



2º Exame de Computação Gráfica 2º Ano

Licenciatura em Eng. Informática e de Computadores

Prof. responsável – Mário Rui Gomes

25 de Julho de 2000

Nº _____ Nome: _____ Sala: _____

Responda às questões seguintes justificando adequadamente todas as respostas. Se necessário utilize o verso da respectiva folha.

I

1. Considere uma aplicação que permite visualizar o comportamento de um carro ao atingir um obstáculo. Como caracterizaria essa aplicação usando como critério a relação lógica e temporal entre objectos e imagens? Quais são as outras alternativas existentes?

Ao aplicar o critério da relação lógica e temporal entre objectos e imagens posso ter as seguintes alternativas:

- Apresentação de uma imagem de cada vez (*plotting*);
- Apresentação, em sequência temporal, de imagens relacionadas (animação, simulação);
- Apresentação de uma colecção estruturada de objectos (esquemas de CAD);

No caso presente trata-se de uma aplicação de simulação.

2. Existem muitos tipos de aplicações da Computação Gráfica tais como a Animação por Computador. Enumere mais 4 tipos de aplicações:

Além da Animação por Computador podem enumerar-se quaisquer 4 das seguintes:

- Interfaces com o Utilizador;
- Gráficos (interactivos) para Gestão de Negócios, Ciência, Tecnologia;
- Escritório Electrónico e Publicação Electrónica;
- Projecto Assistido por Computador;
- Simulação e Animação para Entretenimento e Visualização Científica;
- Arte e Publicidade;
- Controlo e Monitorização de Processos;
- Sistemas Cartográficos;

II

1. Determine a matriz de transformação 2D em coordenadas homogêneas correspondente à reflexão em torno da recta $y=x$ seguida de uma simetria em torno do eixo dos yy e diga que tipo de transformação se obtém (sugestão: comece por construir as matrizes de cada uma das transformações elementares).

Na reflexão em torno da recta $y=x$, a transformação a aplicar a cada coordenada é

$$\begin{aligned}x' &= y \\ y' &= x\end{aligned}$$

e na simetria em torno do eixo dos yy temos

$$\begin{aligned}x'' &= -x' \\ y'' &= y'\end{aligned}$$

cujas matrizes de transformação 2D no espaço homogêneo são, respectivamente

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ e } \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A matriz da transformação total é igual ao produto destas duas matrizes e é

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A transformação composta obtida não pertence a nenhum tipo conhecido (escala, rotação, etc.)

2. Quantos e quais são os parâmetros da câmara virtual simplificada?

A câmara virtual simplificada tem seis (6) parâmetros que são

- Posição da câmara
- Direcção para onde a câmara aponta (*look vector*)
- Orientação vertical da câmara (*up vector*)
- Ângulo de abertura da câmara
- Relação de aspecto
- Planos de recorte anterior e posterior

III

1. Construa a matriz de transformação de projecção perspectiva correspondente a uma situação em que o plano de projecção dista de 5 unidades do centro de projecção e mostre através dela que a transformação pode não manter os ângulos entre linhas.

A matriz de projecção perspectiva genérica tem a forma

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/d & 0 \end{bmatrix} \text{ que, com } d=5, \text{ assume o valor de } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,2 & 0 \end{bmatrix}$$

tomemos agora um segmento de recta com os extremos em $[1 \ 1 \ 1]$ e $[1 \ 1 \ 2]$, uma recta segundo z no espaço de visão. Transformando para o espaço de perspectiva obtemos os pontos $[1 \ 1 \ 0 \ 0,2]$ e $[1 \ 1 \ 0 \ 0,4]$ que, normalizados, correspondem a $[5 \ 5 \ 0 \ 1]$ e $[2,5 \ 2,5 \ 0 \ 1]$, ou seja, no espaço de perspectiva aparece um segmento de recta a 45° em vez de uma recta de topo.

2. Compare sucintamente os algoritmos de Cohen-Sutherland e de Cyrus-Beck. A que se destinam esse dois algoritmos?

Ambos são algoritmos que permitem efectuar o recorte de objectos de uma cena.

O Algoritmo de recorte Cohen-Sutherland baseia-se no cálculo dos designados *outcodes* dos vértices de cada segmento de recta e por simples permite saber se o segmento vai intersectar ou não uma janela de recorte rectangulares (ou paralelepípedos 3D).

O algoritmo de recorte paramétrico de Cyrus-Beck, como o nome indica utiliza a representação paramétrica dos segmentos de rectas como método para simplificar o cálculo do recorte de polígonos (ou poliedros 3D) convexos.

IV

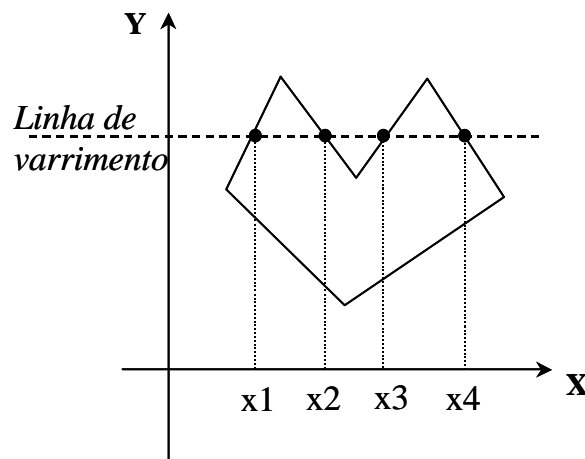
1. Descreva os passos principais de um algoritmo genérico de preenchimento de polígonos côncavos que utilize a coerência espacial, especificamente da linha de varrimento.

1) Traçar sucessivas linhas de varrimento horizontais.

2) Calcular intersecções entre a linha de varrimento e as arestas (arredondar valores para o interior do polígono e não considerar intersecções com arestas horizontais).

3) Ordenar pontos por abcissa crescente ($x_1 < x_2 < x_3 < x_4$).

4) Como se trata de um polígono côncavo delimitar regiões interiores ao polígono (x_1 a x_2 : in; x_2 a x_3 : out; x_3 a x_4 : in; no exemplo da figura).



2. Um dos conceitos principais utilizado em Computação Gráfica é o de Coerência. Mostre o interesse prático da utilização de 3 tipos diferentes de coerência.

No caso da coerência de **linha de varrimento**, no preenchimento de polígonos convexos, é possível preencher toda uma linha interior entre dois pontos pertencentes à fronteira do polígono.

Usando a **coerência espacial** é possível agrupar os objectos de uma cena em volumes envolventes e fazer primeiro os cálculos de intersecção com o volume envolvente e, só quando necessário, com cada um dos objectos envolvidos.

Usando a **coerência de aresta** é possível efectuar a interpolação de cor no algoritmo de sombreamento de Gouraud.

V

1. Escreva o código VRML que permita simular uma lâmpada de forma circular que só emita luz para um dos lados do círculo.

O que se pretende pode ser obtido com uma fonte de luz do tipo SpotLight com um ângulo de abertura de 180° posicionada no centro de uma esfera transparente. O código para a fonte de luz será

```
SpotLight{ cutOffAngle 3.14159265 }
```

2. Em VRML, qual é a função do campo "ccw" num nó do tipo "Extrusion" e que valores pode este campo assumir?

O campo ccw descreve a ordem pela qual os pontos constituintes da secção que gera o objecto extrudido deve ser interpretada para determinar a normal à secção e pode assumir o valores TRUE (pontos descritos no sentido contrário ao dos ponteiros de relógio) e FALSE (no sentido dos ponteiros do relógio).

VI

1. Descreva a estratégia seguida pelo algoritmo de cálculo de elementos visíveis por "Ordenação em Profundidade". Dê um exemplo de um caso particular desse algoritmo.

O Algoritmo de "Ordenação em Profundidade" segue a seguinte estratégia de desenhar os polígonos na ordem decrescente da distância ao observador. Assim:

1º Ordena todos os polígonos constituintes da cena por ordem crescente da sua menor coordenada z.

2º Resolve situações ambíguas, nalguns casos em que os intervalos de ocupação dos polígonos segundo z se sobrepõem. Por vezes, a resolução dessas ambiguidades passa pela fragmentação dos polígonos.

3º Rasteriza os polígonos (originais e resultantes da fragmentação) por ordem crescente da sua menor coordenada (desenhar os polígonos por ordem decrescente de profundidade).

Um caso particular deste algoritmo é conhecido pela designação de **Algoritmo do Pintor** o qual assume que todos os polígonos pertencem a planos com Z constante (2.5D)

2. Caracterize quanto à precisão, adequação e complexidade os algoritmos remoção de elementos invisíveis conhecidos como de "Precisão Objecto".

A **precisão** infinita (resolução da visibilidade ao nível de partes dos objectos).

Algoritmos inicialmente **adequados** para dispositivos vectoriais.

Para n objectos presentes na cena temos uma **complexidade** proporcional a n^2 , sendo as operações tipicamente complexas e de elevada carga computacional.

VII

1. Defina os valores das Funções de Mistura $B_{i,n}$ das curvas de Bezier nos pontos $u = 0$, $u = 1$ e noutro ponto que considere significativo.

Para $u = 0$:

- $B_{0,n}(u)$ é sempre igual à unidade
- $B_{i,n}(u)$ é sempre nula quando $i \neq 0$

Para $u = 1$:

- $B_{n,n}(u)$ é sempre unitária

- $B_{i,n}(u)$ é sempre nula quando $i < n$

Para $u = i/n$:

- Cada ponto p_i tem a sua máxima influência para a definição da curva (máximos das funções de mistura)
2. Em que consiste a modelação geométrica por descrição das fronteiras? Apresente uma vantagem e uma desvantagem deste tipo de modelação geométrica em relação aos outros tipos de modelação geométrica.

A modelação geométrica por descrição da fronteira consiste em descrever a superfície que limita o subespaço que o objecto ocupa, o interior dessa superfície fechada. Uma das vantagens desta descrição consiste na facilidade de representação do objecto com o sombreado apropriado. Uma desvantagem é a complexidade desta descrição que, para reproduzir fielmente uma forma curva complexa da fronteira, necessita de recorrer a uma malha poligonal contendo um número muito elevado de polígonos o que se traduz numa grande carga computacional quando, por exemplo, se pretender determinar colisões de um objecto assim descrito com outro objecto.

3. Considere uma curva B-Spline com $N = 3$ e com pontos de controlo com coordenadas $[0, 0]$, $[1, 1]$, $[0, 1]$ e $[0, 1]$. Descreva o respectivo polígono de controlo. Qual é o grau da curva para K a variar de 1 a 5?

O polígono de controlo é um quadrado com o vértice inferior esquerdo com coordenada $[0, 0]$ e o superior esquerdo com coordenada $[1, 1]$.

As curvas de B-Spline dependem do valor de uma variável K pelo que:

- Para $K = 1$ obtém-se 4 curvas de grau 0 composta pelos 4 pontos de controlo.
- Para $K = 2$ obtém-se 3 curvas de grau 1 compostas pelos segmentos de recta que unem, pela ordem pelas quais estão definidos, os 4 pontos de controlo ligados.
- Para $K = 3$ obtém-se dois troços de curvas quadrática (grau 2) definida pelos 3 primeiros pontos de controlo e, a segunda, pelos 3 últimos pontos de controlo.
- Para $K = 4$ obtém-se uma curva cúbica (grau 3)
- Para $K = 5$ obtemos $0 \leq u \leq (n - k + 2) = 0$ pelo que não existe um número de pontos de controlo suficientes para definir uma curva.

VIII

1. O modelo de cor da CIE é um modelo baseado em 3 (três) entidades. Que entidades são estas e qual a sua relação com a teoria dos três estímulos? Justifique.

O modelo de cor CIE apresenta três parâmetros: X, Y e Z que descrevem todas as cores visíveis (e não apenas as cores do espectro). A relação com a teoria dos três estímulos é que esta postula, com base na percepção visual do sistema visual humano, que são sempre necessários três parâmetros para descrever uma dada cor.

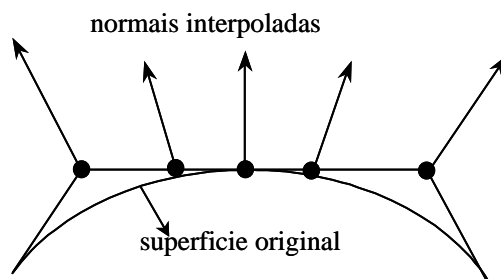
2. Quais as simplificações geométricas que são assumidas pelo Modelo de Iluminação de Phong?

As simplificações são as seguintes:

1. Fontes de Luz no infinito (a distribuição da intensidade dos raios luminosos é ignorada).
2. A geometria, excepto a normal à superfície, é ignorada.

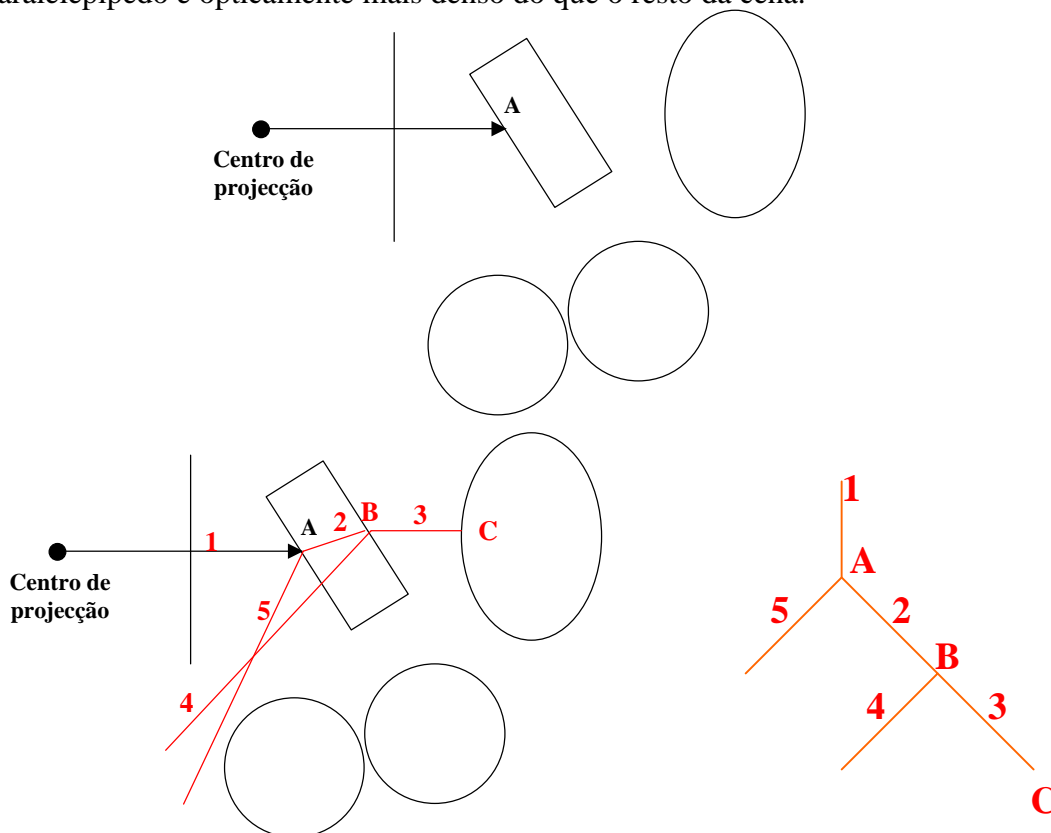
- O Modelo de Sombreamento de Phong aplicado a uma superfície B-Spline de grau 3, aproximada e com erro controlado, através de uma malha de facetas (grau 1) permite obter-se uma imagem de uma superfície com melhor qualidade do que seria de esperar considerando o erro que foi introduzido. Dê um exemplo que permita entender esta situação aparentemente inesperada.

Na figura pode observar-se um corte da superfície original e da respectiva aproximação de grau 1 (facetas). Como se pode observar, pelo facto do Modelo de Sombreamento de Phong interpolar as normais estas aproximam-se mais das normais à superfície original



IX

- As duas esferas e o elipsóide representados na figura anexa são opacos e reflectores, enquanto o paralelepípedo é transparente e também reflector. Desenhe os raios necessários para calcular a cor do ponto A, limitando a 3 o nível de recursividade e apresente a árvore de raios correspondente. Tenha em atenção que o material do paralelepípedo é opticamente mais denso do que o resto da cena.



- Em que consiste o método de optimização do algoritmo de cálculo das radiosidades denominado "radiosidade progressiva"? Explique a razão (ou razões) que está (estão) na base deste processo de optimização.

O método de solução do sistema de equações lineares para calcular as radiosidades de uma cena converge para a solução devido às características da matriz dos coeficientes pois esta é diagonalmente dominante. Mas a convergência é lenta e tanto mais lenta quanto maior é a ordem do sistema de equações a resolver, o que implica que é necessário realizar um grande número de iterações para obter resultados que produzam uma imagem próxima da solução final. Além disso, se fossemos apresentando a imagem ao fim do cálculo de cada área em que a cena se encontrasse dividida, veríamos varia uma e só uma área de cada vez. A radiosidade progressiva abandona a técnica de *gathering* anterior e passa à técnica de *shooting* em que as radiosidades de todas as áreas são afectadas em cada passo. Combinando isto com o cálculo com prioridade para as áreas que apresentam maiores radiosidades à partida (as fontes de luz) obtêm-se imagens muito mais próximas da realidade com um menor número de passos do cálculo.

Cotação do 2º Exame										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total
1.	1.5	1	1	1	1.5	1.5	1	1	1.5	
2.	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	
3.							1	1		
Total	2.5	2	2	2	2.5	2	2.5	2.5	2	20 Valores