

Computação gráfica

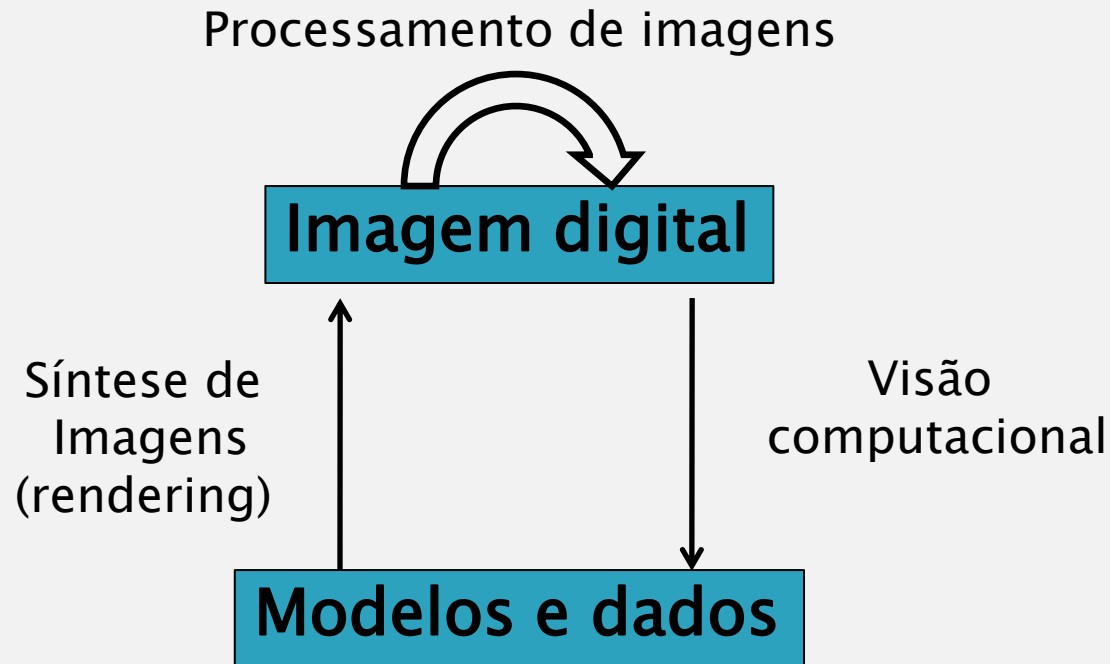
Síntese de imagem (rendering)

UERN - Curso de Ciência da Computação

Prof.: Wilfredo Blanco Figuerola



Introdução



Divisão clássica das áreas da Computação Gráfica.

Introdução (exemplos)

Imagem digital



Modelos e dados

Síntese de Imagens
(rendering)



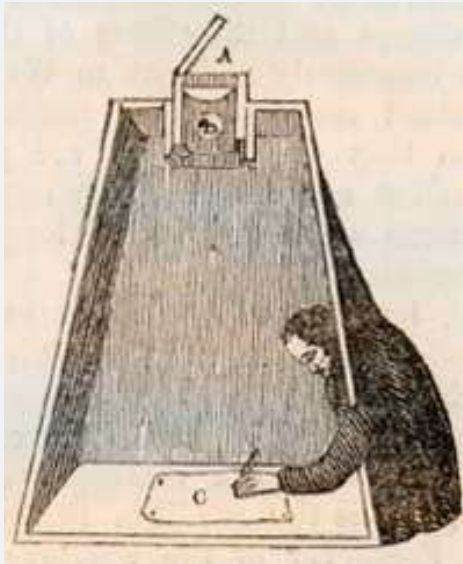
Rastreamento de Raios
(Ray Tracing)



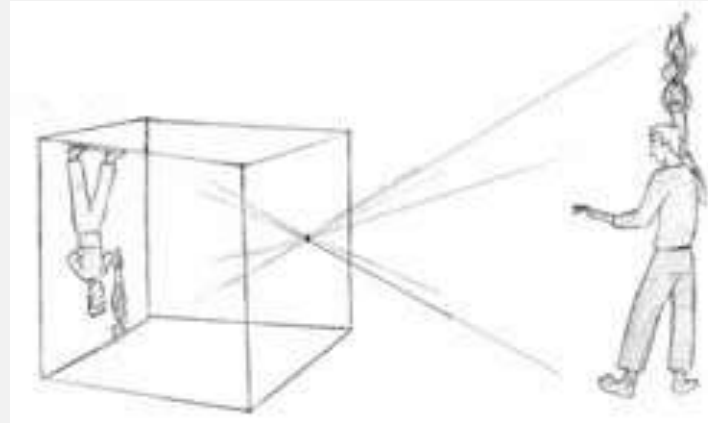
Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

► Historia



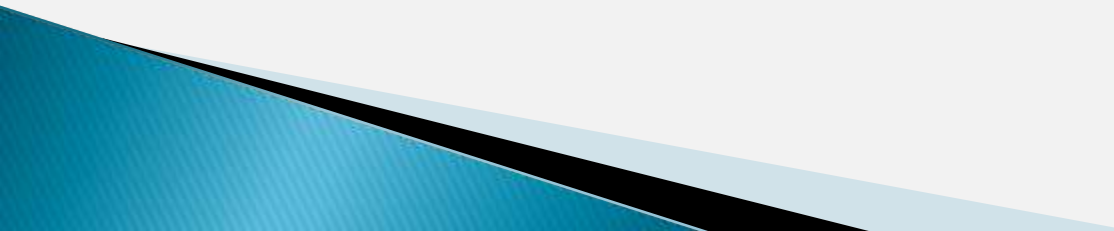
O processo de geração de imagens a partir de cenas virtuais é análogo à geração de imagens através de câmeras fotográficas.



Uma câmera obscura portátil.
Câmera de furo (pinhole)

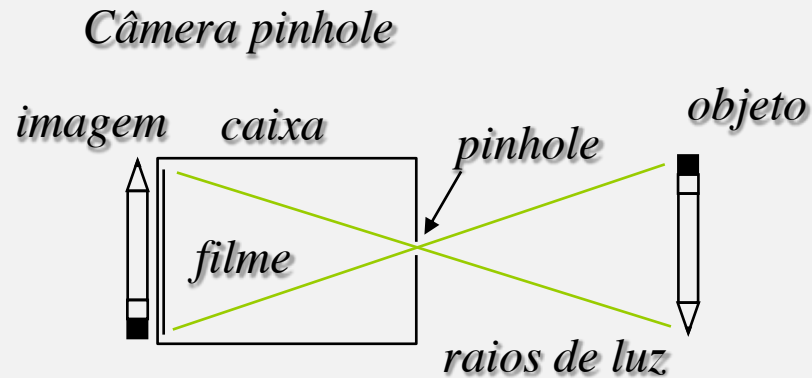
Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

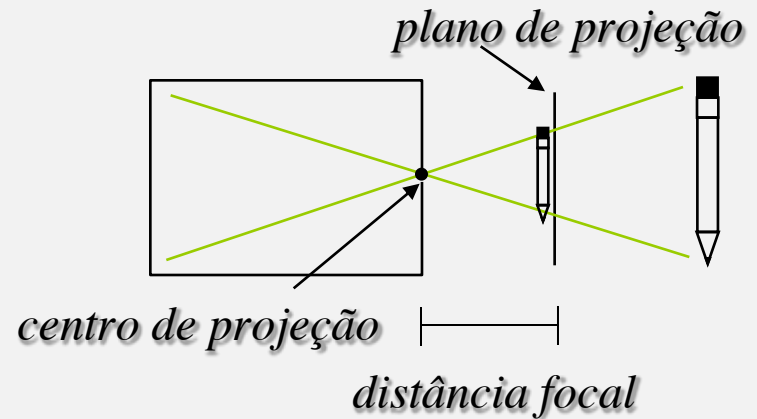
- ▶ A diferença é que em C.G., os objetos, as luzes e a câmera são descritos por modelos matemáticos.
 - ▶ Por este motivo, a câmera em C.G. é denominada câmera virtual.
 - ▶ O modelo matemático que rege os processos de geração de imagens, tanto em câmeras reais quanto em câmeras virtuais é o de projeção.
 - ▶ Por este motivo, a Geometria Projetiva tem um papel fundamental na geração de imagens a partir de objetos tridimensionais.
- 

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)



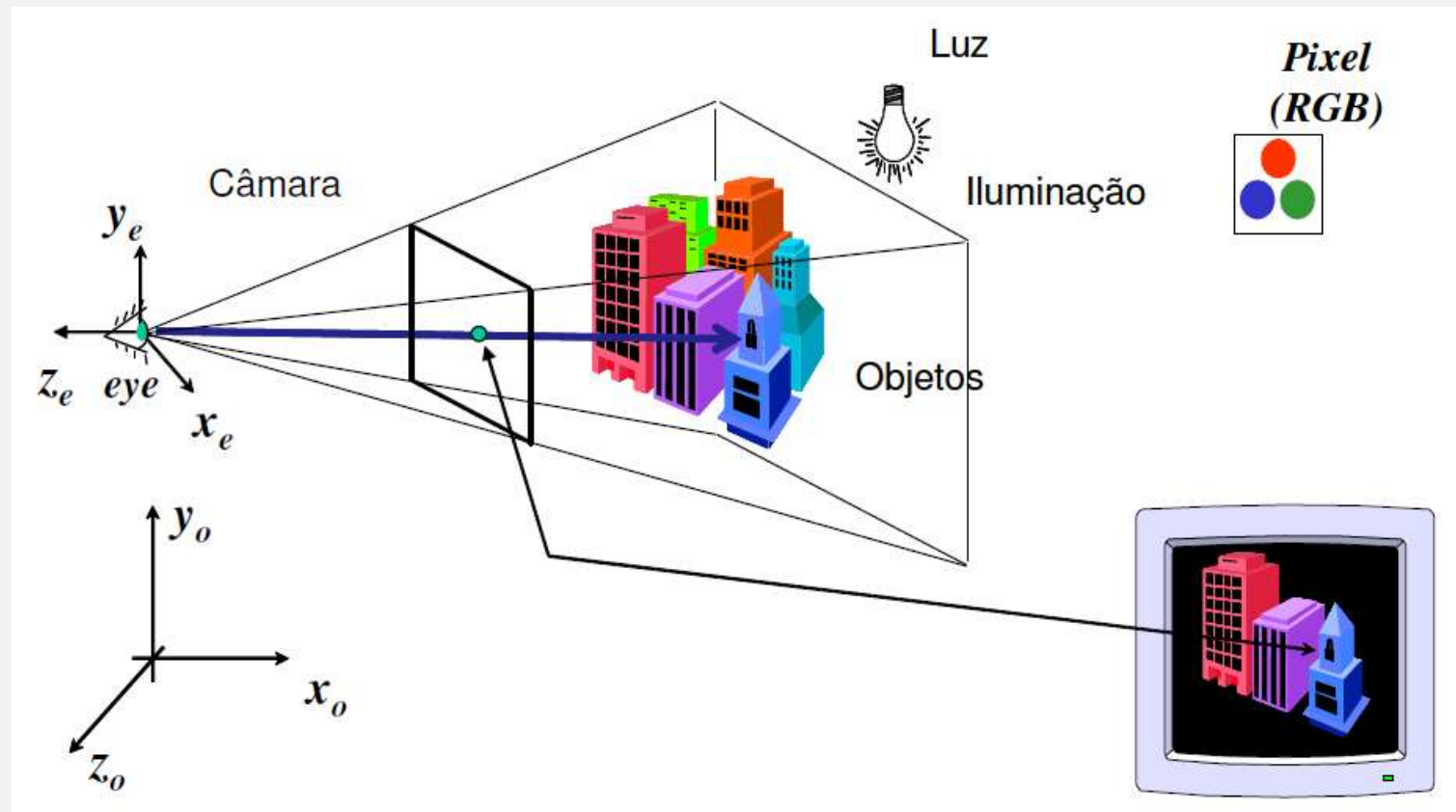
Formação da imagem na câmera corresponde à projeção cônica dos objetos iluminados no plano que contém a imagem.



Podemos obter a mesma imagem, sem a inversão, se colocarmos o plano de projeção entre o centro de projeção e o objeto

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)



Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Algoritmo simples

Para cada pixel da tela

 Lance um raio;

 Para cada objeto da cena

 Calcule a interseção do raio com este o objeto;

 Armazene a interseção mais próxima;

 Se o raio interceptou algum objeto

 Calcule a contribuição das luzes na cor deste ponto;

 Pinte o pixel com esta cor.

 senão

 Pinte o pixel com de fundo.

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

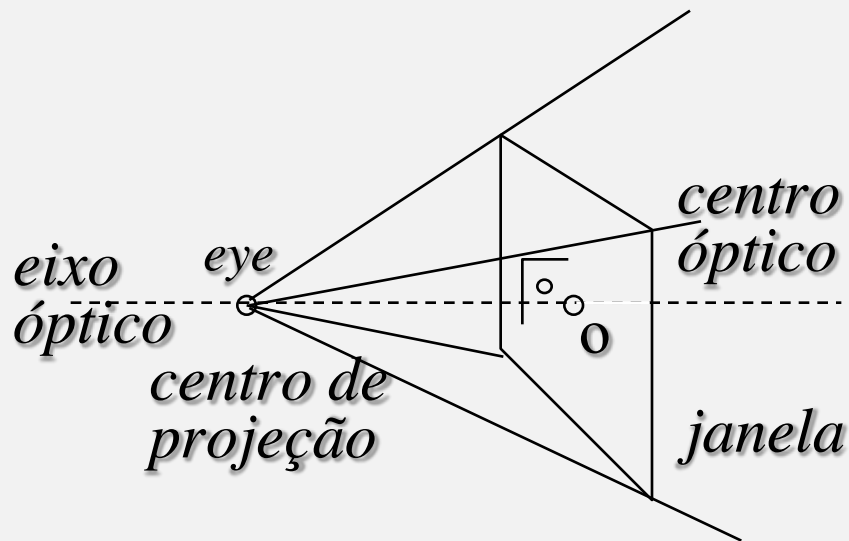
Modelo de câmera

- ▶ Objeto matemático que fornece raios para determinar a cor de cada um dos pixels da imagem digital gerada.
- ▶ Um raio é o conjunto de pontos da forma $p(t)=o+td$, com $t>0$. Isto porque só nos interessam as interseções com objetos que estejam à frente do olho (eye).
- ▶ Definição matemática composta em duas etapas: A primeira trata dos parâmetros que definem a câmera e onde ela está posicionada na cena. A segunda etapa determina qual o raio correspondente ao pixel (x,y) de uma dada câmera

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo de câmera

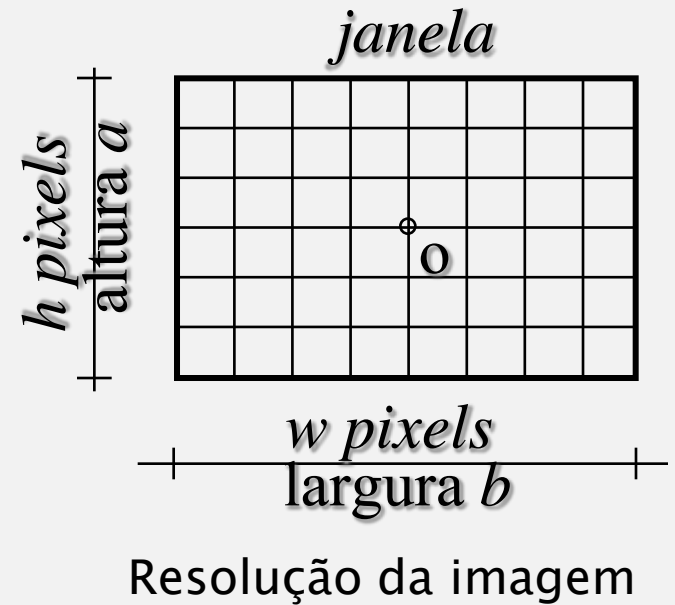
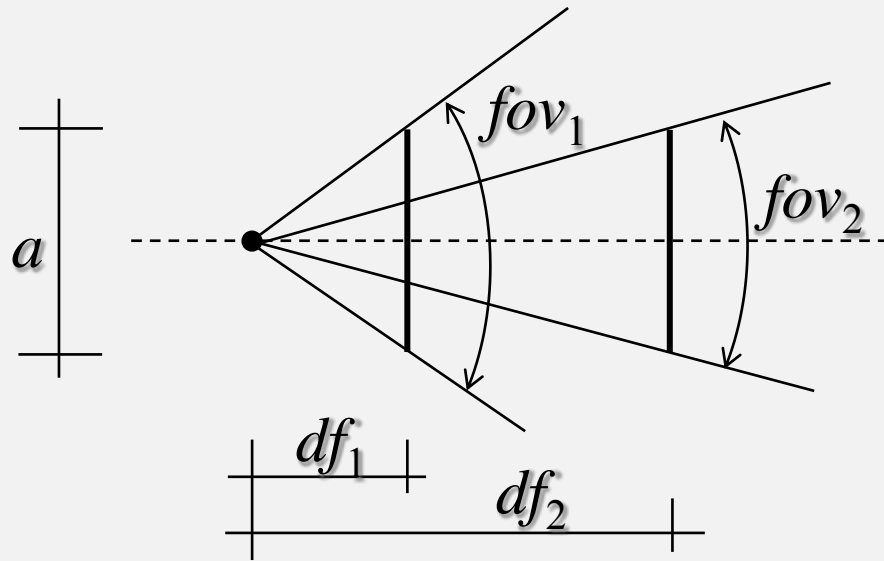


Projeção cônica

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo de câmera



Parâmetros da câmera virtual:

df – distância focal

fov – campo de visão (abertura 60–90°)

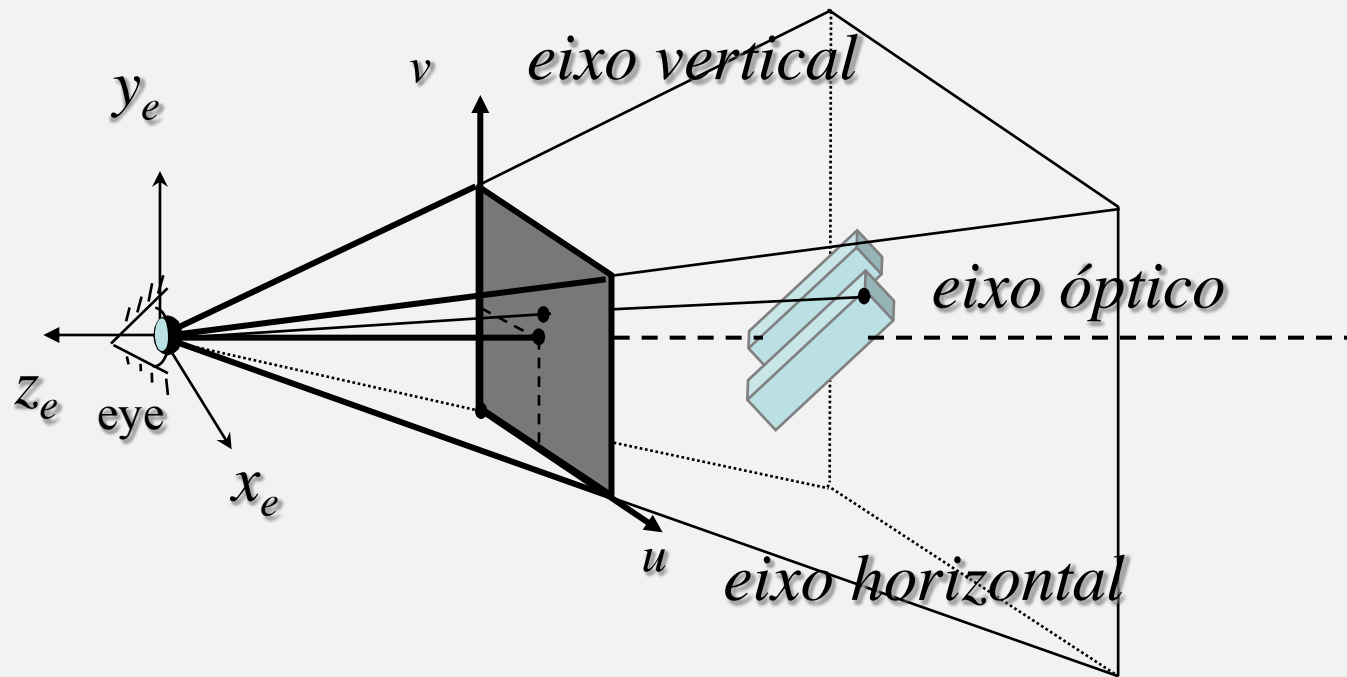
a e b – altura e largura da tela

w e h – numero de pixels na horizontal e vertical

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo de câmera



Geração de Imagens Realísticas

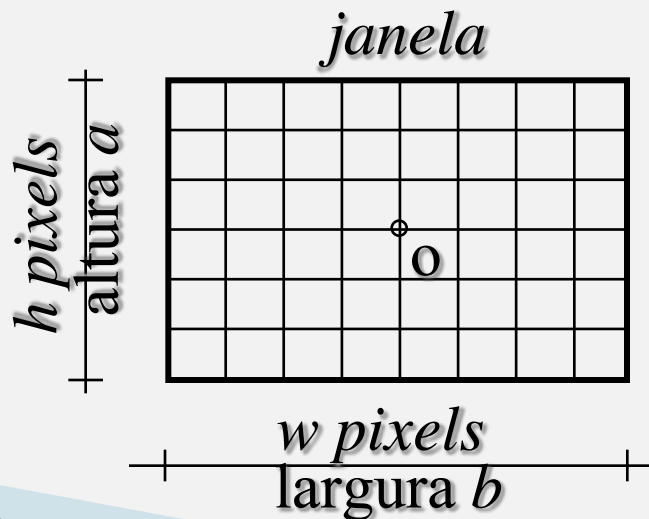
Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo de câmera

- ▶ Esses parâmetros não são independentes.
- ▶ As relações entre os parâmetros permitem escolher quais especificam a câmera e quais ficam definidos automaticamente

$$b = \frac{w}{h} a$$

Para pixel quadrado



$$\frac{w}{h} = \frac{4}{3}$$

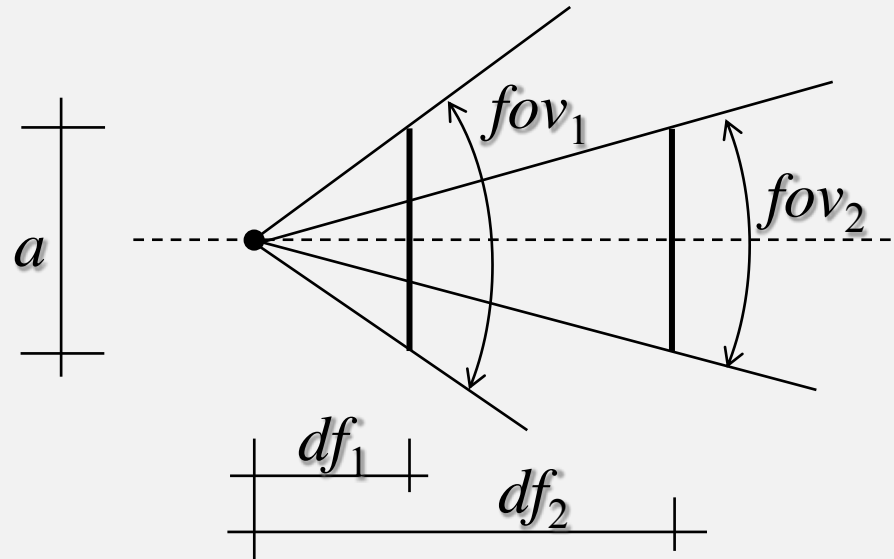
monitores padrão

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo de câmera

$$\frac{a}{2df} = \tan\left(\frac{fov}{2}\right)$$
$$a = 2df \tan\left(\frac{fov}{2}\right)$$



Uma boa escolha de parâmetros são os parâmetros da função *gluPerspective* do *OpenGL*

```
void gluPerspective( GLdouble fovy, GLdouble aspect,  
GLdouble near, GLdouble far );
```

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo de câmera

Parâmetros intrínsecos:
fov, w, h, near e far

$$df = near$$

$$a = 2df \tan\left(\frac{fov}{2}\right)$$

$$b = \frac{w}{h} a$$

Parâmetros extrínsecos:

eye: a posição do centro de projeção.

Center: um ponto para onde a câmera esteja apontando

up: e um vetor que indique a direção “para cima” da câmera.

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Lançamento dos raios

- A posição da câmera é dada pelo próprio vetor (eye_x, eye_y, eye_z) .
- O eixo z_e é definido pelo vetor normalizado correspondente a direção do eixo óptico.
- O eixo óptico, por sua vez, é dado pela reta que passa pelo *eye* e pelo *center*.

$$z_e = \frac{1}{\|eye - center\|} (eye - center)$$

Geração de Imagens Realísticas

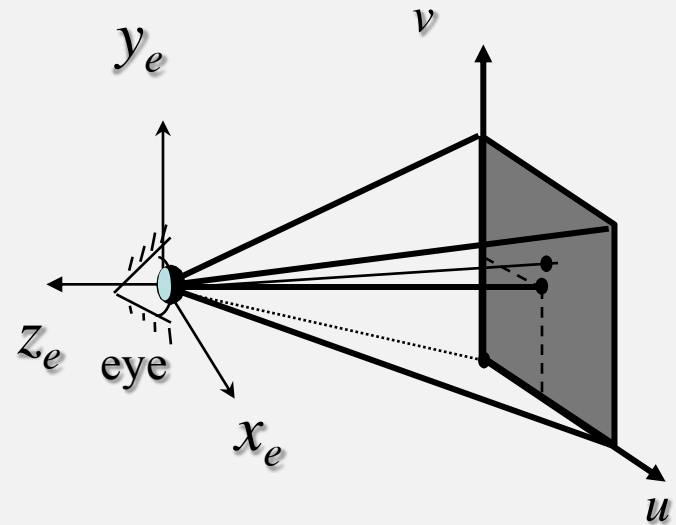
Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Lançamento dos raios

$$z_e = \frac{1}{\|eye - center\|} (eye - center)$$

$$x_e = \frac{1}{\|up \times z_e\|} (up \times z_e)$$

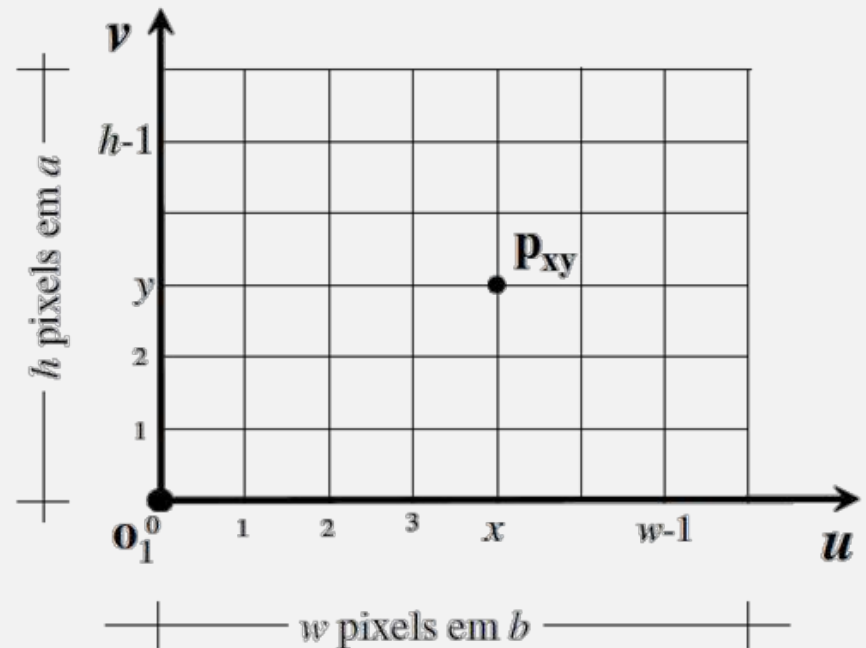
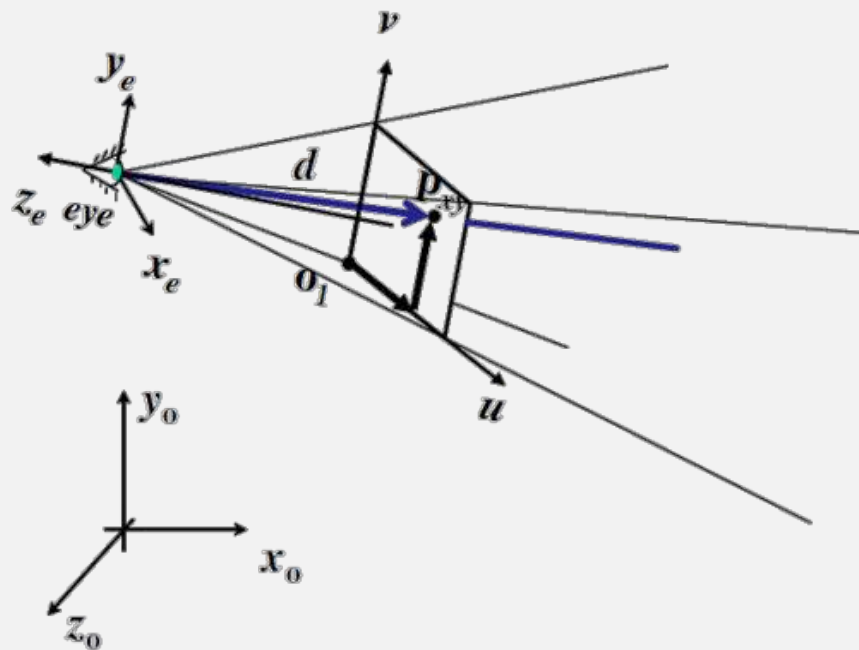
$$y_e = (z_e \times x_e)$$



Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Lançamento dos raios



$$p(t) = o + td$$

$$o = \text{eye}$$

$$d = -f \hat{z}_e + a \left(\frac{y}{h} - \frac{1}{2} \right) \hat{y}_e + b \left(\frac{x}{w} - \frac{1}{2} \right) \hat{x}_e$$

Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Inicialização (pré-processamento):

$$f = \text{near} \quad a = 2f \tan\left(\frac{\text{fov}}{2}\right) \quad b = \frac{w}{h}a$$
$$\mathbf{z}_e = \frac{1}{\|\mathbf{eye} - \mathbf{center}\|}(\mathbf{eye} - \mathbf{center}) \quad \mathbf{x}_e = \frac{1}{\|\mathbf{up} \times \mathbf{z}_e\|}(\mathbf{up} \times \mathbf{z}_e) \quad \mathbf{y}_e = (\mathbf{z}_e \times \mathbf{x}_e)$$

Lançamento de raios: $\mathbf{o} + t\mathbf{d}$

$$\mathbf{o} = \mathbf{eye}$$

$$\mathbf{d} = -f \hat{\mathbf{z}}_e + a\left(\frac{y}{h} - \frac{1}{2}\right)\hat{\mathbf{y}}_e + b\left(\frac{x}{w} - \frac{1}{2}\right)\hat{\mathbf{x}}_e$$

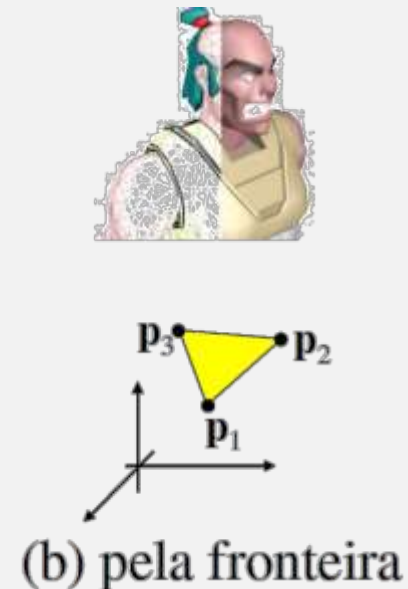
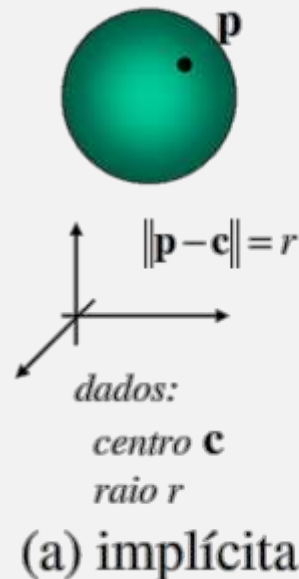
Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo Geométrico dos Objetos

A luz captada por uma câmera fotográfica é, geralmente, a luz refletida sobre a superfície dos objetos que compõem uma cena.

Descrição geométrica de um objeto foca na descrição de sua superfície externa



Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo Geométrico dos Objetos (Esfera)

$$\|p(t_i) - c\|^2 = r^2$$

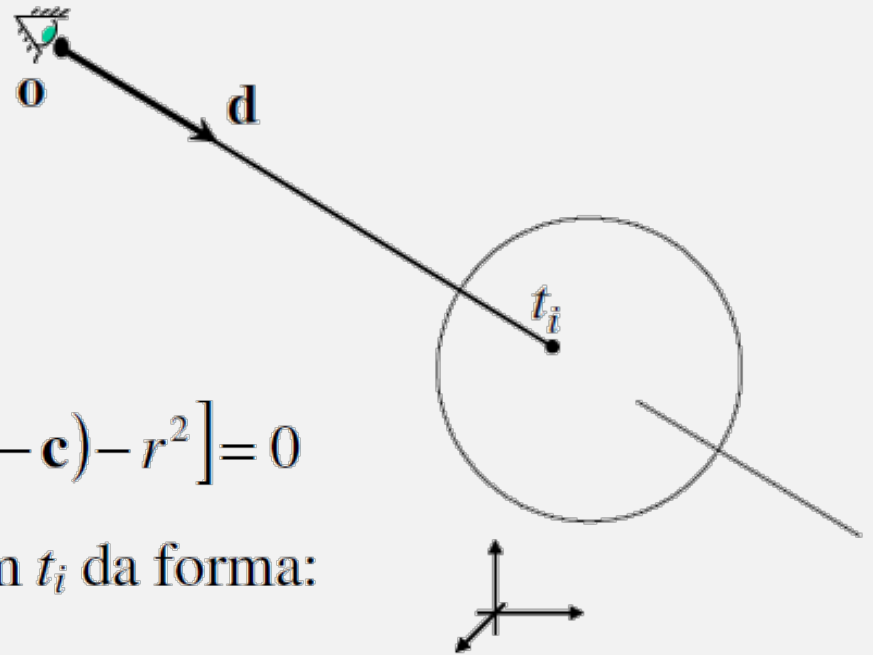
$$p(t) = o + td$$

$$\|o + td - c\|^2 = r^2$$

$$[\mathbf{d} \cdot \mathbf{d}]t_i^2 + [2\mathbf{d} \cdot (\mathbf{o} - \mathbf{c})]t_i + [(\mathbf{o} - \mathbf{c}) \cdot (\mathbf{o} - \mathbf{c}) - r^2] = 0$$

que é uma equação do segundo grau em t_i da forma:

$$a t_i^2 + b t_i + c = 0$$



Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo Geométrico dos Objetos (Esfera)

$$a = \mathbf{d} \cdot \mathbf{d}$$

$$b = 2\mathbf{d} \cdot (\mathbf{o} - \mathbf{c})$$

$$c = (\mathbf{o} - \mathbf{c}) \cdot (\mathbf{o} - \mathbf{c}) - r^2$$

A solução desta equação tem a forma:

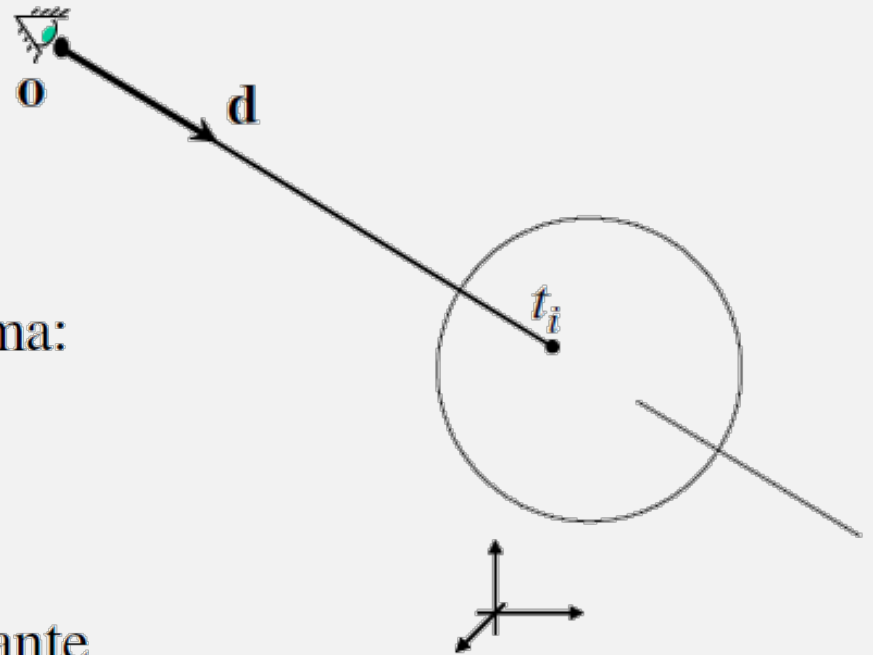
$$t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

que depende do valor do discriminante

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

$\Delta < 0$, o raio não intercepta a esfera

$\Delta \geq 0$, $\min(t_1, t_2)$

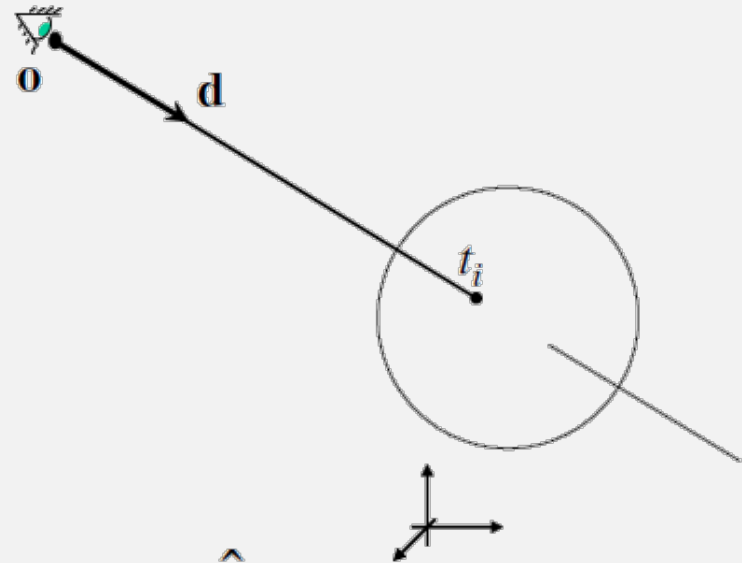


Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

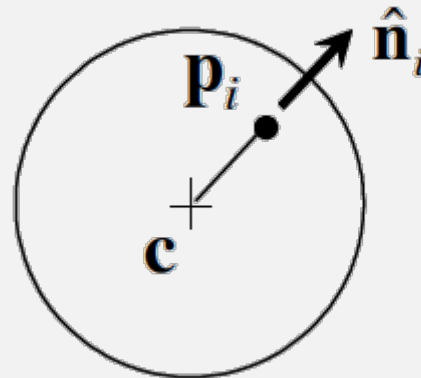
Modelo Geométrico dos Objetos (Esfera)

$$p_i = p(t_i) = o + t_i d$$



Vetor normal da esfera no ponto p_i

$$\hat{n}_i = \frac{1}{\|p_i - c\|} (p_i - c)$$



Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo Geométrico dos Objetos (Triângulo)

$$p_i = p(t_i) = o + t_i d$$

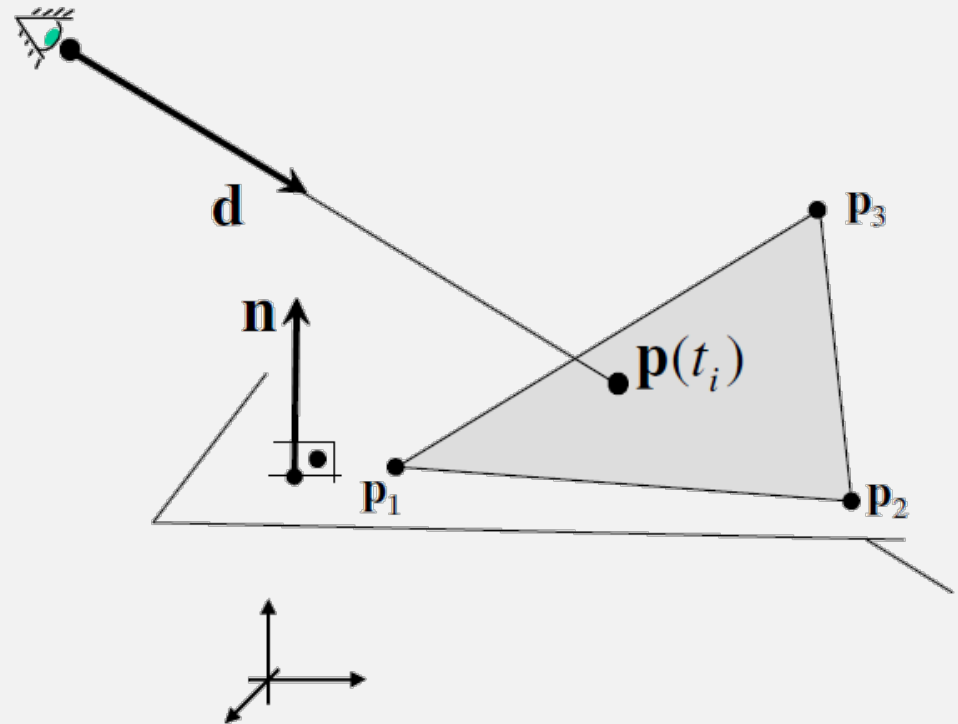
$$\hat{\mathbf{n}} = \frac{(\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1) \times (\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_1)}{\|(\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1) \times (\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_1)\|}$$

$$(\mathbf{p}(t_i) - \mathbf{p}_1) \cdot \hat{\mathbf{n}} = 0$$

$$(\mathbf{o} + t_i \mathbf{d} - \mathbf{p}_1) \cdot \hat{\mathbf{n}} = 0$$

$$t_i \mathbf{d} \cdot \hat{\mathbf{n}} + (\mathbf{o} - \mathbf{p}_1) \cdot \hat{\mathbf{n}} = 0$$

$$t_i = \frac{(\mathbf{p}_1 - \mathbf{o}) \cdot \hat{\mathbf{n}}}{\mathbf{d} \cdot \hat{\mathbf{n}}}$$



Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo Geométrico dos Objetos (Triângulo)



Geração de Imagens Realísticas

Rastreamento de Raios (Ray Tracing)

Modelo Geométrico dos Objetos (Caixa/Box)



Referencias

- ▶ Gattass, Marcelo Material de aula da disciplina de Computação Gráfica, PUC-RIO. 2005
- ▶ Livro: Teoria da computação Gráfica, Editora Campus Ltda,RJ 2003
- ▶ Gonzales R. C & Woods R. E. Processamento de imagens digitais. S. Paulo: Editora Edgard Blucher, 1ª edição 2000.
- ▶ Tomas Akenine-Moller & Eric Haines Real-Time Rendering: A K Peters Ltd. USA., second edition, 2002.
- ▶ Montenegro, Anselmo Material da aula da disciplina de Computação Grafica
<http://www.ic.uff.br/~anselmo/cursos/CGI/CGI20112/CGI20112.html>