

Computação Gráfica

Ray Tracing

Prof. Alaor Cervati Neto



2023/1

Ideia

Observador senta-se em frente a uma tela plana transparente. De seus olhos partem diversos "raios visuais" que vão atravessar os pontos da tela e bater nos objetos tridimensionais, que foram definidos utilizando-se alguma técnica de modelagem. Pinta-se, então, o ponto da tela que foi atravessado pelo raio com a cor do objeto atingido por este.

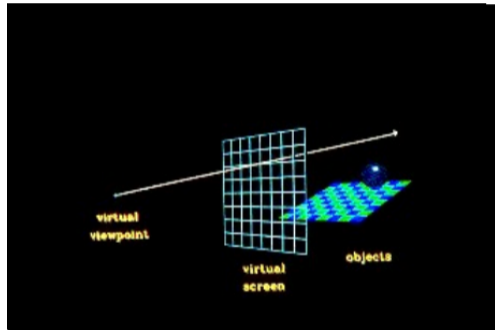
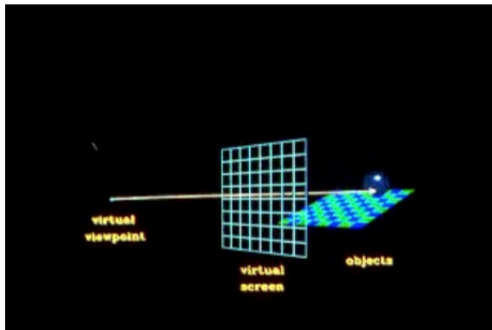
Ray Tracing Básico

Algoritmo

Para cada ponto (i, j) da tela:

- ▶ Calcular uma linha reta unindo o olho do observador a um ponto (i, j) da tela;
- ▶ Descobrir as interseções desta reta com os objetos 3D que estão atrás da tela;
- ▶ Se houver interseções, pintar o ponto com a cor do objeto mais próximo. Caso contrário, pintar o ponto com a cor do fundo.

Ray Tracing Básico

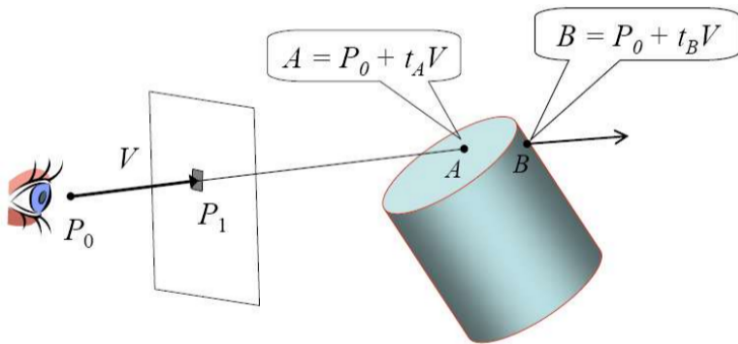


Ray Tracing Básico


- ▶ Os objetos são descritos sob a forma de estruturas de dados.
- ▶ Diversos fatores influem no cálculo da cor do ponto, como a iluminação, por exemplo.
- ▶ Caminho inverso.

Intersecção Raio-Cena

O raio é modelado como uma reta em forma paramétrica: $P_0 + t \cdot V$ e $V = P_1 - P_0$.



Ray Tracing Recursivo

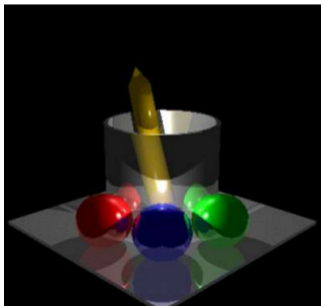
The background features a white central area with teal-colored geometric shapes. Two large teal triangles point towards each other from the left and right sides, meeting at a point at the bottom center. A smaller, darker teal triangle is positioned at the very bottom center, overlapping the bottom vertex of the two larger triangles.

Ray Tracing Recursivo

O algoritmo completo de *Ray Tracing* é formado por diversas chamadas recursivas. Tal recursão é necessária para produzir os efeitos de sombra, reflexão, e transparência.

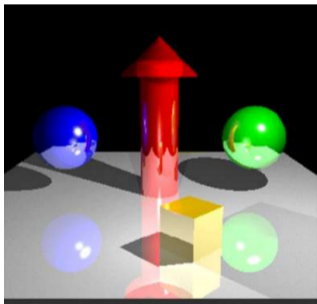
Sombra

Lançar um outro raio, chamado "raio de sombra", que une o ponto do objeto que foi atingido ao ponto de luz. Se entre o ponto e a luz existir um outro objeto opaco, este ponto estará na sombra.



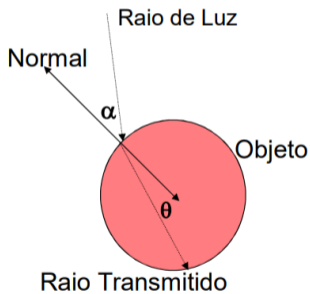
Reflexão

Lançar um novo raio visual a partir do ponto atingido, mas na direção de reflexão. Este ponto terá a cor calculada a partir do raio refletido.



Transparência

Lei de Snell: $\eta_{\alpha} \cdot \sin \alpha = \eta_{\theta} \cdot \sin \theta$



Transparência

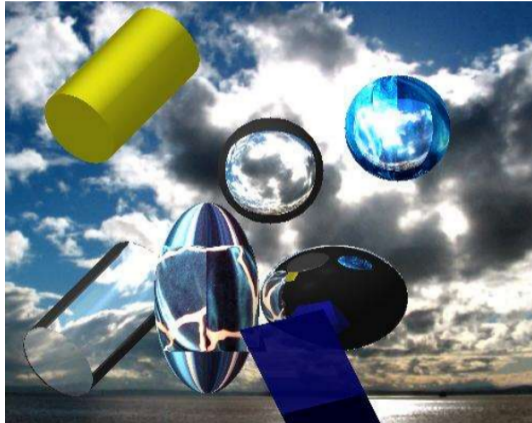
$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$

$$N_{21} = \frac{N_2}{N_1}$$

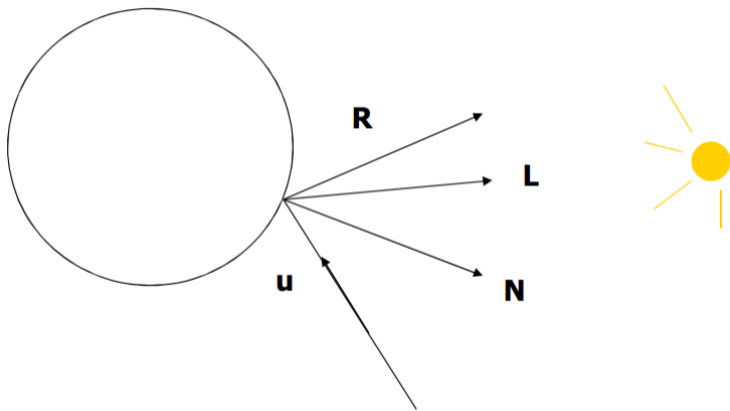
$$T = \left(N_{21} (N \cdot I) - \sqrt{1 - (N_{21})^2 (1 - (N \cdot I)^2)} \cdot N - N_{21} \cdot I \right)$$

Onde N é a normal da superfície no ponto atingido pelo raio e I é o vetor de incidência da luz.

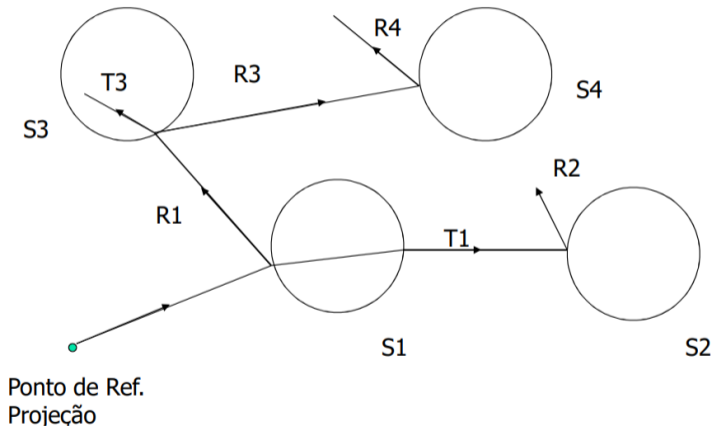
Transparência



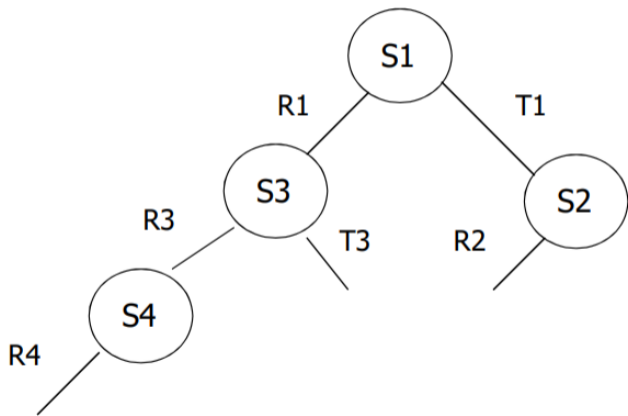
Rays



Ray Tracing Recursivo



Ray Tree



Algoritmo

Para cada ponto (i, j) da tela:

- ▶ Calcular uma linha reta unindo o olho do observador a um ponto (i, j) da tela;
- ▶ Descobrir as interseções desta reta com os objetos 3D que estão atrás da tela;
- ▶ Se houver interseção, determinar o objeto mais próximo:
 - ▶ Computar contribuição da luz ambiente.
 - ▶ Para cada fonte de luz, determinar a visibilidade (detecção de sombra). Se a fonte for visível, somar a contribuição de reflexão difusa.
 - ▶ Se limite de recursão não for atingido: somar contribuição de reflexão especular acompanhando o raio refletido, e somar contribuição de transmissão acompanhando o raio refratado.
- ▶ Caso contrário, pintar o ponto com a cor do fundo.

Realismo e *Antialiasing*

- ▶ Lançar mais raios por pixel, calculando intensidades de "subpixeis", e depois calcular uma média aritmética ou ponderada destes valores.
- ▶ Selecionar os pixeis que precisam ser melhor calculados, em cuja vizinhança ocorra uma grande mudança de cor.

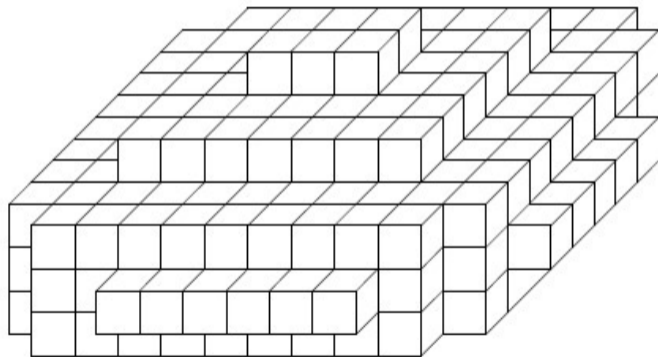
The background features a white central area with teal-colored geometric shapes. Two large teal triangles point towards each other from the left and right sides, meeting at a point at the bottom. A smaller, darker teal triangle is positioned at the very bottom center, overlapping the bottom tips of the two larger triangles.

Eficiência

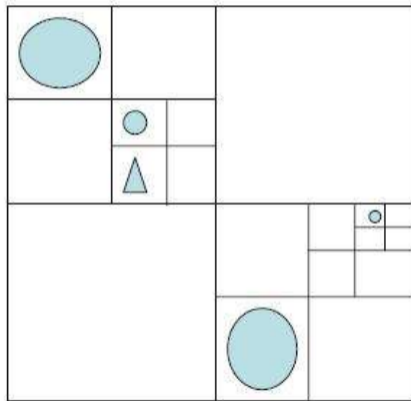
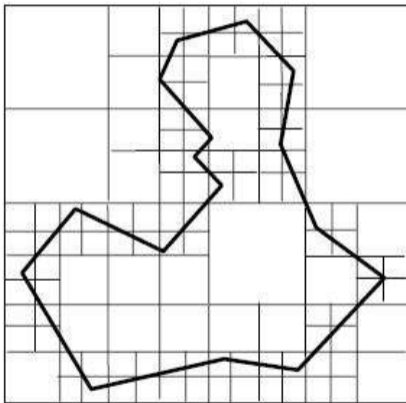
Eficiência

O algoritmo de *Ray Tracing* gasta entre 75% e 95% de seu tempo determinando as interseções com os objetos, por isso, a eficiência da rotina de interseção raio-objetos afeta significativamente a do algoritmo.

Decomposição Espacial

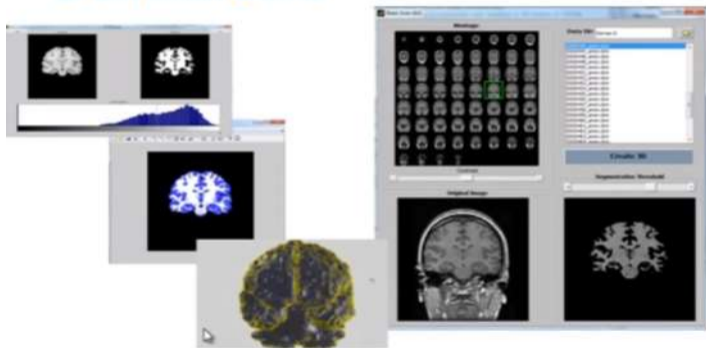


Decomposição Espacial



Volumes

Brain Scan Demo



Material de base para a aula

- ▶ Introdução ao *Ray Tracing*. Fernando Wagner Serpa Vieira da Silva, Laboratório de Computação Gráfica—LCG, COPPE/UFRJ—Engenharia de Sistemas e Computação.
- ▶ Introdução a Computação Gráfica—Ray Tracing. Cláudio Esperança e Paulo Roma Cavalcanti, UFRJ.
- ▶ Notas de aula: *Ray Tracing*. J. M. Brisson Lopes. IST—Portugal
- ▶ Mestrado: Uma Implementação Simples do Algoritmo Traçado de Raios. Maria Ferreira de Noronha e Marcelo Gattass (Orientador)—PUC Rio
- ▶ Computação Gráfica: *Ray Tracing* e *Ray Casting*. Slides de Rosane Minghim. Disciplina SCC0250/0650, ICMC/USP, 2018.