

Introdução a CG com OpenGL



Professora: Mercedes Gonzales Márquez

Interação dos Sistemas de Informação Gráfica

- Os programas tradicionais seguem um fluxo de controle pré-estabelecido.
- Nos sistemas de informação gráfica, o usuário pode interferir no controle de fluxo do programa, compartilhando com o computador a responsabilidade na execução de uma tarefa (interatividade).
- Através dos dispositivos de saída, o sistema computacional exhibe para o usuário o estado dos dados.

Interação dos Sistemas de Informação Gráfica



- O usuário vê/lê a informação apresentada, interpreta, avalia e intervém no fluxo de controle, através dos dispositivos de entrada.
- Os sinais de dispositivos de entrada são processados como eventos pelo processador, que dispara um tratador apropriado para modificar o estado dos dados armazenados em memória.

Ciclo de interação

- Um ciclo de interação envolve
 - o disparo de um evento de interação,
 - o despacho desse evento à janela correta e
 - a execução de um trecho de código condizente com a ação esperada (tratador de eventos registrados como *callbacks*).

Programa orientado a eventos

- Um programa orientado a eventos possui sempre um programa inicial contendo instruções de inicialização e um laço principal de eventos cuja tarefa é simplesmente retirar os eventos da fila e despachá-los.
- O comportamento real do programa será definido pelos tratadores de evento registrados com *callback*.

OpenGL

- OpenGL é uma API para criar aplicações interativas que renderizam imagens de alta qualidade compostas de objetos tridimensionais e imagens..
- OpenGL é independente do sistema operacional e do sistema de janelas.

Bibliotecas GLU e GLUT

- GLU (OpenGL Utility Library)
 - parte de OpenGL
 - Simplifica tarefas como renderização de superfícies quádricas como esferas, cones, cilindros, etc.
 - `#include <GL/glu.h>`
- GLUT (OpenGL Utility Toolkit)
 - É um *toolkit* que abstrai o sistema de janelas, fornecendo uma interface simples para a criação de uma aplicação OpenGL.

GLUT é orientado a eventos

- GLUT proporciona uma "camada" de software que possibilita o acesso aos recursos básicos de hardware necessários como criação de janelas e interação simples com dispositivos de entrada e saída como o mouse e teclado.
- Com a GLUT o OpenGL, que constitui a parte maior do código, fica "livre" de dependências de plataforma.
 - Não é oficialmente parte de OpenGL
 - `#include <GL/glut.h>`

GLUT é orientado a eventos

- O paradigma de **programação** em **GLUT** é orientado a **eventos** do tipo: o mouse foi clicado; uma tecla foi pressionada, etc. O programador apenas define quais rotinas (callbacks) devem ser chamadas quando um determinado **evento** acontecer e **GLUT** gerencia estes **eventos** num laço de controle infinito.

GLUT é orientado a eventos

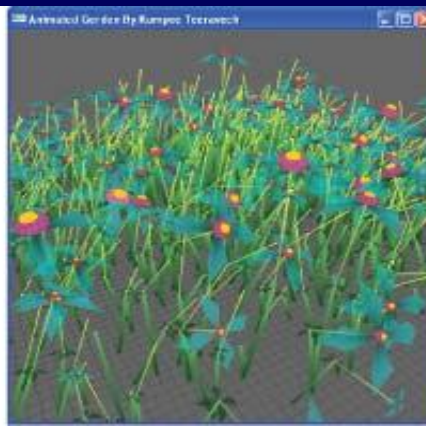
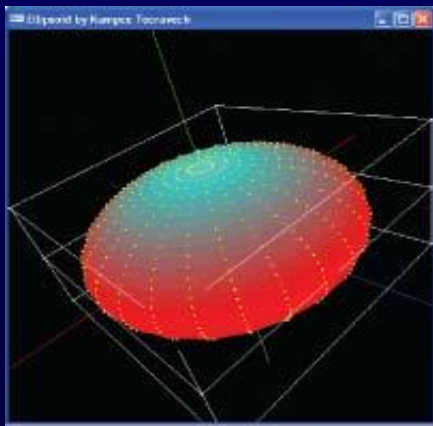
- `void main(int argc, char **argv) {`
 - inicializar o GLUT e a janela
 - registro de funções para processar eventos (callbacks)
 - entrar no ciclo de processamento do GLUT`}`

OpenGL

- Alguns programas executáveis em windows mostrando as potencialidades do OpenGL.

[http://www.comp.uems.br/~mercedes/disciplinas/2026/CG/SUMANTA GUHA/](http://www.comp.uems.br/~mercedes/disciplinas/2026/CG/SUMANTA%20GUHA/)

- Chapter1/Ellipsoid
- Chapter1/AnimatedGarden
- Chapter1/Dominos



OpenGL

- Usando ambiente Windows, no Dev-C++ é necessário **criar um projeto**.
- Faça download da pasta
http://www.comp.uems.br/~mercedes/disciplinas/2026/CG/SUMANTA_GUHA/ExperimenterSource
- Ao longo das aulas usaremos vários dos programas dessa pasta para exemplificar nosso conteúdo teórico.

OpenGL

- Usando ambiente LINUX direto no terminal.

Instalar a glut:

```
>sudo apt-get install freeglut3-dev
```

Gerar executável:

```
g++ -o nome-progr nome-progr.cpp -lglut -lGL -lGLU -lm
```

Funções Callback GLUT

- Callbacks da GLUT: Rotinas que são chamadas quando algo como o seguinte acontece
 - Renderização (display) e animação
 - Redimensionamento ou redesenho da janela
 - Entrada do usuário
- Funções callbacks GLUT
 - **glutDisplayFunc(*display*)** estabelece a função “display” previamente definida como a função callback de exibição. Isto significa que a GLUT chama a função sempre que a janela precisar ser redesenhada. Esta chamada ocorre, por exemplo, quando a janela é redimensionada ou encoberta. É nesta função que se deve colocar as chamadas de funções OpenGL, por exemplo, para modelar e exibir um objeto.

Funções Callback GLUT

- Outras
 - `glutReshapeFunc()` – chamada quando a janela muda de tamanho
 - `glutKeyboardFunc()` – chamada quando uma tecla é pressionada no teclado
 - `glutMouseFunc()` – chamada quando o usuário pressiona um botão do mouse
 - `glutMotionFunc()` – chamada quando o usuário movimenta o mouse enquanto um botão do mesmo está pressionado.
 - `glutPassiveMouseFunc()` – chamada quando o mouse é movimentado sem considerar o estado dos botões.
 - `glutIdleFunc()` – chamada quando nada está sendo realizado. É muito útil para animações.

Estrutura da aplicação OpenGL/Glut

- Configure e inicialize a janela
- Inicialize os estados do OpenGL. Isto pode incluir coisas como cor do fundo, posições de luz e mapas de textura.
- Registre funções callbacks : rotinas que GLUT chama quando uma certa sequencia de eventos ocorre, por exemplo: quando a janela precisa ser reexibida, ou o usuário movimenta o mouse.
- Entre no loop de processamento de eventos.

Experimenter.pdf

- Usaremos o arquivo experimenter.pdf ,que se encontra no site da disciplina, para realizar a prática dos conteúdos destes slides, junto aos programas do Capítulo 2 da pasta no link http://www.comp.uems.br/~mercedes/disciplinas/2026/CG/SUMANTA_GUHA/CodigosExperimentos.

Primeiro Programa

Programa square.c (cria um quadrado preto sobre fundo branco)

```
int main(int argc, char **argv) {
    // Configura e inicializa a GLUT e a janela
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitWindowSize(500, 500);
    glutInitWindowPosition(100, 100);
    glutCreateWindow("square.cpp");
    // Inicialização de estados
    glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
    setup();
    // Registra rotinas callbacks
    // Rotina display
    glutDisplayFunc(drawScene);
    // Rotina reshape.
    glutReshapeFunc(resize);
    // Rotina de teclado.
    glutKeyboardFunc(keyInput);
    // Loop de processamento de eventos
    glutMainLoop();
    return 0;
}
```

Inicialização de OpenGL

- Fixa alguns estados

```
void setup(void) {  
    // Set background (or clearing)  
    color.  
    glClearColor(1.0, 1.0, 1.0, 0.0);  
}
```

Callback de renderização (display)

- O desenho que será apresentado na tela é feito aqui.

```
glutDisplayFunc( display );
```

```
void drawScene(void)
{
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    glColor3f(0.0, 0.0, 0.0);
    glBegin(GL_POLYGON);
        glVertex3f(20.0, 20.0, 0.0);
        glVertex3f(80.0, 20.0, 0.0);
        glVertex3f(80.0, 80.0, 0.0);
        glVertex3f(20.0, 80.0, 0.0);
    glEnd();
    glFlush();
}
```

Callbacks de entradas

- Processa uma entrada do usuário, pode ser por teclado, mouse.

```
glutKeyboardFunc ( keyboard );
```

```
void keyInput (unsigned char key, int x, int y)
```

```
{
```

```
    switch (key)
```

```
    {
```

```
        case 27: // Press escape to exit
```

```
            exit(0);
```

```
            break;
```

```
        default:
```

```
            break;
```

```
    }  
}
```

Aspectos básicos de OpenGL

- Nos slides a seguir apresentaremos comandos básicos de OpenGL juntamente com os experimentos do Capítulo 2 do arquivo `experimenter.pdf`. Falaremos sobre:
 1. Projeção Ortográfica, Volume de Visualização
 2. Recorte
 3. Cor

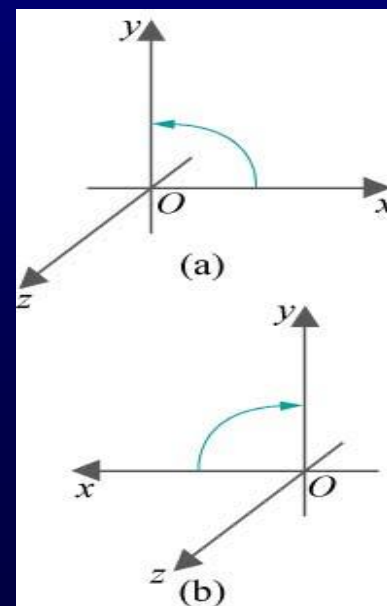
Sistemas coordenados

- Os vértices são especificados no espaço tridimensional.
- OpenGL permite desenhar no espaço 3D e criar cenas realmente tridimensionais. Porém, nos percebemos a cena 3D como uma imagem processada para uma parte 2D da tela do computador, a janela retangular OpenGL.
- O sistema coordenado 3D é o sistema mão direita.

No desenho ao lado

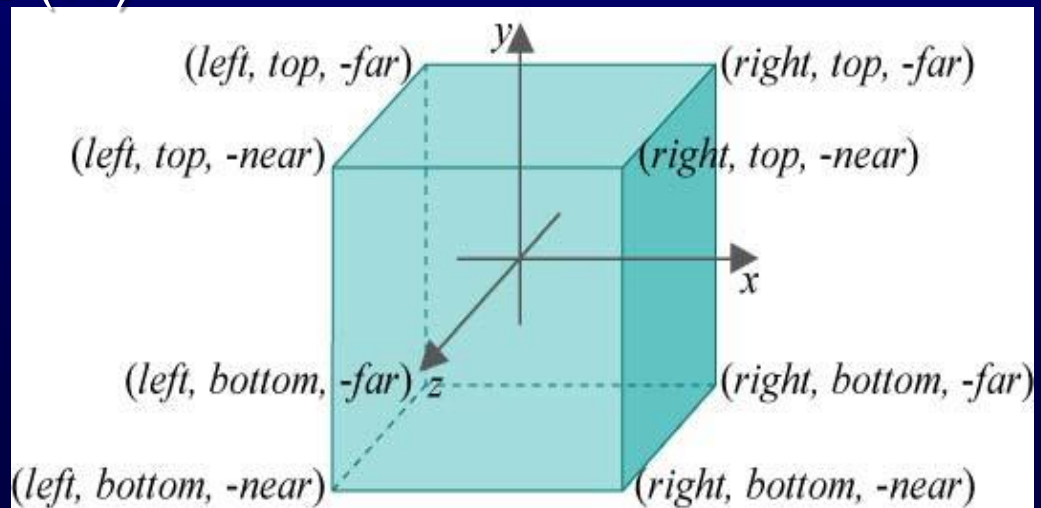
(a) sistema mão direita

(b) sistema mão esquerda



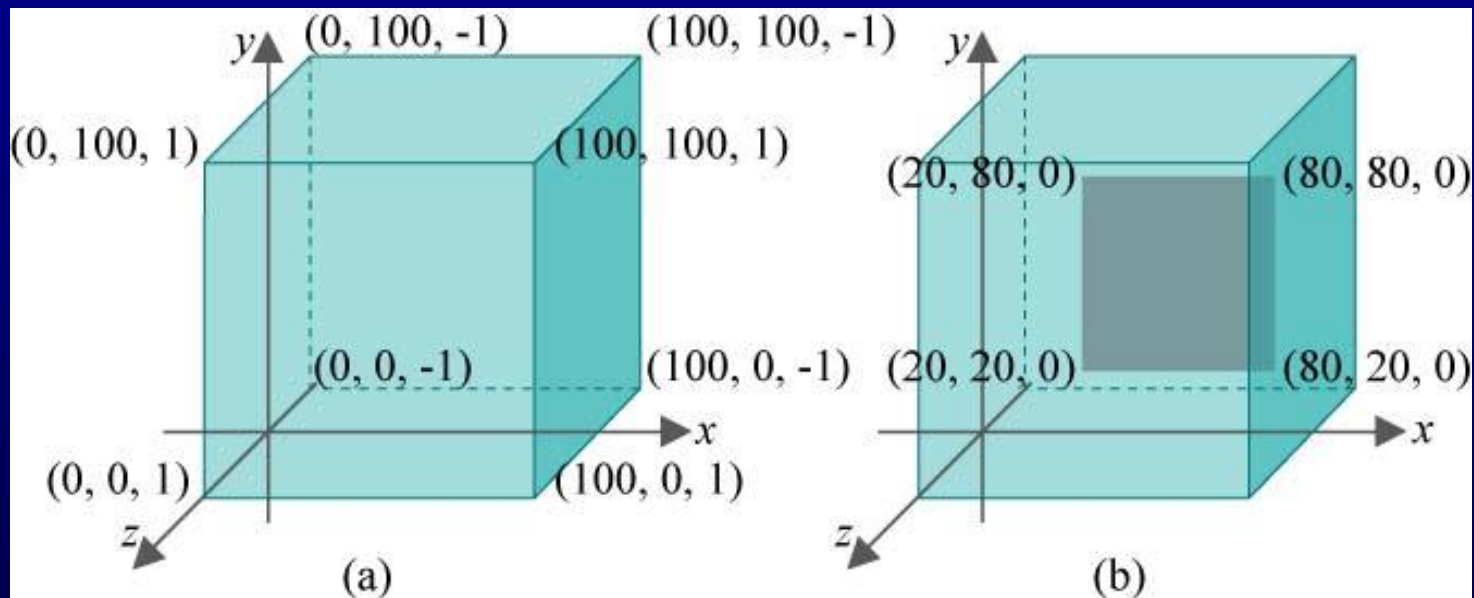
Projeção Ortográfica, Volume de Visualização

- O comando `glOrtho` (`left`, `right`, `bottom`, `top`, `near`, `far`)
 - especifica o volume de visualização (*vi*) onde a cena 3D deverá estar contida,
 - projeta perpendicularmente sobre a face da frente do *vi* (face sobre o plano $z=-near$)
 - A projeção é proporcionalmente escalonada para ajustar a janela OpenGL.
- Volume de visualização (*vv*)



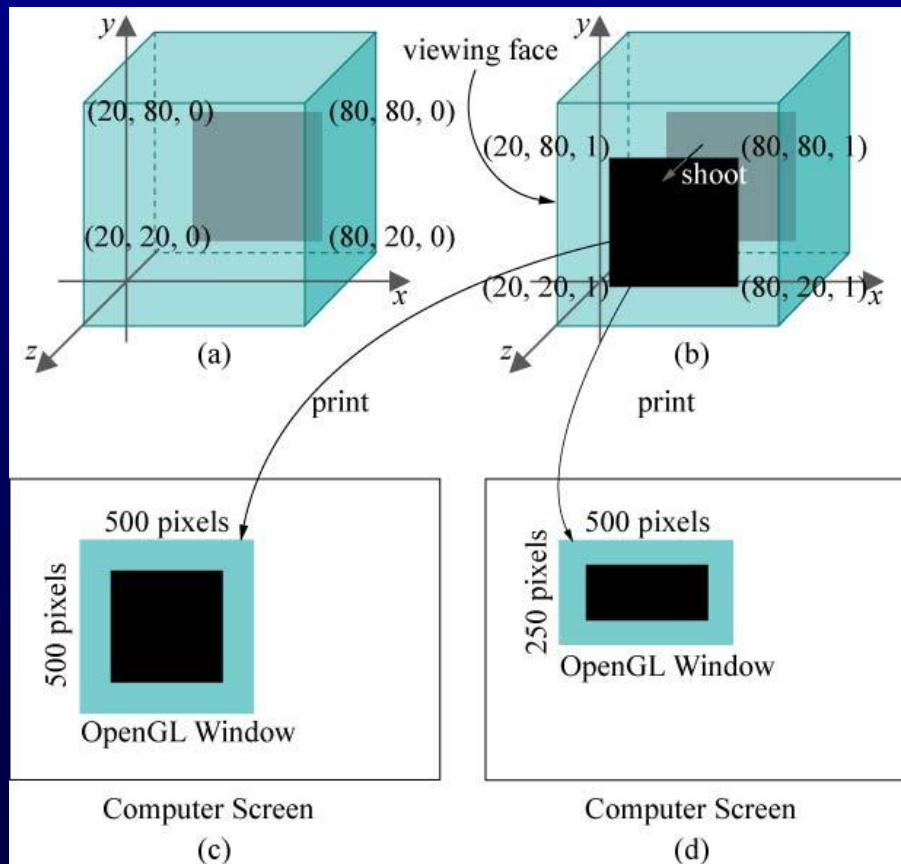
Projeção Ortográfica, Volume de Visualização

- (a) Volume de visualização do programa square.c
- (b) quadrado dentro do vv



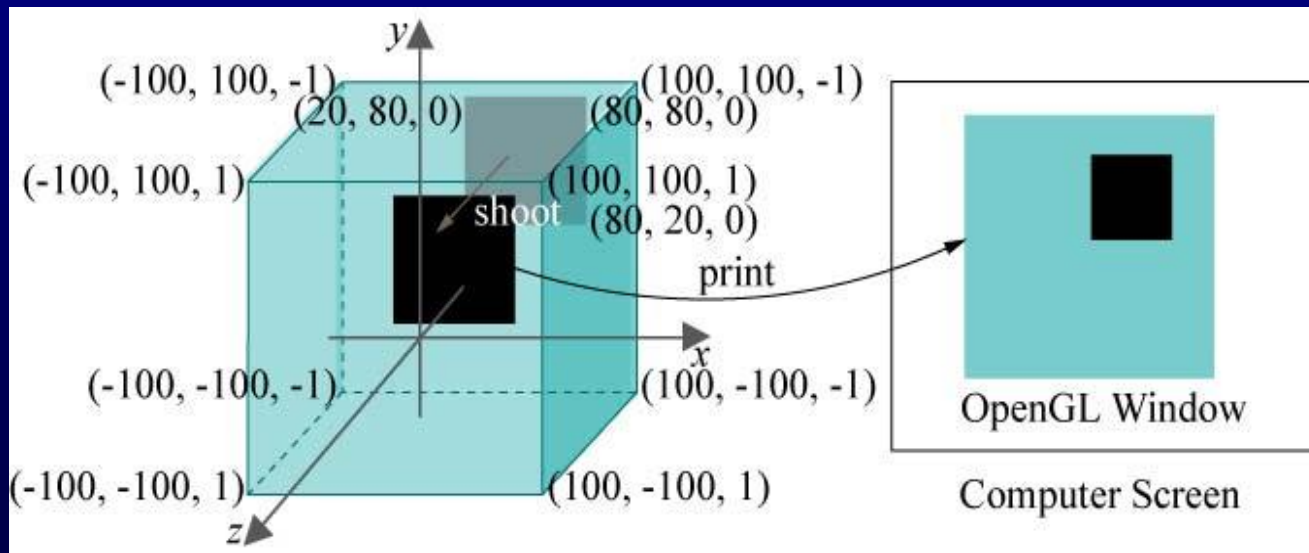
Projeção Ortográfica, Volume de Visualização

- Experimento 2.2.
- (a) `glutInitWindowSize (300,300)`
- (b) `glutInitWindowSize (500,250)` (distorce o quadrado a um retângulo)



Projeção Ortográfica, Volume de Visualização

- Experimento 2.3: Mude o vv fazendo `glOrtho(-100.0,100.0,-100.0,100.0,-1.0,1.0)`, perceba que a localização do quadrado no novo vv é diferente e portanto o resultado da projeção também.

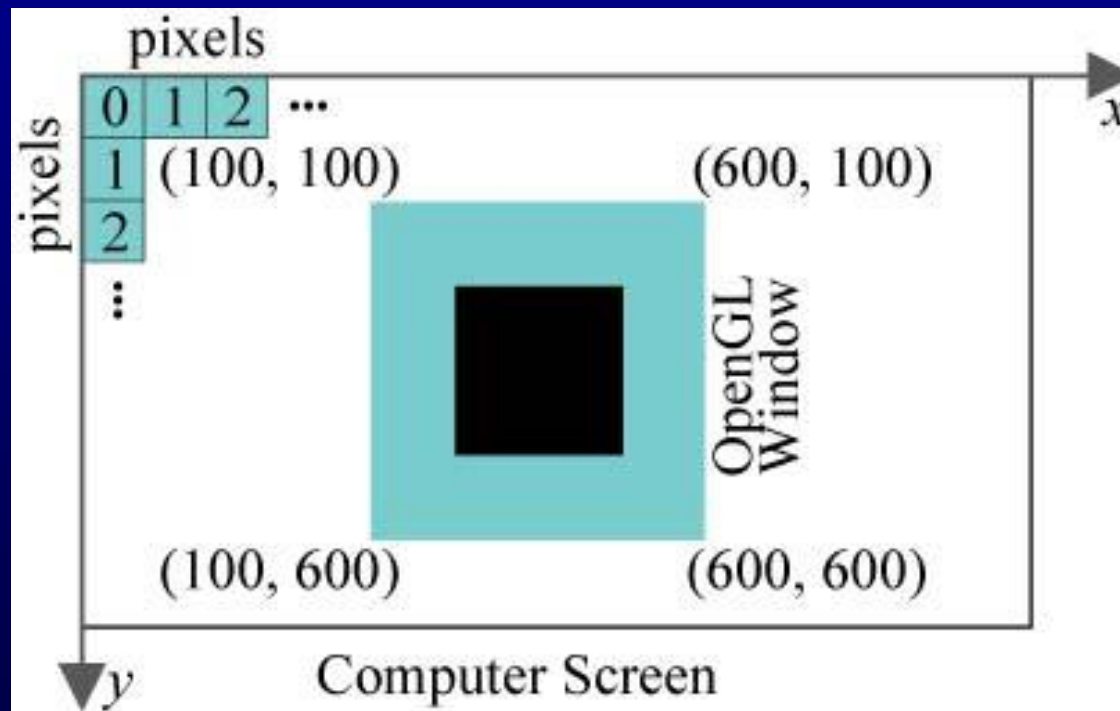


Projeção Ortográfica, Volume de Visualização

- Mude para
 - (a) `glOrtho (0.0,200.0,0.0,200.0,-1.0,1.0)`
 - (b) `glOrtho (20.0,80.0,20.0,80.0,-1.0,1.0)`
 - (c) `glOrtho (0.0,100.0,0.0,100.0,-2.0,5.0)`, em todos os casos tente prever o resultado.
- Altere para
 - `glBegin(GL_POLYGON)`
 - `glVertex3f(20.0,20.0,0.5);`
 - `glVertex3f(80.0,20.0,-0.5);`
 - `glVertex3f(80.0,80.0,0.1);`
 - `glVertex3f(20.0,80.0,0.2);`
 - `glEnd();` o resultado muda?

Janela OpenGL

- Experimento 2.4. Mude os parâmetros de `glutInitWindowPosition(x,y)`



Recorte

- Experimento 2.5: Adicione um outro quadrado

```
glBegin(GL_POLYGON)
```

```
glVertex3f(120.0,120.0,0.0);
```

```
glVertex3f(180.0,120.0,0.0);
```

```
glVertex3f(180.0,180.0,0.0);
```

```
glVertex3f(120.0,180.0,0.0);
```

```
glEnd();
```

Ele é visível ou não? Como pode você deixá-lo visível?

Recorte

Experimento 2.6: Substitua agora o quadrado por um triângulo, assim:

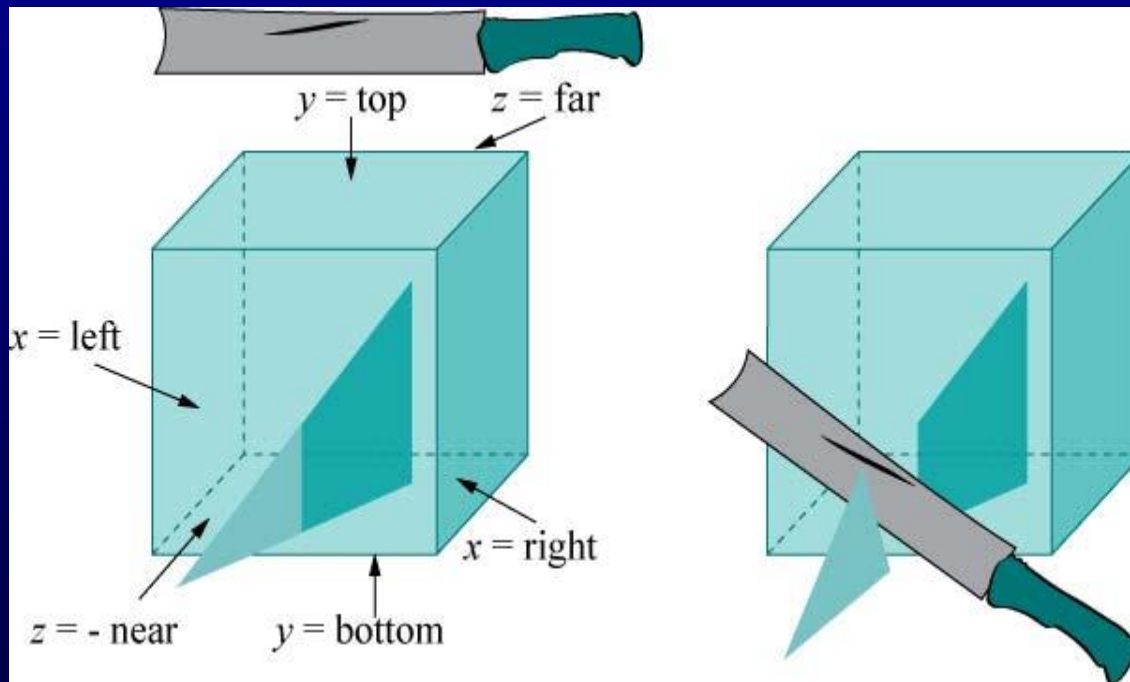
```
glBegin(GL_POLYGON)
    glVertex3f(20.0,20.0,0.0);
    glVertex3f(80.0,20.0,0.0);
    glVertex3f(80.0,80.0,0.0);
glEnd();
```

Então puxe a coordenada z do primeiro vértice mudando-a

- (a) glVertex(20.0,20.0,0.5)
- (b) glVertex(20.0,20.0,1.5)
- (c) glVertex(20.0,20.0,2.5)
- (d) glVertex(20.0,20.0,10.0)

Recorte

- Veja o efeito do recorte



Recorte

- Exercício: Use papel e lapis para deduzir a saída se o trecho de construção do polígono for substituído por

```
glBegin(GL_POLYGON)
```

```
    glVertex3f(-20.0,-20.0,0.0);
```

```
    glVertex3f(80.0,20.0,0.0);
```

```
    glVertex3f(120.0,120.0,0.0);
```

```
    glVertex3f(20.0,80.0,0.0);
```

```
glEnd();
```

Cor

- A cor é especificada pelos três parâmetros do comando `glColor3f(0.0,0.0,0.0)` na rotina `drawScene()`. Cada um deles fornece o valor de uma das componentes primárias: azul, verde e vermelho. Veja a seguinte tabela:

`(0.0,0.0,0.0)` – Preto

`(1.0,0.0,0.0)` – Vermelho

`(0.0,1.0,0.0)` – Verde

`(0.0,0.0,1.0)` – Azul

`(1.0,1.0,0.0)` – Amarelo

`(1.0,0.0,1.0)` – Magenta

`(0.0,1.0,1.0)` – Ciano

`(1.0,1.0,1.0)` - Branco

`glColor3f(1.0,1.0,1.0)`

Equivale

`glColor3i(255,255,255)`

`glColor3f(0.5,0.5,0.5)`

Equivale

`glColor3i(128,128,128)`

Cor

- Geralmente, `glColor3f(red,green,blue)` especifica a cor do primeiro plano, ou a cor do desenho. O valor de cada componente de cor (que deve estar entre 0 e 1) determina sua intensidade. Por exemplo, `glColor3f(1.0,1.0,0.0)` é um amarelo mais brilhante do que `glColor3f(0.5,0.5,0.0)` que é um amarelo mais fraco.
- Exercício: Ambos `glColor3f(0.2,0.2,0.2)` e `glColor3f(0.8,0.8,0.8)` são cinzas, tendo intensidades iguais vermelho, verde e azul. Conjecture qual é o mais escuro dos dois. Verifique mudando a cor de primeiro plano de `square.c`.
- O comando `glClearColor (1.0,1.0,1.0,0.0)` na rotina `setup()` especifica a cor do fundo, o cor de limpeza. No momento devemos ignorar o 4o parâmetro. O comando `glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT)` em `drawScene()` realmente limpa a janela com a cor de fundo especificada, ou seja cada pixel no buffer de cor é setado a aquela cor.

Máquina de estados

- Experimento 2.8: Adicione o comando `glColor3f(1.0,0.0,0.0)` depois do já existente comando `glColor3f(0.0,0.0,0.0)` na rotina de desenho de `square.c` tal que a cor do primeiro plano mude.
- O quadrado é desenhado em vermelho pois o valor corrente da cor de primeiro plano (ou cor do desenho) é vermelha quando cada um dos seus vértices são especificados.
- Cor de desenho pertence a uma coleção de variáveis, chamadas variáveis de estado, as quais determinam o estado de OpenGL. Outras variáveis de estado são: tamanho de ponto, espessura da linha, pontilhado da linha, propriedades de material da superfície, etc. OpenGL permanece e funciona no seu estado corrente até que uma declaração for feita mudando a variável de estado.

Máquina de estados

- Experimento 2.9: Substitua a parte de desenho do polígono de square.c com a seguinte que desenha dois quadrados.

```
glColor3f(1.0,0.0,0.0);
```

```
glBegin(GL_POLYGON)
```

```
    glVertex3f(20.0,20.0,0.0);
```

```
    glVertex3f(80.0,20.0,0.0);
```

```
    glVertex3f(80.0,80.0,0.0);
```

```
    glVertex3f(20.0,80.0,0.0);
```

```
glEnd();
```

```
glColor3f(0.0,1.0,0.0);
```

```
glBegin(GL_POLYGON)
```

```
    glVertex3f(40.0,40.0,0.0);
```

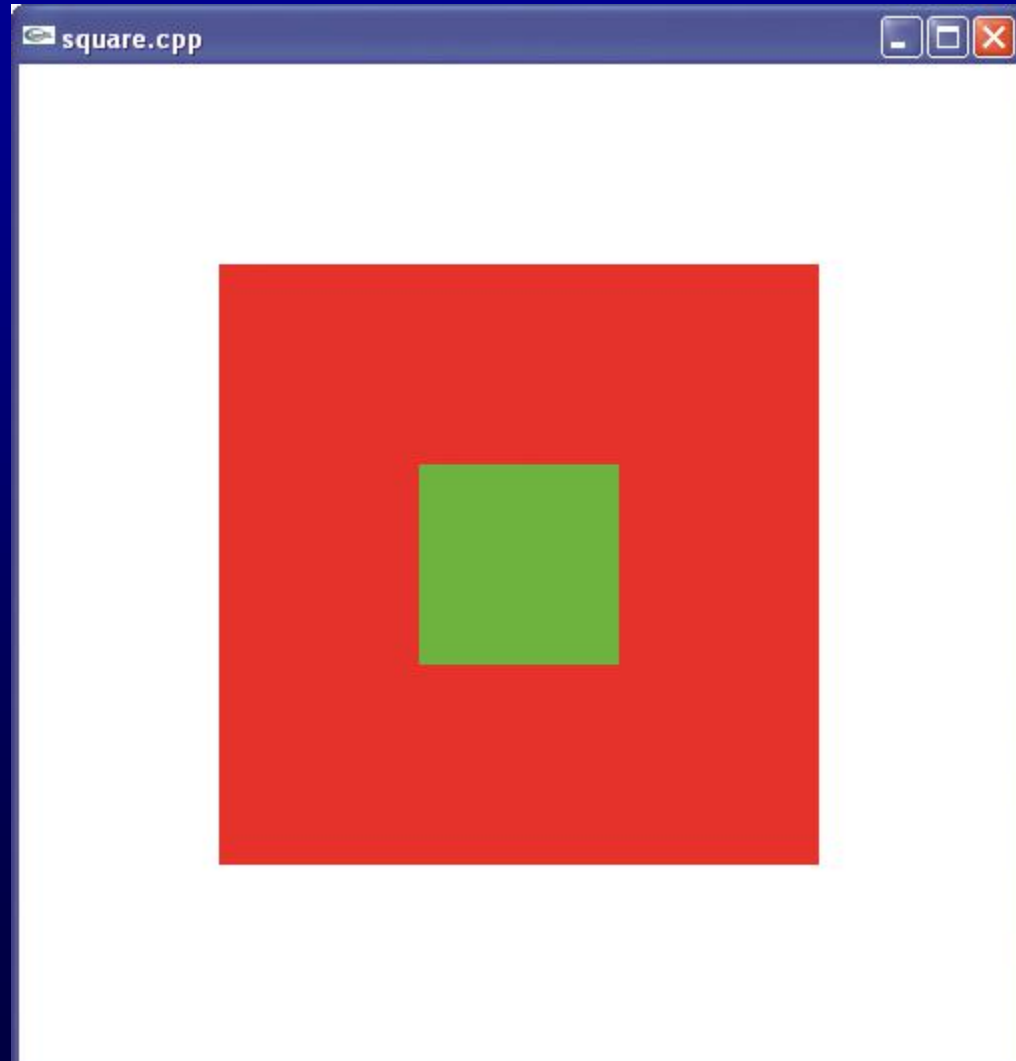
```
    glVertex3f(60.0,40.0,0.0);
```

```
    glVertex3f(60.0,60.0,0.0);
```

```
    glVertex3f(40.0,60.0,0.0);
```

```
glEnd();
```

Máquina de estados



Máquina de estados

- Mude a ordem no qual os quadrados aparecem cortando os sete comandos que especificam o quadrado vermelho e colando-os depois dos que desenham o quadrado verde. O quadrado verde é sobrescrito pelo vermelho porque OpenGL desenha na ordem do código.