



# 1º Exame/2º Teste Computação Gráfica

LEIC-Alameda/LEIC-Tagus/LERCI

Prof. Mário Rui Gomes  
Prof. João Brisson Lopes

19 de Junho de 2004

Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Deve escrever o seu nº em todas as páginas.

Responda às questões seguintes justificando adequadamente todas as respostas. O Teste tem a duração de 1h30m. O Exame tem uma duração de 2h30m.

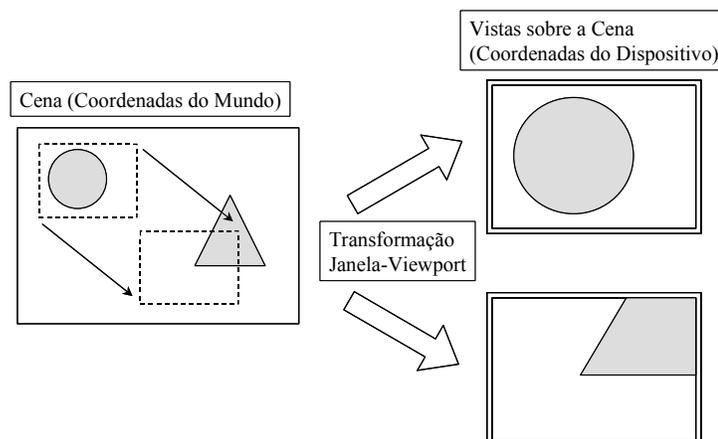
Ao 2º Teste pertencem todas as perguntas dos grupos IV a VII. Ao 1º exame pertencem todas as perguntas excepto as assinaladas como [Teste].

I

1. Na Computação Gráfica são utilizados os conceitos *viewport* e *panning*. Descreva cada um desses conceitos, relacionando-os. Ilustre a operação de *panning* com um exemplo.

*Viewport é a área rectangular do dispositivo de saída dentro da qual vai ser desenhada parte ou a totalidade da imagem de uma cena, a qual é obtida através de uma Janela.*

*Panning é a operação que permite escolher, através de uma translação, uma zona rectangular da imagem a qual é visualizada no Viewport.*



2. Qual a forma do volume de visualização de uma projecção perspectiva e de uma projecção paralela? Justifique, caracterizando cada uma das projecções, e compare com o volume de visualização do olho humano.

*O volume de visualização é definido pelas projectantes e pelos planos de recorte anterior e posterior que são perpendiculares à direcção de visualização.*

*Na transformação perspectiva as projectantes convergem no centro de projecção pelo que o volume tem a forma de um tronco de pirâmide.*

*Na transformação paralela as projectantes são paralelas entre si e perpendiculares aos planos de recorte anterior e posterior, definindo com estes a forma de um paralelepípedo rectangular.*

*No olho humano, a transformação é uma perspectiva esférica cujas projectantes convergem no centro de projecção que é o centro do olho. Devido a sua natureza esférica os raios formam um volume de visualização cónico para cada olho sendo a transformação perspectiva uma versão simplificada devido à forma rectangular das janelas de visualização, sendo igualmente mais leve computacionalmente.*

3. Escolha o tipo de malha poligonal de que necessitaria para que, durante a modelação, pudesse identificar os polígonos adjacentes a um dado polígono. Justifique.

*Necessitava, no mínimo, de uma malha poligonal de lista de arestas. Neste tipo de malha, cada polígono possui uma lista de referências para as arestas que o compõem e que se encontram na lista de arestas. Cada aresta, por sua vez, possui uma lista de referências para os polígonos que a empregam. Assim, bastava seleccionar uma aresta do polígono e obter a lista de referências aos polígonos de que fizesse parte.*

## II

- 1 O Algoritmo Incremental Básico e o Algoritmo de Bresenham são dois algoritmos usados para representar segmentos de recta em dispositivos de quadrícula. Qual a diferença fundamental entre eles, e qual o impacto no seu desempenho?

*Os dois algoritmos diferem na respectiva implementação e desempenho. O algoritmo de Bresenham emprega unicamente aritmética de inteiros e operações de somas e comparações, apresentando um melhor desempenho que o algoritmo incremental básico, que utiliza aritmética real e emprega operações de adição e arredondamento, acumulando erros em cada iteração.*

- 2 Aplique o algoritmo de Cohen-Sutherland ao recorte dos segmentos de recta AB, BC e CA, com A(1, 2), B(1, 0.5) e C(3, 0.5) pelo rectângulo de recorte cujos vértices têm as coordenadas (0, 0), (2, 0), (2, 1), (0, 1).

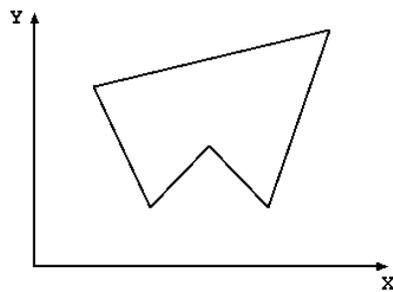
*Os códigos dos vértices A, B e C são respectivamente 1000, 0000, 0010.*

*Como o AND dos códigos dos ponto A e B é igual a 0 é necessário efectuar a respectiva subdivisão. Para tal calcula-se o ponto de intersecção com a aresta superior do que resulta um ponto A' com as coordenadas (1,1) e com código 0000. Como os códigos dos dois vértices desse novo segmento, A'B, são iguais a 0000, é trivialmente aceite.*

*Efectuando a mesma operação sobre o segmento de recta BC é utilizado o código do 2º vértice, C, para escolher a aresta que vai ser usada no recorte (3º bit a 1, pelo que é escolhida a aresta direita). Efectuando o cálculo do ponto de intersecção obtêm-se as coordenadas (2, 0.5). Esse novo vértice, B' terá código 0000 pelo que o segmento de recta com vértices em BB' será trivialmente aceite.*

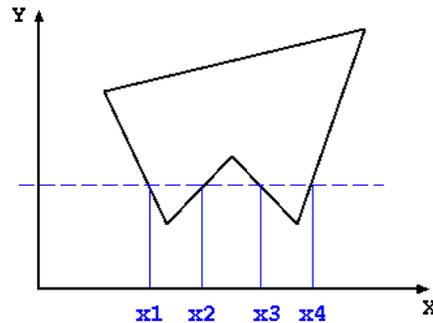
*Para o segmento de recta CA volta a efectuar-se o cálculo da intersecção com a aresta direita (1º bit a 1 do 1º vértice) da qual resulta um ponto de intersecção ( 2, Y) com  $Y > 1$ ) com código 1000. Efectuando o AND deste código com o código do ponto A (1000) obtemos um valor diferente de 0, pelo que este segmento é trivialmente rejeitado.*

- 3 Considere o polígono côncavo da figura seguinte. Explique em termos genéricos como realizaria o seu preenchimento usando o algoritmo da linha de varrimento (scan-line).



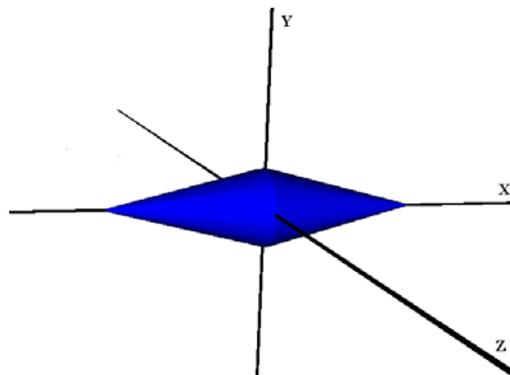
*Para cada linha de varrimento calculam-se as coordenadas das intersecções com os lados do polígono. Nos casos em que apenas existem duas intersecções por linha de varrimento (caso mais simples), preenche-se a linha entre esses pontos. Nos casos mais complexos, em que temos, por exemplo, 4 intersecções, primeiro ordenam-se os pontos de intersecção por abcissa crescente ( $x_1 < x_2 < x_3 < x_4$ ). Seguidamente delimitam-se as regiões interiores ao*

polígono ( $x1$  a  $x2$ : IN;  $x2$  a  $x3$ : OUT;  $x3$  a  $x4$ : IN. Finalmente, preenche-se a espaço entre  $x1$  e  $x2$  e entre  $x3$  e  $x4$ .



## III

- 1 Escreva o código VRML para criar dois cones azuis com a configuração da imagem, utilizando apenas um nó **Shape**. O cone tem um raio de 0.5 unidades e 2 comprimento.



```

Transform {
  translation -1 0 0
  rotation 0 0 1 1.57
  children [
    DEF Cilindro Shape {
      geometry Cone {
        height 2
        bottomRadius 0.5
      }
      appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor 0 0 1
        }
      }
    }
  ]
}

```

```

Transform {
  Translation 1 0 0
  rotation 0 0 1 -1.57
  children USE Cilindro
}

```

- 2 Considere o nó **SpotLight**. Descreva 4 dos seus campos, dando um exemplo do modo como usou cada um deles no contexto dos seus trabalhos de laboratórios.

*Os campos do nó SpotLight são:*

***ambientIntensity**: a contribuição para a luz ambiente geral da cena;*

***attenuation**: atenuação da luz com a distância;*

***color**: a cor da luz emitida;*

***intensity**: o brilho da luz (intensidade da luz emitida);*

***location**: localização da luz no mundo;*

***on**: liga e desliga a luz;*

***radius**: distância máxima afectada pela luz;*

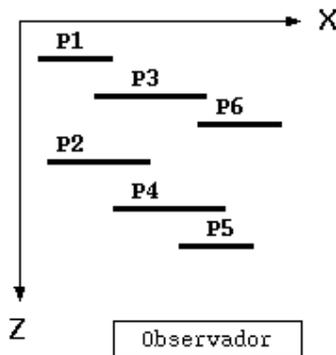
***direction**: direcção da propagação da luz;*

***cutOffAngle**: especifica a dimensão do cone (em radianos) onde a luz fica contida;*

***beamWidth**: especifica um cone interno (ao cutOffAngle) onde a intensidade de luz é constante.*

#### IV

- 1 Considere a cena da figura seguinte, constituída pelos polígonos P1 a P6.



Diga justificando qual o algoritmo de remoção de superfícies ocultas que melhor se adapta a esta cena e descreva o seu funcionamento.

*O algoritmo que melhor se adapta a esta cena é o algoritmo do Pintor, porque a cena é constituída exclusivamente por polígonos que pertencem a planos com Z constante.*

*O algoritmo do Pintor segue a estratégia de desenhar os polígonos na ordem decrescente da distância ao observador (isto é, de trás para a frente). Para isso executa os seguintes passos:*

*Ordena todos os polígonos da cena por ordem decrescente da distância ao observador (P1, P3, P6, P2, P4, P5). Rasteriza os polígonos, seguindo a ordem da lista.*

- 2 Admita que está a processar cenas tridimensionais onde a existência de *aliasing* na imagem final não é problema. Diga qual a categoria de algoritmos para Remoção de Elementos Ocultos que utilizaria. Descreva ainda o seu funcionamento e indique a sua complexidade algorítmica.

*Não sendo o aliasing um problema, podemos utilizar os algoritmos da categoria Precisão de Imagem, na medida em que utiliza operações de baixa carga computacional.*

*Estes algoritmos determinam qual o objecto mais próximo em cada quadricula e pintam-na com a cor desse objecto. Para uma cena com  $N$  objectos e uma imagem com  $P$  quadriculas, a complexidade do algoritmo é de  $N \cdot P$ .*

- 3 [Teste] Diga o que entende por faces traseiras e descreva sucintamente um algoritmo para remover este tipo de faces de um poliedro.

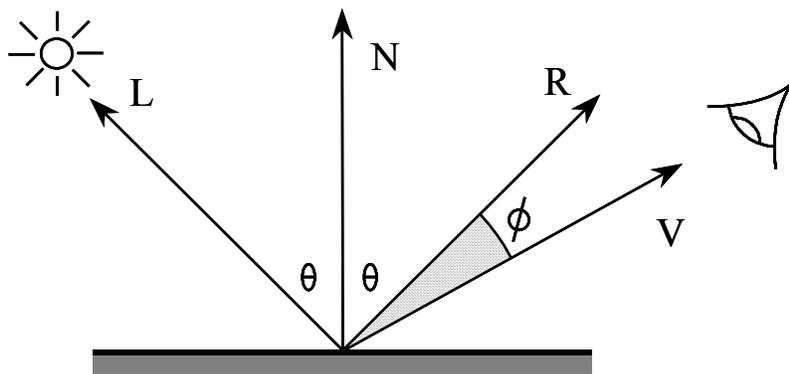
*Faces traseiras são faces que estão orientadas de tal modo que não são visíveis do ponto de vista usado.*

*Começa-se por calcular a normal a cada uma das faces que constituem o poliedro. Depois calcula-se o produto interno entre as normais às faces e o vector do ponto de vista. Caso o resultado seja maior que 0 a face é traseira e pode ser eliminada.*

V

1. Escreva a fórmula do Modelo de Iluminação de Phong e descreva o significado de cada um dos componentes. Deve usar uma figura para ilustrar o significado de alguns dos componentes.

*Considere-se a seguinte imagem:*



*A Fórmula de Iluminação de Phong é:*

$$I = I_a k_a + I_i [k_d (N \cdot L) + k_s (R \cdot V)^n]$$

*Em que:*

- *I é Intensidade da Energia Luminosa Reflectida pelo objecto.*
  - *Ia é a Intensidade da Energia Luminosa Ambiente.*
  - *Ii é a Intensidade da Energia Luminosa Incidente.*
  - *Ka define o modo como o material reflecte, de modo difuso, a intensidade da energia luminosa ambiente.*
  - *Kd define o modo como o material reflecte, de modo difuso, a intensidade luminosa incidente.*
  - *Ks define o modo como o material reflecte, de modo especular, a intensidade luminosa incidente.*
  - *n (“shininess”) traduz o grau de brilho.*
2. Apresente 2 exemplos de problemas na imagens de objectos obtidas através da aplicação de métodos de sombreamento interpolados. Se entender pode recorrer a desenhos para suportar a explicação do problema.

*Podem ser escolhidos quaisquer dois dos seguintes:*

- *Aspecto marcadamente poligonal ao longo dos lados que constituem a silhueta de superfícies curvas, aproximadas por malhas de polígonos.*
  - *O resultado do sombreamento depende da orientação dos polígonos. Podem ocorrer perturbações quando a orientação de um objecto varia lentamente ao longo da sequência de imagens de uma animação.*
  - *Nem sempre as normais calculadas nos vértices da malha de polígonos constituem uma boa aproximação à normal da superfície a sombrear, situação em que é necessário refinar a aproximação poligonal.*
3. [Teste] No trabalho de laboratório aplicou o sombreamento de Gouraud a polígonos côncavos com fronteira formada por segmentos de recta. O que teria que fazer para aplicar o sombreamento de Phong? Descreva sucintamente esse algoritmo de sombreamento.

*Para aplicar o sombreado de Phong teria que ter informação sobre as normais a cada polígono, o que seria facilmente calculado uma vez que os polígonos eram facetas. Mas necessitava ainda de saber a normal aos vértices e para tal necessitaria de obter a adjacência entre polígonos.*

*Tendo efectuado essa operação de levantamento da topologia do objecto efectuaria o cálculo da normal a cada vértice do objecto, por interpolação das normais das facetas que o partilham. Seguidamente efectuaria a interpolação das normais em cada aresta e em cada linha de varrimento. Para cada quadrícula aplicava o Modelo de Iluminação do mesmo Autor ou outro algoritmo mais sofisticado.*

## VI

- 1 Descreva as diferenças entres os modelos de cor RGB e CMY, justificando porque é que o modelo CMY é utilizado nas impressoras de tinta.

*O modelo de cor RGB é um modelo de cor aditivo e por isso é utilizado em objectos com superfícies emissores de luz (como os televisores e monitores a cores) e tem como componentes primárias: vermelho (Red), verde (Green) e azul (Blue).*

*O modelo CMY é um modelo subtractivo que modela a reflexão da luz em superfícies não emissores de luz tendo em conta como é que a luz é absorvida por estas. Este modelo é baseado nas cores complementares: cião (Cyanide), magenta (Magenta) e amarelo (Yellow).*

*No modelo CMY a cor branca corresponde ao valor (0, 0, 0), isto é, toda a luz branca incidente é reflectida e a superfície é vista como branca e uma cor é modelada através da adição de três tipos de tinta. Dado esta explicação, percebe-se que este modelo é apropriado para impressoras.*

- 2 Indique dois tipos de algoritmos que se adequam à compressão de imagens, explicando como funcionam.

*RLE: Este tipo de algoritmos aproveita a ocorrência de grupos de pixéis consecutivos da mesma cor em determinados tipos de imagens, substituindo tais grupos por duas unidades de informação: o número de pixéis do grupo e o índice de cor dos seus pixéis.*

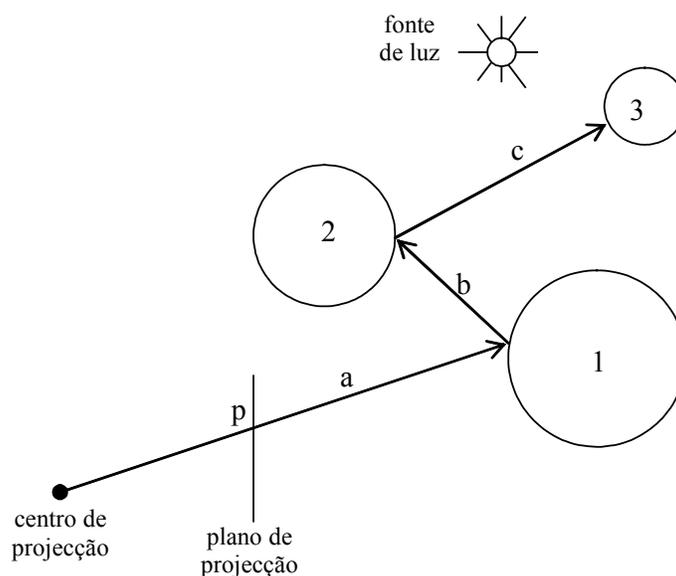
*LZ: Os algoritmos deste tipo detectam sequências de pixéis que, embora não apresentem todos os pixéis da mesma cor, apresentam a mesma sequência de cores.*

3 [Teste] As imagens do tipo “true color” utilizam mapas de cores? Porquê?

*Não. Porque as imagens do tipo “true color” utilizam 24 bits para representar cada cor ou intensidade de cinzentos. Assim é possível representar 16.777.216 ( $2^{24}$ ). Estes grandes números de cores inviabilizam a utilização de mapas de cores, pois a dimensão de um mapa de cores nestes casos seria elevada, fazendo com que o espaço ocupado pelo mapa de cores fosse superior ao utilizado para representar a imagem utilizando 24 bits por quadrícula.*

## VII

1 Pretende-se determinar a cor do pixel p ao gerar por ray-tracing a imagem da cena simples esquematizada na figura anexa,. Sabendo que os objectos são opacos, determine o tipo e o número de cada tipo de raios secundários que é necessário calcular quando a contribuição limite mínima de um ponto para a cor de um pixel for de 10% e o nível máximo de recursão é 3, nos seguintes casos:



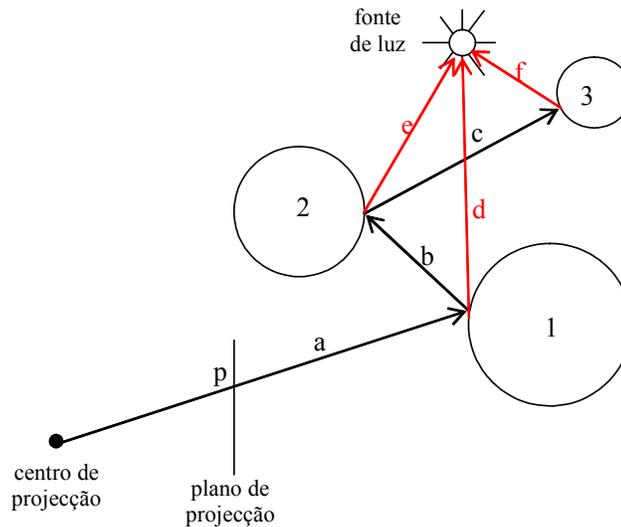
(Deve desenhar, identificando na figura, os raios secundários que forem necessários.)

a) As esferas 1, 2 e 3 reflectem 80% da luz que sobre elas incide de forma especular e 10% de forma difusa.

**São necessários: 1 raio primário (a), dois raios de reflexão (b e c) e três raios de iluminação (d, e, f).**

b) As esferas 1 3 reflectem 90% da luz que sobre elas incide de forma especular e 10% de forma difusa, enquanto a esfera 2 só reflecte difusamente.

Neste caso são necessários: 1 raio primário (a), 1 raio de reflexão (b) e 2 raios de iluminação (d, e) dado que, porque a esfera 2 não reflecte especularmente, não é possível determinar quanta luz proveniente de reflexões na esfera 3 é reflectida pela esfera 2 na direcção da esfera 3.



- 2 Explique a razão pela qual não é possível visualizar correctamente superfícies espelhadas em imagens geradas pelo método da radiosidade.

A radiosidade trata apenas as trocas de luz difusa entre superfícies e não calcula a componente especular da luz reflectida. Assim, as superfícies com forte reflexão especular deixam de apresentar as reflexões que normalmente deveriam apresentar.

- 3 [Teste] Explique a vantagem apresentada pela optimização por meio de volumes envolventes do método de ray-tracing e exemplifique determinando o número de raios primários que, no máximo, devem ser calculados na geração de uma imagem de 800×600 pixéis de uma cena contendo 15 objectos agrupados num único volume envolvente, sabendo que, sem esta optimização, 80% dos raios primários não intersectam qualquer objecto da cena.

Se um volume envolvente, cuja intersecção com um raio é de fácil determinação, não for intersectado pelo raio, então quaisquer objectos próximos contidos dentro do volume não são intersectados por esse raio. Assim, colocando vários objectos da cena dentro de um volume simplifica-se essa determinação e diminui-se o esforço de cálculo de intersecções, correspondendo a cerca de 90% do cálculo envolvido no método de ray-tracing, pois este é

diminuído dado que só uma parte dos raios intersecta alguns dos objectos contidos num volume envolvente.

Apenas 20% dos 480.000 ( $800 \times 600$ ) raios primários, ou seja 96.000 raios, intersectam pelo menos um dos objectos. No pior dos casos (o último objecto da lista de objectos contidos no volume) isto corresponde a determinar  $(15+1) \times 66.00$  (1.536.000) intersecções, o que é muito menos do que as 7.200.000 intersecções que seria necessário testar se não fosse empregue o volume envolvente.

**Cotação do 2º Teste**

	IV	V	VI	VII	Total
<b>1.</b>	2	1.5	1.5	2	
<b>2.</b>	2	1.5	1.5	2	
<b>3.</b>	2	1	1	2	
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>20 Valores</b>

**Cotação do 1º Exame**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total
<b>1.</b>	1	1	1.5	1.5	1	1	1.5	
<b>2.</b>	1	1.5	1.5	1.5	1	1	1.5	
<b>3.</b>	1	1.5						
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>20 Valores</b>