Módulo 11

Sistemas Gráficos e Interação

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Filipe Pacheco

ffp@isep.ipp.pt

Texturas

Conteúdo

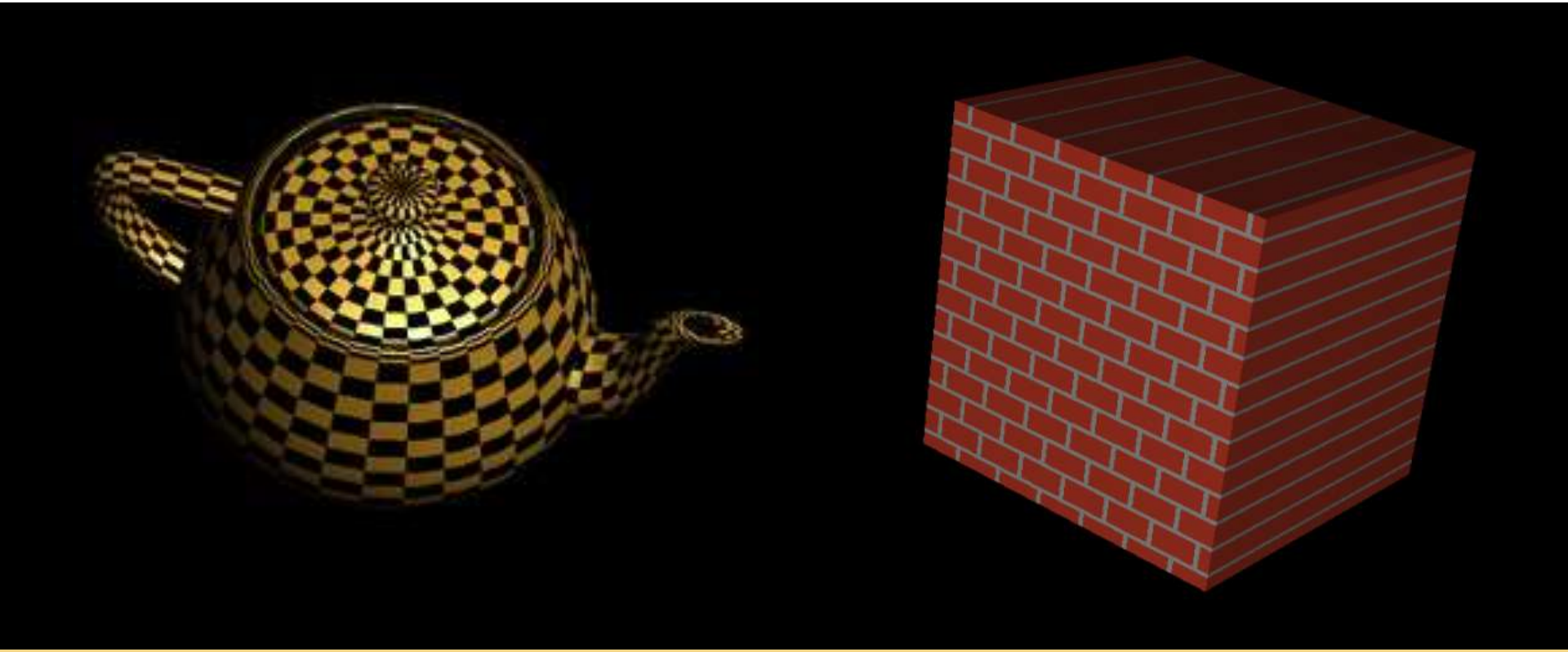
- Configuração de texturas
- Utilização de texturas 2D
  - superfícies planas
  - superfícies esféricas

Problemas

- Como desenhar de forma realista uma cena com objetos cuja superfície não é lisa?
  - Imitar materiais naturais, por exemplo, madeira, mármore, ...
- Como desenhar objetos com padrão repetitivo sem ter que desenhar imensos objetos individuais?
  - Por exemplo, parede de tijolos

O que são texturas?

- Uma imagem que será sobreposta na superfície dos objetos gráficos

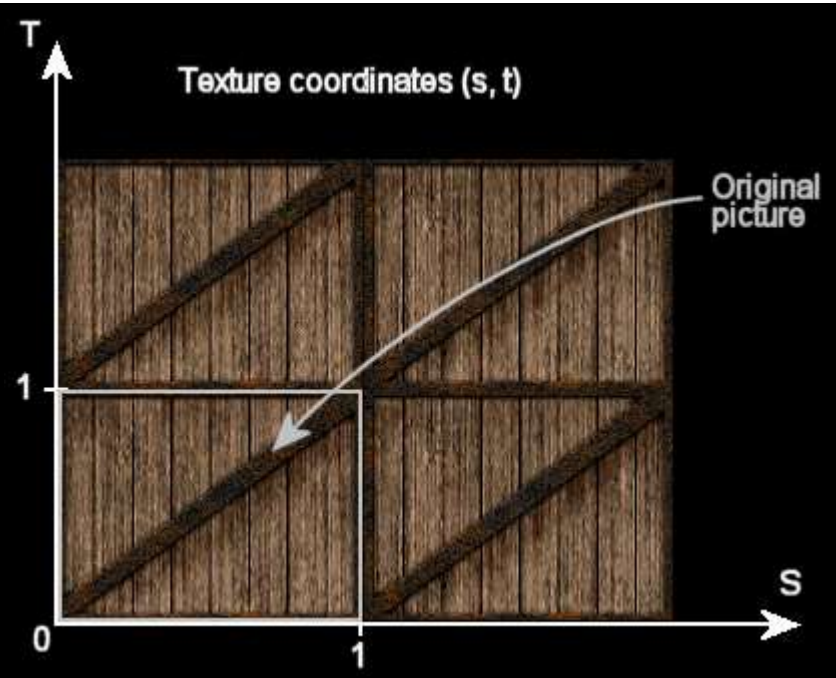


Passos necessários

1. Criar um objeto textura e especificar uma textura (imagem) para esse objecto.
2. Definir como a textura será aplicada *pixel* a *pixel*.
3. Ativar o mapeamento de texturas.
4. Desenhar a cena, fornecendo as coordenadas geométricas e de textura.

Coordenadas <S, T>

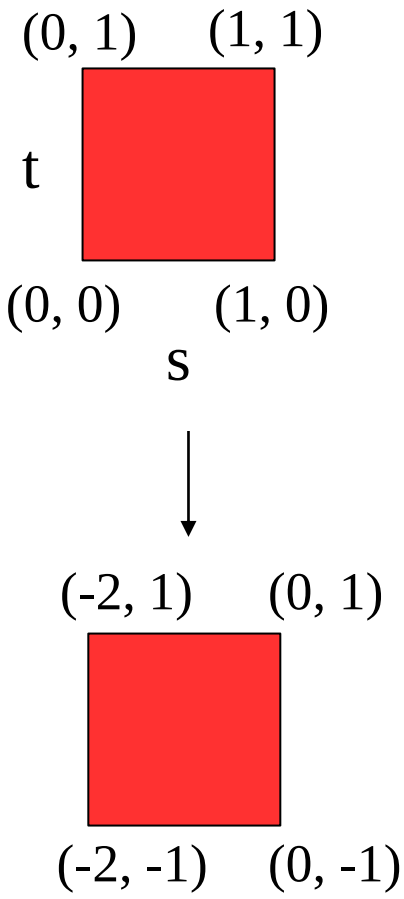
- Imagem da textura é mapeada num espaço de coordenadas <S, T>
  - entre [0, 1]



Atribuir a textura a um objecto

```
void display()
{
...
// activar textura
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texName);

// desenhar objecto com textura
glBegin(GL_QUADS);
        glTexCoord2f(0.0, 0.0);
        glVertex3f(-2.0, -1.0, 0.0);
        glTexCoord2f(0.0, 1.0);
        glVertex3f(-2.0, 1.0, 0.0);
        glTexCoord2f(1.0, 1.0);
        glVertex3f(0.0, 1.0, 0.0);
        glTexCoord2f(1.0, 0.0);
        glVertex3f(0.0, -1.0, 0.0);
glEnd();
...
}
```



glTexCoord2f

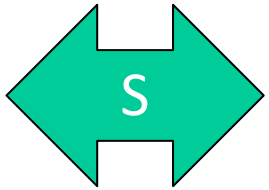
glTexCoord
S,T


```
glBegin(GL_QUADS);
        glTexCoord2f(0.0, 0.0);
        glVertex3f(-2.0, -1.0, 0.0);
        glTexCoord2f(0.0, 1.0);
        glVertex3f(-2.0, 1.0, 0.0);
        glTexCoord2f(1.0, 1.0);
        glVertex3f(0.0, 1.0, 0.0);
        glTexCoord2f(1.0, 0.0);
        glVertex3f(0.0, -1.0, 0.0);
glEnd();
```

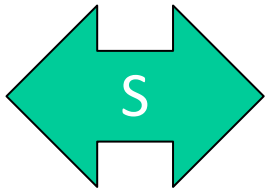

```
glBegin(GL_QUADS);
        glTexCoord2f(0.0, 0.0);
        glVertex3f(-2.0, -1.0, 0.0);
        glTexCoord2f(0.0, 2.0);
        glVertex3f(-2.0, 1.0, 0.0);
        glTexCoord2f(2.0, 2.0);
        glVertex3f(0.0, 1.0, 0.0);
        glTexCoord2f(2.0, 0.0);
        glVertex3f(0.0, -1.0, 0.0);
glEnd();
```

glTexParameter

- GL_TEXTURE_WRAP_S e GL_TEXTURE_WRAP_T
  - GL_REPEAT



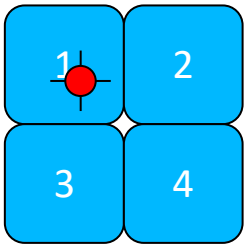
  - GL_CLAMP



glTexParameter

- GL_TEXTURE_MAG_FILTER

- GL_TEXTURE_MIN_FILTER



- GL_NEAREST

- GL_LINEAR

- GL_NEAREST_MIPMAP_LINEAR
- GL_LINEAR_MIPMAP_LINEAR

MipMaps
Vamos falar mais à frente neste módulo

- ...

GL_TEXTURE_ENV_MODE

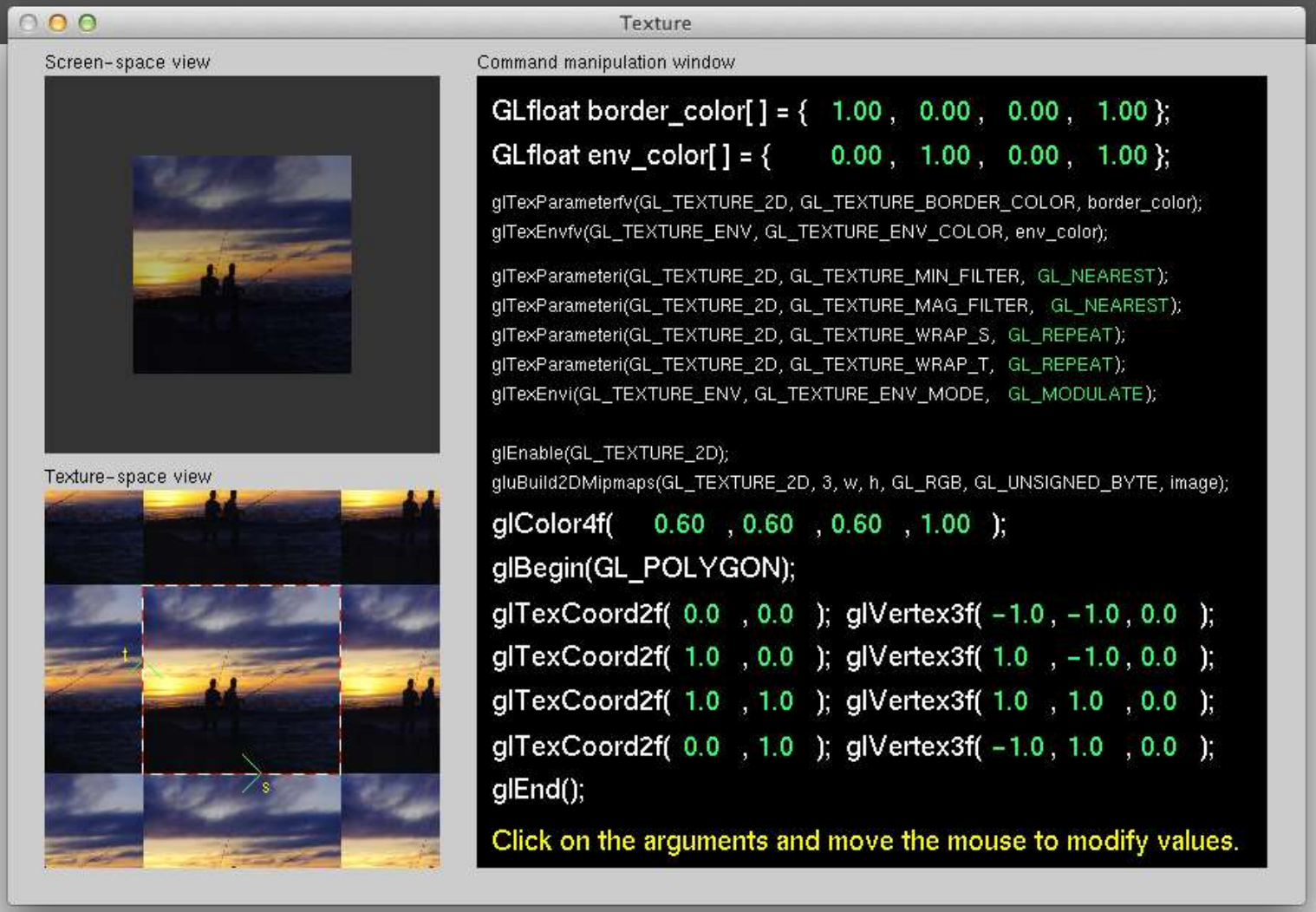
```
glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV,
   GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_REPLACE);
```

GL_REPLACE – usa apenas cor da textura

GL_MODULATE – cor da textura * cor do material

GL_DECAL – interpolação de cor usando *alpha*

Demo


Texture
Screen-space view
Texture-space view
Command manipulation window
GLfloat border_color[ ] = { 1.00 , 0.00 , 0.00 , 1.00 };
GLfloat env_color[ ] = { 0.00 , 1.00 , 0.00 , 1.00 };
glTexParameterfv(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_BORDER_COLOR, border_color);
glTexEnvfv(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_COLOR, env_color);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_NEAREST);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_NEAREST);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_REPEAT);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_REPEAT);
glTexEnvi(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_MODULATE);
glEnable(GL_TEXTURE_2D);
gluBuild2DMipmaps(GL_TEXTURE_2D, 3, w, h, GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE, image);
glColor4f(0.60 , 0.60 , 0.60 , 1.00);
glBegin(GL_POLYGON);
glTexCoord2f(0.0 , 0.0); glVertex3f(-1.0 , -1.0 , 0.0);
glTexCoord2f(1.0 , 0.0); glVertex3f(1.0 , -1.0 , 0.0);
glTexCoord2f(1.0 , 1.0); glVertex3f(1.0 , 1.0 , 0.0);
glTexCoord2f(0.0 , 1.0); glVertex3f(-1.0 , 1.0 , 0.0);
glEnd();
Click on the arguments and move the mouse to modify values.

Activar texturas no OpenGL

```
void init()
{
...
// 1 - activar texturas
glPixelStorei(GL_UNPACK_ALIGNMENT, 1);
glEnable(GL_TEXTURE_2D);

// 2 - configurar aspectos gerais de texturas
glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE,
    GL_REPLACE);
...
}
```

GL_REPLACE – usa apenas cor da textura
GL_MODULATE – cor da textura * cor do material
GL_DECAL – interpolação de cor usando *alpha*

Definir textura

```
void init()
{
...
// 3 - criar objecto textura
GLuint texName;
glGenTextures(1, &texName);
// GLuint texNames[3];
// glGenTextures(3, texNames);

// 4 - activar textura
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, textName);
...
}
```

uma textura

Exemplo
3 texturas

```
texNames[0]
texNames[1]
texNames[2]
```

Configurar textura

```
void init()
{
...
// 5 - configurar textura
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S,
    GL_CLAMP);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T,
    GL_CLAMP);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER,
    GL_LINEAR);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER,
    GL_LINEAR);
...
}
```

Definir imagem da textura

```
void init()
{
...
// 6 - carregar textura de ficheiro
GLbyte image[][][];
GLuint imageWidth, imageHeight;
...

// 7 - definir imagem
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, GL_RGB, imageWidth,
    imageHeight, 0, GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE,
    &image[0][0][0]);
...
}
```

glTexImage2D

- **`void glTexImage2D(target, level, internalformat, width, height, border, format, type, pixels)`**
  - **`width`** e **`height`** **têm** que ser potência de base 2
  - **`format`** define o formato do *array* de *pixels*
    - GL_RGB, GL_RGBA
  - **`type`** tipo de dados da matriz de *pixels*
    - GL_BYTE, …
  - **`pixels`** memória contendo a imagem descomprimida

Leitura de texturas

- Qualquer ficheiro de imagem desde que obedeça às regras de dimensão ser potência de 2
  - 64 x 64, 32 x 8, …
- Código da demo LerImagens
  - JPEG, BMP, PPM

Leitura de BMP

```
#include <GL/glaux.h>
...
AUX_RGBImageRec *imagemBMP;
...
imagemBMP = auxDIBImageLoad("textura.bmp");
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texName);
glTexParameteri(...);
...
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, GL_RGBA,
    imagemBMP->sizeX, imagemBMP->sizeY,
    GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE, imagemBMP->data);
free(imageBMP->data);
free(imageBMP);
...
```

Leitura de JPEG

```
typedef struct {
  int         sizeX, sizeY, bpp;
  char        *data;
}JPGImage;

extern "C" int read_JPEG_file(char *, char **, int *, int *, int
    *);

...
JPGImage imagemJPG;
...
read_JPEG_file("textura.jpg", &imagemJPG.data, &imagemJPG.sizeX,
    &imagemJPG.sizeY, &imagemJPG.bpp);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texName);
glTexParameteri(...);
...
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, GL_RGBA, imagemJPG.sizeX,
    imagemJPG.sizeY, GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE, imagemJPG.data);
free(imagemJPG.data);
```

Leitura de PPM

```
typedef struct {
  int          sizeX, sizeY;
  char         *data;
} PPMImage;

extern "C" PPMImage *LoadPPM(char *);
...
PPMImage *imagemPPM;
...
imagemPPM = LoadPPM("textura.ppm");
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texName);
glTexParameteri(...);
...
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, GL_RGBA,
        imagemPPM->sizeX, imagemPPM->sizeY, GL_RGB,
        GL_UNSIGNED_BYTE, imagemPPM->data);
free(imagemPPM.data);
free(imagemPPM);
```

Objetos de texturas

- Gerar vários objetos de texturas

```
GLuint texNames[QT];
glGenTextures(QT, texNames);
```

- Configurar cada textura – init()

```
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texNames[0]);
glTexParameteri(...);
glTexImage2D(...);

glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texNames[1]);
glTexParameteri(...);
glTexImage2D(...);
```

Objetos de texturas

```
void display()
{
   ...
   // ativar textura #0
   glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texNames[0]);
   desenhaCubo(1);
   ...
   // ativar textura #1
   glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texNames[1]);
   desenhaCubo(0.5);
   ...
}
```

Texturas em esferas

```
void display()
{
   ...
   glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, modelo.textura[0]);

   GLUquadricObj* l_poQuadric = gluNewQuadric();
   gluQuadricDrawStyle(l_poQuadric, GLU_FILL);
   gluQuadricNormals(l_poQuadric, GLU_SMOOTH);
   gluQuadricTexture(l_poQuadric, GL_TRUE);

   gluSphere(l_poQuadric, 0.5, 30, 30);
   gluDeleteQuadric(l_poQuadric);
   ...
}
```

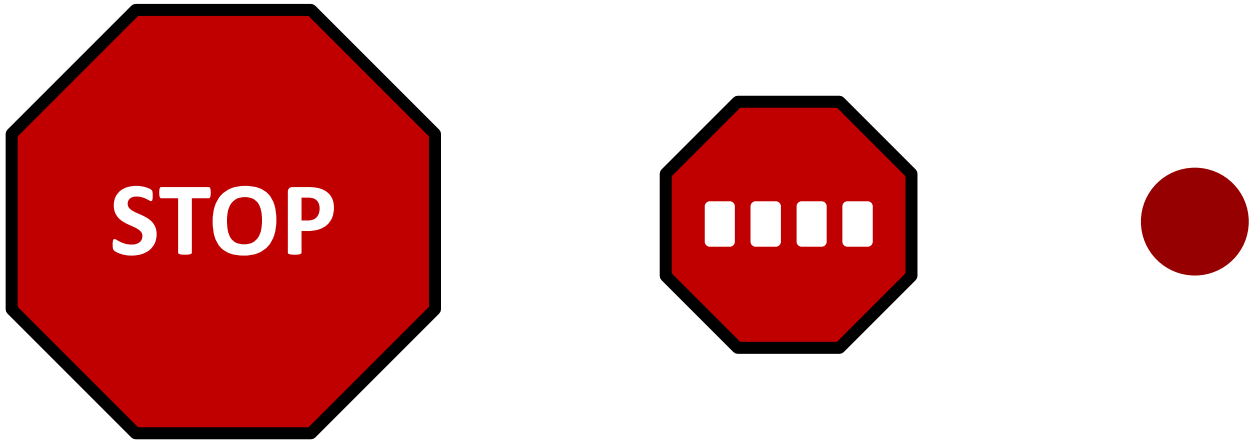
Nota:
O mapeamento é sempre o mesmo para cada tipo de objeto Quadric

Carregamento de texturas

- TextureLoader
  - http://members.iinet.net.au/~cleathley/openGL/TextureLoader.htm
- BMGLib
  - http://members.cox.net/scottheiman/bmglib.htm
- DXTviewer
  - http://www.ozone3d.net/dxt_viewer.php
- OpenCV
  - http://opencv.org
- FreeImage
  - http://freeimage.sourceforge.net
- …

Mipmaps

- Numa cena, os objetos são vistos de diferentes pontos de vista e de diferentes distâncias.
  - A textura precisa ser reduzida de acordo com o tamanho da projeção dos objetos.
- Para evitar "defeitos visuais" resultantes da escala, não se usa uma única imagem de textura, mas uma série de mapas de textura de resoluções decrescentes: *mipmaps*.



Level 0 Level 1 Level 2

Mipmaps

- Usar parâmetro *level* de glTexImage2D
  - level = 0 : maior resolução
- É necessário definir os *mipmaps* para todas as resoluções até 1x1
  - Exemplo
    - Imagem original 64x32
    - Mipmaps
      - 64x32(0), 32x16(1), 16x8(2), 8x4(3), 4x2(4), 2x1(5), 1x1(6)

Mipmaps

- Tendo uma imagem com a textura na maior resolução, a GLU pode gerar automaticamente os *mipmaps* correspondentes
  - **`gluBuild2DMipmaps(GL_TEXTURE_2D, components, width, height, format, type, data)`**

Mipmaps

```
void init()
{
   ...
   glGenTextures(3, modelo.textura);
   ...
   imagemBMP = auxDIBImageLoad("textura.bmp");
   glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, modelo.textura[0]);
   glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S,
         GL_REPEAT);
   glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T,
         GL_REPEAT);
   glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER,
         GL_LINEAR);
   glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER,
         GL_LINEAR_MIPMAP_LINEAR);
   gluBuild2DMipmaps(GL_TEXTURE_2D, GL_RGBA,
         imagemBMP->sizeX, imagemBMP->sizeY, GL_RGB,
         GL_UNSIGNED_BYTE, imagemBMP->data);
   free(imagemBMP->data);
   free(imagemBMP);
}
```