



# Exame de Época Especial de Computação Gráfica

LEIC

Prof. João Brisson Lopes

12 de Setembro de 2002

Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Responda às questões seguintes justificando adequadamente todas as respostas. O Exame tem uma duração máxima, incluindo tolerância, de 2h30m.

## I - Introdução e Conceitos Básicos

1. Qual é a diferença fundamental entre a Computação Gráfica passiva e a Computação Gráfica interactiva? Explique essa diferença.

*A Computação Gráfica Interactiva permite que o utilizador modifique os objectos gráficos visualizados e crie e elimine novos objectos na cena visualizada. Além disso, poderá permitir alterar a vista da cena, deslocando o ponto de vista e modificando a direcção de visualização.*

*Na Computação Gráfica passiva, o utilizador apenas pode observar a vista de uma cena (a sua imagem) produzida, não lhe sendo permitido alterar, criar ou eliminar objectos.*

2. O pipeline de visualização 3D é um conceito fundamental em Computação Gráfica.

- a) O que é o pipeline de visualização 3D e qual a razão para a existência dos seus vários andares?

*O pipeline da visualização 3D consiste no conjunto das várias fases, processos e transformações que processam a informação da modelação das cenas para a obtenção das respectivas imagens. Cada andar ou fase do pipeline de visualização 3D corresponde a um conjunto de operações claro e bem determinado sobre a informação processada, com um objectivo concreto (por exemplo, a obtenção da representação da cena em coordenadas da câmara virtual).*

*A razão para a existência destes vários andares é a separação das várias operações de processamento dos dados por módulos com uma finalidade específica controláveis independentemente uns dos outros.*

- b) Que sistemas de coordenadas são empregues nesses andares? Indique-os, relacionando-os com os respectivos andares.

*No pipeline de visualização 3D são empregues os sistemas de coordenadas do mundo, de visualização, de projecção e do dispositivo de saída gráfica. A modelação dos objectos de uma cena encontra-se descrita em coordenadas do mundo. O andar correspondente à câmara virtual transforma estas coordenadas para as coordenadas de visualização. Esta informação é então submetida ao andar de projecção que produz informação no sistema de coordenadas de projecção. Esta informação é depois processada pelo andar constituído pelos controladores dos dispositivos de saída gráfica, resultando em informação que se encontra no sistema de coordenadas do dispositivo de saída gráfica escolhido pelo utilizador.*

3. O que é um “mapa de cores”? Em que tipos de dispositivos se empregam tais mapas? Será que faz sempre sentido empregar mapas de cores para os dispositivos que apresentou? Porquê?

*Um mapa de cores é uma lista de cores endereçada pela imagem que, na informação correspondente a cada quadrícula, não contém a informação sobre a cor dessa quadrícula mas sim o índice da cor da quadrícula no mapa de cores. Desta forma é possível reduzir a quantidade de informação descrevendo uma imagem sem incorrer em quaisquer perdas.*

*Os mapas de cor são empregues em imagens para apresentação em dispositivos de quadrícula.*

*Só faz sentido empregar mapas de cor quando tal permita diminuir a quantidade de informação descrevendo o conteúdo de uma imagem. Isto é possível com imagens que empregam um máximo de 256 cores. Para imagens com mais do que 256 cores, o emprego de mapas de cor passa a deixar de fazer sentido uma vez que a quantidade de informação contida num mapa de cor poderá exceder a quantidade de informação do conteúdo da imagem, não se obtendo assim a redução pretendida.*

## **II - Transformações/Projecções**

1. Num espaço 2D, uma sequência de transformações é constituída por uma reflexão em torno da recta  $y=-x$ , seguida por uma translação da origem do espaço para o ponto  $[-8,8,4]$  em coordenadas homogéneas no espaço 2D.

a) Construa as matrizes de transformação para cada uma destas transformações elementares.

*A matriz de transformação para a reflexão em torno da recta  $y=-x$ , corresponde a esta função e à sua inversa ( $x=-y$ ), e portanto, é*

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

*Ao ponto  $[-8,8,4]$  corresponde o ponto  $[-2,2,1]$  e, portanto, a matriz de translação será (note que a 3ª coluna poderá também ser escrita como  $8, -8, 4$ )*

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

b) Calcule a matriz correspondente à sequência das transformações.

*A matriz de transformação correspondente à sequência de operações é o produto das duas matrizes, tendo em conta a ordem das operações, e que é*

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 2 \\ -1 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### III - VRML

1. Em VRML, nós dos tipos TouchSensor e TimeSensor são nós activos ou puramente passivos? Justifique, descrevendo a sua funcionalidade.

*Um nó do tipo TouchSensor é um nó passivo uma vez que só produz um acontecimento se o utilizador clicar o rato quando o cursor estiver sobre ele. No caso de um nó do tipo TimeSensor temos um nó que, a intervalos regulares, produz acontecimentos sem qualquer intervenção do utilizador.*

2. Considere os dois seguintes segmentos de código VRML

A	B
<pre> Transform {   scale 2 1 1   children [     Transform {       rotation 0 1 0 1.57       children [         Transform {           translation 0 -2 0           children [             Shape { geometry Box{} } ]           }         ]       }     ]   } </pre>	<pre> Transform {   scale 2 1 1   rotation 0 1 0 1.57   translation 0 -2 0   children [     Shape { geometry Box{} } ]   } </pre>

- a) Nos dois segmentos de código, não é declarado qualquer parâmetro para o nó Box. Qual deve ser o comportamento de um interpretador de VRML quando encontra um nó Box nestas circunstâncias?

*Não sendo declarados quaisquer parâmetros para um dado nó, o interpretador de VRML atribui a esses parâmetros os valores por omissão definidos para o nó em causa. No caso de um nó do tipo Box, tal corresponde à atribuição de dimensões unitárias ao paralelepípedo e das características por omissão do nó do tipo Material para a sua superfície (cubo de lado unitário, centrado na origem e de cor cinzento claro).*

- b) Os dois segmentos de código produzem o mesmo resultado? Porquê?

*Não. A sequência de operações num nó do tipo Transform é fixa, sendo primeiro realizada a escala, seguida da rotação e, finalmente, a translação. Isto é o que sucede no segmento de código B. No segmento de código A, os múltiplos nós do tipo Transform produzem a sequência contrária.*

#### **IV - Modelação**

1. Na modelação geométrica, é desejável que as representações dos objectos sejam compactas. À luz deste princípio, compare os esquemas de representação por enumeração da ocupação do espaço e por árvore de octantes.

*A modelação por enumeração da ocupação do espaço divide este em unidades de volume iguais, assinalando se cada uma delas se encontra ocupada ou vazia. Por seu lado, a modelação por árvore de octantes pode partir de uma enumeração da ocupação do espaço, substituindo sucessivamente grupos de 8 volumes idênticos, isto é, que estão todos ocupados ou todos vazios, por um único volume. Com isto, esta última forma de modelação reduz a quantidade de informação necessária para descrever os objectos modelados e é assim mais compacta.*

2. Na modelação de um objecto, este é descrito como sendo o volume gerado pela deslocação de uma secção plana constante que descreve uma trajectória circular em que a trajectória é, localmente, perpendicular à secção. Que tipo específico de modelação é este? Existem outros tipos de modelação com ele relacionados e que poderia empregar usando a mesma secção? Quais?

*A modelação descrita é uma modelação por varrimento com rotação. Se a secção empregue fosse deslocada segundo uma trajectória linear teríamos uma modelação por varrimento, agora do tipo de extrusão.*

## V - Pipeline de Visualização e Recorte

1. Considere o modelo da “Câmara Virtual Simples”.

a) Quais são os parâmetros deste modelo e qual a sua finalidade?

*Posição da câmara, que determina o ponto do qual a cena é vista,*

*View vector, que especifica a direcção em que a câmara é apontada,*

*Up vector, que especifica a orientação da câmara em relação à sua orientação,*

*Distância ao plano de projecção, a distância entre a posição da câmara e o plano de projecção, medida sobre o view vector,*

*Relação de aspecto ou ângulos horizontal e vertical da abertura da câmara, que delimitam a pirâmide de visualização dentro do qual se encontram os objectos que serão visíveis* ,

*Localização dos planos de recorte anterior e posterior, que especificam as distância até à qual e a partir da qual, respectivamente, os objectos existentes na cena não são visualizados, isto é são recortados da cena.*

b) Quais destes parâmetros são necessários para o cálculo do volume de visualização? E para o recorte?

*No fundo, todos estes parâmetros são necessários para determinar o volume de visualização e, conseqüentemente, para o recorte, embora se possa afirmar que, depois de colocada e orientada a câmara virtual, sejam os ângulos de abertura da câmara e a localização dos planos de recorte anterior e posterior os parâmetros que mais especificamente determinam o volume de visualização.*

2. O conceito de “outcode” é um conceito empregue por um algoritmo de recorte.

a) Que algoritmo é este?

*Algoritmo de cohen-Sutherland para o recorte de segmentos de recta contra a janela (2D) ou volume (3D) de recorte.*

b) Qual o papel desempenhado pelos “outcodes” no algoritmo? Descreva-o.

*Os outcodes destinam-se a permitir determinar se um extremo de um segmento de recta se encontra dentro ou fora da janela de recorte e, sendo necessário recortar o segmento, qual o limite dessa janela contra o qual o recorte deverá ser efectuado. Os outcodes são constituídos por 2 bits por cada direcção do espaço em que se esteja a trabalhar, o que implica o emprego de 4 bits em 2D e 6 bits em 3D. Para uma dada direcção do espaço, um dos 2 bits indica se a coordenada desse extremo é maior ou igual a valor máximo permitido pela janela de recorte*

*nessa direcção, ou se é menor. O outro bit assinala se o valor da coordenada do extremo é igual ou inferior ao valor mínimo dessa coordenada da janela de recorte.*

*A conjugação dos dois outcodes de um segmento de recta permite então, de uma forma expedita, decidir sobre a aceitação ou rejeição do segmento, ou, caso contrário, sobre a necessidade de proceder ao seu recorte, indicando precisamente contra que direcção e valor limite da janela de recorte ele deve ser realizado.*

- c) O emprego de “outcodes” implica a divisão do espaço em várias regiões. Quantas regiões é necessário considerar em 2D? E em 3D?

*Em 2D são necessárias 9 regiões, ao passo que em 3D são necessárias 27.*

## **VI – Rasterização**

1. Nos trabalhos de rasterização realizados nos laboratórios, os objectos a rasterizar encontravam-se modelados por representação de fronteira por meio de malhas poligonais. Para cada polígono, eram indicadas as coordenadas e a cor de cada um dos seus vértices.
- a) Que tipo de malhas poligonais foi empregue? Quais eram as principais características dessas malhas?

*O tipo de malhas empregue era o de malha poligonal com lista explícita dos vértices.*

*Neste tipo de malha, cada polígono é descrito independentemente de todos os outros polígonos da malha e contém uma lista dos seus vértices em que, para cada vértice, são indicadas as respectivas coordenadas e demais propriedades como a cor. Neste tipo de malhas poligonais não existe qualquer informação sobre a adjacência de polígonos e partilha de vértices e arestas, o que dificulta operações como a verificação da consistência das malhas. Por este motivo, este tipo de malhas poligonais deve ser empregue apenas quando é possível processar cada polígono independentemente de todos os outros.*

- b) Se, em vez de ter sido fornecida a cor nos nós dos polígonos das malhas, tivesse sido necessário calcular essa iluminação, que tipo de malha necessitaria? Tome em linha de conta a necessidade de calcular as normais nos nós da malha.

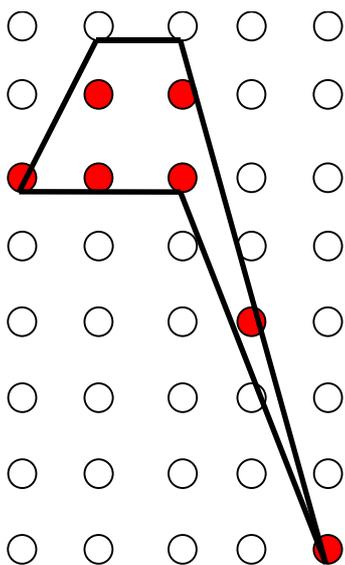
*Nessa circunstância, seria necessário calcular a média das normais em cada vértice a partir das normais de cada polígono partilhando esse vértice. A solução mais apropriada consistiria então no emprego de malhas poligonais com lista de arestas. Neste tipo de malhas poligonais, a descrição de cada polígono referencia as respectivas arestas que se encontram descritas numa lista global de arestas onde não existem repetições de arestas. Uma vez identifica a aresta*

*contendo o vértice em causa, bastaria então consultar a estrutura correspondente à aresta em questão que se encontra na lista de arestas e que referencia todos os polígonos que a partilham.*

2. Qual é a diferença fundamental entre o Algoritmo do Ponto Médio e o Algoritmo de Bresenham para o traçado de segmentos de recta nas unidades de saída de quadrícula? Qual o impacte desta diferença no desempenho destes dois algoritmos?

*O algoritmo de Bresenham é essencialmente o algoritmo de Ponto Médio adaptado de tal forma que todas as operações se resumem a somas e comparações e são realizadas em aritmética de inteiros. Na sua forma original, o algoritmo do Ponto Médio envolve somas, produtos e comparações realizadas em aritmética de vírgula flutuante. Daqui resulta que, produzindo os dois algoritmos resultados idênticos, o algoritmo de Bresenham seja muito mais rápido.*

3. Na figura anexa encontra-se representado um polígono de cor uniforme, já mapeado nas coordenadas de um dispositivo de quadrícula. Os círculos da figura representam as quadrículas. Assinale na figura quais as quadrículas a que deve ser atribuída a cor do polígono, justificando (sugestão – identifique por letras ou números as quadrículas que referir na sua resposta).



*Aplicando as seguintes regras de coerência à rasterização de polígonos por linha de varrimento*

- *eliminam-se as arestas horizontais*
- *as quadrículas superiores de cada aresta são eliminadas*
- *apenas se consideram as quadrículas interiores do polígono (arredondamento para cima à esquerda e para baixo à direita)*

*as quadrículas a que é atribuída a cor do polígono são as sete quadrículas assinaladas a cheio na figura.*

## VII – Remoção

1. Considere o algoritmo das linhas fantasma

a) Em que consiste este algoritmo?

*O algoritmo das linhas fantasma é um algoritmo para remoção de linhas ocultas que apenas oculta parcialmente uma parte da linha ocultada na zona em que a projecção desta se cruza com a projecção da linha que lhe passa pela frente. A interrupção tem uma dimensão pré-fixada em redor do ponto de intersecção das projecções das duas linhas.*

b) Será que este algoritmo é aplicável quando se realiza sombreamento de polígonos? Porquê?

*Não porque este algoritmo só se aplica a linhas e não a polígonos.*

2. Considere os algoritmos “do pintor” e de “Z-buffer”.

a) Que diferenças existem entre estes dois algoritmos?

*O algoritmo “do pintor” remove os elementos invisíveis representando primeiramente os elementos mais afastados do ponto de vista e, depois, representando sucessivamente os elementos da cena por ordem decrescente da sua distância ao ponto de vista, sobrepondo os mais próximos aos mais afastados. Isto implica uma ordenação prévia dos elementos constituintes da cena. Este algoritmo opera tanto em precisão do objecto como em precisão de imagem.*

*O algoritmo de Z-buffer não necessita de qualquer ordenação. Cada quadrícula de um elemento de uma cena é testada contra uma estrutura contendo a profundidade das quadrículas já inseridas na imagem da cena. Se a profundidade da quadrícula em causa for menor que a profundidade da quadrícula que se encontra na estrutura, esta é alterada para a cor da quadrícula do elemento e a profundidade é alterada. Caso contrário, a quadrícula do elemento é liminarmente descartada. Este algoritmo opera em precisão da imagem.*

b) O algoritmo “do pintor” é do mesmo tipo que o algoritmo de “Z-buffer”? Justifique.

*Não, porque operam em precisões diferentes. Refira-se ainda que o algoritmo “do pintor” pertence ao tipo de algoritmos designado por algoritmos por ordenação em profundidade.*

## **VIII – Cor, Sombreamento e Formatos**

1. Os modelos de cor YCbCr e YIQ apresentam uma diferença fundamental para todos os outros modelos de cor estudados. Qual é essa diferença e que vantagens e desvantagens apresenta em relação aos outros modelos?

*Os três parâmetros destes dois modelos de cor separam claramente a intensidade de uma cor (a sua luminância dada pela componente Y) da sua cromaticidade especificada através dos outros dois parâmetros, ao passo que a intensidade de uma cor especificada por qualquer dos outros modelos de cor resulta da combinação das intensidades das suas três componentes cromáticas.*

*A vantagem principal destes dois modelos de cor deriva de, pelo facto de o olho humano ser mais sensível às variações de intensidade luminosa do que às variações de cromaticidade, ser possível reduzir a informação correspondente à cromaticidade. Isto torna possível a compressão de uma imagem, embora isto se traduza em perda irreversível de informação. A desvantagem consiste precisamente nesta perda.*

2. Observe as duas figuras juntas que representam uma placa iluminada directamente por uma fonte de luz, igual, colocada na mesma posição e orientada na mesma direcção nos dois casos. O cálculo de uma delas empregou o sombreamento de Gouraud, enquanto na outra foi empregue o sombreamento de Phong. Identifique qual das duas figuras foi gerada empregando o sombreamento de Gouraud e explique a(s) razão(ões) da diferença verificada para a outra figura.



A



B

*A figura B emprega o sombreamento de Gouraud. Este sombreamento é aplicado a partir da iluminação calculada nos vértices dos polígonos que, depois, é interpolada para os restantes pontos. Assim, se os vértices estiverem todos mal iluminados, todo o polígono será representado como se estivesse completamente mal iluminado. No sombreamento de Phong, a iluminação local é calculada a partir das normais interpoladas localmente, podendo agora surgir zonas de maior iluminação que é exactamente o que acontece com a figura A.*

## **IX – Ray-Tracing e Radiosidade**

1. A emissão e a reflexão da luz podem ser difusas e especulares. No método da radiosidade para a geração de imagens é possível ter em conta tanto as componentes difusas como as componentes especulares da luz? Porquê? Como?

*O método da radiosidade só permite tratar a componente difusa da luz e, portanto, o método da radiosidade não pode tratar a componente especular. (Opcionalmente, o método da radiosidade*

*pode ser combinado com outros métodos, como ray-tracing, para que a componente especular da luz possa também ser tratada.)*

2. Numa cena cuja imagem irá ser gerada pelo método de ray-tracing, existem 100 (cem) esferas densamente agrupadas numa parte reduzida da cena, não existindo quaisquer outros objectos nessa cena. A imagem tem a resolução de 800×600 quadrículas.
  - a) Calcule o número de raios que é necessário calcular quando se limita a 3 (três) o nível máximo para a geração de raios secundários.

*Em cada ponto de intersecção de um raio com um objecto poderemos necessitar de gerar um raio secundário para calcular a iluminação do ponto por reflexão, de um raio secundário para calcular a iluminação do ponto por refração e de um raio secundário por cada fonte de luz para calcular a iluminação directa desse ponto. Assim, considerando apenas uma fonte de luz, teremos que considerar a criação de 3 raios secundários em cada ponto. Em cada ponto poderemos ter que seguir dois raios secundários que resultam então em dois pontos possíveis de intersecção com os objectos da cena. Assim, teremos um ponto no primeiro nível, dois pontos no segundo nível e quatro pontos, num total de 7 pontos, ou seja  $7 \times 3 = 21$  raios secundários o que, com o raio principal, perfaz 22 raios por cada quadrícula da imagem. Como esta apresenta a resolução de 800×600 quadrículas, no pior dos casos teríamos que calcular  $800 \times 600 \times 22$  raios.*

- b) Sugira um método de optimização que permita um cálculo mais rápido da cena descrita.

*Dado que as esferas se encontram concentradas numa zona limitada da cena, o método de optimização mais adequado seria o método de optimização por volumes envolventes. Este seria aplicado criando, por exemplo, um volume envolvendo todas as esferas. Bastaria pois que um raio não intersectasse este volume envolvente para que se evitasse o cálculo (e teste) da intersecção desse raio com cada uma das 100 esferas, o que diminuiria imenso o esforço de cálculo.*

### Cotação

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>Total</b>
<b>1.</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>2.</b>	1		1	1	1	1	1	1	1,5	
<b>3.</b>	1					1,5				
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3,5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>20 Valores</b>