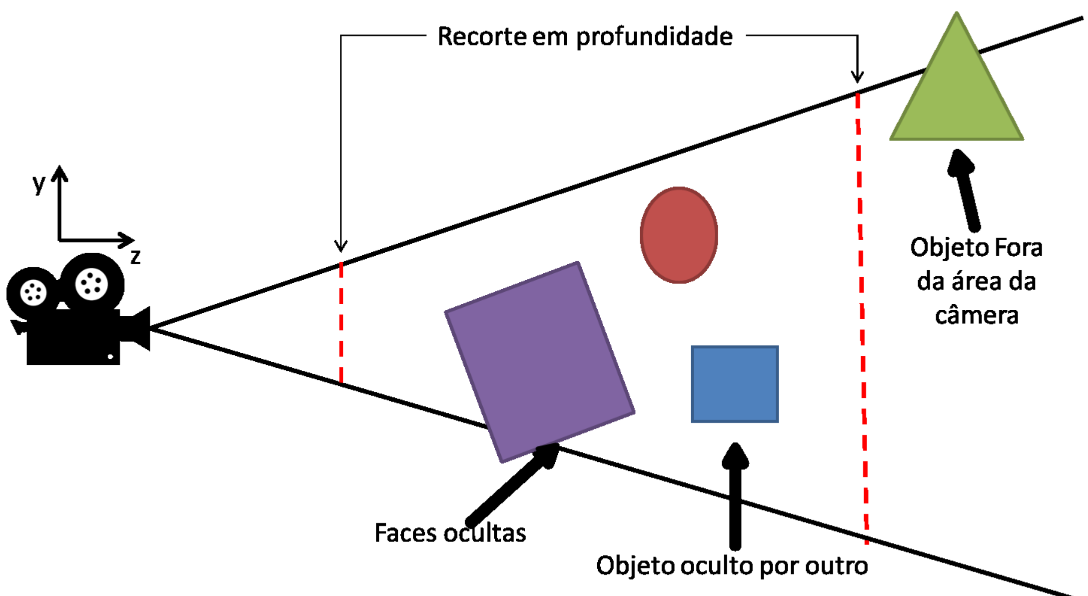
ELIMINAÇÃO DE ELEMENTOS OCLUSOS

Prof. Dr. Bianchi Serique Meiguins
Prof. Dr. Carlos Gustavo Resque dos Santos

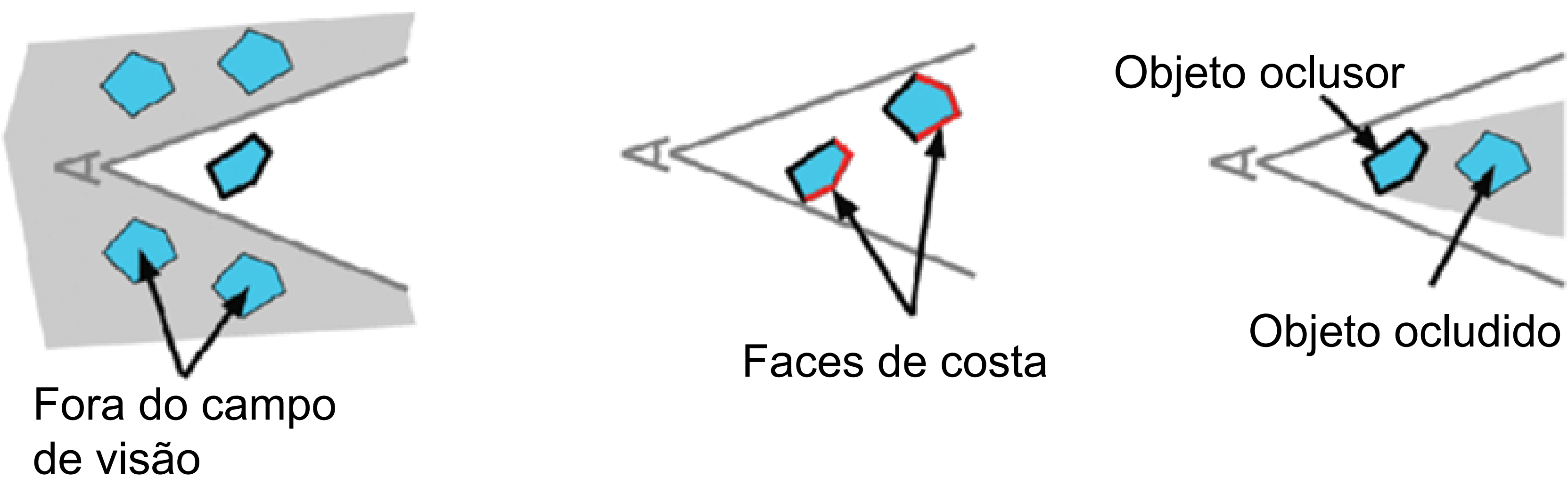
Motivação

- Existem quatro casos base:
  - **Eliminação de faces oclusas (*backface*)**
  - **Eliminação de objetos oclusos**
  - **Eliminação por campo de visão**
  - **Eliminação de superfícies oclusas**



Tipos

- Existem quatro casos base:
  - **Eliminação de faces oclusas (*backface*)**
  - **Eliminação de objetos oclusos**
  - **Eliminação por campo de visão**
  - **Eliminação de superfícies oclusas**

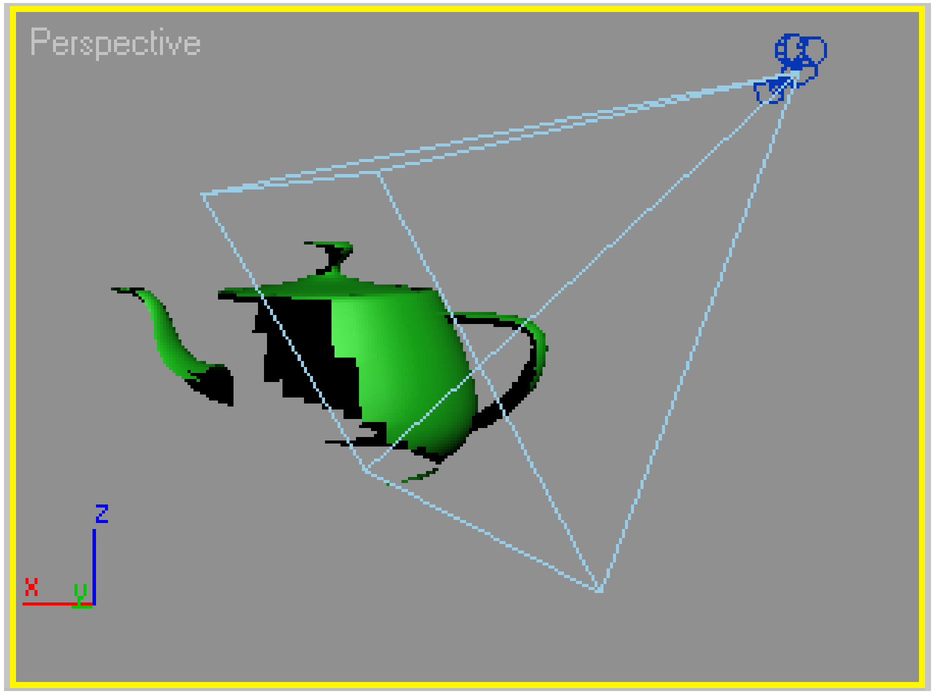


ELIMINAÇÃO DE FACES OCLUSAS (BACKFACE)

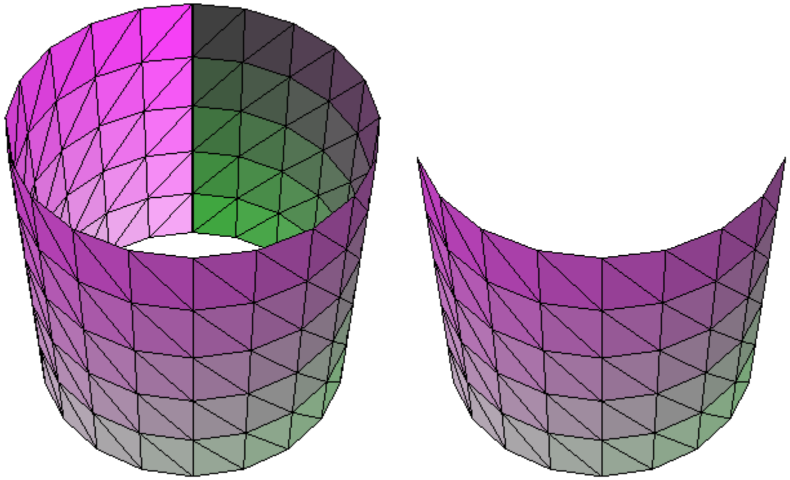
Eliminação de Faces Oclusas

- Objetiva Eliminar faces ocultas por faces do mesmo objeto.
  - Na prática as faces que estão de costa para a câmera são eliminadas
  - Úteis para objetos fechados
  - Reduz ~50% de faces de um objeto

Eliminação de Faces Oclusas



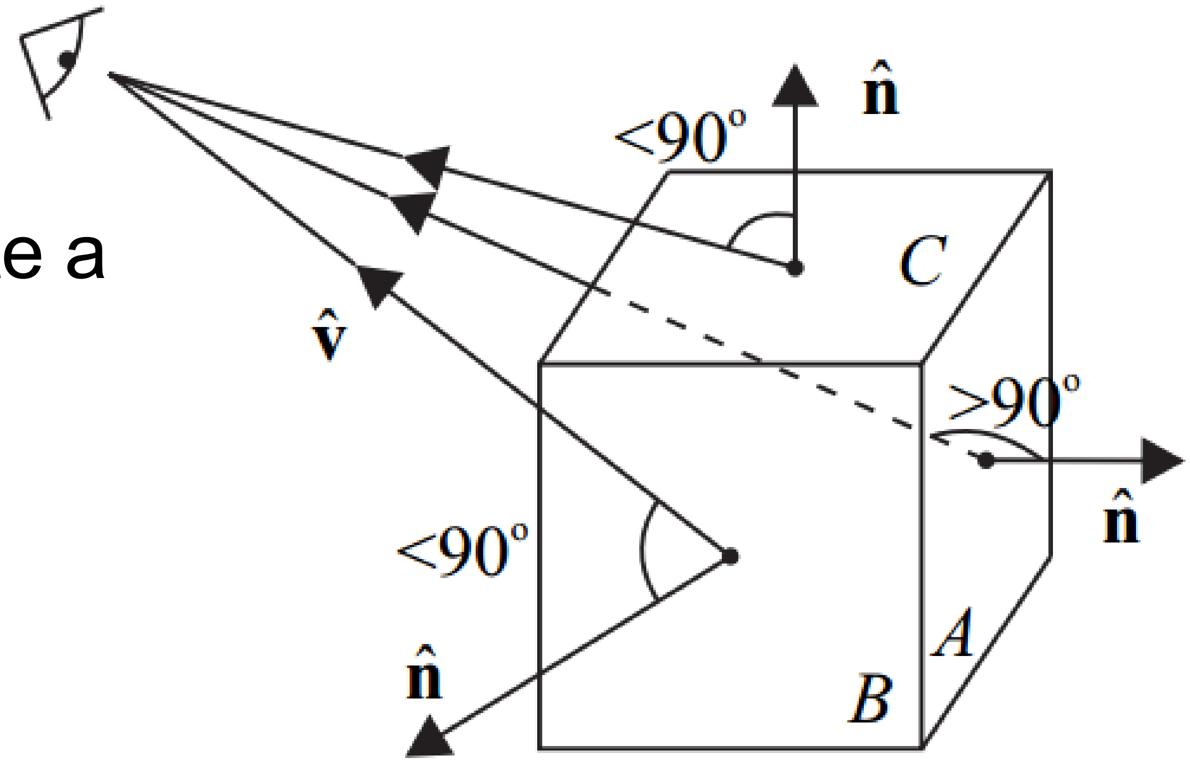
Cuidado com os objetos que não estão totalmente fechados



off **on**

Eliminação de Faces Oclusas

- Se
  - $\hat{v} \cdot \hat{n} < 0$
- Então descarte a face



Obs: "·" é o produto interno ou produto escalar.
*Veja em Álgebra Linear

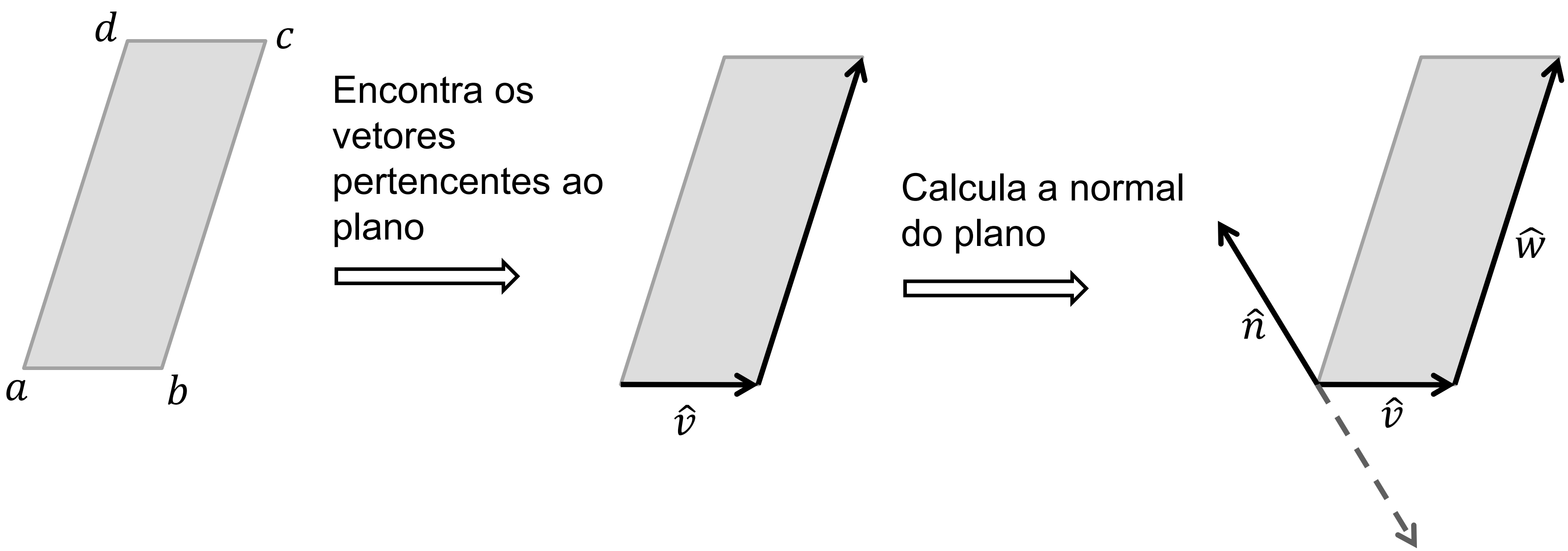
Eliminação de Faces Oclusas

- Cálculo da Normal:
  - A normal pode ser obtida pelo produto vetorial de dois vetores pertencentes ao plano.
  - O produto vetorial pode ser calculado pelo determinante da matriz M:
    - $\hat{v} \times \hat{w} = \det(M) = \begin{vmatrix} i & j & k \\ v_1 & v_2 & v_3 \\ w_1 & w_2 & w_3 \end{vmatrix}$
    - $\hat{v} \times \hat{w} = (v_2 w_3 - v_3 w_2,\ v_3 w_1 - v_1 w_3,\ \ v_1 w_2 - v_2 w_1)$

Sendo:
$\hat{v} = (v_1, v_2, v_3)$
$\hat{w} = (w_1, w_2, w_3)$

Eliminação de Faces Oclusas

- Cálculo da Normal:



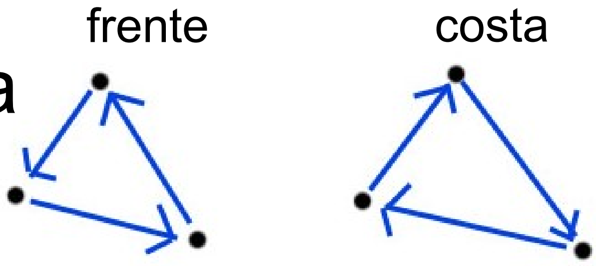
Eliminação de Faces Oclusas

- O produto vetorial é anticomutativo, ou seja:
  - $\hat{v} \times \hat{w} = -\hat{w} \times \hat{v}$

- Esta propriedade decide a direção da normal

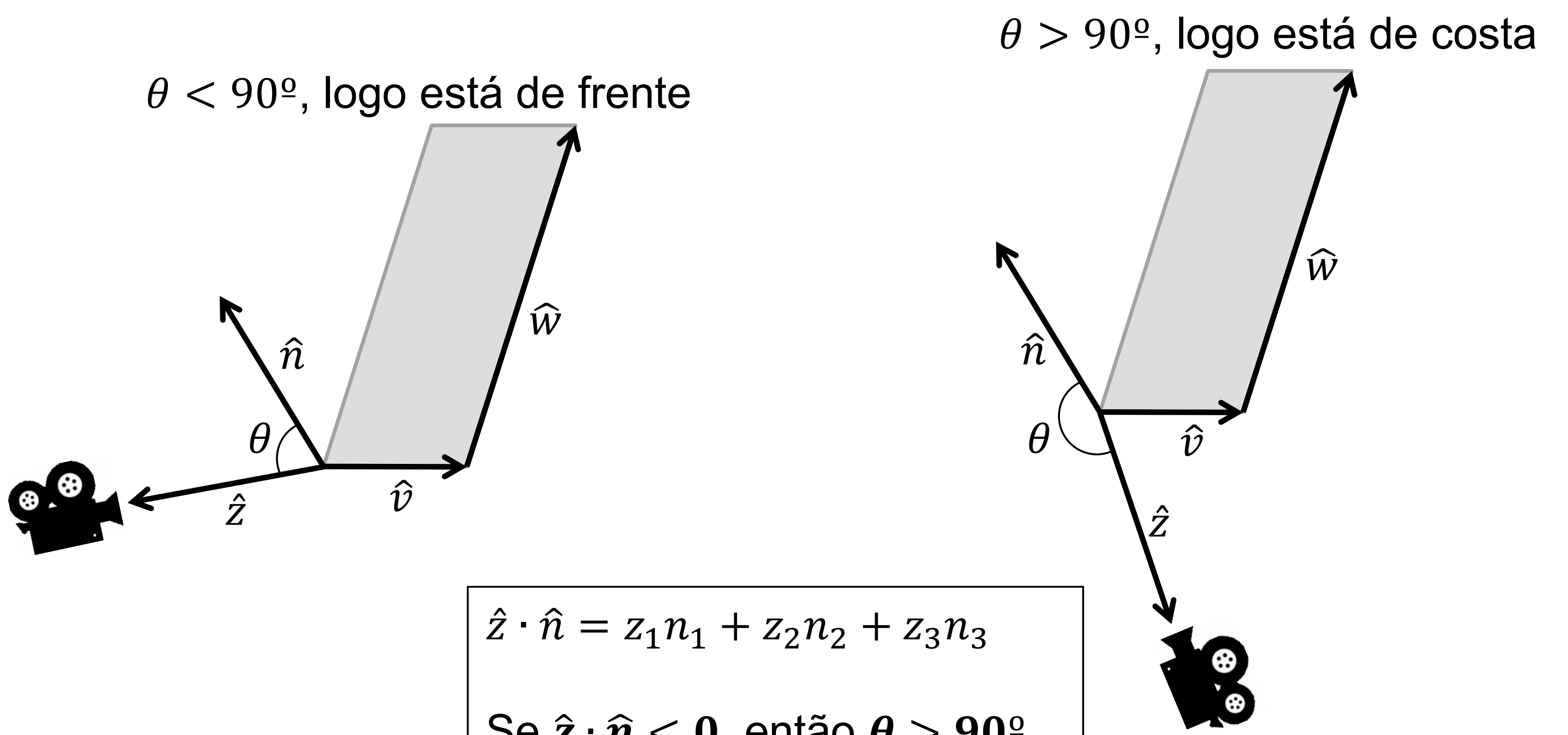
- Em termos de computação gráfica.
  - decide a frente da face (plano)

- <u>Dica</u>: use a regra da mão direita



Eliminação de Faces Oclusas

- Agora basta verificar a condição de 90º

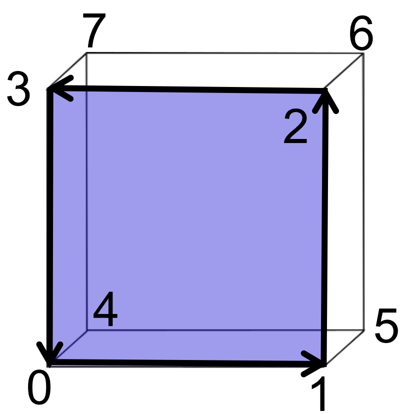


$$\hat{z} \cdot \hat{n} = z_1 n_1 + z_2 n_2 + z_3 n_3$$

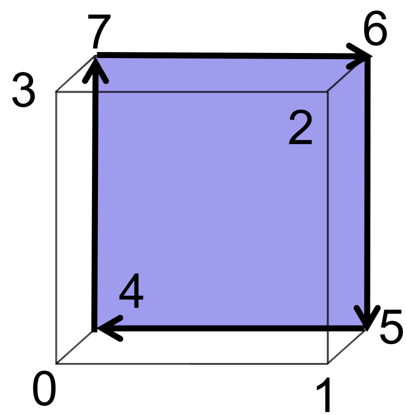
Se $\hat{\boldsymbol{z}} \cdot \hat{\boldsymbol{n}} < \mathbf{0}$, então $\boldsymbol{\theta} > \mathbf{90º}$

Faces do Cubo

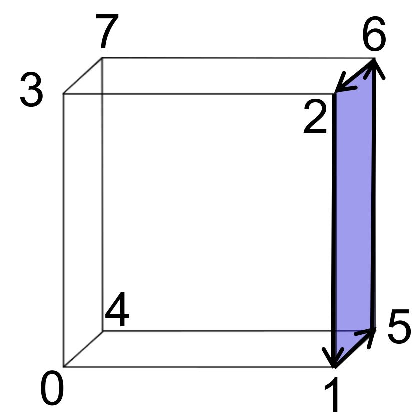
0-1-2-3-0

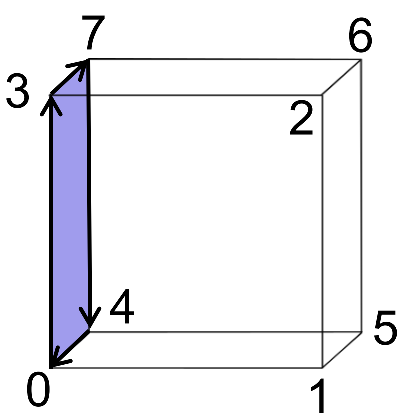


4-7-6-5-4

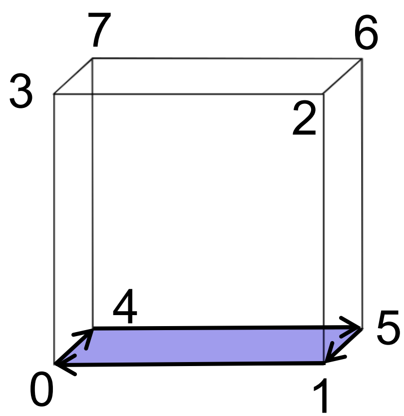


1-5-6-2-1

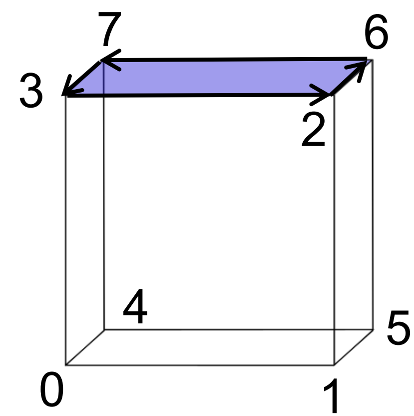




0-3-7-4-0



0-4-5-1-0

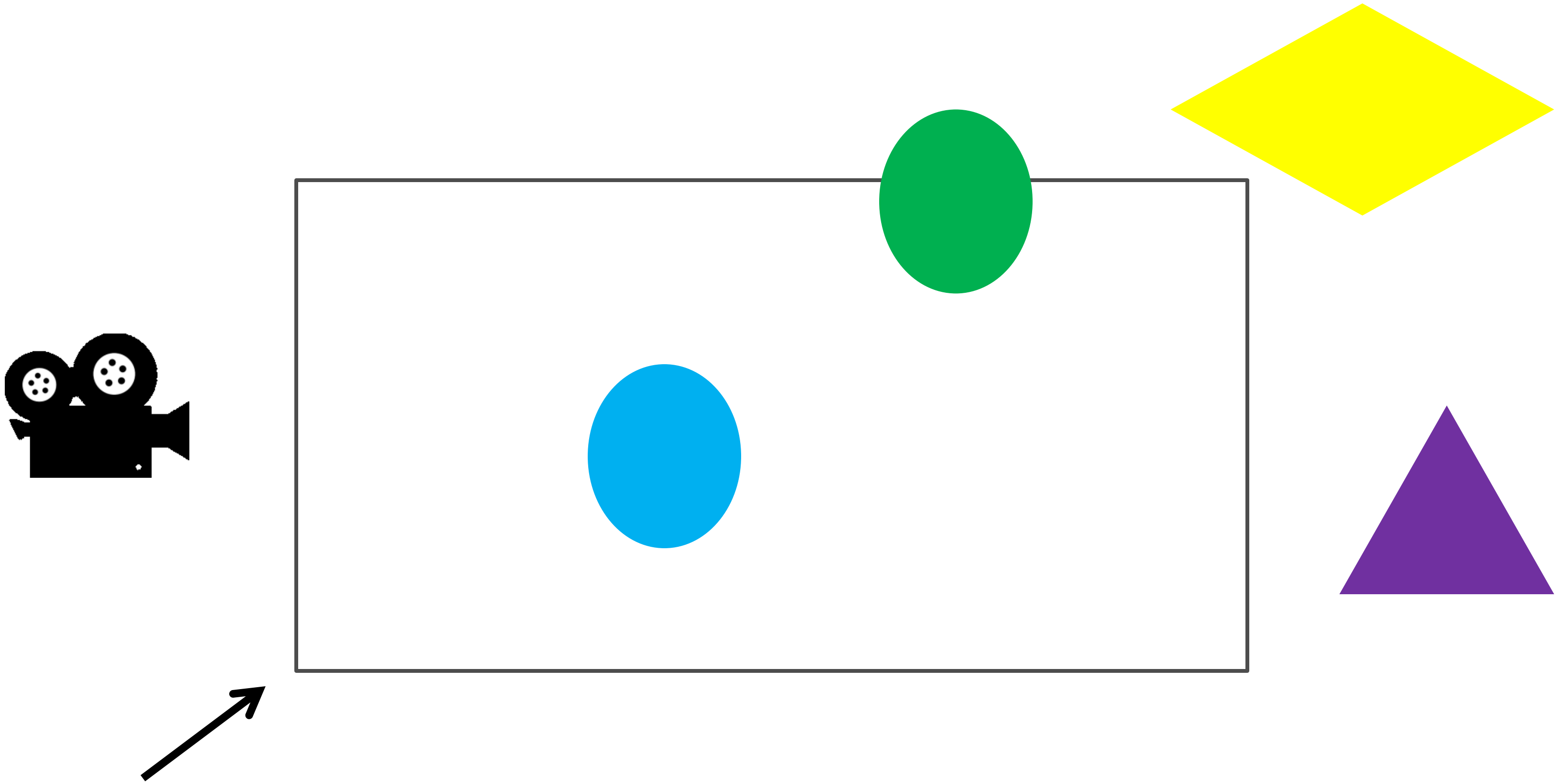


2-6-7-3-2

ELIMINAÇÃO POR CAMPO DE VISÃO (FRUSTUM CULLING)

Recorte 3D (*Frustrum Culling*)

- Elimina os objetos que não estão no alcance da câmera.



Frustrum, (View Polygon – Polígono de Visão)

Recorte 3D (*Frustrum Culling*)

- Os algoritmos de recorte 2D podem ser expandidos para 3D.
  - Interseção entre linha e plano
  - Teste de contém

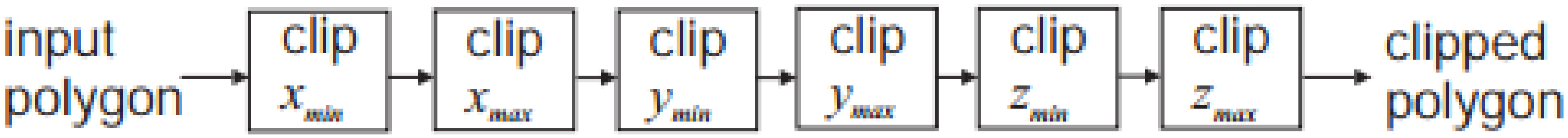
- Pode ser realizado de forma hierárquica, evitando a comparação desnecessárias com objetos complexos.

Recorte 3D (*Frustrum Culling*)

- Exemplo: Cohen-Sutherland
  - 1º bit: 1 se $z > z_{\max}$, 0 caso contrário
  - 2º bit: 1 se $z < z_{\min}$, 0 caso contrário
  - 3º bit: 1 se $y > y_{\max}$, 0 caso contrário
  - 4º bit: 1 se $y < y_{\min}$, 0 caso contrário
  - 5º bit: 1 se $x > x_{\max}$, 0 caso contrário
  - 6º bit: 1 se $x < x_{\min}$, 0 caso contrário

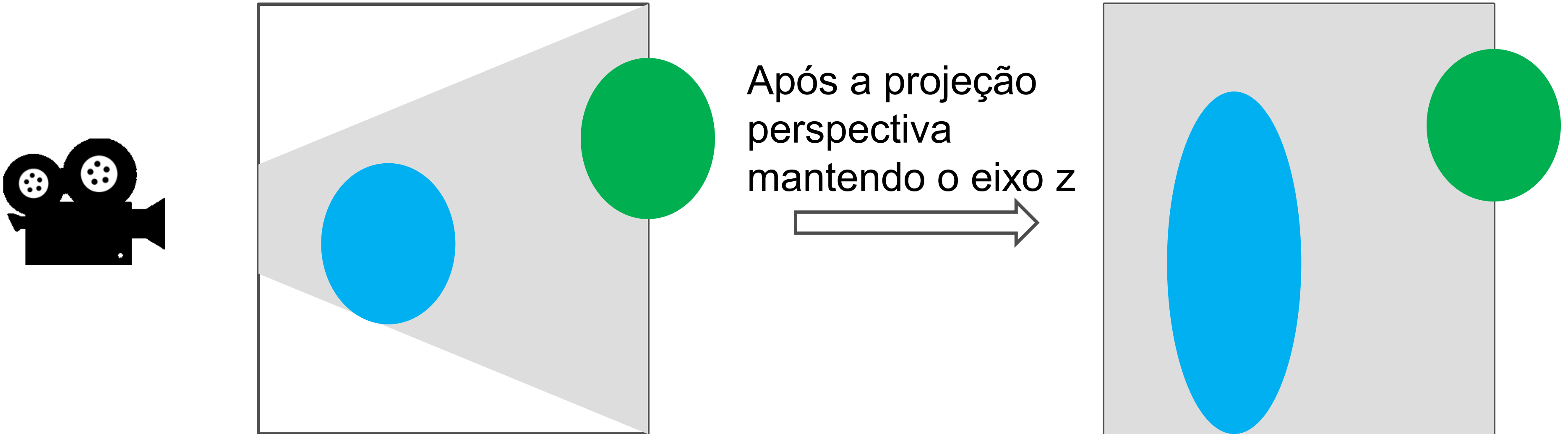
Recorte 3D (*Frustrum Culling*)

- Exemplo 2: Sutherland-Hodgman



Recorte 3D (*Frustrum Culling*)

- No caso da câmera perspectiva, é possível aplicar a projeção e manter o valor original do eixo z (profundidade)
- Assim, podem ser utilizados testes simples na etapa de recorte.



Exemplos (Vídeos)

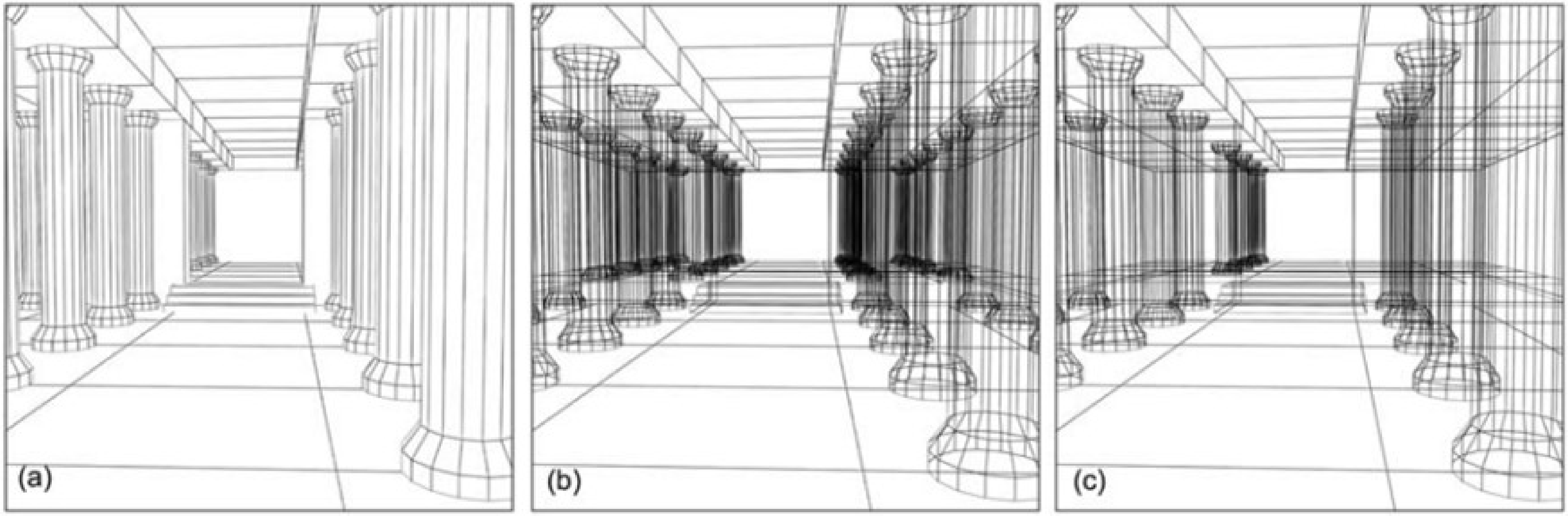
- https://www.youtube.com/watch?v=tHrJICq1e3Q
- https://www.youtube.com/watch?v=Y7qVYPBmGz4
- https://www.youtube.com/watch?v=XBYWh-Ukcfk
- https://www.youtube.com/watch?v=XLXJY-bk82U
- https://www.youtube.com/watch?v=9l4Iwkkh7sg

ELIMINAÇÃO OBJETOS OCLUSOS

Eliminação de Objetos Oclusos

- Elimina os objetos totalmente oclusos por outros objetos

Faces Off On

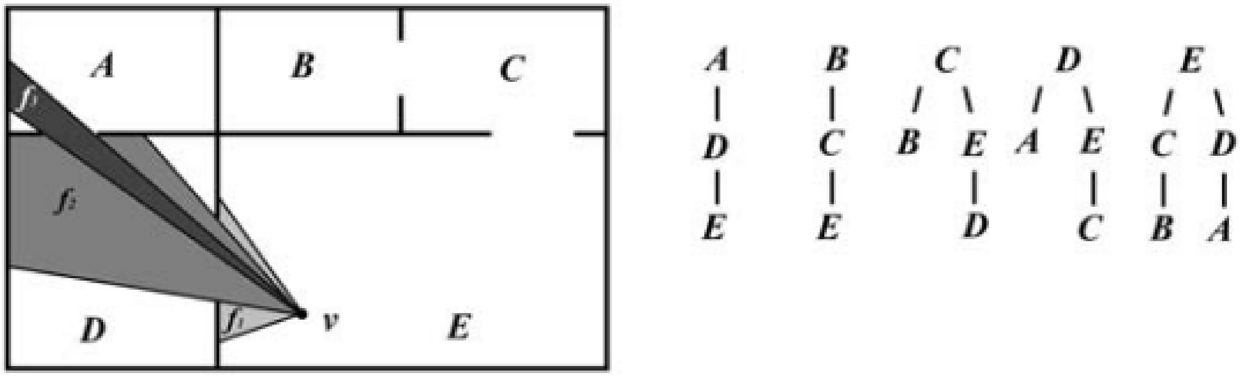


Eliminação de Objetos Oclusos

- O objetivo é minimizar a quantidade de cálculo necessário na etapa de Eliminação de Superfície
- É eficiente em tempo de processamento
- O(P), sendo P a quantidade de polígonos

Eliminação de Objetos Oclusos

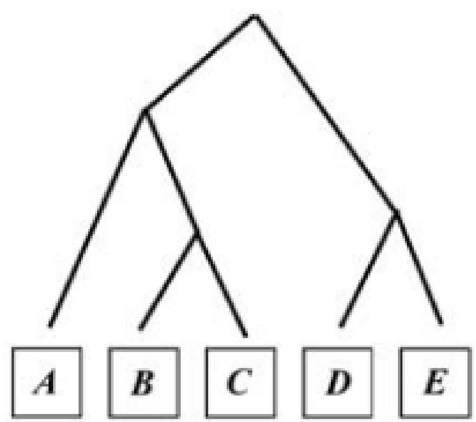
- Ambiente Indoor:



(a) (b)

	A	B	C	D	E
A	1			1	1
B		1	1		1
C		1	1	1	1
D	1		1	1	1
E	1	1	1	1	1

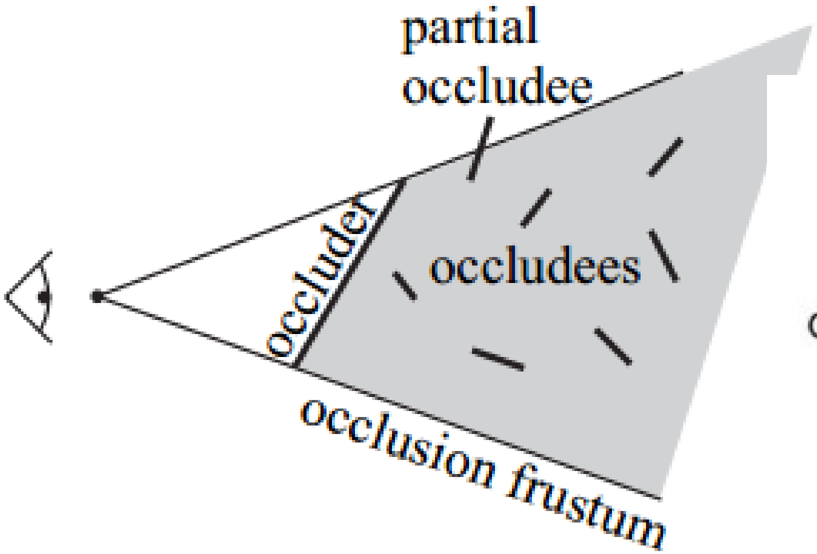
(c)

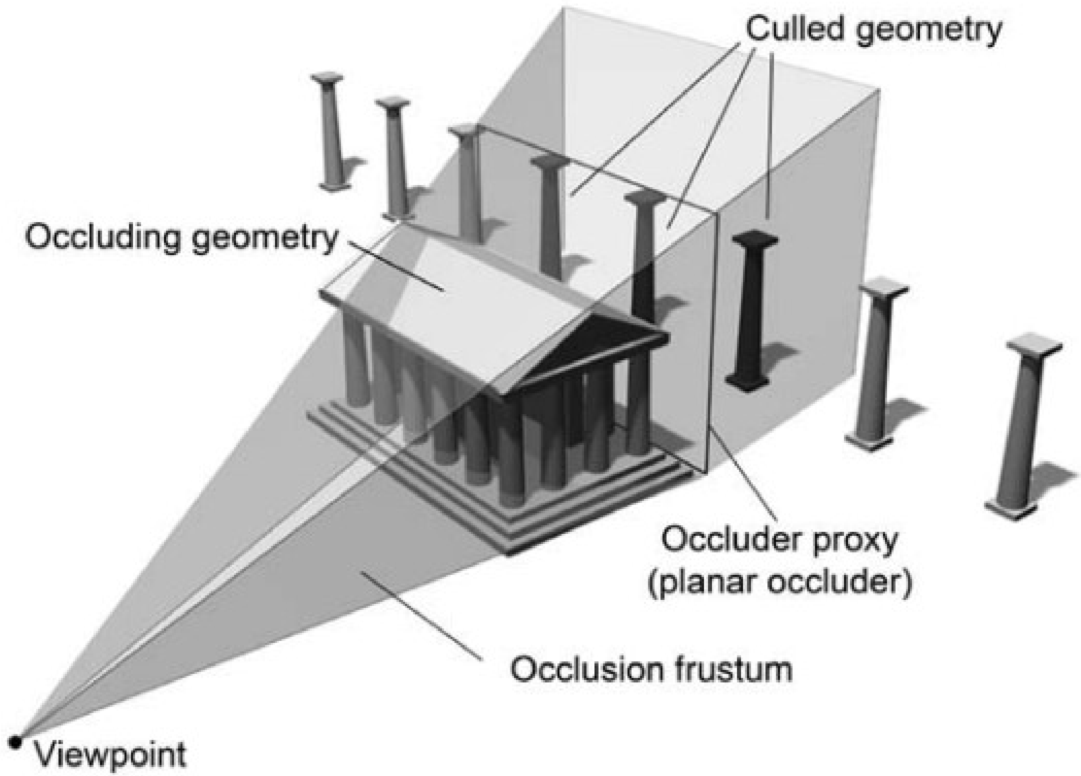


(d)

Eliminação de Objetos Oclusos

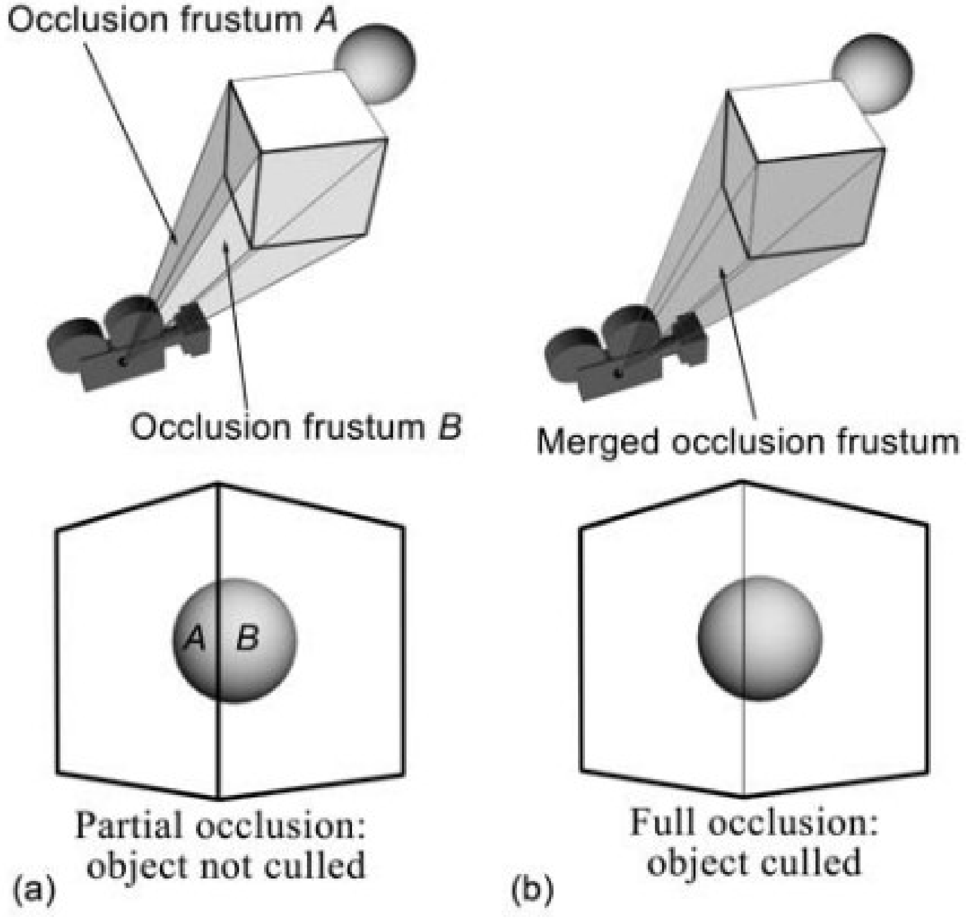
- Ambiente Outdoor:





Eliminação de Objetos Oclusos

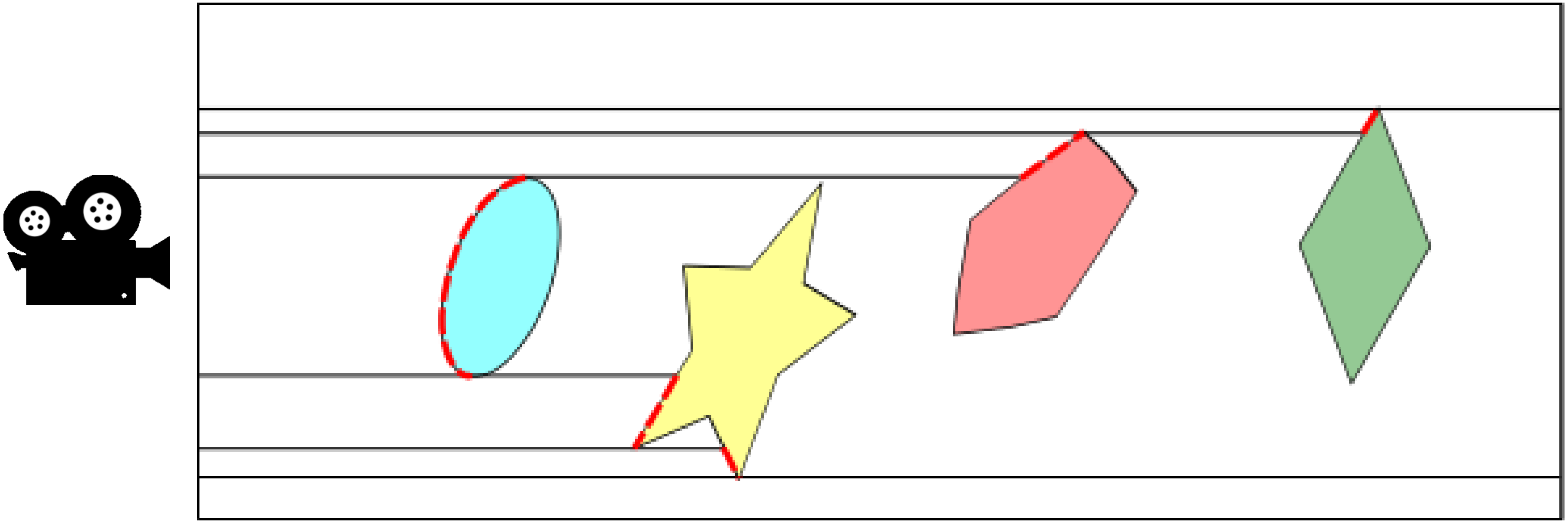
- Ambiente Outdoor:



ELIMINAÇÃO SUPERFÍCIES OCLUSAS

Eliminação de Superfícies Oclusas

- É necessário cortar superfícies oclusas para poupar processamentos de cor, iluminação, textura, etc.



Z-Buffer

- Algoritmo clássico na área de computação gráfica.

- Trabalha no espaço da imagem digital
  - Tem a mesma ideia que o frame buffer, só que ao invés de cores são armazenados os valores de z (profundidade).

- Este algoritmo tira proveito da coerência das primitivas (planos $\rightarrow$ triângulos) para calcular o z de forma incremental.

Z-Buffer

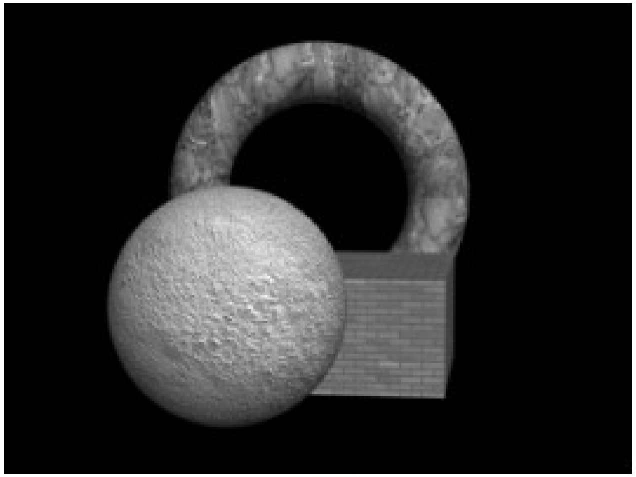
$$F'(x+1,y) = z = -\frac{d}{c} - \frac{a}{c}(x+1) - \frac{b}{c}y$$

- Fórmula do plano.
  - $F(x,y,z) = ax + by + cz + d = 0$
- Como estamos interessados no z
  - $F'(x,y) = z = -\frac{d}{c} - \frac{a}{c}x - \frac{b}{c}y$
- Aplicando a recursividade
  - $F'(x+1,y) = F'(x,y) - \frac{a}{c}$
  - $F'(x,y+1) = F'(x,y) - \frac{b}{c}$

Z-Buffer

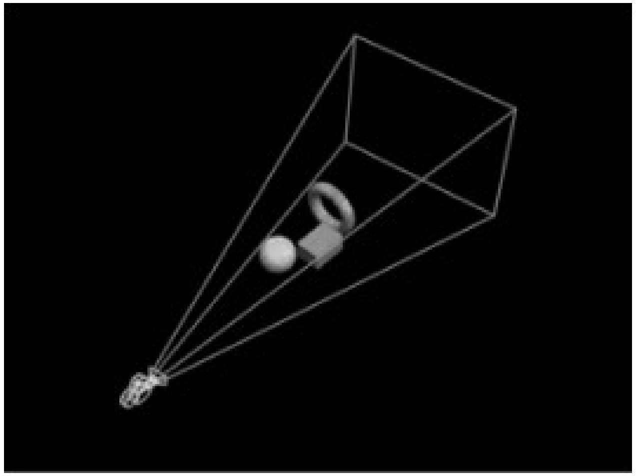
- Inicializa z_buffer com $Frustrum_{z\_\max}$
- Para cada pixel do Frame → x, y
  - Para cada polígono → p
    - $z_p = incrementaZ(p, x, y)$ //Igual ao bresenham (3D)
    - Se $zp > z\_buffer[x, y]$
      - $Z\_buffer[x, y] = z_p$

Z-Buffer



(a)

(b)



(c)

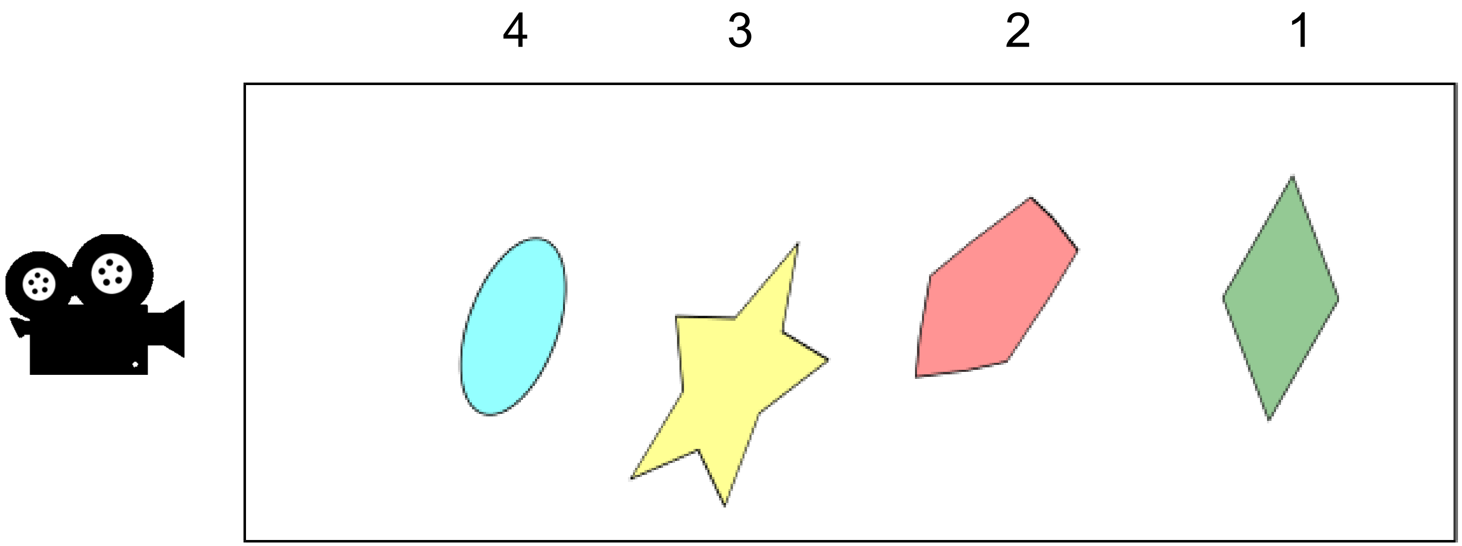
(a) Frame Buffer

(b) Z-Buffer

(c) Cena

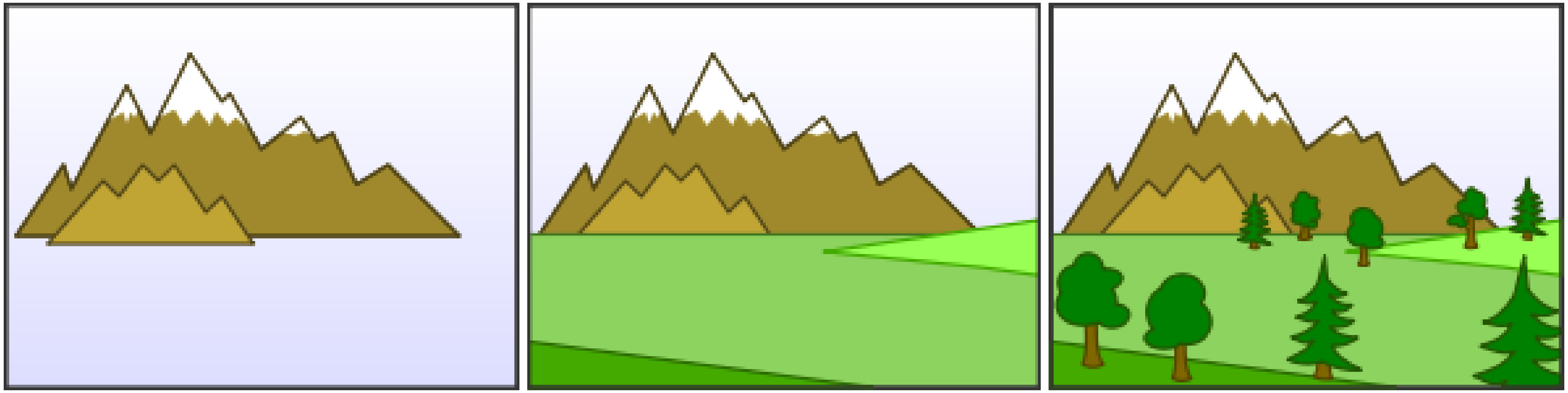
Algoritmo de ordenação em Profundidade

- Ordena os objetos em relação a sua distância do observador e pinta na ordem inversa.
- Também é conhecido como o algoritmo do pintor.



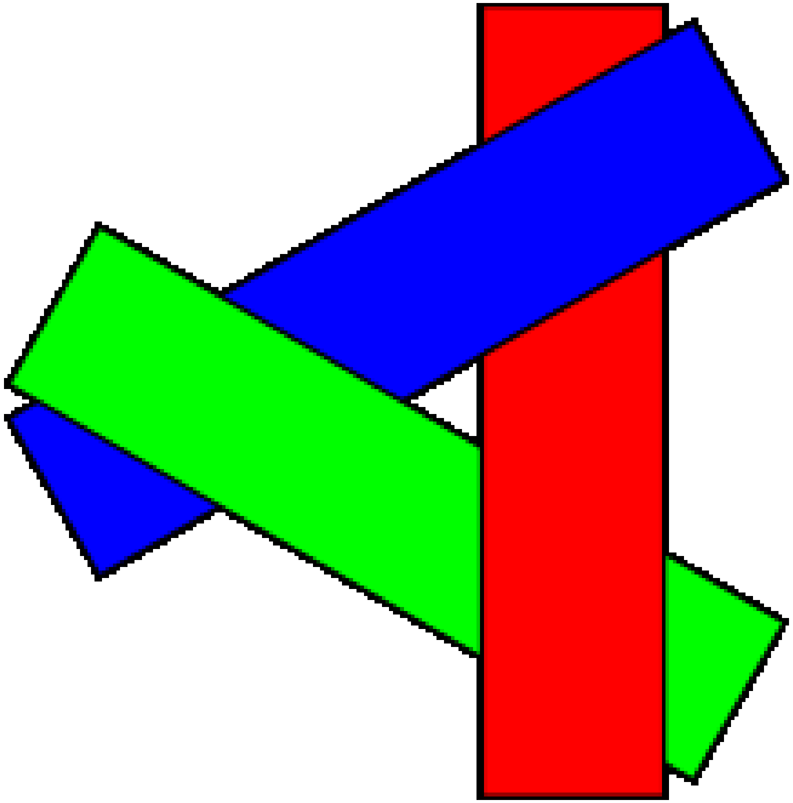
Algoritmo de ordenação em Profundidade

- Analogia do pintor



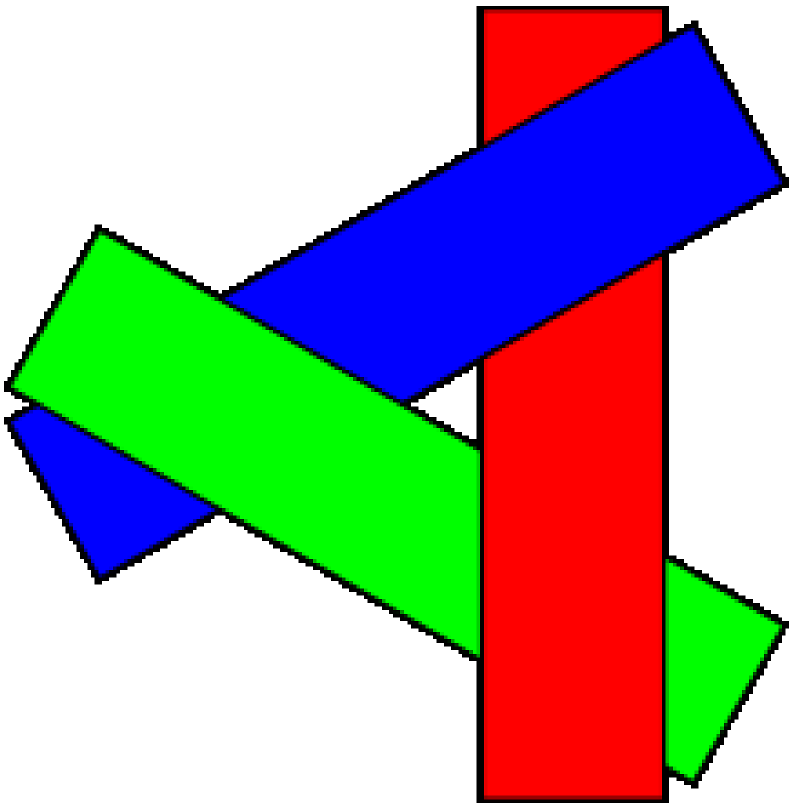
Algoritmo de ordenação em Profundidade

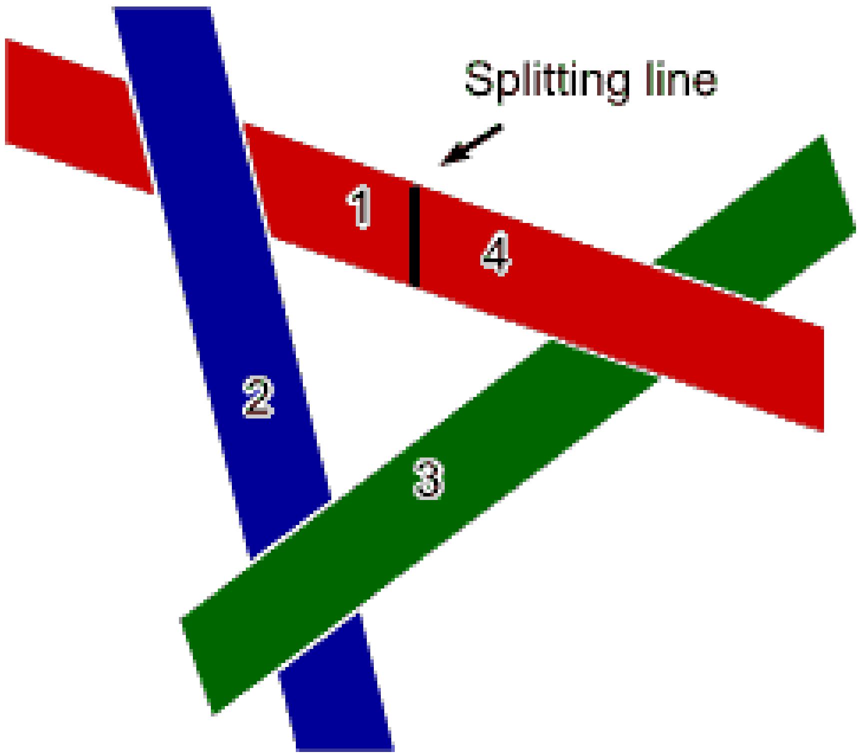
- Problema....



Algoritmo de ordenação em Profundidade

- Problema.... Uma solução.





Algoritmo de ordenação em Profundidade

- Para cada polígono
  - Encontrar o $z_{\min}$ e o $z_{\max}$ de cada p

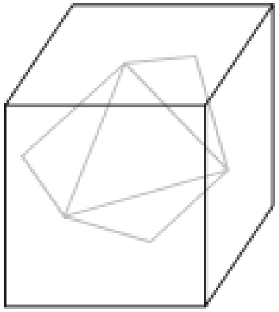
- Ordenar de acordo com o $z_{\min}$

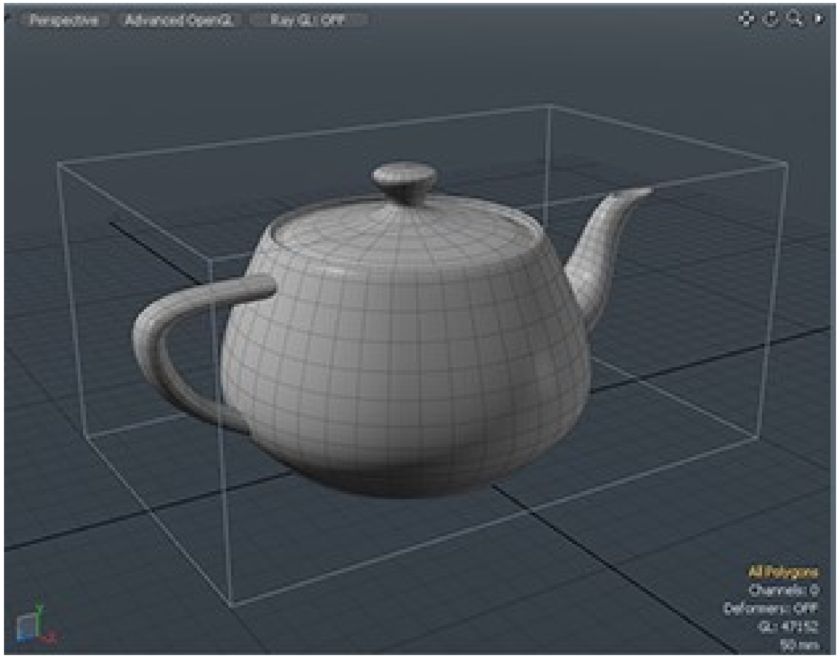
- Resolver sobreposições entre $z_{\min}$ e $z_{\max}$ para cada par de polígonos

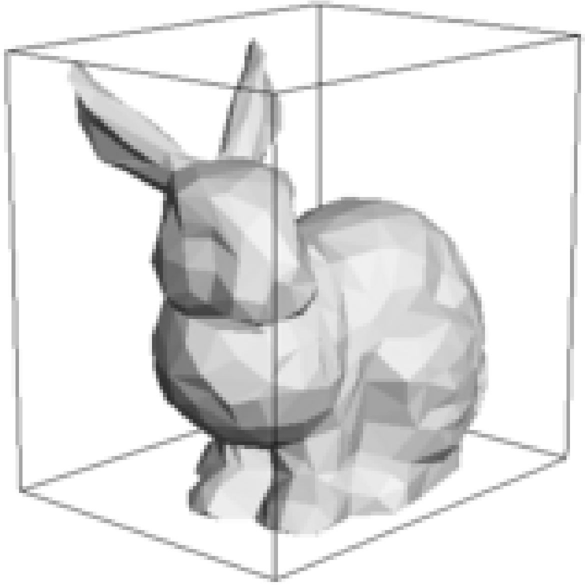
- Mostrar polígonos na ordem inversa

Pós-Créditos

- Melhorias no desempenho:
  - Bounding Boxes:







Pós-Créditos

- Melhorias no desempenho:
  - Progressive Hull:

96.699 polígonos 2.000 polígonos 200 polígonos