. F. Rogers**

Procedural Elements for Computer Graphics

McGraw-Hill Book Company, 1985

A edição de 1985 não se debruça sobre os conceitos matemáticos necessários à Computação Gráfica, pois Rogers considera este assunto bem tratado em "Mathematical Elements for Computer Graphics", opinião ainda sustentada por muitos, incluindo o autor deste relatório. Aliás, terá sido esta opinião que motivou a inclusão das obras de Rogers na presente análise, já que a edição de 1985 não traz nada de novo.

•**Donald Hearn, M. Pauline Baker**

Computer Graphics

Prentice-Hall International Editions, 1986

O tema Computação Gráfica é contemplado com um tratamento simples, rigoroso, completo e actual, no que se refere a conceitos, algoritmia e equipamentos.

•**P. Schweizer**

Infographie I et II

Presses Polytechniques Romandes, 1987

Para situações em que se impõe um apoio bibliográfico em francês. Obra composta por dois volumes, caracterizada por uma abordagem simples, rigorosa, extensa, completa e bastante actualizada. Situa-se entre livro de Donald Hearn e a segunda edição de J. Foley, mas muito mais próximo deste último.

•**Lee Adams**

High-Performance CAD Graphics in C

Windcrest, 1989

Para quem pretenda aprender alguns algoritmos de Computação Gráfica 3D e, simultaneamente, praticar um pouco de C.

Face à breve análise anteriormente apresentada, recomendam-se algumas obras:

•**Donald Hearn, M. Pauline Baker**

Computer Graphics

Prentice-Hall International Editions, 1986

Para apoio a uma disciplina de introdução à Computação Gráfica. Recomenda-se para a disciplina **Sistemas Gráficos**, se se pensar apenas na Licenciatura

•**Steven Harrington**

Computer Graphics: A Programming Approach

McGraw-Hill, 1987

Como complemento à obra anterior, caso haja lugar a aulas práticas. Recomenda-se para a disciplina **Sistemas Gráficos**.

•J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes

Computer Graphics; Principles and Practice

Addison-Wesley, 1990

Alternativa ao conjunto formado pelas duas obras anteriores.

Deverá ser a escolha, se a curiosidade do aluno de licenciatura o leva para além do horizonte das aulas ou, então, se se tratar de um aluno a pensar na pós-graduação.

Esta recomendação será bastante mais acatada, logo que surja a edição para estudantes...

3.4.2- Documentação de apoio às aulas teóricas

Facê à excelente qualidade da bibliografia publicada e analisada, não se justificam grandes esforços na preparação de documentação de apoio a **Sistemas Gráficos**. Os problemas potenciais que esta posição acarreta relacionam-se, fundamentalmente, com o facto dos livros recomendados não estarem escritos em Português e, para além disso, dos tópicos ainda pouco estabilizados não serem tratados de uma forma consistente e estruturada.

Quanto ao problema da língua, não parece grave que os livros se apresentem escritos, quase todos eles, em inglês. Por um lado, trata-se de uma disciplina do último ano da Licenciatura e, por outro lado, na vida profissional, a maioria da documentação técnica disponível também se apresenta em inglês, funcionando como treino a consulta das obras indicadas.

Quanto ao problema dos temas ainda sujeitos a forte nível de investigação e desenvolvimento, como sejam, por exemplo, os que se relacionam com a síntese de imagens com elevado nível de realismo, dificultando ou até impossibilitando a sua apresentação estruturada em livros de texto, o autor apresenta um documento de apoio de que é co-autor [A. Augusto de Sousa, F. Nunes Ferreira; Computação Gráfica; Breves considerações sobre "Rendering"; Apontamentos de apoio às aulas, FEUP, 1988].

Acrescenta-se ainda que uma cópia dos acetatos utilizados nas exposições teóricas é, sistematicamente, requerida pelos alunos, apesar de não serem indicados como bibliografia de apoio.

3.5- Aulas Práticas

"Aprender fazendo" continua a ser uma excelente estratégia de aprendizagem, quando se pretende marcar o aluno, de uma forma indelével, com os temas considerados mais importantes. É este o objectivo principal das aulas práticas de **Sistemas Gráficos**,

realçado pelo facto da maioria das matérias tratadas nas aulas teóricas se adaptarem perfeitamente a trabalhos de índole prática.

3.5.1- Funcionamento das aulas práticas

Os trabalhos que se propõem [3.5.3], apesar de se recomendar a respectiva realização na sequência de apresentação (sobretudo para manter um certo sincronismo com o desenrolar das aulas teóricas), podem ser considerados independentes um dos outros. Esta independência não se coloca tanto ao nível dos conhecimentos exigidos, mas antes quer significar que o aluno, para realizar o trabalho de um certo tema, não necessita de ter à mão uma implementação dos trabalhos que o precedem. Desta forma, a realização de um trabalho estará apenas dependente do equipamento base e do software de desenvolvimento sugeridos [3.5.2].

A maior parte dos trabalhos propostos [3.5.3] pode ser vista como uma tentativa de expansão ou de alteração das primitivas gráficas que acompanham o compilador a utilizar ou, então, como pequenos projectos orientados para algumas aplicações. Em qualquer dos casos, o aluno fica sempre com uma visão limitada dos módulos que constituem um software gráfico e, sobretudo, da forma como interactuam.

Uma **estratégia alternativa** é sugerida em duas obras (dos autores S. Harrington e J. D. Foley) analisadas e recomendadas [3.4.1]. Segundo esta estratégia, é proposto ao aluno o desenvolvimento completo de um pacote gráfico, o que o leva a entender e a dominar todos os módulos constituintes e a forma como comunicam entre si.

Esta forma de actuar caracteriza-se, fundamentalmente, por uma rigidez na sequência de realização dos trabalhos, muitas vezes inconveniente, pois, por exemplo, falhar a realização de um desses trabalhos poderá comprometer a continuação e a conclusão dos restantes. Uma das formas de tornear situações desta natureza, passará pela existência de uma implementação total do pacote gráfico, que o docente facultará aos alunos conforme as dificuldades que estes possam encontrar.

Uma **terceira estratégia**, que se situa entre as duas primeiras, procurando evitar os inconvenientes de cada uma delas, parte de um software gráfico, necessariamente, aberto e simples e os trabalhos propostos passariam não só a incidir sobre o desenvolvimento de extensões ao pequeno conjunto de primitivas de base, mas também sobre a procura de soluções alternativas para essas primitivas.

Desta forma, pela análise e desenvolvimento de extensões ao software gráfico posto à disposição dos alunos são garantidas a visão do conjunto e a compreensão da comunicação

entre os diferentes módulos, e a continuação dos trabalhos deixa de correr sérios riscos, mesmo que falhe alguma das partes, pois existe, à partida, uma solução de base.

Esta última estratégia para passar à prática pode exigir, por exemplo, um certo esforço local de compilação e adaptação das soluções algorítmicas apresentadas num dos livros anteriormente referidos.

3.5.2- Recursos computacionais utilizados

Alguns autores sustentam que as aulas práticas de uma disciplina como **Sistemas Gráficos** podem apoiar-se em qualquer equipamento gráfico disponível, independentemente das suas características. De facto, a maior parte dos temas abordados são susceptíveis de serem praticados sem exigirem recursos sofisticados.

Já assim não acontece, quando, por exemplo, se pretende realizar algumas experiências sobre Cor, Modelos de cor e Criação de imagens de elevado realismo. Em casos como estes, são exigidos certos requisitos mínimos relacionados com a resolução do dispositivo de saída e com o número de cores visualizáveis simultaneamente.

Um outro factor a considerar, não de menor importância, tem a ver com o equipamento realmente disponível em quantidade suficiente para manter ocupada uma turma de cerca de 16 alunos, constituídos em grupos de 2; 8 postos de trabalho, de características análogas, tornam-se assim imprescindíveis.

Rapidamente se conclui que, atendendo à situação e à existência actuais, as aulas práticas se desenrolam numa sala com 8 postos de trabalho, configurados da seguinte forma:

- PC compatível
- Placa gráfica EGA (640 x 350 x 16 cores)
- Compilador de C ou Pascal, com extensões gráficas.

A lista de pequenos trabalhos que se segue foi proposta nas aulas práticas do ano lectivo 1989/90, tendo tido um bom nível de acolhimento pela maior parte dos alunos.

3.5.3- Lista de trabalhos a desenvolver nas aulas práticas

Os trabalhos que se apresentam agrupam-se em vários temas que cobrem os aspectos mais relevantes, entre os que foram considerados nas aulas teóricas. Os trabalhos indicados em texto "não carregado" são, em geral, mais complexos que os restantes e referem-se aos tópicos tratados com carácter informativo.

----- **Sistemas Gráficos** -----

(Aulas práticas)

Tema 1- Familiarização com o equipamento

1.1-Equipamento e software de apoio às aulas práticas

1.2-Descobrir coordenadas do ecrã

- Desenha cursor
- Leitura X, Y (teclado)
- Desloca cursor para X, Y

1.3-Descobrir coordenadas do ecrã (variante)

- Desenha cursor
- Leitura das teclas up, down, left, right (teclado)
- Desloca cursor de acordo com as teclas actuadas

Tema 2- Desenho de segmentos de recta

2.1-Experiências com o algoritmos de Bresenham

- Desenha grelha a ponteados (quadrícula 5x5)
- Desenha cursor (quadrícula 5x5 a piscar)
- desloca cursor (Ex: ver 1.3)
- Fixa o ponto onde se encontra o cursor
- Desloca o cursor e desenha segmento fino em "rubber-band" (tomar os centros dos "pontos" 5x5 como extremidades do segmento e aproveitar facilidades do software gráfico)
- Fixa o ponto onde se encontra o cursor e desenha segmento fino
- Por cada "return" junta um "ponto" 5x5
- Termina ou volta ao início

2.2-Experiências com o algoritmos de Bresenham

- Idêntico ao trabalho 2.1, mas com "anti-aliasing"
- Para simulação dos níveis de cinzento nos "pontos" 5x5, sugere-se a utilização de técnicas de "half-toning"

Tema 3- Preenchimento de áreas

3.1-Preenchimento de polígonos baseado num algoritmo do tipo "scan-line"

- Desenha polígono interactivamente
- Constrói descrição
- Fornece cor e preenche
- Volta ao início ou a nova cor

----- Sistemas Gráficos (cont.) -----

(Aulas práticas)

3.2-Preenchimento de polígonos com padrões, baseado num algoritmo do tipo "scan-line"

•Definições:

D1-Desenha um polígono interactivamente, coloca-o numa lista de polígonos e atribui-lhe um número

D2-Desenha um padrão interactivamente, coloca-o numa lista de padrões e atribui-lhe um número

•Preenche (número polígono, número padrão)

•Volta a preencher ou às definições aumentando o catálogo.

3.3-Preenchimento de áreas, baseado num algoritmo do tipo "boundary-fill"

•Desenha um polígono interactivamente (considerar "pontos" 5x5)

•Indica um ponto interior

•Preenche ponto a ponto; por cada "return" surge novo ponto

•Volta ao início ou a novo ponto interior

3.4-Preenchimento de áreas, baseado num algoritmo do tipo "flood-fill"

•Desenha um polígono interactivamente (considerar "pontos" 5x5)

•Indica um ponto interior

•Preenche ponto a ponto; por cada "return" surge novo ponto

•Volta ao início ou a novo ponto interior

Tema 4-Transformações 2D

4.1- Experiências com as transformações 2D

•Desenha grelha (5x5)

•Desenha um polígono interactivamente

•Pede transformações (ou concatenação) ($E = E_x, E_y$; $T = T_x, T_y$; $R = +/-A$) e executa, mantendo os desenhos do polígono nas posições anteriores

•Volta a início, a polígono (já desenhado) ou a transformações

----- Sistemas Gráficos (cont.) -----

(Aulas práticas)

4.2- Experiências com as transformações 2D, onde os elementos gráficos apresentam-se preenchidos com um padrão (padrão fixo)

- Desenha grelha (5x5)
- Desenha um polígono interactivamente, supondo que o padrão já teria sido definido de acordo com a posição do polígono
- Pede transformações (ou concatenação) ($E = E_x, E_y; T = T_x, T_y; R = +/-A$) e executa, mantendo os desenhos do polígono nas posições anteriores
- Volta a início, a polígono (já desenhado) ou a transformações

Tema 5- Janelas, "viewports" e corte

5.1- Corte de segmentos

- Desenha "viewport" com coordenadas dos vértices
- Pede segmento $X_1, Y_1; X_2, Y_2$ (teclado)
- Desenha parte "visível" do segmento, mantendo os anteriores
- Volta a segmento ou a "viewport"

5.2- Corte de polígonos

- Desenha "viewport" com coordenadas dos vértices
- Pede polígono (sequência de pontos vindos do teclado)
- Desenha parte "visível" do polígono, mantendo os anteriores
- Volta a polígono ou a "viewport"

Tema 6- Transformações 3D

6.1- Experiências com transformações 3D: Cena composta por um só objecto

- Pede objecto 3D (sequência de pares de pontos X, Y, Z) definindo as arestas
- Pede ponto de observação
- Desenha em perspectiva
- Volta a ponto de observação ou a início

----- Sistemas Gráficos (cont.) -----

(Aulas práticas)

6.2-Experiências com transformações 3D: Cena com vários objectos

- Pede conjunto de objectos 3D (ver 6.1); cena segmentada: um objecto corresponde a um segmento
- Pede transformações associadas a um segmento à escolha
- Pede ponto de observação
- Desenha em perspectiva
- Volta a ponto de observação, a transformações por segmento ou a início

Tema 7- Cálculo de Visibilidade

7.1- Algoritmo de eliminação de linhas escondidas

- Sobre uma base do tipo 6.2, visualizar cena em "fio-de-aramé", eliminando linhas escondidas
- Volta a ponto de observação, a transformações por segmento ou a início

7.2- Algoritmo de eliminação de superfícies escondidas (Z buffer)

- Sobre uma base do tipo 6.2, com as devidas adaptações para se considerar faces opacas e um modelo de iluminação simples
- Volta a ponto de observação, a transformações por segmento, as condições de iluminação ou a início

Tema 8- Curvas e Superfícies paramétricas

8.1- Curvas de Bézier

- Desenha pontos de controlo e respectiva curva
- Selecciona e desloca um ponto de controlo e ajusta a curva
- Volta a início ou a desloca ponto de controlo

8.2- Curvas B Splines

- Idêntico a 8.1

8.3- Superfícies B Splines

- Desenha matriz de pontos de controlo e respectiva superfície
- Selecciona e desloca um ponto de controlo e ajusta superfície
- Volta a início ou a desloca ponto de controlo

4. OS METODOS DE ENSINO E DE AVALIAÇÃO

4.1- Introdução

O método de ensino utilizado na disciplina **Sistemas Gráficos** engloba várias fases, transmissão, recepção e aquisição de conhecimentos, as quais têm lugar em aulas teóricas e em aulas práticas. Este processo não acontece apenas no sentido docente-aluno, pois, nalgumas situações, apresenta um grau de interacção bastante elevado.

Nesta parte tecem-se algumas considerações sobre a forma como se desenvolvem as aulas teóricas e práticas e finaliza-se com uma curta análise sobre a avaliação.

4.2- Transmissão, recepção e aquisição de conhecimentos

A transmissão, recepção e aquisição de conhecimentos são fases reconhecidas do processo de aprendizagem, protagonizadas de modo interactivo no quadro do binómio professor/aluno.

O grau de importância de cada uma destas fases varia extraordinariamente, conforme se trate de uma aula teórica ou de uma aula prática.

No caso das aulas teóricas, a transmissão ocupa um lugar de relevo, o que acontece também com a recepção, mas a aquisição assume, por vezes, níveis muito baixos. O sintoma mais revelador é, sem dúvida, o baixo nível de interacção docente-alunos que por vezes se verifica nas aulas teóricas, por motivos vários (cansaço, distração, falta de motivação, ...) e, nesta situação, a assimilação encontra-se praticamente bloqueada.

Já nas aulas práticas, a aquisição toma a liderança do processo e o diálogo torna-se mais intenso, situação que naturalmente se associa a um ambiente mais restrito e personalizado (número de intervenientes muito menor) e, possivelmente, mais agradável (ambiente "laboratorial").

4.2.1- Aulas teóricas

A transmissão de informação durante as aulas teóricas apoia-se numa estrutura traçada sobre transparências, desenvolvidas pelo autor para a disciplina **Sistemas Gráficos**.

Este facto não significa uma rigidez absoluta no tratamento dos diferentes temas, pois frequentemente são abertos parêntesis que englobam assuntos que venham a propósito, a maior parte das vezes, informações relacionadas com situações concretas, resultantes da experiência vivida em situações do dia a dia e que os alunos "devoram" com uma atenção evidente. Mas não esquecendo o provérbio que relaciona a conversa e as cerejas, torna-se necessária uma "linha mestra" que oriente os trabalhos em cada momento. Esta missão é

cumprida eficazmente pelas transparências que põem em realce os assuntos chave, "repõem a ordem", quando a discussão e os exemplos conduzem a paragens mais longínquas.

Geralmente, as transparências não são encaradas como bibliografia de apoio, por serem mais ou menos sintéticas, algumas vezes com ideias incompletas e seria altamente inconveniente dar-lhes outra utilização, para além da que foi anteriormente referida. Apesar disto, os alunos acabam por requerer uma cópia dessas transparências, procurando nelas, fundamentalmente, uma estruturação da informação que, nem sempre, coincide com a que encontram nos livros.

A bibliografia de apoio deve ser procurada nas obras indicadas para consulta [3.4], já que os apontamentos preparados [A. Augusto de Sousa, F. Nunes Ferreira; Computação Gráfica; Breves considerações sobre "Rendering"; Apontamentos de apoio às aulas, FEUP, 1988] cobrem apenas a parte final da matéria.

À recepção segue-se a aquisição e, com esta, as dúvidas sobre as matérias apresentadas. Assim, o processo total torna-se, necessariamente, interactivo. O diálogo é permitido e até incentivado, pois, sendo uma disciplina de opção do 5º Ano, o número baixo de alunos nas aulas teóricas, não chegando às duas dezenas, não acarreta qualquer problema.

Os temas são apresentados e desenvolvidos tentando sempre uma abordagem geral, passando posteriormente ao desenvolvimento dos pormenores, quando for caso disso.

Esta forma de atacar os problemas, do geral para o particular, acentuando a importância dos conceitos de base, corresponde afinal à estratégia que visa minimizar os riscos de uma desactualização dos conhecimentos adquiridos, permitindo simultaneamente que estes possam ser transportados para novas situações.

Os conceitos de base ou os temas considerados requisitos não constituem capítulo à parte, mas são apresentados no momento em que se tornam necessários.

Assim, por exemplo, quando se desenvolvem as transformações geométricas, põem-se em realce as matrizes e as operações sobre as matrizes, que facilitam o cálculo da concatenação de transformações. Esta forma de proceder mostra, de imediato, o interesse das matérias apresentadas, objectivo mais difícil de atingir com um procedimento diferente.

4.2.2- Aulas práticas

Os alunos de **Sistema Gráficos** são englobados em grupos de trabalho, cuja dimensão não deve ultrapassar 2; considerando o número de alunos por turma, rondando 16, devemos contar com 8 grupos de alunos.

Do ponto de vista de recursos materiais a disponibilizar, o número de grupos não é problema, mas pode causar algumas dificuldades ao bom funcionamento da aula, pois o

docente verá a sua atenção pulverizada por 8 centros de actividade. Partindo da hipótese que haverá apenas um docente por turma, só uma boa preparação dos trabalhos aliviará esta potencial fonte de perturbação.

A sequência das aulas práticas apoia-se num conjunto de trabalhos, preparado pelo autor [3.5.3] e do qual são seleccionados semanalmente os trabalhos que merecem atenção especial na aula seguinte. As aulas práticas de **Sistemas Gráficos** são um misto de **aulas de gabinete** (papel e lápis), que se esgotam na discussão dos trabalhos seleccionados e **aulas laboratoriais**, que colocam a tónica no desenvolvimento de pequenos projectos, realizados em grupo, onde a discussão, eventualmente envolvendo o docente, se limita ao grupo de trabalho.

Esta divisão das aulas práticas em aulas de gabinete e de laboratório é apenas lógica, pois, fisicamente, podem ocorrer no mesmo local e no mesmo período de 2 horas.

Por exemplo, num período de 2 horas pode passar-se de aula de gabinete a aula laboratorial e, mais tarde, a aula de gabinete, se certo assunto, ao motivar uma dúvida generalizada, é merecedor de uma discussão abarcando toda a turma.

O número e a envergadura de certos trabalhos propostos são de molde a não permitirem o projecto, desenvolvimento e teste dentro dos limites de tempo reservado às aulas. Este facto é intencional, pois, ao mesmo tempo que oferece uma variedade mais ampla de questões, incentiva o aluno a dedicar parte das horas de estudo à realização dos trabalhos propostos e liberta as aulas para esclarecimento de dúvidas e para testes.

4.3- Avaliação de conhecimentos

A avaliação de conhecimentos é, sem dúvida, uma das fases mais complexas do processo de ensino. Avaliar o trabalho realizado pelo aluno no âmbito de uma disciplina e classificá-lo com um valor entre 0 e 20, para além de ser uma tarefa de enorme responsabilidade é ainda, muitas vezes, controversa. Os métodos de avaliação, longe de serem objectivos, são sobretudo caracterizados por níveis de subjectividade que muito dificilmente se poderão ultrapassar.

Seguidamente dá-se uma ideia do método de avaliação praticado em **Sistema Gráficos** e apresentam-se outros métodos de avaliação já experimentados, mostrando que aquele método pode ainda ser melhorado.

4.3.1- Considerações sobre a avaliação

É através do contacto docente-aluno que o primeiro terá oportunidade de determinar o nível de conhecimentos alcançado pelo aluno, em relação às matérias consideradas na disciplina.

Nas aulas teóricas, o número de intervenientes toma valores que impossibilitam um conhecimento suficientemente concreto sobre o nível de aprendizagem do aluno e o contacto docente-aluno em nada contribui para a avaliação.

Nas aulas práticas, aquele contacto torna-se muito mais efectivo, pode até, nalguns casos, ser considerado excelente, mas continua a ser deficiente em relação a uma parte dos alunos. O diálogo que se estabelece tem tendência a atingir apenas uma mancha específica da turma, podendo prejudicar algum aluno que, por um motivo qualquer, exiba uma atitude mais reservada, aparecendo aos olhos do docente como desinteressado e menos colaborante na discussão dos trabalhos. Assim, a opinião do docente não deverá ser considerada em sentido negativo, mas apenas nas variantes: inexistente ou positiva (esta última apresentando vários níveis).

No ano lectivo 1989/90 tentou-se uma experiência, em relação às aulas práticas. Estas foram consideradas apenas com o objectivo de levar os alunos a praticar os conceitos apresentados nas aulas teóricas, sem acenar com benefícios sobre a avaliação. Ficou combinado que os trabalhos propostos eram totalmente facultativos e realizados por quem achasse necessário. A aceitação dos trabalhos foi praticamente unânime...

Pelo que se apontou, restava como contacto docente-aluno "objectivo", em termos de avaliação, a **prova escrita, com consulta, sobre toda a matéria.**

O facto de se praticar testes e exames escritos com consulta não significa inexistência de questões de índole teórica. Significa apenas que, à partida, são eliminadas perguntas de resposta directa, em favor de outras que procuram que o aluno ponha em evidência o seu poder de síntese e a sua habilidade para procurar e utilizar a informação disponível. Afinal, é esta a situação que mais se aproxima da vida profissional.

A estrutura da provas de avaliação apresenta uma percentagem significativa de questões acessíveis ao aluno médio, mas as restantes já exigem um trabalho para além do fundamental, justificando, por isso, uma classificação com distinção.

Os alunos dispõem de três hipóteses de avaliação para conseguirem a aprovação (teste global, exame da 1ª época e exame da 2ª época) e o resultado final acaba sempre por ser a melhor nota obtida nas provas que tiverem realizado.

A existência de vários testes seria uma hipótese no sentido de minimizar o nível de subjectividade da avaliação praticada, o que não parece viável pela perturbação que causaria a realização de testes, durante o período de aulas, no desenvolvimento normal dos trabalhos da própria disciplina e, até mesmo, das outras disciplinas.

4.3.2- Estratégias de avaliação praticadas

Por momentos, vamos esquecer que das quatro vezes em que o autor do relatório esteve envolvido na regência de **Sistemas Gráficos**, três delas tiveram lugar no âmbito de cursos de mestrado.

O tipo de avaliação praticado foi sempre diferente, como se resume no quadro da **Figura 4.1**. Neste mesmo quadro, é possível encontrar o método de avaliação que se pensa pôr em prática na próxima vez em que o autor venha a ser o responsável pela disciplina **Sistema Gráficos**, o qual seguirá a seguinte estratégia:

-Procurar aproveitar todas as intervenções dos alunos na disciplina, tentando assim minimizar a subjectividade de uma prova única.

Sistemas Gráficos	Aulas		Avaliação		
	Teóricas	Práticas	Teste	Aulas Práticas	Trabalho Síntese
Mestrado DEEC 1984	Sim	Não	Sim	Não	Não
Mestrado DEEC 1988	Sim	Não	Não	Não	Tipo Teórico
Mestrado UMad. 1990	Sim	Sim	Sim	Não	Tipo Prático
Licenciat. DEEC 1990	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Licenciat. DEEC 1992	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Figura 4.1- Estratégias de avaliação

Do quadro da **Figura 4.1**, é possível retirar algumas conclusões, no sentido de melhorar o método de avaliação:

- O teste escrito sobre a totalidade da matéria deve ser realizado. Os alunos mais "descuidados", durante o desenrolar da disciplina, sentirão a necessidade de, pelo menos uma vez, estudarem toda a matéria.
- Existindo aulas práticas, incluir-se-á a informação recolhida nestas aulas no esquema de avaliação, por se tratar de uma forma excelente de completar a informação obtida com o teste escrito.

-Trabalhos de síntese, teóricos ou práticos (para além dos trabalhos práticos que já são propostos), não se recomendam na Licenciatura, pois, implicando um esforço importante fora de aulas, criarão problemas de falta de tempo, se considerarmos a carga horária semanal normalmente pesada, a preparação dos trabalhos práticos e o estudo das matérias teóricas.

5. CONCLUSÃO FINAL

Ao terminar, pretende-se expressar algumas propostas de alteração ao funcionamento da disciplina de **Sistemas Gráficos**, face ao que aconteceu no ano lectivo 1989/90.

-Esta disciplina, apesar de optativa, vai certamente funcionar regularmente. O tema é importante e a aceitação por parte dos alunos tem sido bastante boa. Sendo assim, **Sistemas Gráficos** deveria fazer parte do elenco de disciplinas obrigatórias da Licenciatura.

-A colocação desta disciplina no último semestre da Licenciatura não parece a melhor. A passagem de **Sistemas Gráficos** para o 2º semestre do 4º Ano não a incompatibilizaria com as disciplinas das quais espera algumas bases e, além disso, poderia passar a ter implicações benéficas em disciplinas do 5º Ano, nomeadamente, **Seminário/Projecto**.

-Os trabalhos das aulas práticas, em vez de constituírem uma série de questões mais ou menos independentes, deveriam assentar na alteração e expansão de um pacote gráfico a fornecer aos alunos.

-Não considerar as aulas práticas apenas como um veículo fundamental de ensino da Computação Gráfica, mas também como um meio privilegiado de completar a avaliação que neste momento se pratica, ou seja, o teste escrito.

A lista de propostas de alterações ao "modo de funcionamento" de **Sistemas Gráficos** não pretende ser exaustiva e até é muito possível que existam outras. Por outro lado, a passagem à prática de algumas daquelas alterações não passa apenas pela vontade do proponente que, obviamente, vai estar atento às oportunidades que apareçam e que permitam a respectiva implementação.

Bibliografia analisada

◇ **W. Newman, R. Sproul**

Principles of Interactive Computer Graphics

McGraw-Hill Book Company, 1979

◇ **J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes**

Computer Graphics; Principles and Practice

Addison-Wesley, 1990

◇ **Steven Harrington**

Computer Graphics: A Programming Approach

McGraw-Hill, 1987 (Primeira edição, 1983)

◇ **D. F. Rogers, A. J. Adams**

Mathematical Elements for Computer Graphics

McGraw-Hill Book Company, 1976

◇ **D. F. Rogers**

Procedural Elements for Computer Graphics

McGraw-Hill Book Company, 1985

◇ **Donald Hearn, M. Pauline Baker**

Computer Graphics

Prentice-Hall International Editions, 1986

◇ **P. Schweizer**

Infographie I et II

Presses Polytechniques Romandes, 1987

◇ **Lee Adams**

High-Performance CAD Graphics in C

Windcrest, 1989

◇ **A. Augusto de Sousa, F. Nunes Ferreira**

Computação Gráfica; Breves considerações sobre "Rendering"

Apontamentos de apoio às aulas, FEUP, 1988