



2º Exame

Computação Gráfica

LEIC-Alameda/LEIC-Tagus/LERCI

Prof. Mário Rui Gomes

Prof. João Brisson Lopes

19 de Julho de 2004

Nº _____ Nome: _____

Deve escrever o seu nº em todas as páginas.

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

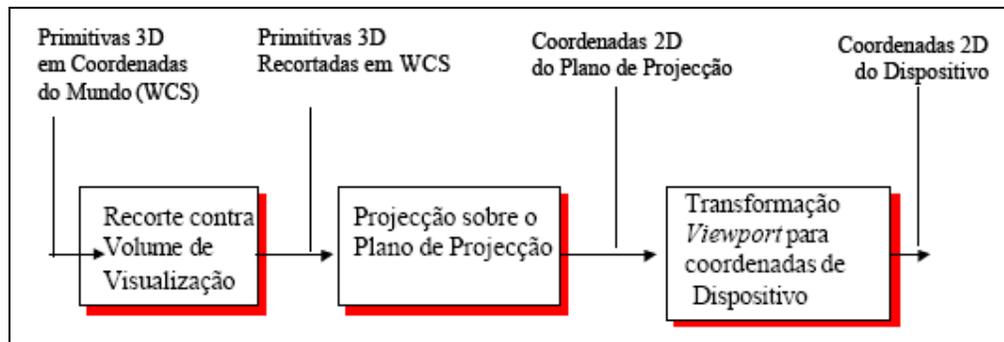
I

- 1 Na taxionomia das Aplicações Gráficas, um dos critérios utilizados consiste no modo como as imagens são apresentadas. Descreva os dois tipos de coerência que podem existir nessa apresentação.

*Quando só existe **coerência espacial** é apresentada uma imagem de cada vez, seja no ecrã, sob a forma de um álbum de fotografias, numa impressora, num plotter ou sob a forma de uma imagem holográfica.*

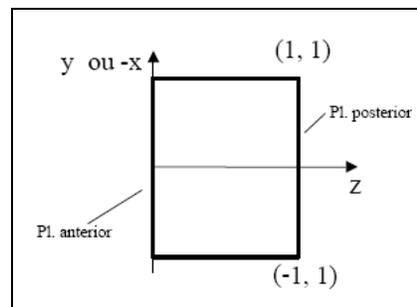
*Quando também existe **coerência temporal** entre as imagens, estas podem ser apresentadas numa cadência que esteja bem definida (por exemplo 50 imagens/segundo), vulgo animação, ou numa cadência definível, vulgo simulação. A apresentação da sequência de imagem pode ser efectuada no ecrã de um computador ou ser gravada em vídeo e apresentada em cinema, televisão ou no próprio ecrã de um computador*

- 2 A seguinte figura apresenta o pipeline de visualização genérico. Adapte-o de forma a incluir Backface Culling e de forma a tirar partido do uso do Volume canónico. Explique o principio de cada um destes passos e quais os benefícios deste pipeline adaptado em relação ao genérico apresentado na figura.



O Backface Culling também chamado simplesmente Culling é a operação de pré-remoção de polígonos traseiros. Esta operação é uma optimização possível de efectuar no início do pipeline de visualização, evitando o processamento em andares mais avançados do pipeline de polígonos que não serão renderizados.

A etapa de recorte contra o volume de visualização é computacionalmente pesada quando feito de forma genérica, em particular na perspectiva. Por esse motivo, recorre-se ao uso de um volume de visualização normalizado chamado volume canónico. Desta forma qualquer que seja a forma do volume de visualização (piramidal no caso da perspectiva), este é transformado no seguinte paralelepípedo normalizado facilitando as operações de recorte:



Sendo assim o pipeline de visualização é adaptado da seguinte forma:

- Passo 1: Aplicação da transformação de normalização do volume de visualização*
- Passo 2: Recorte contra o volume canónico*
- Passo 3: Projecção sobre o plano de projecção*
- Passo 4: Transformação do Viewport para coordenadas de dispositivo*

O passo de Culling tanto pode ser efectuado antes do passo 1 (sendo assim não genérico) ou depois do passo 1 (operação genérica mas que obriga que o passo 1 seja efectuado desnecessariamente em certo casos), ambas as soluções tem suas vantagens e benefícios.

- 3 Ao modelar por instanciação de primitivas, dispõe da primitiva de um paralelepípedo com as dimensões a , $2 \times a$ e $3 \times a$, em que a primitiva apresenta um único parâmetro, a , que pode variar livremente. Com faz para criar uma paralelepípedo de dimensões $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 30\text{mm}$?

A modelação por instanciação de primitivas impõe que as dimensões directamente dependentes dos valores dos parâmetros das primitivas só possam ser alteradas por alteração dos valores dos parâmetros, não sendo permitida qualquer operação de escalamento e a definição de um objecto por operações booleanas entre primitivas. Este problema só poderia ser resolvido criando, por exemplo, uma primitiva paralelepipedica cujas dimensões fossem a , a e $3 \times a$, e criando de seguida uma instância em que a valesse 10mm .

II

- 1 O algoritmo de Cohen-Sutherland pode ser aplicado ao recorte de segmentos de recta por paralelepípedos rectangulares? Se a resposta for afirmativa defina os códigos de cada subespaço.

Sim é generalizável, passando a ser usado um código com 6 bits com a seguinte formatação:

Bit 1 – Esquerda do volume de recorte

Bit 2 – Direita

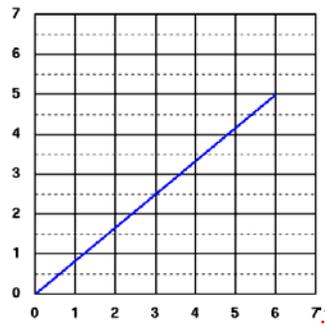
Bit 3 – Cima

Bit 4 – Baixo

Bit 5 – Frente

Bit 6 – Trás

- 2 Aplique o algoritmo de Bresenham ao segmento de recta $(0,0)$ $(6,5)$ ilustrado na figura abaixo, assinalando na figura os pontos que devem ser pintados e justifique apresentando os valores das variáveis usadas pelo algoritmo.



Para determinar os pontos a pintar, começa-se por calcular os valores de :

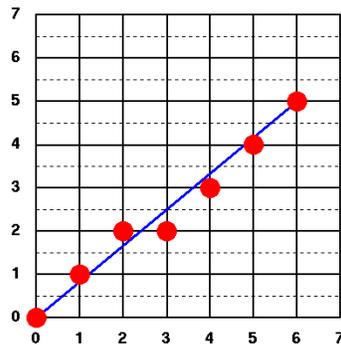
$$dx = x_2 - x_1 = 6 - 0 = 6$$

$$dy = y_2 - y_1 = 5 - 0 = 5$$

$$d = 2dy - dx = 10 - 6 = 4$$

$$incE = 2dy = 10$$

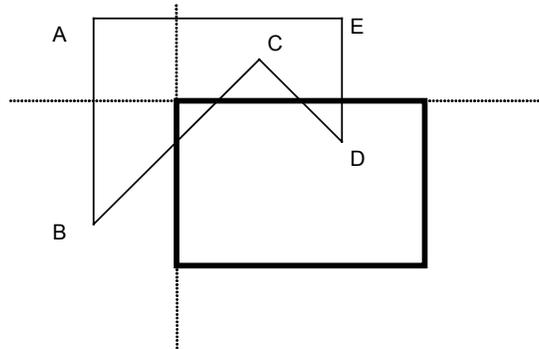
$$incNE = 2(dy - dx) = -2$$



<i>X_i</i>	<i>d_i</i>	<i>Avanço</i>	<i>d_{i+1}</i>	<i>y_i</i>	<i>Justificação</i>
0	0	-	4	0	Início
1	4	NE	2	1	$d > 0$, logo $d_{i+1} = d_i + incNE = 2$ e $y = y+1$
2	2	NE	0	2	$d > 0$, logo $d_{i+1} = d_i + incNE = 0$ e $y = y+1$
3	0	E	6	2	$d = 0$, logo $d_{i+1} = d_i + incE = 6$
4	6	NE	4	3	$d > 0$, logo $d_{i+1} = d_i + incNE = 4$ e $y = y+1$
5	4	NE	2	4	$d > 0$, logo $d_{i+1} = d_i + incNE = 2$ e $y = y+1$

6	2	NE	0	5	$d > 0$, logo $d_{i+1} = d_i + incNE = 0$ e $y = y+1$
---	---	----	---	---	--

- 3 Aplique o algoritmo de Sutherland-Hodgman ao recorte do polígono ABCDE, pelo retângulo de recorte da figura, indicando o polígono (lista ordenada de vértices) que resulta da aplicação de cada uma das suas etapas.



Considerando que a primeira etapa corresponde à intersecção do polígono com a recta sobre a qual assenta a aresta superior do rectângulo de recorte. Sendo P_1 a sua intersecção com AB, P_2 a intersecção com BC, P_3 a intersecção com CD e P_4 , a intersecção com ED teremos o seguinte polígono recortado:

P_1, B, P_2, P_3, D, P_4

Considerando agora a intersecção deste polígono com a recta sobre a qual assenta a aresta esquerda do rectângulo de recorte. Sendo Q_1 a intersecção com BP_2 e Q_2 a intersecção com P_4P_1 teremos o seguinte polígono recortado:

$Q_1, P_2, P_3, D, P_4, Q_2$

III

- 1 Defina em VRML uma face de um cubo de dimensão 1 utilizando o nó geométrico **IndexedFaceSet** e atribua a essa face a cor RGB definida por (0.5, 0.5, 0.5). A face deve estar definida sobre o plano XY.

```
Shape {
  geometry IndexedFaceSet {
    coord Coordinate {
      point [0 0 0, 1 0 0, 1 1 0, 0 1 0]
    }
    coordIndex [
```

```

        0 1 2 3
    ]

    color Color {
        color [0.5 0.5 0.5]
    }
    colorIndex [0]
    colorPerVertex FALSE
}
}

```

2 Considere o seguinte código:

```

DEF Caixa Shape {
    geometry Box {size 2 1 1}
    appearance Appearance {
        material Material {diffuseColor 0 1 0}
    }
}

DEF TS TimeSensor {
    cycleInterval 3
    loop TRUE
}

DEF PI PositionInterpolator {
    key [0 0.5 1]
    keyValue [0 0 0, 2 0 0, 0 0 0]
}

ROUTE TS.fraction_changed TO PI.set_fraction
ROUTE PI.value_changed TO Caixa.translation

```

a) Admitindo que o código apresentado funciona sem problemas, explique pelas suas palavras qual o efeito que se pretende produzir.

O código apresentado contém um paralelepípedo de cor verde que vai transladar entre a posição (0, 0, 0), a posição (2, 0, 0) e de volta a posição (0, 0, 0), demorando 3 segundos a realizar a interpolação. Este movimento repete-se indefinidamente.

b) O código apresentado não se encontra correcto. Explique o que está mal.

No código apresentado, o interpolador de posição está a ser ligado (através do nó **ROUTE**) o campo **translation** do nó definido por **Caixa**. Como **Caixa** é apenas um nó geométrico (e não contém o campo **translation**), o código não vai funcionar.

IV

1 Considere a seguinte afirmação: “A ordenação de todos os polígonos de uma cena por ordem crescente da sua menor coordenada Z melhora o desempenho global do algoritmo de Catmull (Z-Buffer)”

a) Diga justificando se a afirmação é verdadeira ou falsa.

A afirmação é falsa, porque o algoritmo de Z-Buffer não necessita de ordenar os polígonos por Z, pois ele guarda o valor de Z do objecto mais próximo para cada quadrícula da imagem. A ordenação por Z iria gastar tempo de processamento.

b) Indique a complexidade computacional deste algoritmo.

Este algoritmo é da categoria de Precisão de Imagem, logo para N objectos e P quadrículas, a complexidade é $N \cdot P$.

2 Considere os algoritmos de Ordenação por Profundidade e o algoritmo de Linha de Varrimento. Indique justificando como é efectuada a ordenação dos objectos da cena.

No caso da Ordenação em Profundidade, é efectuada uma ordenação em Z e, para resolver ambiguidades, analisam-se as relações entre as coordenadas X e Y de todos os polígonos que ocupam intervalos segundo ZZs que se sobrepõem. Por vezes é necessário efectuar a subdivisão dos polígonos.

Quanto à Linha de Varrimento, é efectuada uma ordenação por linha, isto é em Y, seguida de uma ordenação em X e quando co-existem vários polígonos é necessário calcular o respectivo valor de Z para saber qual o polígono que será desenhado.

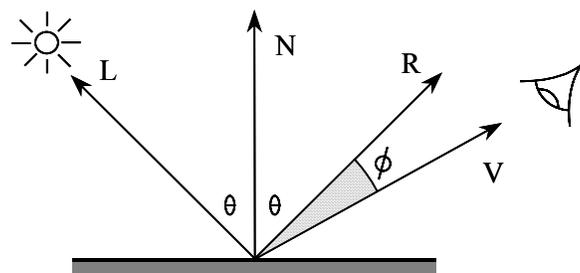
V

1 O que se designa por Depth Cueing? Escreva a fórmula do modelo de Iluminação de Phong que contempla esse efeito, descrevendo cada um dos seus parâmetros.

Para melhorar o realismo da imagem devia ser possível considerar a absorção da energia luminosa em profundidade. Este efeito, designado por Depth Cueing, permite representar com menor intensidade luminosa os objectos que se encontrem mais afastados do ponto de vista.

No modelo de Iluminação de Phong, tal efeito de atenuação é obtido através da dependência da distância entre o objecto e o ponto de vista.

Considere-se a seguinte imagem:



teremos:

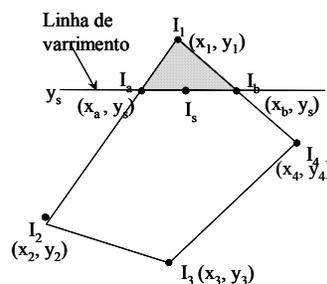
$$I = I_a k_a + \frac{I_i [k_d (N \cdot L) + k_s (R \cdot V)^n]}{r + K}$$

em que:

- I é Intensidade da Energia Luminosa Reflectida pelo objecto.
- I_a é a Intensidade da Energia Luminosa Ambiente.
- I_i é a Intensidade da Energia Luminosa Incidente.
- K_a define o modo como o material reflecte, de modo difuso, a intensidade da energia luminosa ambiente.
- K_d define o modo como o material reflecte, de modo difuso, a intensidade luminosa incidente.
- K_s define o modo como o material reflecte, de modo especular, a intensidade luminosa incidente.
- n (“shininess”) traduz o grau de brilho.
- r é a distância entre o objecto e o ponto de vista.
- K é uma constante definida de modo empírico.

- 2 No trabalho de laboratório aplicou o sombreamento de Gouraud a um modelo composto por triângulos. Descreva sucintamente os cálculos efectuados. Justifique a existência de brilho, por exemplo, no corpo da chaleira.

Na leitura do ficheiro obtinham-se não só as coordenadas dos vértices de cada triângulo mas também a respectiva cor a qual, supostamente, deveria ter sido obtida através da aplicação do modelo de Iluminação de Phong à normal ao vértice (obtida através da interpolação das normais a cada uma das facetas que partilham esse mesmo vértice).



Na realidade, o modelo de sombreamento de Gouraud não conduz à obtenção do que se designa por brilho. No entanto, o facto dos triângulos terem uma dimensão muito pequena conduziu a que o factor preponderante fosse a interpolação de normais, como já descrito.

VI

- 1 Descreva a Teoria dos 3 Estímulos e relacione o facto de todos os modelos de cor serem função de três parâmetros desta teoria.

A teoria dos 3 estímulos é definida como a diferença entre as respostas dos três tipos de cones (da retina do olho) que permite interpretar diferentes comprimentos de onda como correspondendo a cores diferentes. A teoria explica que qualquer cor (comprimento de onda) do espectro visível pode ser reproduzida através da adição ponderada do resultado do estímulo dos três tipos de cones. A cor percebida depende unicamente da relação entre os três estímulos.

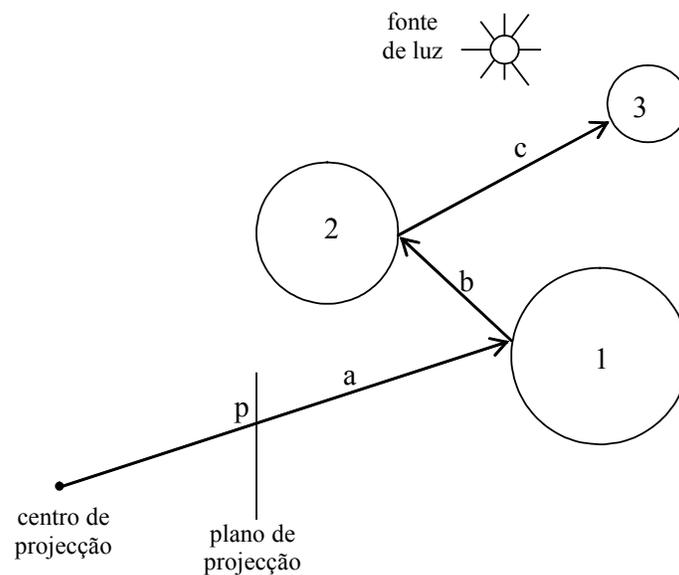
Esta teoria é a base dos vários modelos de cor existentes. Os modelos de cor têm como objectivo a apresentação de imagens em dispositivos de saída gráfica, onde a informação sobre a cor dos objectos das cenas tem que ser armazenadas de uma forma coerente e precisa. Com base na teoria dos três estímulos, é fácil perceber que qualquer modelo de cor deve possuir três parâmetros.

- 2 Porque razão os algoritmos das famílias RLE e LZ não se adequam a imagens digitais de qualidade fotográfica?

Os algoritmos das famílias RLE e LZ tiram partido de sequências de pixéis da mesma cor ou com a mesma combinação de cores. No entanto, numa imagem digital de qualidade fotográfica é raro encontrar estas sequências, pois estas imagens caracterizam-se pela variação suave e contínua da cor de pixel para pixel

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:



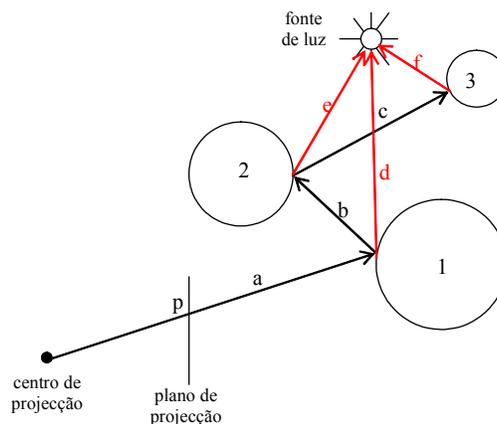
(Deve desenhar, identificando na figura, os raios secundários que forem necessários.)

- a) As esferas 1, 2 e 3 reflectem 50% da luz que sobre elas incide de forma especular e 50% 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, 2 e 3 reflectem 30% da luz que sobre elas incide de forma especular e 50% de forma difusa.

Este caso é semelhante à alínea a, mas deve ter-se em conta que o produto dos coeficientes de reflexão especular das esferas 1 e 2 é $0,3 \times 0,3 = 0,09$, que é inferior ao limite especificado (0,1), o que significa que a esfera 2 não contribui para a iluminação da esfera 1. Consequentemente são necessários: 1 raio primário (a), um raio secundário de reflexão (b), que depois não é empregue porque a sua contribuição é inferior ao limite especificado, e 1 raio de iluminação (d).



- 2 O que entende por radiosidade progressiva e qual é a influência que a sua aplicação tem no desempenho da geração de imagens pelo método da radiosidade?

O conceito de radiosidade progressiva está relacionado com a forma como é resolvido o sistema de equações lineares representando as trocas de radiosidade entre as superfícies de uma cena. O método iterativo de Gauss-Seidel corresponde à colecta por cada superfície da radiosidade proveniente das outras superfícies e que a atingem. Desta forma, a radiosidade de cada superfície vai sendo muito lentamente alterada à medida que os valores das radiosidades vão convergindo para a solução.

Na radiosidade progressiva aplica-se a distribuição das radiosidades de cada superfície pelas restantes superfícies. Isto permite que as radiosidades variem muito mais rapidamente, efeito este que é ampliado quando se tem o cuidado de distribuir em primeiro lugar as radiosidades de maior valor (como é o caso das correspondendo a fontes de luz).

Cotação do Exame

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