



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

# Computação Gráfica

Licenciatura em Engenharia Informática e de Computadores  
Alameda / Taguspark

**Terceiro Teste**  
19 de Maio de 2012

O teste tem a duração de **1h00**, tolerância incluída. Responda às questões **unicamente** nestas duas primeiras páginas. Só esta primeira folha deverá ser entregue, e como tal, será a única avaliada. **Identifique-a, indicando a versão!** Durante o exame apenas é permitido o uso de caneta e de folhas para rascunho em branco. Não é permitido o uso de calculadoras, telemóveis ou outros dispositivos móveis. Uma resposta errada nas perguntas de escolha múltipla desconta 1/3 da cotação da respectiva questão.

**NÃO ESQUECER!** 

**Respostas:**

**Versão:** \_\_\_\_\_

1. a) [1.0v]  $T_1 =$  \_\_\_\_\_  $T_2 =$  \_\_\_\_\_  $T_3 =$  \_\_\_\_\_

1. b) [1.0v] \_\_\_\_\_ 1. c) [1.0v]  $P_{ViewportCoords} =$  \_\_\_\_\_

2. a) [1.0v]

$M_{projection} =$

$M_{modelview} =$

2. b) [1.5v]  $A_{ViewportCoords} =$  \_\_\_\_\_  $B_{ViewportCoords} =$  \_\_\_\_\_

3. a) [1.0v] \_\_\_\_\_ 3. b) [1.0v] \_\_\_\_\_ 3. c) [1.0v] \_\_\_\_\_

## Identificação do Aluno

Nome:

Número:

4. a) [1.0v] \_\_\_\_\_ 4. b) [1.0v] \_\_\_\_\_

4. c) [1.0v] \_\_\_\_\_ 4. d) [1.0v] dx = \_\_\_\_\_

4. e) [1.0v] \_\_\_\_\_

5. a) [1.0v]


5. b) [1.0v] **ReadZ(0,3)** → \_\_\_\_\_ **ReadZ(1,1)** → \_\_\_\_\_

6. a) [0.5v] **Verdadeiro Falso** (risque o que não interessa – resposta errada desconta 0.5v)

6. b) [0.5v] **Verdadeiro Falso** (risque o que não interessa – resposta errada desconta 0.5v)

6. c) [0.5v] **Verdadeiro Falso** (risque o que não interessa– resposta errada desconta 0.5v)

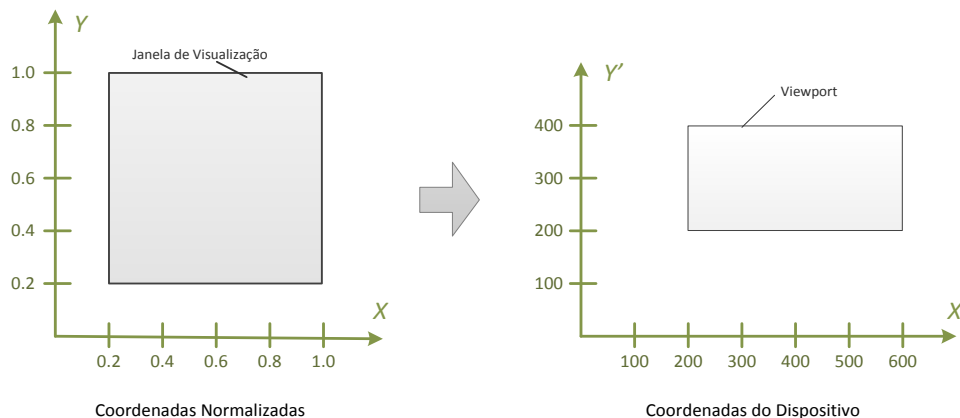
7. a) [1.0v] \_\_\_\_\_ 7. b) [1.0v] \_\_\_\_\_ 7. c) [0.5v] \_\_\_\_\_

7. d) [0.5v] \_\_\_\_\_

Sintaxe comandos OpenGL:

```
void glOrtho (GLdouble left, GLdouble right,  
             GLdouble bottom, GLdouble top,  
             GLdouble zNear , GLdouble zFar);  
  
void glViewport(GLint x, GLint y, GLsizei width, GLsizei height);
```

1. [3.0v] Na visualização em 2D, a transformação janela-viewport ilustrada abaixo pode ser decomposta em três transformações geométricas elementares.



- a) [1.0v] Indique quais são essas transformações elementares, considerando que a transformação janela-viewport é dada por  $M=T_1*T_2*T_3$ .

$$T_1 = \text{Translação} (200, 200)$$

$$T_2 = \text{Escala}(400/0.8, 200/0.8) = \text{Escala} (500, 250)$$

$$T_3 = \text{Translação}(-0.2, -0.2)$$

- b) [1.0v] Qual a matriz correspondente à transformação janela-viewport.  
(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

$$A = \begin{bmatrix} 500 & 0 & 10000 \\ 0 & 250 & 5000 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 199.8 \\ 0 & 1 & 199.8 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 500 & 0 & 100 \\ 0 & 250 & 250 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} 500 & 0 & -0.2 \\ 0 & 250 & -0.2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

*E = nenhuma das anteriores*

$$T_1 = T(200, 200) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 200 \\ 0 & 1 & 200 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = S(500, 250) = \begin{bmatrix} 500 & 0 & 0 \\ 0 & 250 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = T(-0.2, -0.2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.2 \\ 0 & 1 & -0.2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 200 \\ 0 & 1 & 200 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 500 & 0 & 0 \\ 0 & 250 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.2 \\ 0 & 1 & -0.2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} 500 & 0 & 100 \\ 0 & 250 & 150 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

c) [1.0v] Apresente as coordenadas viewport do ponto  $P=[0.4 \ 0.8]^T$ .

$$P_{ViewportCoords} = \begin{bmatrix} 500 & 0 & 100 \\ 0 & 250 & 150 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0.4 \\ 0.8 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 300 \\ 350 \\ 1 \end{bmatrix}$$

2. [2.5v] Considere o seguinte trecho de código OpenGL:

```
(...)
glViewport(0, 50, 400, 100);
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glOrtho(-2.0f, 2.0f, -2.0f, 2.0f, -2.0f, 2.0f);
glLoadIdentity();

glColor3f(0.0f, 0.0f, 0.0f);
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity();
glScalef(2.0f, 1.0f, 0.0f);
glBegin(GL_LINES);
glVertex3f(0.1f, -0.9f, -3.4f); // A
glVertex3f(-0.4f, -0.9f, -0.3f); // B
glEnd();
(...)
```

a) [1.0v] Indique qual o conteúdo das matrizes *projection* e *modelview* imediatamente antes da execução do comando `glBegin()`.

$$M_{projection} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad M_{modelview} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

b) [1.5v] Indique, em coordenadas de viewport, a localização dos pontos correspondentes às extremidades da linha desenhada com este código.

$$A_{ClippingCoords} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0.1 \\ -0.9 \\ -3.4 \\ 1.0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2 \\ -0.9 \\ 0.0 \\ 1.0 \end{bmatrix}$$

$$B_{ClippingCoords} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0.4 \\ -0.9 \\ -0.3 \\ 1.0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.8 \\ 0.9 \\ 0.0 \\ 1.0 \end{bmatrix}$$

$$x_A = (0.2 + 1) \frac{400}{2} + 0 = 240$$

$$y_A = (-0.9 + 1) \frac{100}{2} + 50 = 55$$

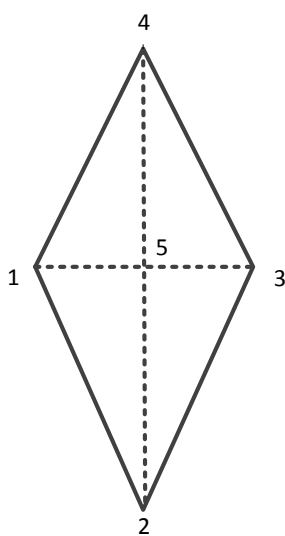
$$x_B = (-0.8 + 1) \frac{400}{2} + 0 = 40$$

$$y_A = (-0.9 + 1) \frac{100}{2} + 50 = 55$$

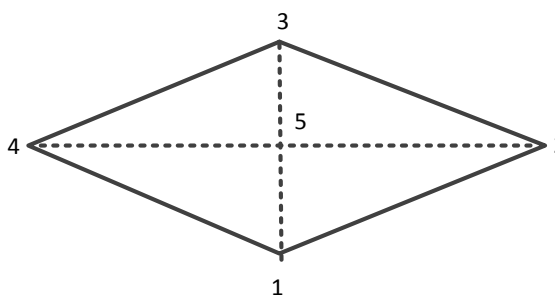
$$A_{ViewportCoords} = [240 \ 55 \ 0 \ 1]^T$$

$$B_{ViewportCoords} = [40 \ 55 \ 0 \ 1]^T$$

3. [3.0v] Um mesmo losango encontra-se representado na figura seguinte em duas posições (Posição 1 e Posição 2) que diferem entre si por uma rotação de 90°. Os cálculos de iluminação nos vértices (numerados de 1 a 4) produziram as intensidades RGB constantes da tabela abaixo.



Posição 1



Posição 2

Vértices	Intensidades [R,G,B]
1	[0,0; 0,4; 0,4]
2	[0,0; 0,2; 0,2]
3	[0,2; 0,6; 0,6]
4	[0,4; 0,4; 0,0]

a) [1.0v] Qual a cor do ponto 5 em cada um dos losangos quando se emprega sombreamento constante (*flat shading*) tendo em conta todos os vértices? (escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

	Posição 1	Posição 2
<b>A</b>	[0,2; 0,3; 0,1]	[0,15; 0,4; 0,3]
<b>B</b>	[0,2; 0,3; 0,1]	[0,1; 0,5; 0,5]
<b>C</b>	[0,1; 0,5; 0,5]	[0,2; 0,3; 0,1]
<b>D</b>	[0,0; 0,4; 0,4]	[0,0; 0,4; 0,4]
<b>E</b>	[0,15; 0,4; 0,3]	[0,15; 0,4; 0,3]

Resposta: E

A cor do ponto 5 será a cor uniforme atribuída ao losango, a média aritmética das intensidades RGB nos vértices e será a mesma nos dois losangos porque possui vértices idênticos, ainda que diferentemente posicionados

$$I_5 = ([0,0; 0,4; 0,4] + [0,0; 0,2; 0,2] + [0,2; 0,6; 0,6] + [0,4; 0,4; 0,0]) / 4 \\ [0,6; 1,6; 1,2] / 4 = [0,15; 0,4; 0,3]$$

**b) [1.0v]** Qual a cor do ponto 5 em cada um dos losangos quando se emprega sombreamento de Gouraud?

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

	Posição 1	Posição 2
<b>A</b>	[0,2; 0,3; 0,1]	[0,15; 0,4; 0,3]
<b>B</b>	[0,2; 0,3; 0,1]	[0,1; 0,5; 0,5]
<b>C</b>	[0,1; 0,5; 0,5]	[0,2; 0,3; 0,1]
<b>D</b>	[0,15; 0,4; 0,3]	[0,1; 0,5; 0,5]
<b>E</b>	[0,15; 0,4; 0,3]	[0,15; 0,4; 0,3]

Resposta: C

A intensidade do ponto 5 à esquerda será a média (porque está ao centro) das intensidades nos vértices sobre a sua diagonal horizontal, o mesmo acontecendo com o losango à direita, mas com intensidades diferentes.

À esquerda

$$I_5 = (I_1 + I_3) / 2 = ([0,0; 0,4; 0,4] + [0,2; 0,6; 0,6]) / 2 = [0,1; 0,5; 0,5]$$

À direita

$$I_5 = (I_2 + I_4) / 2 = ([0,0; 0,2; 0,2] + [0,4; 0,4; 0,0]) / 2 = [0,2; 0,3; 0,1]$$

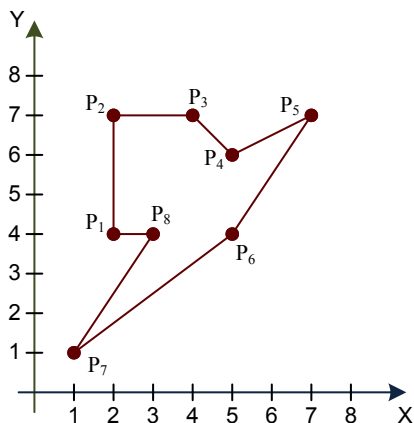
**c) [1.0v]** Para que o ponto 5 apresente a intensidade [0,6; 0,8; 0,8] no losango esquerda é necessário calcular a sua cor ...

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

- A:** ... empregando o sombreamento de Gouraud.
- B:** ... empregando o modelo de iluminação de Phong.
- C:** ... empregando o sombreamento de Phong.
- D:** ... o ponto 5 nunca poderá ter essa cor.
- E:** ... empregando o modelo de iluminação de Gouraud.

Resposta: C

4. [5.0v] Considere o seguinte polígono, que quer discretizar e preencher usando o algoritmo de scan-line:



- a) [1.0v] Qual o conteúdo da Tabela de Arestas Activas na linha 2?  
(basta indicar os nomes das arestas)

[P7 P8] e [P7P6]

- b) [1.0v] Selecciona abaixo a opção correcta que contempla quais os valores guardados na Tabela de Arestas para caracterizar a aresta [P7 P6]?  
(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

- A:  $Y_{max}=4, X=1, 1/m=4/3$   
 B:  $Y_{min}=1, Y_{max}=4, X_{min}=1, X_{max}=5$   
 C:  $Y_{min}=1, m=3/4, X=1$   
 D:  $X_{min}=1, X_{max}=5; 1/m=4/3$   
 E: Nenhuma das anteriores

**A**

- c) [1.0v] Qual o conteúdo da Tabela de Arestas Activas na linha 7?

**NULL**

- d) [1.0v] Ao passar de uma scanline para a próxima, qual o incremento para x ao longo da aresta [P7 P8]?

**2/3**

- e) [1.0v] Selecciona a opção correcta que indique quais os extremos do *span* na linha 3 (as menor e maior coordenadas x das quadrículas preenchidas na linha)? Recorde que o arredondamento é realizado para inteiros no interior do polígono.

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

- A: 2 e 5  
 B: 3 e 4  
 C: 3 e 6  
 D: 3 e 3  
 E: Nenhuma das anteriores

Na linha 3 tem-se

[P7 P8]:  $1+2*(2/3)= 2,3333333$  arredonda-se para 3

e [P7P6]:  $1 + 2*(4/3)= 3,66667$  arredonda-se para 3 logo a resposta correcta é D

5. [2.0v] Considere que a memória de profundidade para a execução do algoritmo z-buffer tem a resolução de  $4 \times 4$  e que os valores armazenados são inteiros que variam de 0 a 15. As posições dessa memória são indexadas desde (0,0) (canto inferior esquerdo) até (3,3) (canto superior esquerdo).

- a) [1.0v] Indique qual o conteúdo das 8 posições da memória de profundidade antes da execução do processo de rendering dos polígonos.

**Todas as posições com 15**

- b) [1.0v] Considere a geração de fragmentos referente à rasterização dos polígonos A e B de acordo com a figura abaixo. Após a rasterização de ambos os polígonos A e B, indique qual o conteúdo das posições (0, 3) e (1,1) da memória de profundidade.

Polígono A			
5	5	6	7
5	5	6	
5	4		
5			

Polígono B			
3			
3	4		
4	5	5	
6	6	6	7

**3 e 4**

6. [1.5v] Indique se as afirmações abaixo são verdadeiras ou falsas.

- a) [0.5v] O espaço de memória ocupado pelo algoritmo RSO que opera à Linha de Varrimento é independente da complexidade da cena

**Falso (A ET depende do número de polígonos)**

- b) [0.5v] O espaço de memória ocupado pelo algoritmo Z-Buffer depende da complexidade da cena

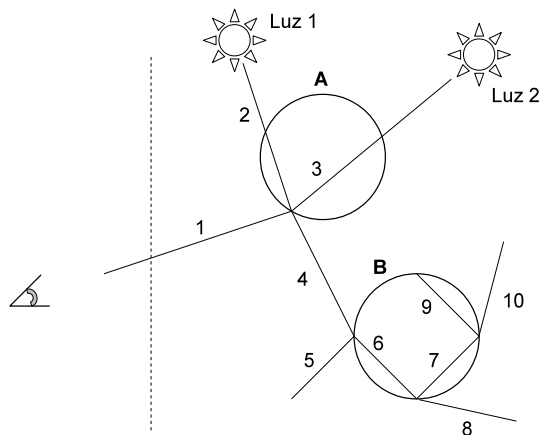
**Falso (O Z-buffer tem sempre a mesma memória)**

- c) [0.5v] Ambos os algoritmos, discretização de polígonos à Linha de Varrimento e RSO à Linha de Varrimento, utilizam a estrutura de dados Tabela de Arestas. O seu conteúdo é idêntico.



**Falso (Uma ET apenas armazena as arestas de um polígono enquanto a outra ET armazena todas as arestas de todos os poligonos)**

7. [3.0v] Considere o seguinte diagrama que representa os raios traçados por um Ray Tracer para um determinado pixel:



- a) [1.0v] Indique quais são os raios refractados.  
(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

- A: 4, 5, 7 e 9
- B: 6, 8 e 10
- C: 4, 6, 8 e 9
- D: 5, 8 e 10
- E: 2, 3, 6, 8 e 10

**Resposta: B**

- b) [1.0v] Classifique os materiais das esferas A e B.  
(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

- A: A esfera A é opaca e a B é translúcida.
- B: Ambas as esferas são opacas.
- C: Ambas as esferas são translúcidas.
- D: A esfera A é translúcida e a B é opaca.
- E: Não se pode concluir nada quanto aos materiais das esferas.

**Resposta: A**

- c) [0.5v] Quantos raios do tipo *shadow feeler* estão representados no diagrama?

**Resposta: 2 (os raios 2 e 3)**

- d) [0.5v] Quantos raios do tipo *shadow feeler* seriam efectivamente calculados na determinação da cor do pixel?

**Resposta: 10 (nº fontes de luz x nº intersecções = 2 x 5 = 10)**