



## Exame de 2ª Época Computação Gráfica

LEIC - Alameda  
Ano Lectivo de 2006/2007

Prof. João Brisson Lopes

17 de Julho 2007

Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Responda o mais completamente às seguintes questões justificando adequadamente todas as respostas.

O exame tem uma duração de 2h30m.

Todas as páginas devem ter o número e o nome do aluno.

### I

1. Considere uma aplicação gráfica interactiva.

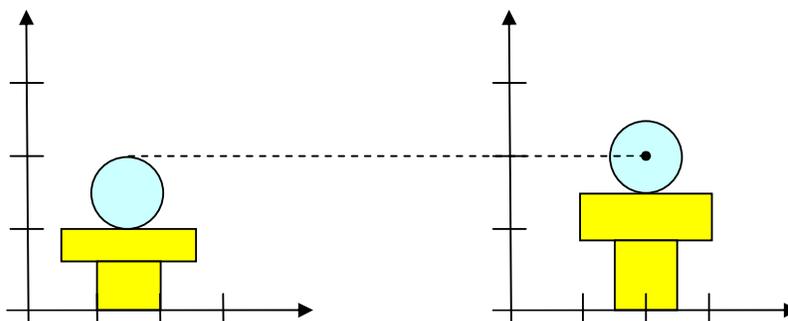
a) Em que consiste a operação de picking?

*A operação de picking corresponde à selecção de um objecto. Realiza-se determinando que mapeamentos na unidade de saída gráfica das projecções dos objectos da cena contêm o cursor de localização. Normalmente, é escolhido o objecto que se encontre mais próximo do ponto de vista.*

b) A existência da operação de picking é ou não essencial para que a aplicação gráfica seja considerada interactiva? Porquê? Dê um exemplo baseado nas aulas de laboratório.

*Não é essencial a não ser que não existam outras formas de interactividade como, por exemplo, a navegação por meio de teclas e do rato em VRML. O conceito de interactividade exige apenas que o utilizador possa provocar alterações na vista de uma cena mas não especifica como.*

2. Considere as figuras seguintes, em que existe 1 unidade de diâmetro e se encontra assente sobre um pedestal formado por dois rectângulos.



Considere ainda o código seguinte especificando a composição hierárquica do conjunto dos 3 objectos (os *argumentos e identificadores* estão separados por “;”):

```

Translada ( 1,5; 0){
    Translada( 0; 1){Obj_A};
    Obj_B;
    Translada( 0; 1,5){Obj_C}
}
    
```

- a) Identifique a que formas geométricas da imagem mais logicamente correspondem os identificadores Obj\_A, Obj\_B e Obj\_C.

*Obj\_A = topo do pedestal (rectângulo de cima)*

*Obj\_B = base/coluna do pedestal (rectângulo de baixo)*

*Obj\_C = bola (Círculo)*

- b) Rescreva o código acima, **acrescentando uma única transformação** ao seu critério, de forma a transformar a figura da esquerda na figura da direita, alterando, quando necessário, os parâmetros transformações existentes.

```

Translada ( 2; 0){
    Escala ( 1; 1,5){
        Translada(0; 1){Obj_A};
        Obj_B
    };
    Translada(0; 2){Obj_C}
}
    
    
```

- c) Escreva sob a forma matricial, e pela ordem de aplicação, todas as transformações a que o objecto com o identificador Obj\_A está sujeito na alínea anterior (selecione a base da coluna/pedestal se não tiver conseguido identificar o objecto).

*Translação (0,1)*

*Escala (1; 1,5)*

*Translação (2; 0)*

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

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1,5 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

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

## II

1. A especificação de uma projecção quando se emprega a API de OpenGL pode ser realizada segundo dois conceitos definidos por essa API: frustum e perspective, como segue

GLvoid glFrustum( GLdouble left, GLdouble right, GLdouble top, GLdouble bottom, GLdouble near, GLdouble far);

GLvoid gluPerspective( GLdouble fov, GLdouble aspect, GLdouble near, GLdouble far);

- a) Qual destes dois conceitos corresponde ao conceito de Câmara Virtual Simples? Porquê?

*Perspective. Este conceito corresponde à câmara virtual simples em que os parâmetros de projecção dados são um dos ângulos de abertura e a relação de aspecto.*

- b) O outro conceito é mais ou menos limitativo em relação ao modelo de Câmara Virtual Simples? Porquê?

*O outro conceito, frustum, corresponde à definição de um tronco de pirâmide não necessariamente regular, ou seja, na definição do volume de visualização, para além da definição dos limites da janela em X e Y e da distância desta à câmara, não se obriga a que a direcção central de projecção seja perpendicular ao plano de projecção, o que permite projecções oblíquas.*

2. Uma câmara virtual “olha” para uma superfície plana branca segundo um ângulo de 45°. A cena é iluminada por uma luz ambiente azul (RGB <0,0,1>) e existe uma fonte de luz direccional magenta (RGB <0.6,0,0.5>) apontada segundo a perpendicular à superfície. O material da superfície plana é descrito pelos seguintes termos: ka=0,1 kd=0,6 ks=0,6 e n=1. Considere a superfície como “metálica” (a cor da luz reflectida especularmente é igual à da fonte de luz). Calcule a cor no ponto para onde a câmara aponta segundo o

modelo de Phong.

(Recorde que:  $\cos(0^\circ)=1$ ,  $\cos(45^\circ)=\sqrt{2}/2$  e  $\cos(90^\circ)=0$ )

$$I_t = k_a * O_d * I_a + k_d * O_d * I_d * (N.L) + k_s * O_s * I_s * (R.V)^n$$

$$\begin{aligned} \langle R,G,B \rangle &= 0,1 * \langle 1; 1; 1 \rangle * \langle 0; 0; 1 \rangle + 0,6 * \langle 1; 1; 1 \rangle * \langle 0,6; 0; 0,5 \rangle * 1 + \\ &\quad 0,6 * \langle 0,6, 0, 0,5 \rangle * \langle 0,6, 0, 0,5 \rangle * (\sqrt{2}/2)^1 \\ &= 0,1 * \langle 0; 0; 1 \rangle + 0,6 * \langle 0,6; 0; 0,5 \rangle + 0,3 \sqrt{2} * \langle 0,36; 0; 0,25 \rangle \\ &= \langle 0; 0; 0,1 \rangle + \langle 0,36; 0; 0,3 \rangle + \langle 0,108 \sqrt{2}; 0; 0,075 \sqrt{2} \rangle \\ &= \langle 0,36 + 0,108 \sqrt{2}; 0; 0,4 + 0,075 \sqrt{2} \rangle \end{aligned}$$

3. Dado que o modelo de Phong tem um termo responsável pela contribuição da iluminação ambiente, pode-se considerar que é um modelo de iluminação global? Justifique.

*Não. O facto de possuir um termos que simula o efeito da iluminação proveniente do resto da cena, é ele próprio prova que o modelo não é global. Se o fosse, o modelo teria de providenciar a forma para calcular essa contribuição, em vez de a estimar e distribuir uniformemente.*

### III

1. Ao gerar uma imagem de 800x600 píxeis pelo método de Ray-tracing de uma cena com um dado número de objectos, foi empregue a técnica de volumes envolventes utilizando 50 desses volumes, contendo cada um deles o mesmo número de objectos. As estatísticas do programa empregue estimaram que seria necessário testar um total de 43.200.000 possíveis intersecções de raios primários com os volumes envolventes e os objectos.

- a) Determine o número de objectos existentes na cena.

*Sendo n o número total de objectos, o número de testes de intersecção de um raio primário com os volumes e objectos a efectuar será de  $50+n/50$  testes. Para todos os raios primários teríamos então  $800 \times 600 \times (50 + n/50) = 43.200.000$  testes e, sucessivamente,*

$$8 \times 6 \times 10^4 \times (50 + n/50) = 432 \times 10^5$$

$$50 + n/50 = 90$$

$$n/50 = 40$$

$$n = 2000$$

- b) Determine o número total de testes de intersecção de raios primários com os objectos da cena que seria necessário efectuar se não fosse empregue a técnica de

optimização de volumes envolventes (arbitre um valor para o número de objectos existentes na cena se não respondeu à alínea anterior).

*Neste caso seria necessário realizar 2000 testes por cada raio primário. Como a resolução da imagem é de 800x600 píxeis, o número total de testes será de  $800 \times 600 \times 2000 = 9,6 \times 10^8$  testes*

2. Considere o método de geração de imagens sintéticas por radiosidade.

a) Que limitações ao foto-realismo apresenta este método de geração de imagens? Porquê?

*Este método de cálculo de imagens fotorrealistas apenas calcula a distribuição da luz reflectida difusamente pela cena. Se este for o termo preponderante, isto é, se a reflexão especular for pequena ou negligenciável, as imagens produzidas por este método serão correctas. A limitação ao método da radiosidade é constituída pelos acasos em que a reflexão difusa é tão importante ou menos que a reflexão especular.*

b) Qual a relação ou que distingue o termo ambiente empregue em radiosidade progressiva e o termo ambiente do modelo de iluminação local de Phong?

*O termo ambiente empregue na chamada estratégia de radiosidade progressiva não passa de um termo temporário que distribui proporcionalmente pelas áreas de uma cena a radiosidade ainda por distribuir num dado passo do cálculo. Este termo vai sendo reduzido à medida que o cálculo progride e desaparece quando se atinge a convergência. No caso do modelo de iluminação local de Phong temos um termo que é uma constante em todo o cálculo e corresponde a uma estimativa, por vezes pouco correcta, da quantidade de luz existente na cena e que resulta da reflexão difusa múltipla. Este termo é geral e não varia de local para local da cena.*

## IV

1. Qual a razão para que um monitor de CRT a cores não consiga representar todas as cores do espectro visível?

*O espaço CIE contém todas as cores visíveis, mas o RGB não, o que se evidencia quando se transforma aquele neste. Verifica-se então que existem cores CIE que obrigariam à emissão negativa de componentes RGB.*

*Por outro lado, as três cores primárias emitidas por cada um dos tubos de raios catódicos de um monitor (vermelho a 700 nm, verde a 546 nm e azul a 436 nm) não correspondem às cores detectadas pelos cones. Há então que modificar as funções peso aplicadas a cada uma das componentes primárias emitidas. Estas novas funções peso apresentam valores negativos em algumas gamas de comprimento de onda. Isto significa que, com um monitor, não é possível reproduzir todos os comprimentos de onda de luz visível, isto é, não é possível reproduzir todas as cores do espectro visível pela combinação ponderada de luzes vermelha, verde e azul.*

2. Considere a modelação geométrica de objectos por varrimento.

a) Em que consiste este tipo de modelação?

*Este tipo de modelação geométrica define os volumes dos objectos a partir de secções planas que são deslocadas ao longo de uma trajectória assim “varrendo” um volume. Uma secção pode ir sendo alterada ao longo da trajectória.*

b) Apresente os principais subtipos de modelação por varrimento existentes, mencionando as respectivas características diferenciadoras principais.

*Os dois subtipos principais da modelação por varrimento são a extrusão, em que uma secção é deslocada segundo uma linha recta e perpendicularmente a esta, e a rotação em que a secção geradora é deslocada realizando uma rotação em torno de um eixo existente no plano da secção.*

c) Indique as principais vantagens e desvantagens da modelação geométrica por varrimento. Apresente um exemplo demonstrativo da facilidade de modelação permitida.

*A principal vantagem consiste na facilidade com que um objecto pode ser representado como, por exemplo, uma garrafa da qual basta definir uma secção que depois é rodada. As maiores desvantagens deste tipo de representação são a dificuldade em produzir descrições compactas e a impossibilidade de, em muitos casos, definir por varrimento, por exemplo, a união de dois objectos definidos por varrimento.*

## V

1. No pipeline de visualização tridimensional existem, embora não por esta ordem, os seguintes andares: remoção de elementos ocultos, projecção, rasterização, recorte e câmara virtual.

- a) Ordene estes andares pela ordem com que, no pipeline, são processados os dados gráficos e indique o resultado das operações efectuadas por cada um dos andares.

*Do início para o fim do pipeline:*

*Câmara virtual – recoloca os objectos (e toda a cena) segundo o ponto de vista do observador.*

*Projecção – projecta as vistas dos objectos sobre o plano de projecção e redimensiona as projecções para que o que é visível se encontre dentro de um volume canónico.*

*Recorte – elimina os elementos ou partes dos elementos gráficos que se encontrem fora do volume canónico, passando para os andares subsequentes apenas aqueles elementos ou partes de elementos dentro desse volume.*

*Remoção de elementos ocultos - elimina dos objectos recebidos aqueles ou parte daqueles que se encontrem por detrás de outros e, por consequência, não são visíveis. Este andar pode incluir uma selecção prévia de facetas em que apenas são retidas as que se encontrem viradas para o ponto de observação, sendo eliminadas todas as restantes.*

*Rasterização (ou vectorização) – os elementos recebidos são transformados em píxeis das unidades de quadrícula ou desenhados pelas unidades de representação vectorial.*

- b) Esta ordem é fixa e imutável? Dê um exemplo.

*Não, pode ser outra em função dos algoritmos empregues. No caso de ser empregue o algoritmo de Catmul (Z-buffer) os elementos a afixar em unidades de saída gráfica de quadrícula são primeiro transformados nos respectivos píxeis (rasterização) e, só depois, são eliminados os píxeis correspondendo a pontos dos elementos da cena que se encontrem por detrás de outros pontos mais próximos (remoção de elementos ocultos).*

2. Descreva sucintamente o modo como funciona o Algoritmo de Cyrus-Beck e indique um ponto fraco e outro forte desse algoritmo.

*O algoritmo de Cyrus-Beck baseia-se na facilidade de calcular a posição relativa de um ponto face a uma recta através do cálculo do que se designa por função  $D$ ,  $D = [P1 -$*

*P0], em que P1 e PO são inicialmente os vértices do segmento de recta a recortar pela janela de recorte. Com base no sinal dessa função, é possível identificar se o vector (segmento de recta com origem em P0) está, por exemplo, a transitar do semi-espaco esquerdo para o semi-espaco direito definido através da recta sobre a qual assenta o lado esquerdo do rectângulo de recorte e nesse caso designa-se por ser um ponto Potencial de Entrada ou da recta sobre as quais assenta o lado direito do rectângulo de recorte e nesse caso designa-se por ser um ponto Potencial de Saída. Ordenam-se os 4 pontos obtidos escolhendo-se o maior ponto Potencial de Entrada e o menor ponto Potencial de Saída, em coordenadas paramétricas, e, se o valor do parâmetro do Potencial de Entrada for superior do ponto Potencial de Saída, como não se pode sair antes de entra, todo o segmento de recta é descartado. No caso contrário são calculadas as coordenadas dos pontos de entrada e saída e obtém-se as coordenadas do segmento de recta recortado. Como se pode verificar este algoritmo só calcula coordenadas quando existe a certeza de serem as coordenadas dos vértices do segmento de recta recortado, pelo que é particularmente eficiente quando a maioria dos segmentos de recta vão mesmo ser recortados. Quando a maioria dos segmentos de recta não são recortados (todo o segmento de recta no interior ou no exterior) então o algoritmo não é muito eficiente uma vez que tem que calcular as funções D.*

## VI

1. Considere o Algoritmo Incremental Básico para a discretização de segmentos de recta, também conhecido por DDA (Digital Differential Analyzer). Quais são as principais limitações deste algoritmo face ao algoritmo de Bresenham?

*O algoritmo DDA emprega o declive  $m = dy / dx$  dos segmentos de recta a discretizar para calcular o incremento na coordenada y para cada unidade de x. Isto requer que m seja armazenado em vírgula flutuante e obriga o algoritmo a efectuar adições em vírgula flutuante e à posterior conversão do resultado para coordenadas inteiras em cada iteração. O algoritmo de Bresenham utiliza apenas aritmética de inteiros, sendo assim mais rápido. Por outro lado, a precisão limitada da representação em vírgula flutuante leva à acumulação de erros.*

2. O Pedro foi encarregue de desenhar uma aplicação gráfica 3D que consiste num jogo de corridas de naves, havendo um elevado número de objectos em cena em cada momento.

Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Devido à elevada complexidade da cena, o Pedro terá que implementar um algoritmo de remoção de elementos ocultos que utiliza operações de baixa carga computacional.

a) Em relação ao espaço onde a remoção de elementos é feita, que tipo de algoritmo deverá o Pedro implementar? Dê um exemplo dum algoritmo deste tipo.

*O Pedro terá de implementar um algoritmo da categoria Precisão de Imagem, pois apresentam operações de baixa carga computacional. Um exemplo deste algoritmo é o Zbuffer.*

b) Como se caracteriza este tipo de algoritmo em termos de complexidade?

*Estes algoritmos determinam qual o objecto mais próximo para cada quadricula, atribuindo-lhe a cor desse objecto. Para  $n$  objectos e  $p$  quadrículas a complexidade é do tipo  $n \times p$ .*

### Cotações

	I	II	III	IV	V	VI	
1.	2	1	2	1,5	1,5	1,5	
2.	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
3.		1					Total
Grupo	4	3,5	3,5	3	3	3	20 Valores