



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

# Computação Gráfica

Licenciatura em Engenharia Informática e de Computadores  
Alameda / Taguspark

## Repescagem

17 de Janeiro de 2015

A repescagem de um dos testes tem a duração de **1h00**. Na repescagem de ambos os testes a prova tem a duração de **2h00**. A classificação obtida nesta prova não substitui a nota anteriormente obtida na componente teórica. Na repescagem de cada teste conta para avaliação final a melhor das duas notas.

**Identifique todas as folhas.** Durante a prova não é permitido o uso de calculadoras ou telemóveis. As respostas devem ser escritas a caneta. Uma **resposta errada** nas perguntas de escolha múltipla **desconta 1/3 da cotação** da respectiva questão. Não é autorizado o uso de folhas de rascunho. Pode usar as duas páginas em branco existentes no enunciado para o efeito. No verso desta página encontra informação de suporte à realização da prova.

**Boa sorte!**

☐ Repescar 1º teste

☐ Repescar 2º teste

Identificação do Aluno	
Nome:	Número:

	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$
<i>Sin</i>	0,5	0,707	0,866
<i>cos</i>	0,866	0,707	0,5
<i>tan</i>	0,578	1,0	1,732

	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$
<i>sin</i>	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
<i>cos</i>	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$
<i>tan</i>	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$

```

void glutInitWindowSize(int width, int height);

void glutInitWindowPosition(int x, int y);

void glutCreateWindow(char *name);

void glViewport(GLint x, GLint y, GLsizei width, GLsizei height);

void glOrtho( GLdouble left, GLdouble right,
              GLdouble bottom, GLdouble top,
              GLdouble nearVal, GLdouble farVal);

void gluLookAt(GLdouble eyeX, GLdouble eyeY, GLdouble eyeZ,
               GLdouble centerX, GLdouble centerY, GLdouble centerZ,
               GLdouble upX, GLdouble upY, GLdouble upZ);

void gluPerspective( GLdouble fovy, GLdouble aspect,
                    GLdouble zNear, GLdouble zFar);

void glTexImage2D(GLenum target, GLint level,  GLint internalFormat,
                 GLsizei width, GLsizei height,
                 GLint border, GLenum format,
                 GLenum type, const GLvoid * data)

```

---

**+++ PRIMEIRO TESTE +++    +++ PRIMEIRO TESTE +++    +++ PRIMEIRO TESTE+++**

---

1. [1.5v] Na arquitectura das Unidades Gráficas de Quadrícula existe:

(escolha múltipla: indique a opção correcta. Resposta errada desconta 1/3 da cotação.)

- A: Memória de ecrã;
- B: Memória do processador vectorial;
- C: Memória de refrescamento bilinear;
- D: Unidade de processamento vectorial;
- E: Nenhuma das opções anteriores está correcta.

Opção: \_\_\_\_\_

2. [1.0v] Considere o seguinte trecho de código em OpenGL.

```
01:   int main(int argc, char *argv[]) {
02:       glutInit(&argc, argv);
03:       glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
04:       glutInitWindowSize (400, 400);
05:       glutInitWindowPosition (-1, -1);
07:       glutDisplayFunc(myDisplay);
08:       glutReshapeFunc(myReshape);
10:       return 0;
11:   }
```

Qual a função `glut` que está em falta para que este código funcione como esperado numa aplicação gráfica interativa?

\_\_\_\_\_

3. [2.5v] Considere o seguinte programa em OpenGL.

```
1:   void myDisplay(void) {
2:       glClearColor(1.0f, 1.0f, 1.0f, 0.0f);
3:       glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
4:       glutSolidSphere(1.0f, 10, 10);
5:       glBegin(GL_TRIANGLE);
6:
7:       glVertex3f(-1.0, -1.0f, A);
8:
9:       glVertex3f(B, 1.0f, 0.5f);
10:
11:      glVertex3f(-1.0f, 1.0f, C);
12:
13:      glEnd();
14:      glFlush();
15:   }
```

**Identificação do Aluno**

Nome:

Número:

**a) [1.5v]** A linha de código número 4 desenha uma esfera ...

(escolha múltipla: indique a opção correcta. Resposta errada desconta 1/3 da cotação.)

**A:** ... com centro nas coordenadas  $C=[1, 10, 10]^T$ ;

**B:** ... modelada através de uma malha de dez triângulos;

**C:** ... modelada através de uma malha de cem facetas;

**D:** ... à qual se aplicou uma escala de dez nos eixos X e Y;

**E:** Nenhuma das anteriores.

**Opção:** \_\_\_\_\_

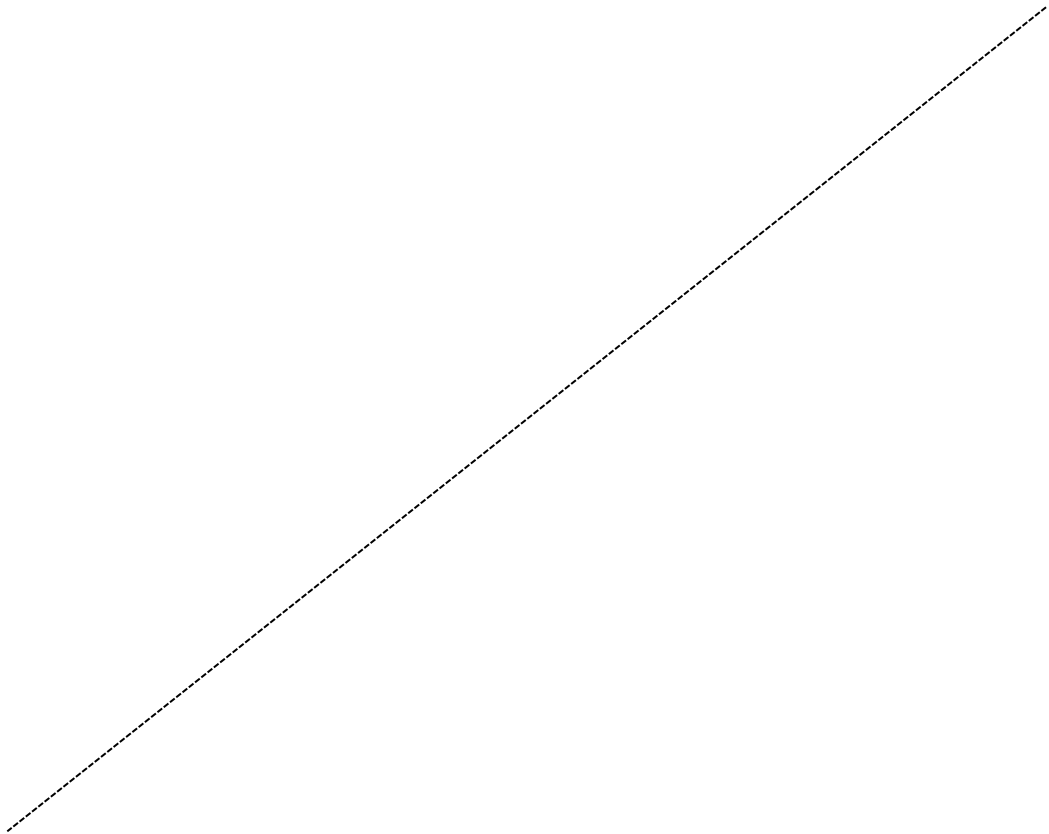
**b) [1.0 v]** Indique que valores podem ter as variáveis A, B e C para que o código acima desenha uma faceta plana.

---

---

---

---



---


+++ PRIMEIRO TESTE +++    +++ PRIMEIRO TESTE +++    +++ PRIMEIRO TESTE+++

---

4. [4.0v] Considere as seguintes transformações em 3D:

- $T_1$  Simetria em torno do eixo dos XX
- $T_2$  Translação de -10 segundo Y

a) [1.5v] Escreva a matriz correspondente à transformação  $T_1$  após  $T_2$ .

$M =$  

b) [1.0v] Qual o resultado de aplicar  $T_1$  após  $T_2$  ao ponto  $P=[1, 1, 0]^T$ ?

$P' =$  \_\_\_\_\_

c) [1.5v] Escreva o código OpenGL correspondente à transformação referida nas alíneas anteriores.

5. [2.0v] Considere o seguinte excerto de código de OpenGL

```
void showMe() {
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();
    glPushMatrix(); glScalef( 0.5, 1.0, 2.0);
    glPushMatrix(); glTranslatef( -1.0, 1.0, 1.0);
    showObject( O1 );
    glPopMatrix(); glRotatef( -90.0, 0.0, 1.0, 0.0);
    glScalef ( 2.0, 1.0, 0.5);
    showObject( O2 );
    glPopMatrix();
}
```

**Identificação do Aluno**

Nome:

Número:

- a) [1.0v] Considere a matriz de transformação ModelView que afecta o objecto  $O_1$  quando a função `showMe()` é executada. Escreva os elementos  $M_{33}$  e  $M_{44}$  dessa matriz.

**ModelView<sub>33</sub>** = \_\_\_\_\_

**ModelView<sub>44</sub>** = \_\_\_\_\_

- b) [1.0v] Considere o objecto  $O_2$ . Nas mesmas condições de a), escreva os elementos  $M_{11}$  e  $M_{41}$  da matriz de transformação ModelView.

**ModelView<sub>11</sub>** = \_\_\_\_\_

**ModelView<sub>41</sub>** = \_\_\_\_\_

6. [2.5v] Escreva o código OpenGL necessário para rodar um cubo com os cantos opostos de em (4, 2, 0) e (6, 2, 0) respectivamente de 45° em torno do eixo que passa por estes vértices.

```
void DrawCube () {
```

```
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);  
    glPushMatrix();  
    glLoadIdentity();
```

```
    drawCubeVerticesIn(4.0f, 2.0f, 0.0f, 6.0f, 2.0f, 0.0f);
```

```
    glPopMatrix();
```

```
}
```

---

+++ PRIMEIRO TESTE +++    +++ PRIMEIRO TESTE +++    +++ PRIMEIRO TESTE+++

---

7. [2.5v] Qual o conteúdo das matrizes *ModelView* e *Projection* após executar o seguinte trecho de código:

```

01:  glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
02:  glLoadIdentity();
03:  glMatrixMode(GL_PROJECTION);
04:  glLoadIdentity();
05:  glOrtho(-2.0f, 2.0f, 0.0f, 1.0f, -1.0f, 1.0f);
06:  glBegin(GL_POINTS);
07:  glVertex3f(1.0f, 0.5f, 0.0f);
08:  glEnd();

```

$M_{ModelView} =$

$M_{Projection} =$

8. [2.5v] Escreva a matriz de visualização produzida pela execução da instrução:

```
gluLookAt(2.0f, 2.0f, 2.0f, 0.0f, 2.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f, 0.0f);
```

$M_{Visualização} =$

9. [1.5v] Complete a seguinte frase: “No andar de geometria do pipeline 3D as coordenadas de recorte (clipping coordinates) são produzidas à saída...”

(escolha múltipla: indique a opção correcta. Resposta errada desconta 1/3 da cotação.)

- A: "...da transformação de modelação e visualização"
- B: "...da transformação de projecção."
- C: "...da divisão perspectiva."
- D: "...do mapeamento janela-viewport."
- E: Nenhuma das opções anteriores é válida.

Opção: \_\_\_\_\_

**Identificação do Aluno**

Nome:

Número:

(página intencionalmente deixada em branco – usar para rascunho – conteúdo não é avaliado)



---

**+++ SEGUNDO TESTE +++    +++ SEGUNDO TESTE +++    +++ SEGUNDO TESTE+++**


---

1. [3.0v] Considere uma fonte de luz pontual na posição  $P=(3.0, 0.0, 2.0)$ , um vértice  $A=(1.0, 0.0, 0.0)$  ao qual é atribuída a normal  $n=[0.0, 0.0, 1.0]$  e uma câmara na posição  $VRP=(-1.0, 0.0, 2.0)$ .

- a) [0.9v] Indique o valor dos vectores  $v$ ,  $l$  e  $h$  usados no modelo de iluminação de Blinn-Phong para o cálculo da cor do vértice  $A$ , iluminado pela fonte de luz pontual referida acima.

$$v = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$l = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$h = \underline{\hspace{2cm}}$$

- b) [0.6v] Indique o valor do factor de atenuação atmosférica para esta fonte de luz no vértice  $A$ . Considere que o coeficiente de atenuação linear é 1.0 e os restantes coeficientes são 0.0.

$$f_v = \underline{\hspace{2cm}}$$

- c) [1.5v] Apresente o resultado do cálculo da cor no vértice  $A$  através do modelo de Blinn-Phong, assumindo os seguintes parâmetros para a fonte de luz e material:

$$K_a = (0.1, 0.1, 0.1) \quad L_a = (0.1, 0.1, 0.1)$$

$$K_d = (0.0, 0.0, 0.5) \quad L_d = (1.0, 0.7, 1.0)$$

$$K_s = (0.0, 0.5, 1.0) \quad L_s = (0.8, 1.0, 1.0)$$

$$\text{Shininess} = 2.0 \quad \text{Atenuação constante: } a=1.0, b=0.0, c=0.0$$

$$R_v = \underline{\hspace{2cm}} \quad G_v = \underline{\hspace{2cm}} \quad B_v = \underline{\hspace{2cm}}$$

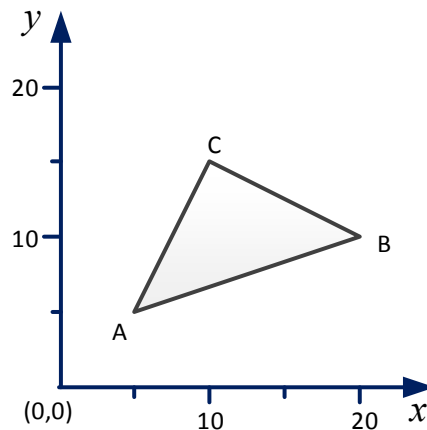
**Identificação do Aluno**

Nome:

Número:

2. **[2.0v]** Pretende-se proceder ao sombreamento do triângulo  $T=\{A,B,C\}$ , ilustrado na figura abaixo, recorrendo ao algoritmo da scan-line. Os vértices do triângulo têm coordenadas  $A=[5 \ 5 \ 5]^T$ ,  $B=[20 \ 10 \ 5]^T$ ,  $C=[10 \ 15 \ 5]^T$ . A cena em questão é iluminada por uma fonte de luz direcional e, através da aplicação do modelo de iluminação de Blinn-Phong, determinou-se que os vértices têm as cores:

$$I_A = [1/8 \ 1/4 \ 1/2], \quad I_B = [1/8 \ 2/4 \ 1/3], \quad I_C = [1/8 \ 3/4 \ 1/6]$$



- a) **[1.0v]** Indique qual a cor atribuída à quadrícula na posição (10, 10) pelo algoritmo de sombreamento *flat-shading*.

$$R(10,10) = \underline{\hspace{2cm}} \quad G(10,10) = \underline{\hspace{2cm}} \quad B(10,10) = \underline{\hspace{2cm}}$$

- b) **[1.0v]** Indique qual a cor atribuída à quadrícula na posição (12, 10) pelo algoritmo de sombreamento de *Gouraud*.

$$R(12,10) = \underline{\hspace{2cm}} \quad G(12,10) = \underline{\hspace{2cm}} \quad B(12,10) = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. **[3.0v]** Considere o seguinte trecho de código OpenGL:

```
(...)
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
glOrtho(-2.0f, 2.0f, -2.0f, 2.0f, -2.0f, 2.0f);
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity();

glBegin(GL_TRIANGLES);
glVertex3f(0.0f, 5.0f, 0.0f); // A
glVertex3f(0.0f, 0.0f, 0.0f); // B
glVertex3f(5.0f, 0.0f, 0.0f); // C

glEnd();
(...)
```

---

**+++ SEGUNDO TESTE +++    +++ SEGUNDO TESTE +++    +++ SEGUNDO TESTE+++**


---

- a) **[0.3]** Indique, em coordenadas de recorte (*clipping coordinates*), os limites contra os quais é realizado o recorte.

$$\underline{\hspace{2cm}} \leq x_{\text{Clip}} \leq \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\underline{\hspace{2cm}} \leq y_{\text{Clip}} \leq \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\underline{\hspace{2cm}} \leq z_{\text{Clip}} \leq \underline{\hspace{2cm}}$$

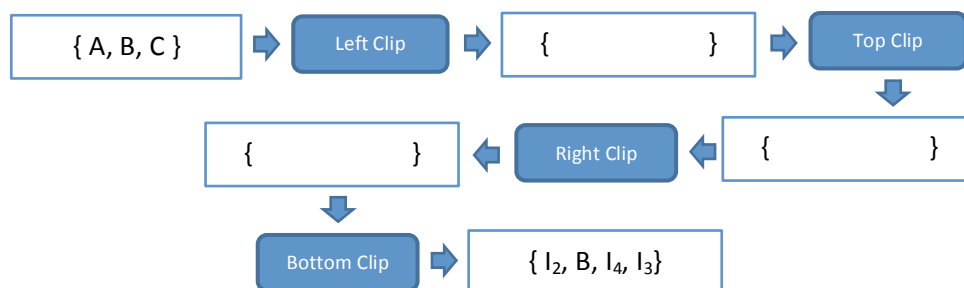
- b) **[0.9]** Indique os *outcodes* dos três vértices do triângulo desenhado pelo código apresentado.

$$OC_A = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$OC_B = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$OC_C = \underline{\hspace{2cm}}$$

- c) **[1.8]** Preencha os valores em falta na representação da aplicação do algoritmo de Sutherland-Hodgman.



$$I_2 = \langle \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}} \rangle \quad B = \langle 0.0f, 0.0f, 0.0f \rangle$$

$$I_4 = \langle \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}} \rangle \quad I_3 = \langle \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}}, \underline{\hspace{1cm}} \rangle$$

**Identificação do Aluno**

Nome:

Número:

(página intencionalmente deixada em branco – usar para rascunho – conteúdo não é avaliado)

---

**+++ SEGUNDO TESTE +++    +++ SEGUNDO TESTE +++    +++ SEGUNDO TESTE+++**


---

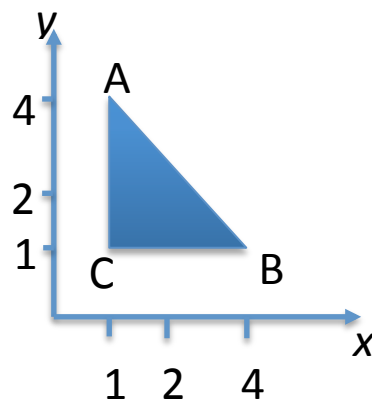
4. [1.5v] Considere o algoritmo de linha de varrimento (*scan-line*). Este algoritmo permite...

(escolha múltipla: indique a opção correcta. Resposta errada desconta 1/3 da cotação.)

- A: ... preencher polígonos;
- B: ... remover polígonos côncavos;
- C: ... fazer a interpolação bi-linear da coordenada Z;
- D: ... fazer mapeamento de texturas;
- E: ... discretizar linhas de declive arbitrário;
- F: Nenhuma das opções anteriores é a correcta

Opção: \_\_\_\_\_

5. [3.0v] Considere o algoritmo de discretização de polígonos estudado nas aulas e a seguinte figura.



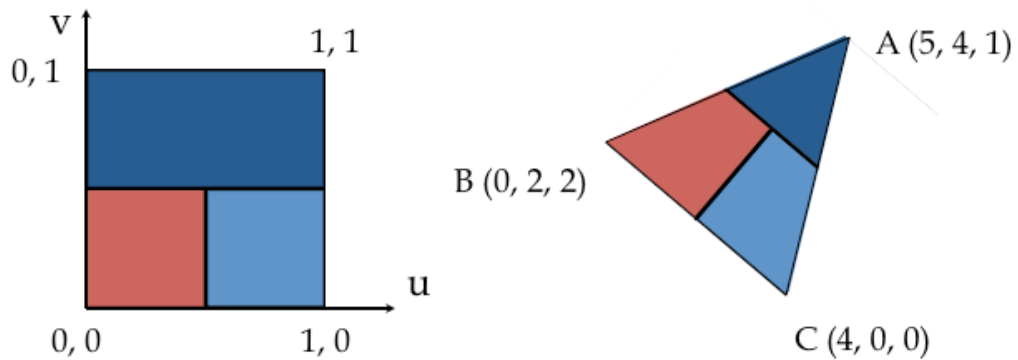
- a) [1.0v] Quais são os segmentos de recta armazenados na Tabela de Arestas Activas na linha Y=4?
- b) [1.0v] Quais são os segmentos de recta armazenados na Tabela de Arestas Activas na linha Y=2?
- c) [1.0v] Quais são os segmentos de recta armazenados na Tabela de Arestas Activas na linha Y=1?

**Identificação do Aluno**

Nome:

Número:

6. [2.0v] Considere a figura abaixo, onde está representada à esquerda uma textura e à direita um triângulo onde foi aplicada a textura.



- a) [1.1v] Complete o código OpenGL abaixo de forma a sombrear o triângulo da direita como se indica na figura. As coordenadas são as indicadas no vértice do triângulo.

```
(...)  
glBegin(GL_TRIANGLES);
```

```
glEnd();  
(...)
```

- b) [0.9] O que faz a seguinte chamada a função OpenGL ?  
(escolha múltipla: indique a opção correcta. Resposta errada desconta 1/3 da cotação.)

```
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_LINEAR)
```

- A: Define um MipMap com interpolação linear
- B: Cria uma textura 2D com filtragem gaussiana
- C: Define o tamanho de um texel
- D: Redefine o espaço de coordenadas
- E: Nenhuma das outras opções está correcta

Opção: \_\_\_\_\_

---

**+++ SEGUNDO TESTE +++    +++ SEGUNDO TESTE +++    +++ SEGUNDO TESTE+++**

---

7. [1.5v] Considere um terminal gráfico com resolução de 1024x1024 e com um mapa de cores com 8 bits por pixel. Qual o número máximo de cores que podem aparecer simultaneamente no ecrã?

\_\_\_\_\_

8. [1.5v] Considere uma imagem com 256x256 com 24 bits em que cada linha tem unicamente uma cor e todas as linhas têm cores diferentes. Ao efectuar a compressão usando o algoritmo de RLE-8 qual será a dimensão mínima da imagem codificada?

\_\_\_\_\_ bytes

9. [2.5] O algoritmo de Ray-Tracing é um algoritmo recursivo. Indique três critérios de paragem.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Identificação do Aluno**

Nome:

Número:

(página intencionalmente deixada em branco – usar para rascunho – conteúdo não é avaliado)