Computação Gráfica e Interfaces

2016-2017

Fernando Birra

Modelos e Arquiteturas

2016-2017

Fernando Birra

Objetivos

- Princípios de desenho de sistemas gráficos
- Introdução à arquitetura em pipeline
- Examinar as componentes dum sistema gráfico

Síntese de Imagens (revisita)

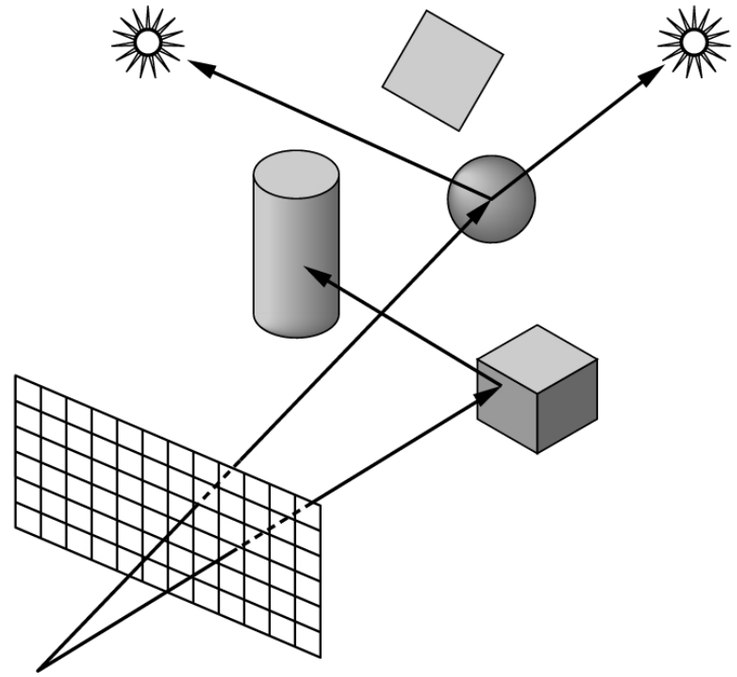
- Podemos usar o modelo da câmara sintética para servir de guia ao desenho de hardware/software?

- A interface de programação de aplicações (API) apenas necessita permitir a especificação de:
  - Objetos
  - Materiais
  - Câmara (observador)
  - Luzes

- Mas como se implementa o sistema?

Abordagem Física

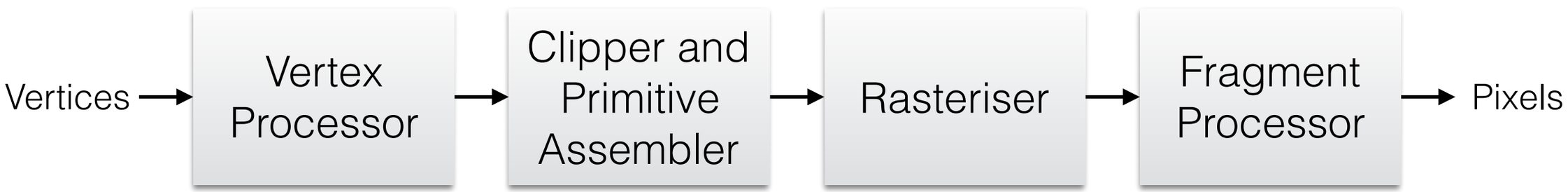
- **Ray tracing**: Seguir o percurso dos raios de luz partindo do centro de projeção até que sejam absorvidos ou se percam no espaço



  - Permite reproduzir efeitos globais:
    - Reflexões múltiplas
    - Objetos translúcidos
    - Sombras
  - Lento
  - Requer o conhecimento de toda a cena, a cada momento
- **Radiosidade**: método baseado nas transferências de energia entre os objetos presentes na cena
  - Muito lento

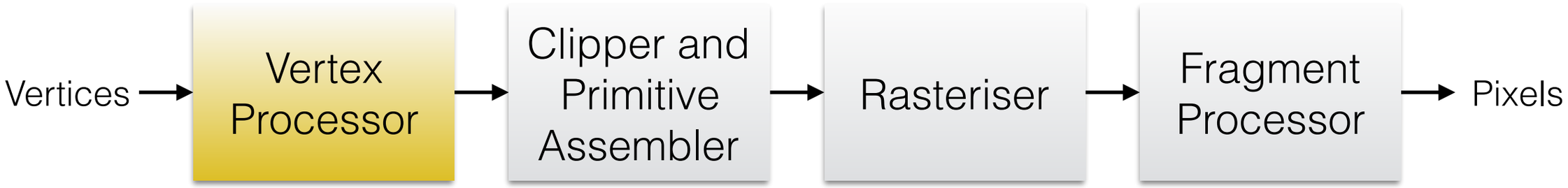
Abordagem Prática

- Processar os objetos isoladamente, na ordem pela qual são gerados pela aplicação
  - Apenas se podem considerar fenómenos locais de iluminação
- Arquitetura em pipeline



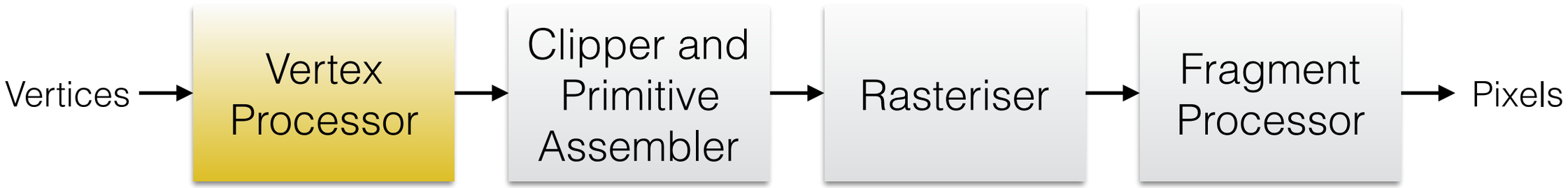
- Todas as fases podem ser implementadas no hardware gráfico (GPU)

Processamento de Vértices



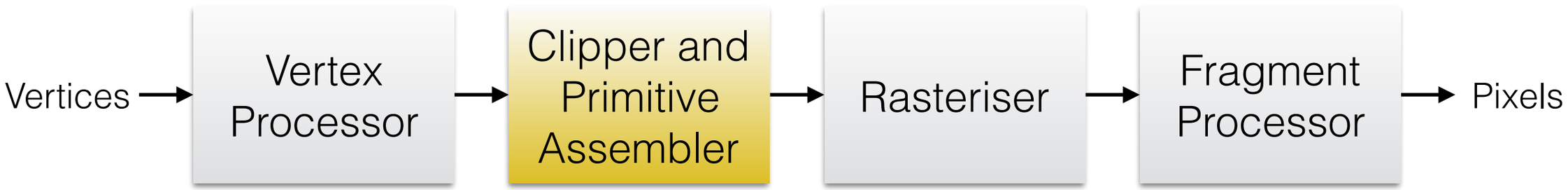
- Uma grande parte do trabalho no pipeline gráfico consiste em efetuar mudanças entre sistemas de coordenadas:
  - Coordenadas dos pontos em referenciais próprios dos objetos
  - Coordenadas no referencial da câmara
  - Coordenadas no referencial do ecrã
- Cada mudança de referencial equivale a uma operação matricial (mudança de base)
- O processamento de vértices também inclui a transformação de atributos (p.ex. cor), associados pela aplicação a cada vértice, em valores que irão variar durante o varrimento dos pixels gerados para as primitivas gráficas (triângulos na sua grande maioria)

Projeção



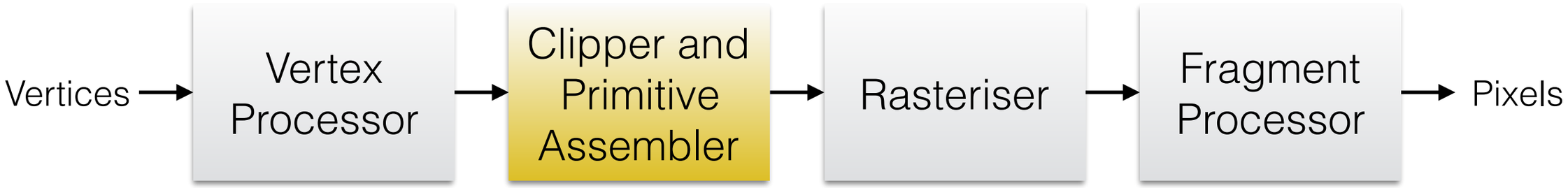
- A projeção permite combinar os objetos 3D e as características 3D do observador numa imagem 2D
  - Projeção perspetiva: as linhas projetantes encontram-se no centro de projeção (ponto)
  - Projeção paralela: as linhas projetantes são paralelas entre si (direção)
- A projeção é também realizada através duma operação matricial (multiplicação por uma matriz de projeção)

Primitive Assembly



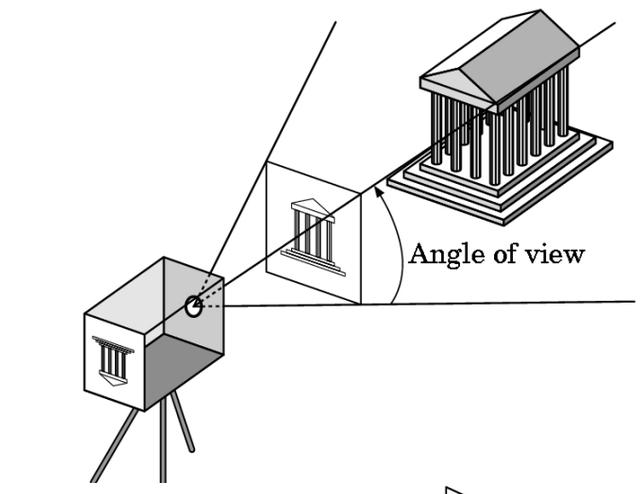
- Os vértices submetidos ao pipeline são agrupados para a formação das primitivas, antes que se possa proceder ao seu varrimento (geração dos pixels que as constituem) e recorte (clipping):
  - segmentos de reta
  - polígonos (apenas triângulos em WebGL)
  - Linhas Curvas
  - Superfícies Curvas

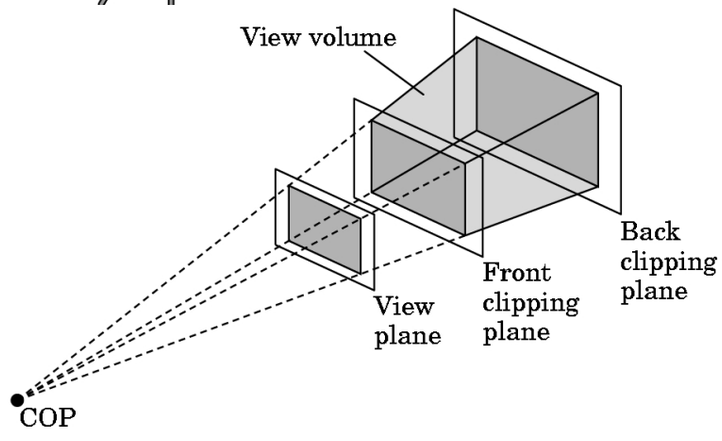
Recorte



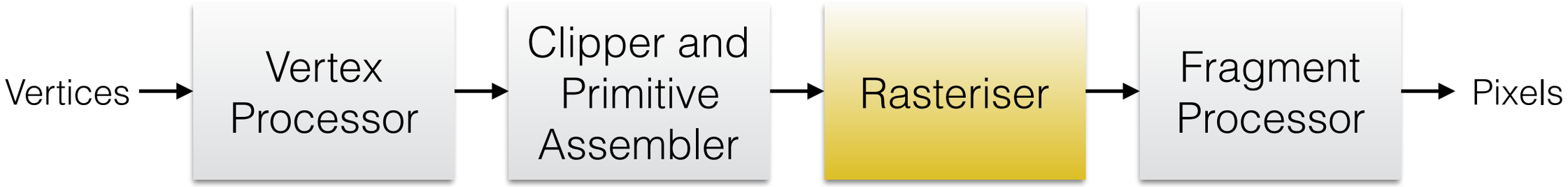
- Uma câmara, quer seja real ou virtual, apenas consegue "ver" parte do mundo:

- Os objetos que não estão dentro dessa mesma parte visível são recortados (total ou parcialmente)





Conversão por varrimento



- Se um objeto não for recortado na sua totalidade (descartado), os pixels correspondentes no *frame buffer* terão que ser gerados

- Um *rasteriser* produz um conjunto de fragmentos (potenciais pixels no final do pipeline) para cada objeto

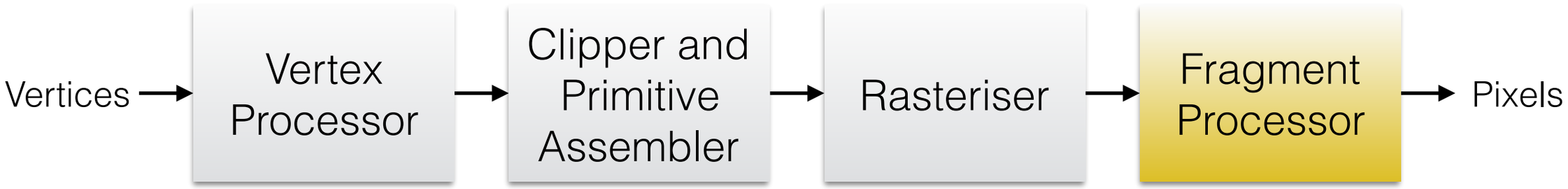
- Sendo potenciais pixels, os fragmentos possuem:

  - localização no *frame buffer (coordenadas x e y)*

  - atributos de cor e profundidade (coordenada z)

- Os atributos associados aos vértices poderão ser propagados para os fragmentos e interpolados sobre os objetos pelo módulo de varrimento.

Processamento de Fragmentos



- Os fragmentos são processados para determinar a cor final do pixel correspondente no *frame buffer*

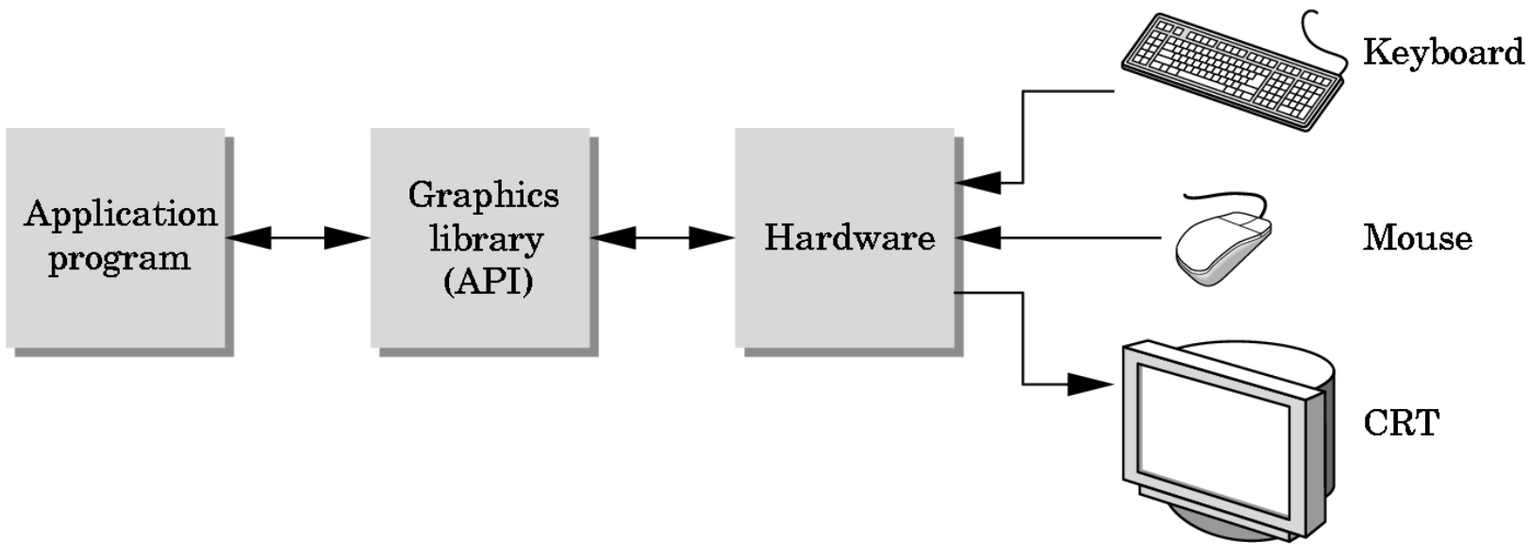
- As cores podem ser determinadas por mapeamento de texturas ou por interpolação de valores de atributos nos vértices

- Os fragmentos poderão ser “bloqueados” por outros mais perto da câmara

  - Remoção de Superfícies Ocultas (**H**idden **S**urface **R**emoval)

A API

- O programador “vê” o sistema gráfico através da interface exposta ao nível do software (**A**pplication **P**rogrammer **I**nterface)



Conteúdo da API

- Funções para especificar os componentes que permitem sintetizar a imagem:
  - objetos
  - observador
  - fontes de luz
  - materiais
- Outros:
  - Input dos dispositivos (mouse, teclado)
  - Capacidades do sistema

Primitivas Gráficas

- A maior parte das APIs gráficas suportam um reduzido número de primitivas gráficas:
  - Pontos (objetos 0D)
  - Segmentos de reta (objetos 1D)
  - Polígonos (objetos 2D)
  - Linhas e superfícies curvas
- Todas as primitivas são definidas através de pontos no espaço - vértices

Exemplo (deprecado)

Início da construção duma primitiva

Tipo de primitiva

```
glBegin(GL_POLYGON);
    glVertex3f(0.0, 0.0, 0.0);
    glVertex3f(0.0, 1.0, 0.0);
    glVertex3f(0.0, 0.0, 1.0)
glEnd();
```

Fim da especificação da primitiva

Localização dum vértice

Exemplo (GPU)

- Colocar os valores associados aos vértices (normalmente incluindo as coordenadas) num vetor

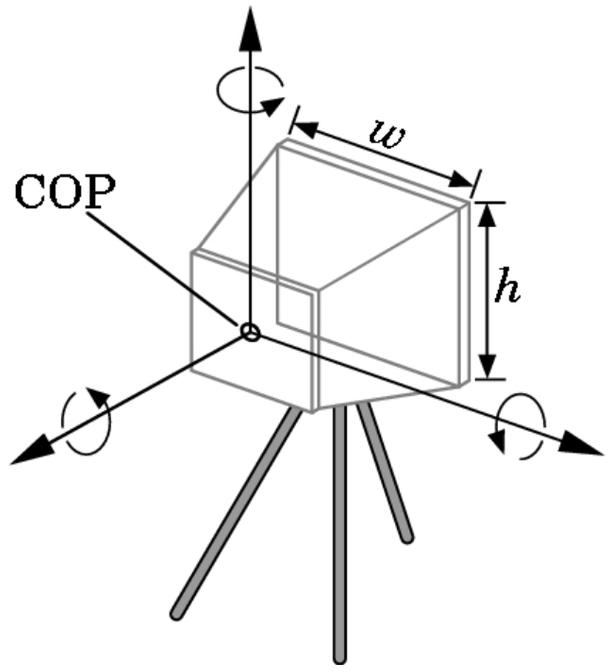
```
var points = [
    vec3(0.0, 0.0, 0.0),
    vec3(0.0, 1.0, 0.0),
    vec3(0.0, 0.0, 1.0)
];
```

- Enviar o vetor para o GPU

- Pedir ao GPU para desenhar usando o tipo de primitiva pretendida (pontos, linhas, triângulos, etc.)

Especificação da câmara

- 6 graus de liberdade para a posição+orientação
  - posição do centro da lente (**C**enter **O**f **P**rojection)
  - Orientação (vetor 3D)
- Graus de liberdade adicionais
  - Lente (distância focal)
  - Tamanho do filme/sensor (w x h)
  - Orientação do plano do filme/sensor (perpendicular/oblíquo)



Especificação de Materiais e Luzes

- Características das luzes:
  - fontes de luz pontual (*point* source) vs. áreas luminosas (*distributed light sources*)
  - próximas vs distantes
  - cor
- Propriedades dos materiais
  - absorção - cor do material
  - reflexão - a forma como a luz incidente é refletida/espalhada
    - difusa
    - especular