OpenGL (2º Parte)

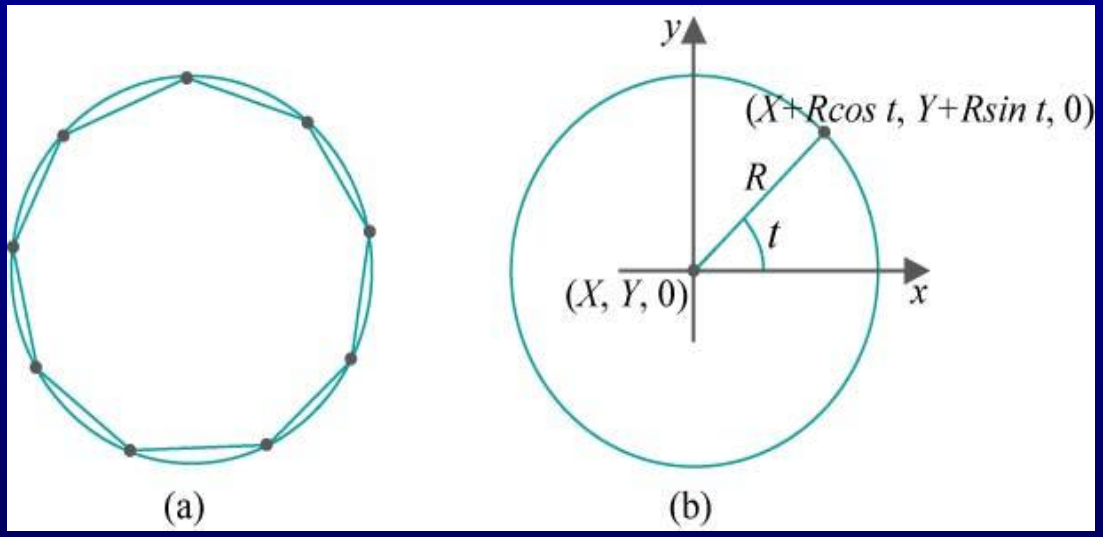
Professora: **Mercedes Gonzales Márquez**

Objetos curvos aproximados

Até aqui temos visto que as primitivas geométricas do OpenGL são pontos, segmentos de retas e figuras planas como triângulos, quadriláteros e polígonos. Como, então, desenhar objetos como discos, elipses, espirais, etc. A resposta é, aproximando-os com primitivas retas e planas de forma tão suficiente que o observador não note a diferença.

Experimento 2.20: Compile e rode o programa circle.cpp. Incremente o número de vértices do “loop” pressionando “+” até que este se torne um circulo. Pressione “-” para decrementar o número de vértices.

Objetos curvos aproximados



A equação paramétrica do circulo implementado é:

x=X+Rcost, y=Y+Rsint, z=0, 0<=t<=2pi

Onde (X,Y,0) é o centro e R é o raio do círculo.

Objetos curvos aproximados

- Explicando a implementação da equação do círculo

- Suponha N=4t=2*PI*i/N
- Para i=0 => t= 2*PI*0/4 = 0 = 0
- Para i=1 => t=2*PI*1/4 = PI/2 = 90
- Para i=2 => t=2*PI*2/4 = PI = 180
- Para i=3 => t=2*PI*3/4 = 3*PI/2 = 270

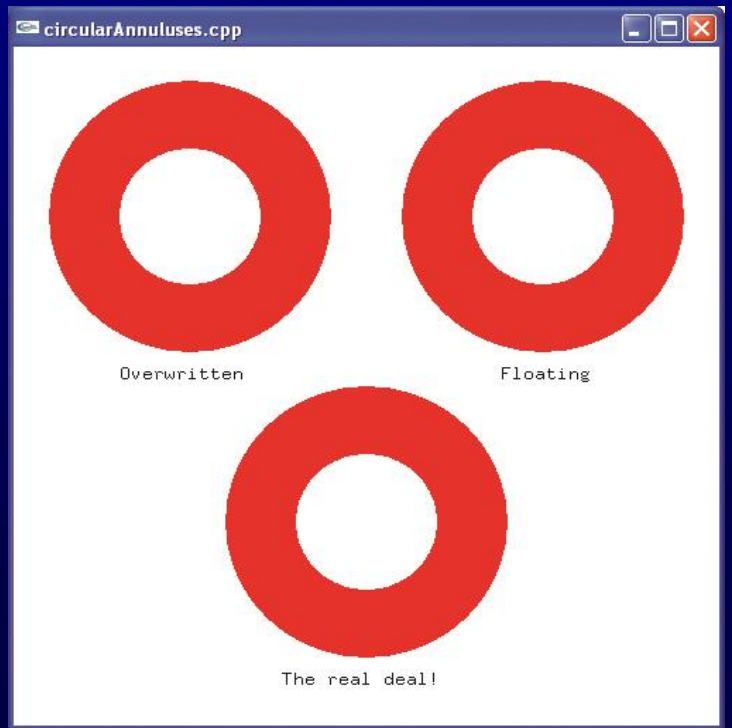
Objetos curvos aproximados

O programa também mostra uma interação via teclado. A rotina keyInput() é registrada como uma rotina de tratamento de teclado em main() pelo comando glutKeyboardFunc(keyInput).

Perceba também as chamadas a glutPostRedisplay() em keyInput() pedindo que o display seja redesenhado depois de cada atualização de numVertices.

Buffer de profundidade

Experimento 2.22: Rode o programa circularAnnuluses.cpp. Três aneis circulares de idêntica aparência são desenhados em três formas diferentes.



Buffer de profundidade

(a) Superior esquerdo: Não há um furo real. O disco branco sobre escreve o disco vermelho em

```
glColor3f (1.0,0.0,0.0);
drawDisc(20.0,25.0,75.0,0.0);
glColor3f (1.0,1.0,1.0);
drawDisc(10.0,25.0,75.0,0.0);
```

O primeiro parâmetro de drawDisc() é o raio e os outros três, as coordenadas do centro.

Buffer de profundidade

(b) Superior direito: Não há um furo real, também. O disco branco é desenhado mais perto ao observador do que o disco vermelho, bloqueando-o na região central.

```
glEnable(GL_DEPTH_TEST);
glColor3f (1.0,0.0,0.0);
drawDisc(20.0,75.0,75.0,0.0);
glColor3f (1.0,1.0,1.0);
drawDisc(10.0,75.0,75.0,0.5);
glDisable(GL_DEPTH_TEST);
```

Veja que o valor z do centro do disco branco é maior que o do disco vermelho.

Buffer de profundidade

(c) Inferior: Um verdadeiro anel circular com um furo real

```
if (isWire) glPolygonMode(GL_FRONT,GL_LINE);
else glPolygonMode(GL_FRONT,GL_FILL);
glColor3f(1.0,0.0,0.0);
glBegin(GL_TRIANGLE_STRIP);
…
glEnd();
```

Pressione a barra de espaço para ver o modo wireframe.

```
olygonMode(GL_FRONT,GL_LINE);
```

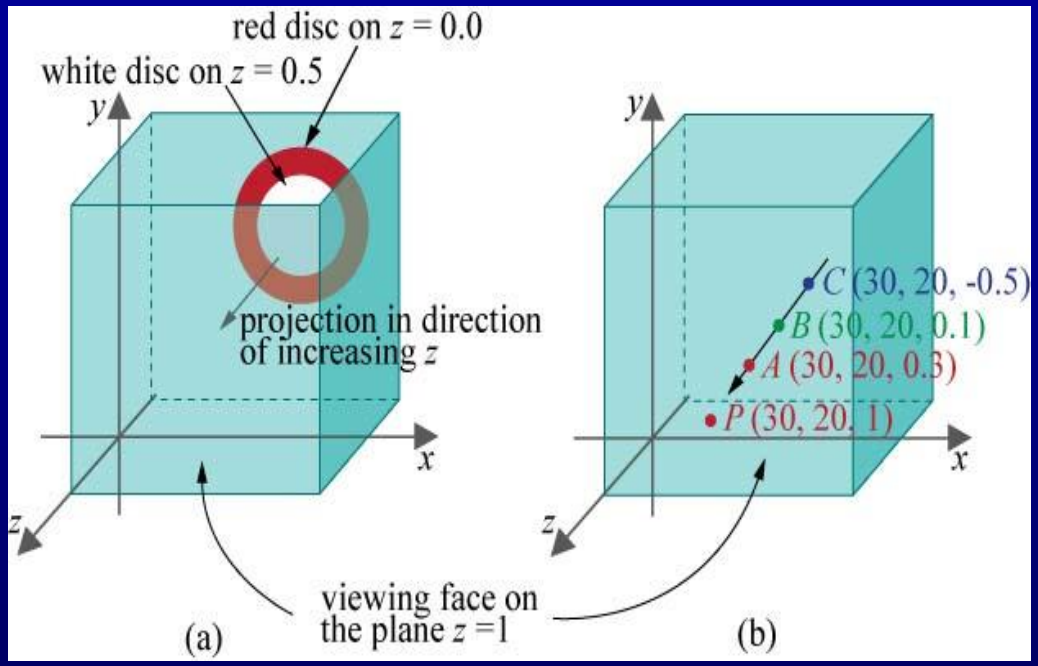
Buffer de profundidade

Exercício: Troque a ordem de desenho dos discos vermelho e branco nos anéis da parte superior. Qual dos dois é afetado e por quê?

O buffer de profundidade faz com que OpenGL elimine partes dos objetos que são ocluídos por outros.

Um ponto de um objeto não é desenhado se sua projeção na face de visualização é obstruída por outro objeto. Esse processo é chamado de remoção de superfícies escondidas ou teste de profundidade ou determinação de visibilidade.

Buffer de profundidade



Os três pontos A,B e C, coloridos de vermelho, verde e azul, respectivamente, compartilham os mesmos valores x e y e todos são projetados ao ponto P na face de visualização. Já que A tem a coordenada z maior que os outros dois, então P é desenhado vermelho.

Buffer de profundidade

Note o uso de três comandos:

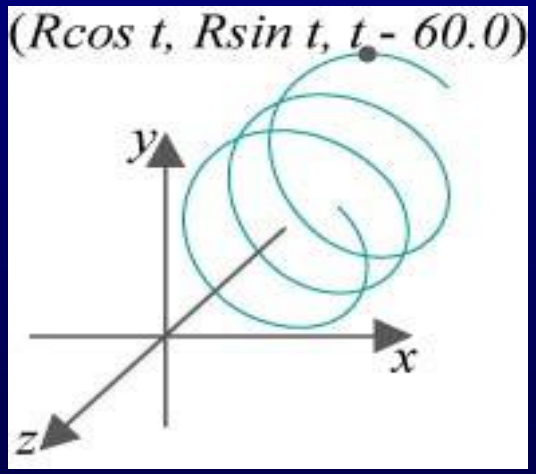
(a) O parâmetro GL_DEPTH_BUFFER_BIT do comando glClear para limpar o buffer.

(b)O comando glEnable(GL_DEPTH_TEST) para habilitar o buffer.

(c) O parâmetro GL_DEPTH do comando glutInitDisplayMode, para inicializar o buffer.

Projeção Perspectiva

Veja o programa helix.cpp que usa as equações paramétricas x=Rcost, y=Rsint, z=t-60.0, -10pi<=t<=10pi.

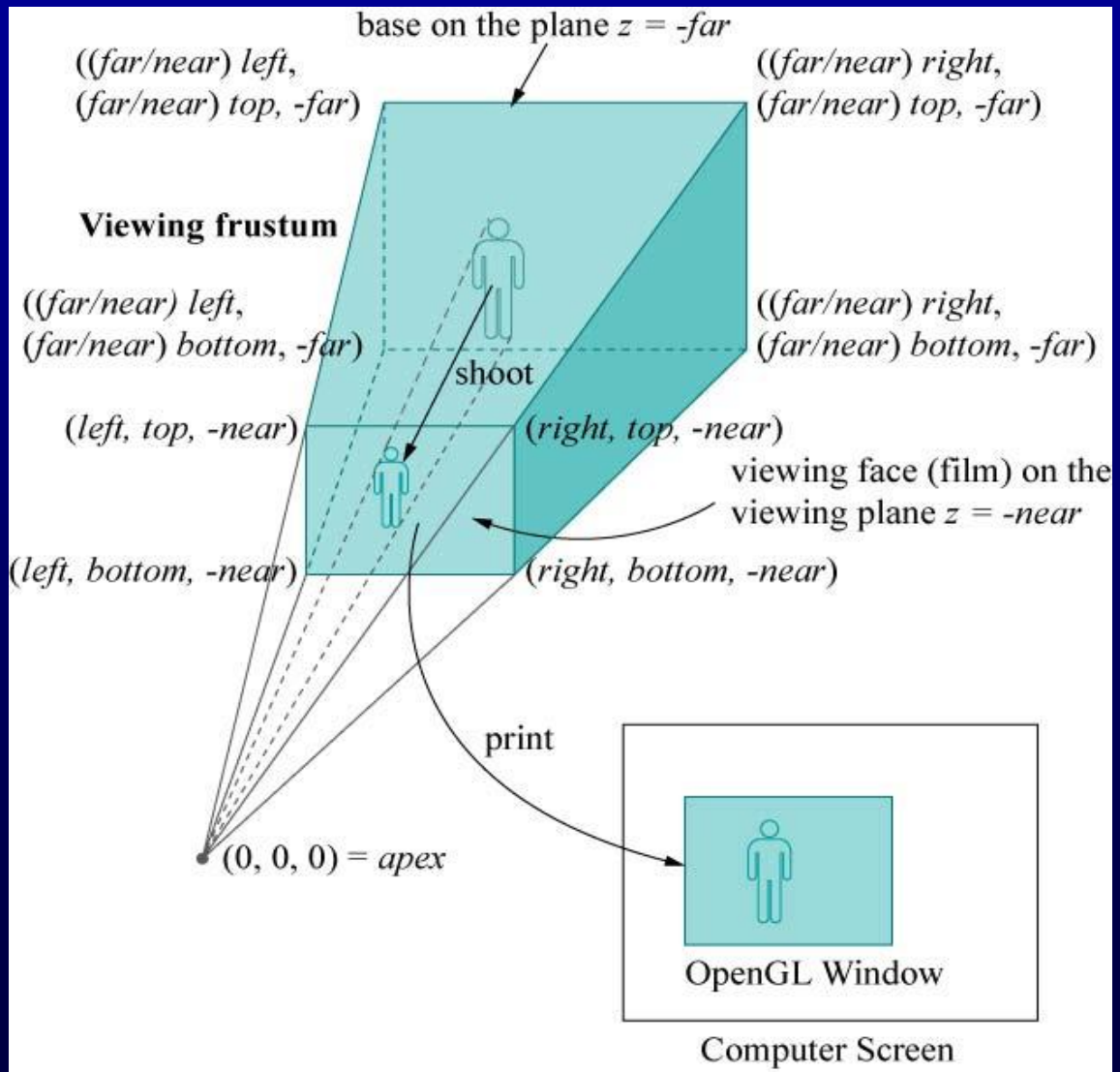


Projeção Perspectiva

- Experimento 2.23: Rode o programa helix.cpp e veja que apenas um círculo é visualizado. A razão é que a projeção ortográfica sobre a face de visualização aplana a hélice e por essa característica, a projeção ortográfica muitas vezes não é adequada para cenas 3D.
- OpenGL fornece outro tipo de projeção chamada projeção perspectiva, mais apropriada para aplicações 3D.

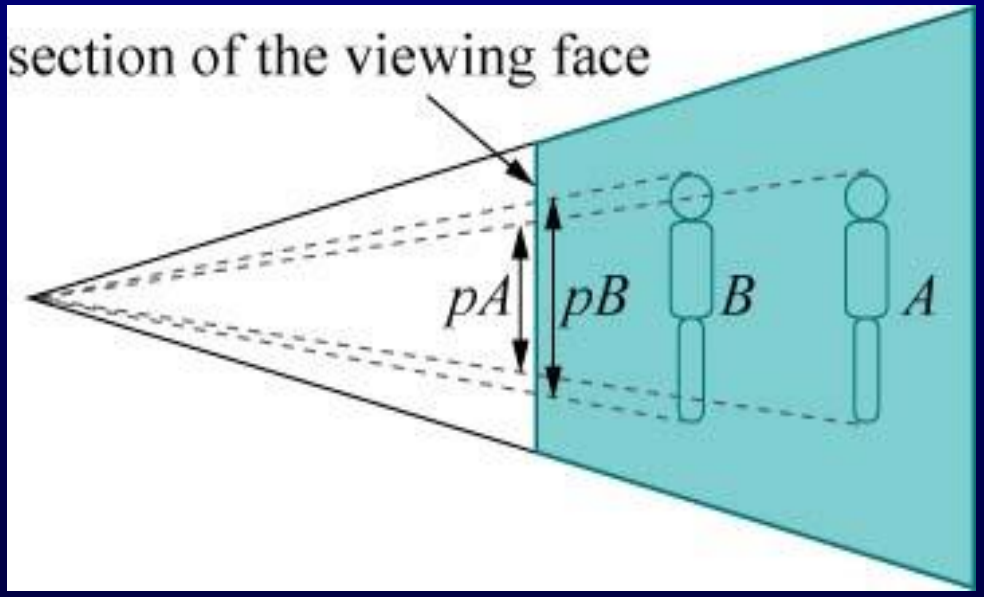
No lugar de uma caixa de visualização, glFrustum(left,right,bottom,top,near,far) configura uma pirâmide truncada cujo topo foi cortado por um plano paralelo a sua base. Right e top devem ser positivos, e left e bottom seus correspondentes negativos. Near e far devem ser positivos e near<far.

Projeção Perspectiva



Projeção Perspectiva

Projeção perspectiva causa encurtamento porque os objetos mais afastados do ápice, aparecem menores. Observe a figura,+ onde A e B são da mesma altura, mas a projeção pA é menor que a projeção pB.



Projeção Perspectiva

Experimento 2.24: No programa helix.cpp, substitua a projeção ortográfica pela projeção perspectiva fazendo

glFrustum(-5.0,5.0,-5.0,5.0,5.0,100.0)

Você pode ver agora uma espiral real!

Projeção perspectiva é mais realística que projeção ortográfica porque ela imita a forma que as imagens são formadas na retina do olho pelos raios de luz viajando em direção a um ponto fixo

Projeção Perspectiva

Exercícios: Desenhe uma curva senoidal entre x=-2*pi e x=2*pi. Siga a estratégia do programa circle.cpp.

Equação paramêtrica (x,y)=(t,sen t)

Equação explícita y=sen x;

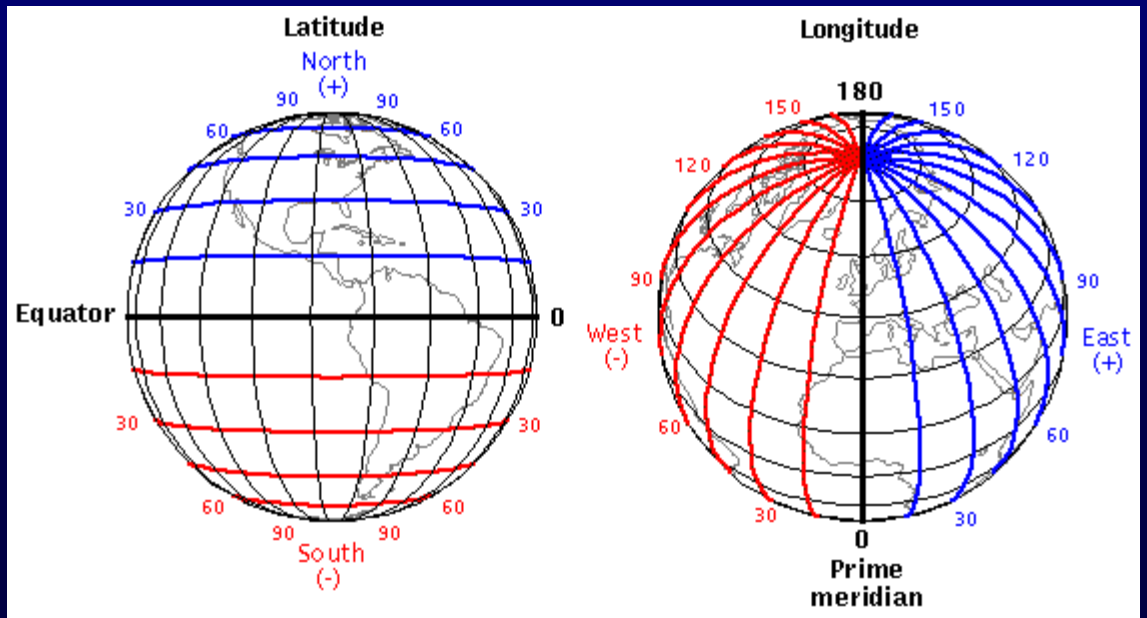
Resolva a lista de exercícios no site da disciplina.

Aproximando Objetos Bi-dimensionais

Uma circunferência ou uma hélice são objetos unidimensionais pois são topologicamente equivalentes a uma linha. Agora veremos como aproximar objetos bi-dimensionais como uma esfera ou um cilindro.

A representação paramétrica de uma esfera segue o modelo de coordenadas geográficas do globo terrestre (latitude e longitude).

https://www.geogebra.org/m/HJs4kEtb



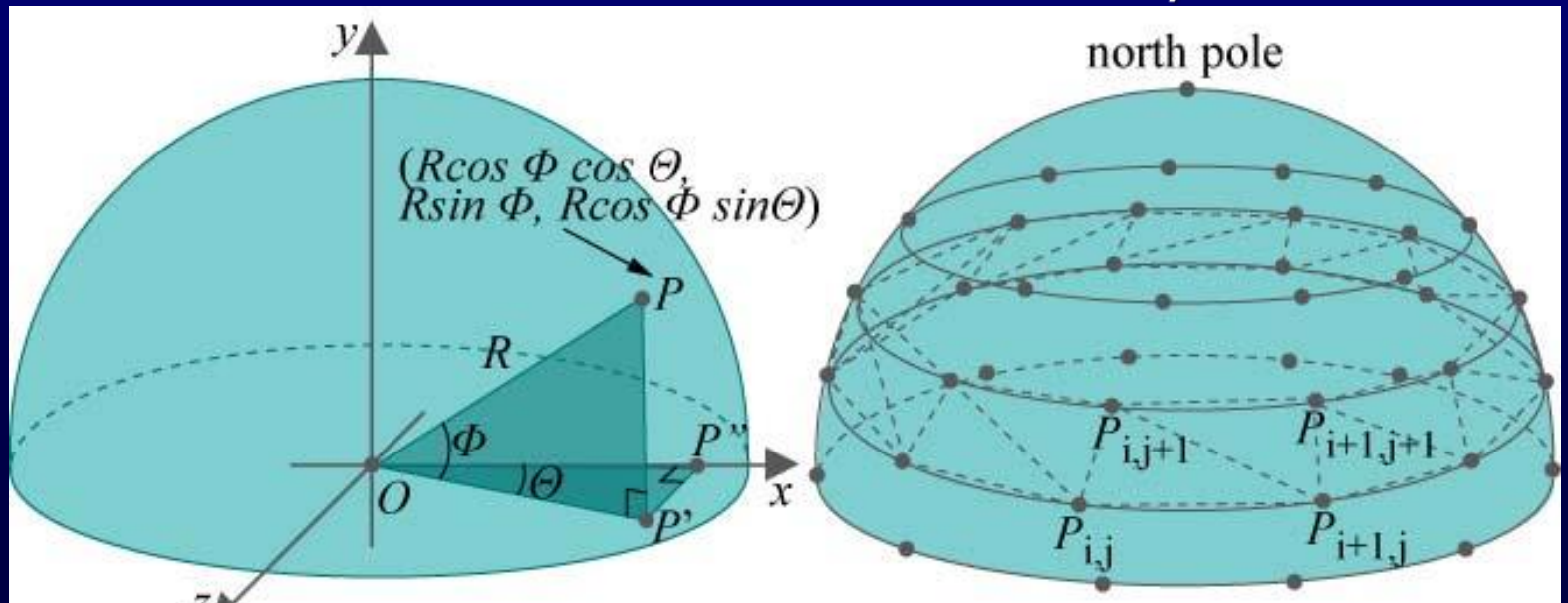
Aproximando Objetos Bi-dimensionais

Considere um hemisfério de raio R, centralizado na origem O e com sua base circular sobre o plano xz. Suponha que as coordenadas esféricas de um ponto P sobre o hemisfério são a longitude theta e a latitude phi.

As coordenadas cartesianas são:

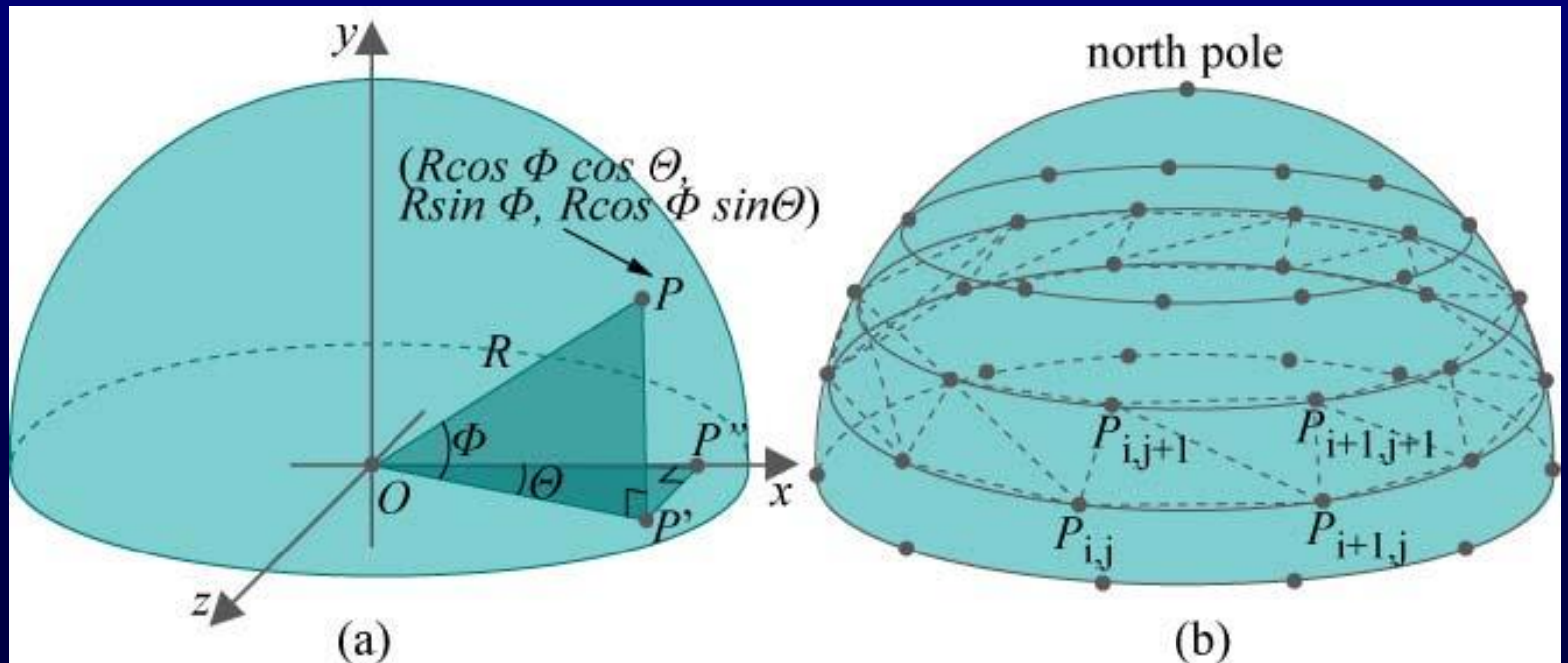
$$(RCos\emptyset Cos\theta, RSin\emptyset, RCos\emptyset Sin\theta),$$

$$0 \leq \theta \leq 2\pi \; e \; 0 \leq \emptyset \leq \pi/2$$



Aproximando Objetos Bi-dimensionais

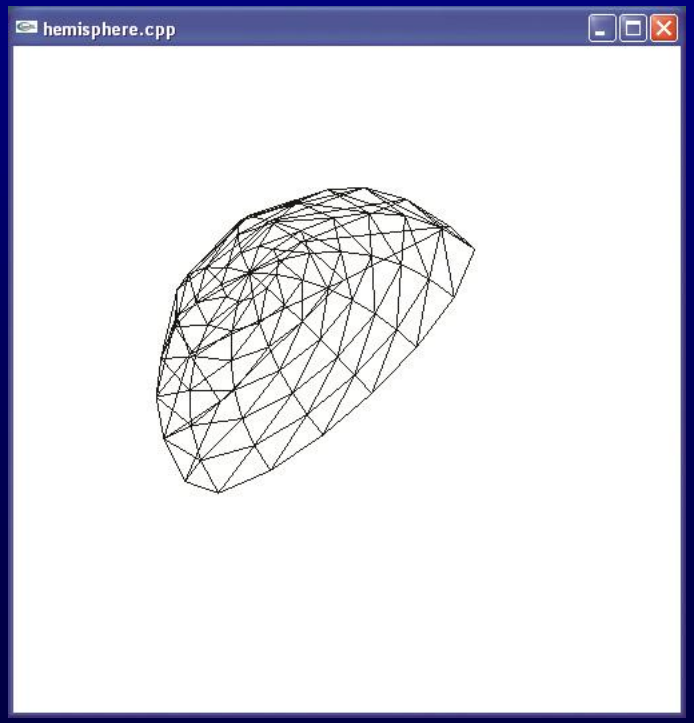
Amostramos o hemisfério em uma malha de (p+1)(q+1) pontos Pij, 0<=i<=p, 0<=j<=q, onde a longitude de Pij é (i/p)*2PI e sua latitude (j/q)*PI/2. Em outros palavras (p+1) pontos longitudinalmente igualmente espaçados são escolhidos entre cada uma das q+1 latitudes igualmente espaçadas. Na figura p=10 e q=4.



Aproximando Objetos Bi-dimensionais

Experimento 2.26. Rode hemisphere.cpp que implementa exatamente a estratégia descrita.

Experimento 2.27.



Aproximando Objetos Bi-dimensionais

even now as the syntax is fairly intuitive. The set of three `glRotatef()`s, particularly, comes in handy to re-align a scene.

Exercise 2.31. (Programming) Modify `hemisphere.cpp` to draw:

(a) the bottom half of a hemisphere (Figure 2.35(a)).

(b) a 30° slice of a hemisphere (Figure 2.35(b)).

Make sure the 'P/p/Q/q' keys still work.

Exercise 2.32. (Programming) Just to get you thinking about animation, which we'll be studying in depth soon enough, guess the effect of replacing `glTranslatef(0.0, 0.0, -10.0)` with `glTranslatef(0.0, 0.0, -20.0)` in `hemisphere.cpp`. Verify.

And, here are some more things to draw.

Exercise 2.33. (Programming) Draw the objects shown in Figure 2.36. Give the user an option to toggle between filled and wireframe renderings.

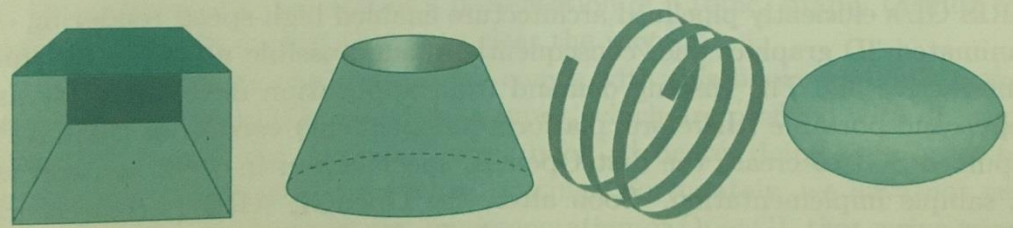


Figure 2.36: More things to draw.

A suggestion for the football, or ellipsoid, is to modify `hemisphere.cpp` to make half of an ellipsoid (a hemi-ellipsoid?). Two hemi-ellipsoids back to back would then give a whole ellipsoid.

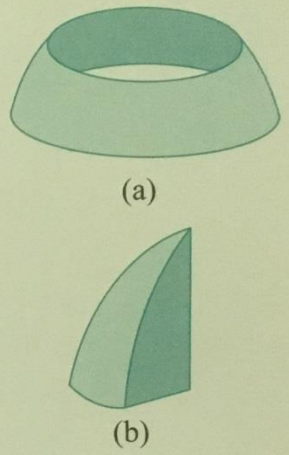


Figure 2.35: (a) Half a hemisphere (b) Slice of a hemisphere.

Listas

- Em OpenGL os dados podem ser conservados em uma lista da exposição para uso corrente ou serem usados mais tarde. (Como alternativa ao modo de processamento imediato).
- Quando uma lista da exposição é executada, os dados retidos são enviados da lista apenas como se fossem enviados pela aplicação no modo imediato.

OpenGL - Listas

- As listas de exibição aperfeiçoam o desempenho de aplicações OpenGL.
- As listas de exibição são indicadas para: Operações complexas com matrizes, luzes, propriedades de materiais e modelos de iluminação complexos, texturas.
- Por exemplo o comando glRotate * () poderia mostrar uma significante melhoria de performance se estivesse em uma lista de exibição, uma vez que os cálculos para produzir a matriz de rotação não são triviais.

OpenGL - Listas

- GLuint glGenLists(GLsizei range);

Este comando retorna um inteiro que inicia um bloco de tamanho range de índices de lista de display disponíveis.

OpenGL - Listas

- void glNewList (GLuint lista, GLenum modo);

Especifica o início de uma lista de display. As rotinas OpenGL chamadas subsequentemente (enquanto o comando glEndList() não for executado) são armazenados na lista de display. O parâmetro lista é um inteiro positivo maior que zero, que identifica unicamente a lista de display. Os possíveis valores para modo são GL_COMPILE e GL_COMPILE_AND_EXECUTE.

OpenGL - Listas

- void glEndList (void);

Marca o final de uma lista de exibição. Após a lista ter sido criada a mesma poderá ser executada através do comando glCallList().

- void glCallList (GLuint list);

Esta rotina executa a lista de exibição especificada pelo parâmetro. Os comandos na lista de execução são então executados na ordem que foram salvos.

OpenGL - Listas

- void glEndList (void);

Marca o final de uma lista de exibição. Após a lista ter sido criada a mesma poderá ser executada através do comando glCallList().

- void glCallList (GLuint list);

Esta rotina executa a lista de exibição especificada pelo parâmetro. Os comandos na lista de execução são então executados na ordem que foram salvos.

Veja Experimento 3.6.

Exercício : Faça um anel de círculos concêntricos de múltiplas cores no plano xy usando listas. Use o fator de escala u, assim glScale (u,u,1.0);

OpenGL - Fontes

- Texto gráfico pode ser de dois tipos: bitmapped (ou raster) e stroke (ou vetorial).
- Veja o experimento 3.8.

- Exercício: Escreva os textos do programa circularAnnuluses.cpp no centro de cada anel (você pode precisar dividir os textos em mais de uma linha).

OpenGL - Mouse

- Botões do mouse podem ser programados para responder a cliques e ao movimento do mesmo.

- Veja o experimento 3.9 e 3.10.
- Veja um programa em C na página da disciplina.

- Exercício: Escreva um programa para desenhar um círculo depois de dois cliques do mouse. O primeiro clique será para a origem do círculo e o segundo clique para definirmos o raio.
- Exercício: Melhore o programa anterior para permitir que usuário veja o círculo mudando à medida que ele arrasta o segundo ponto.

OpenGL – Teclas Não ASCII

- Veja o experimento 3.11.

OpenGL - Menus

- Veja o experimento 3.12.
- Exercício: Melhore o programa menus.cpp para adicionar mais dois itens ao topo do menu:

  Modo: Aramado ou preenchido

  Tamanho com as opções: Largura e altura, os quais tem subopções Pequeno, médio e grande.

OpenGL – Linhas Pontilhadas

- Veja o experimento 3.13.
- Exercícios: Aplicar as diferentes linhas pontilhadas ao círculo no programa circle.cpp.