
Visualização Volumétrica: da Teoria às Aplicações

Roberto de **Beauclair** Seixas
tron@Incc.br

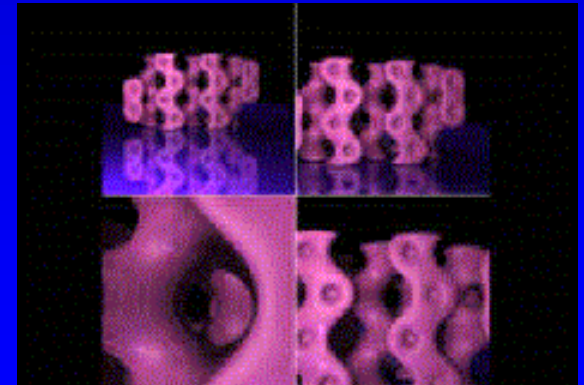
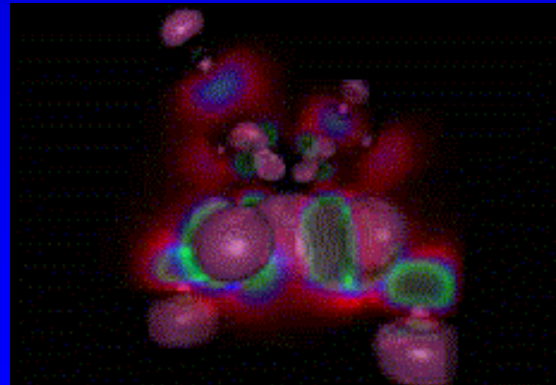
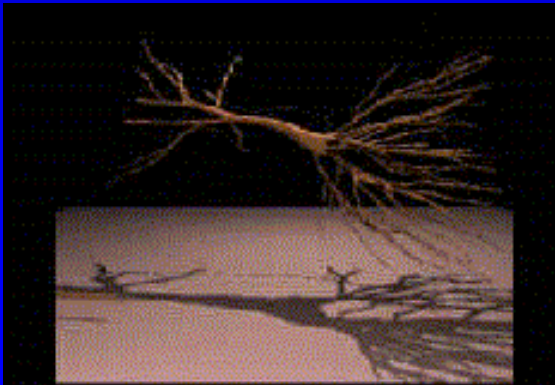
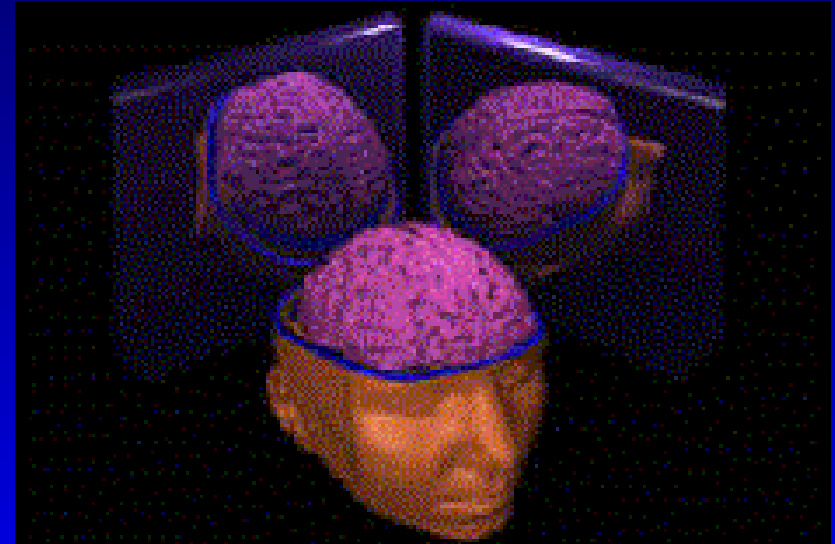
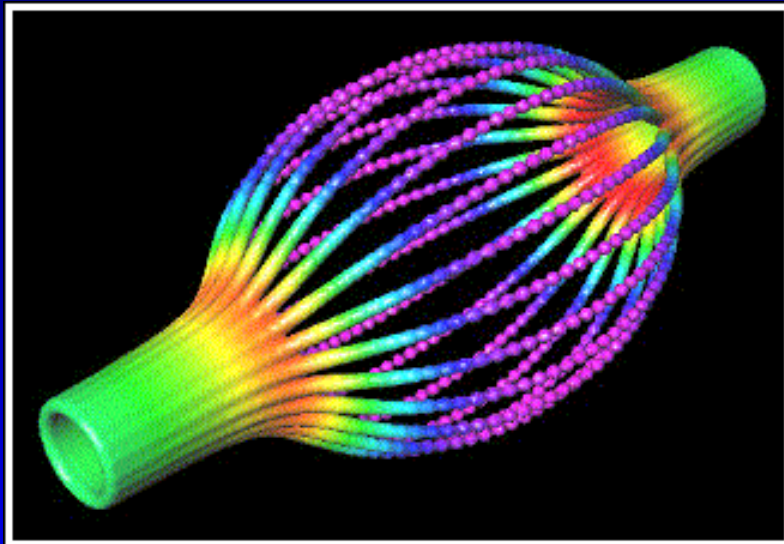
Visualização Volumétrica

- ➔ Introdução
- ➔ Áreas de Interesse
- ➔ Etapas da Visualização Volumétrica
- ➔ Classes de Algoritmos
- ➔ Aplicações
 - ➔ Reconstrução 3D (serial e paralela)
 - ➔ Sísmica
 - ➔ Triangulação (*Iso-Volume, Iso-Strip*)

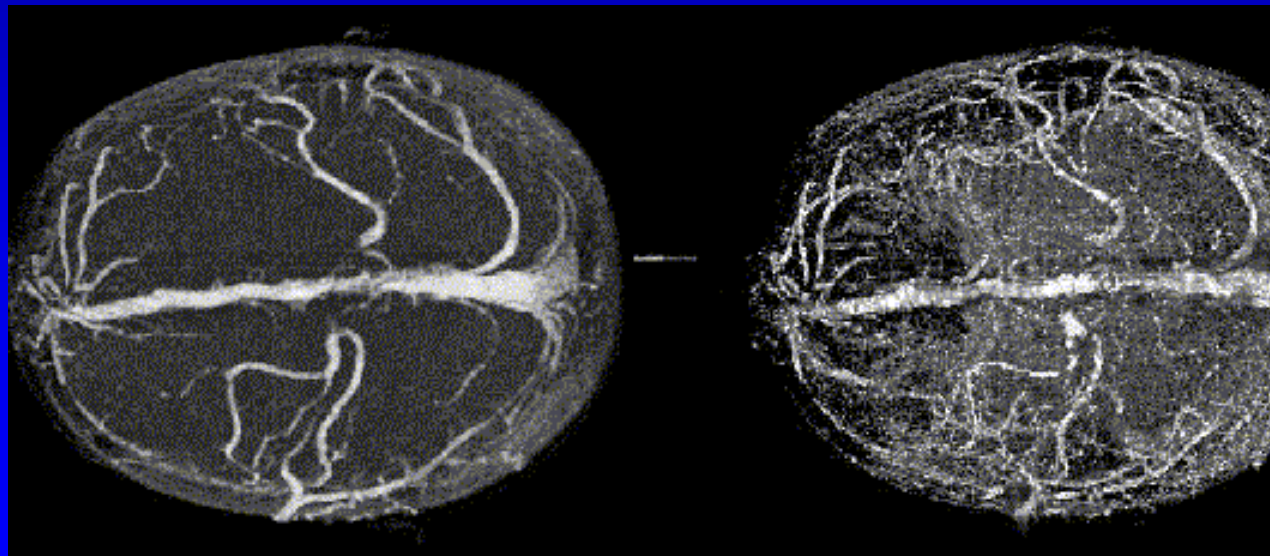
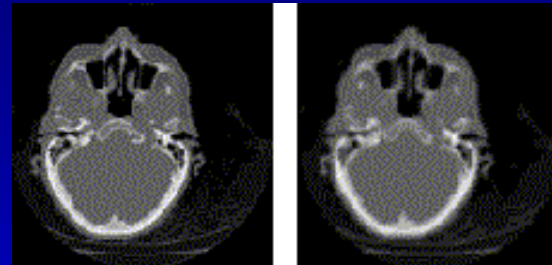
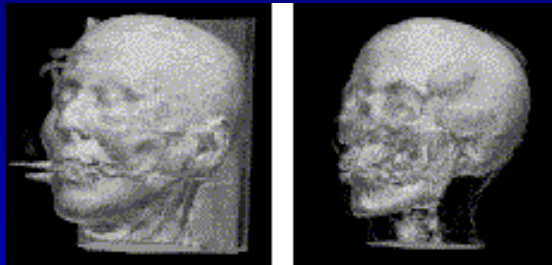
Visualização Volumétrica

- É o conjunto de técnicas utilizadas na visualização de dados científicos associados a regiões de um volume, tendo como principal objetivo a exibição do interior de objetos volumétricos, a fim de explorar sua estrutura e facilitar sua compreensão.
- É o processo de projeção de um conjunto de dados multidimensionais em um plano de visualização bidimensional, com o objetivo de se obter um melhor entendimento da estrutura, ou falta de estrutura, contida nos dados volumétricos.

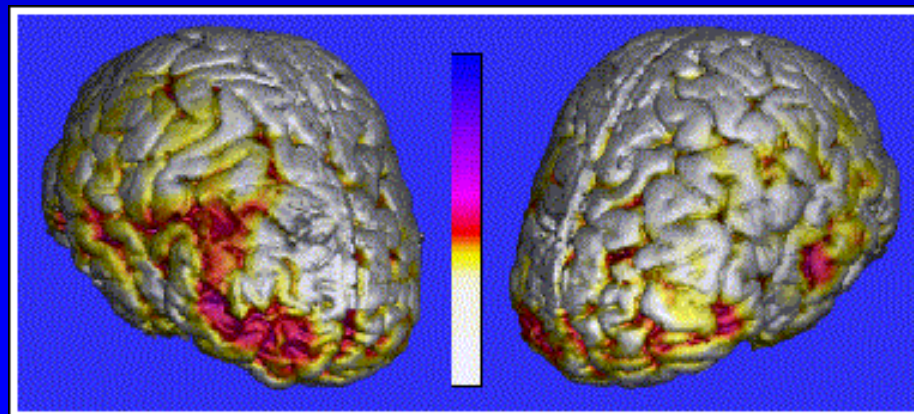
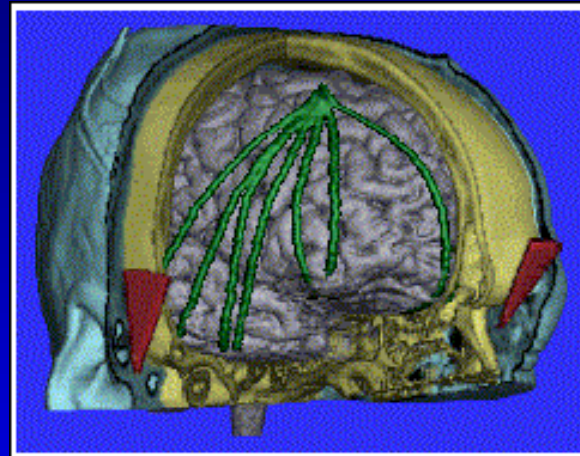
Visualização Volumétrica



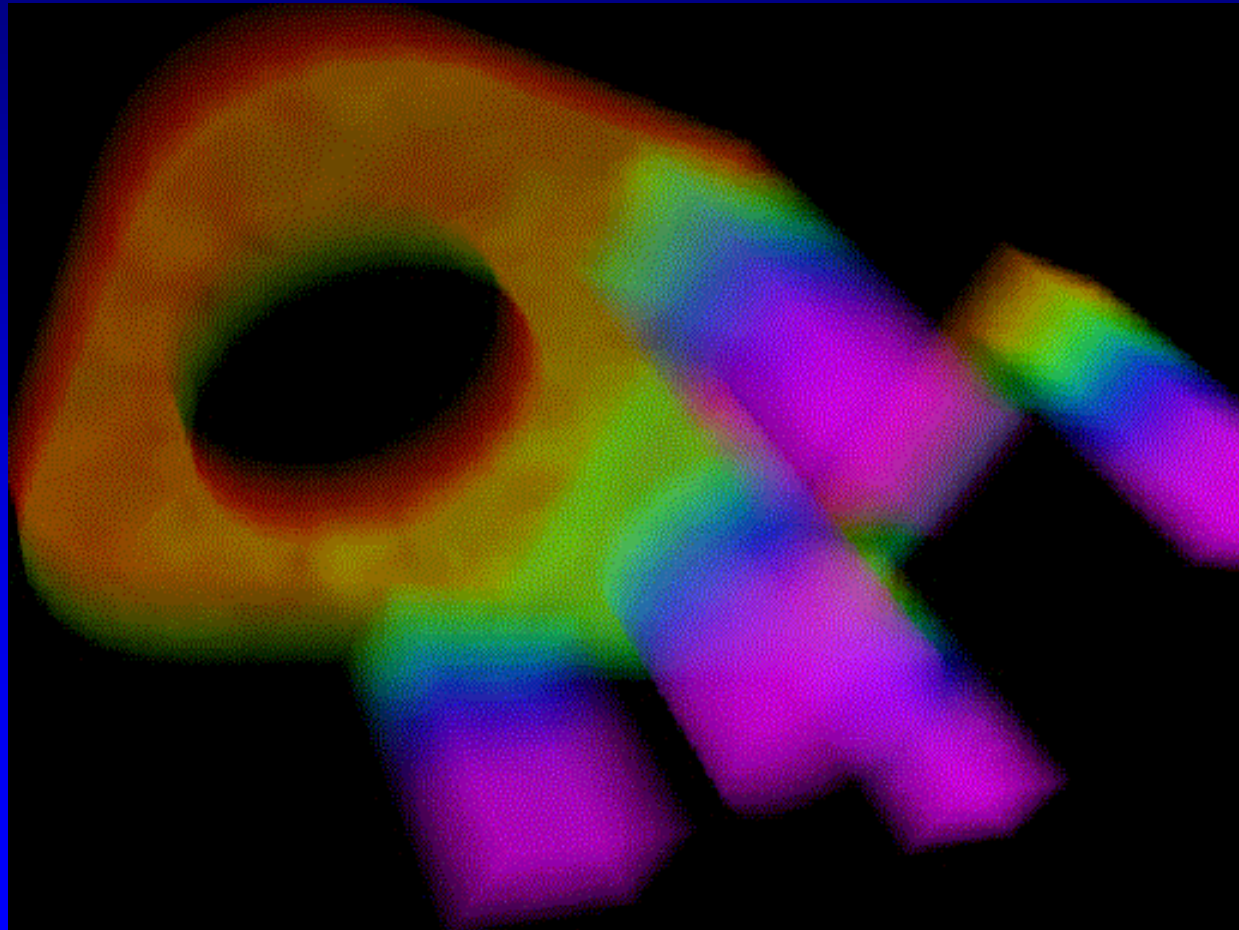
Visualização Volumétrica



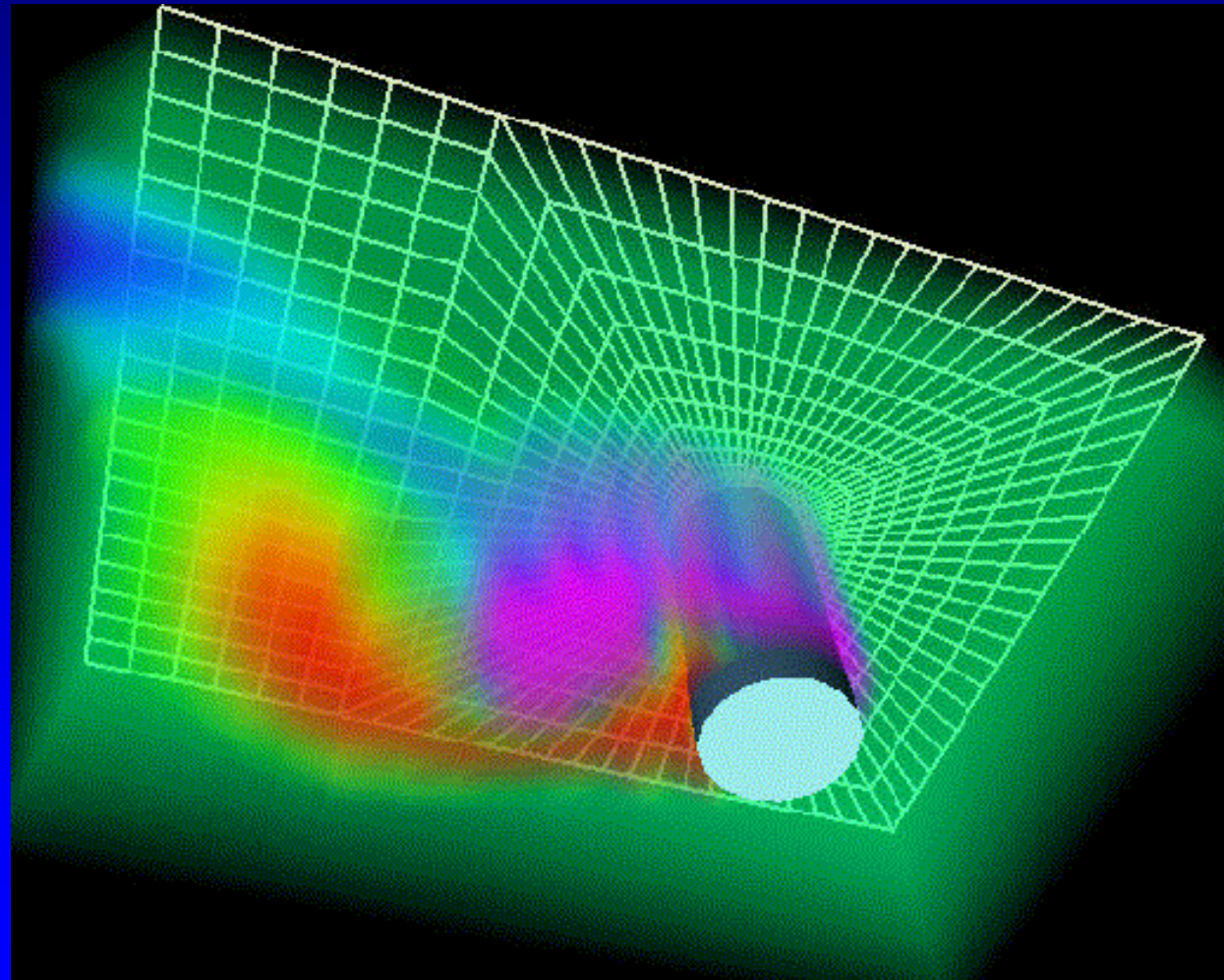
Visualização Volumétrica



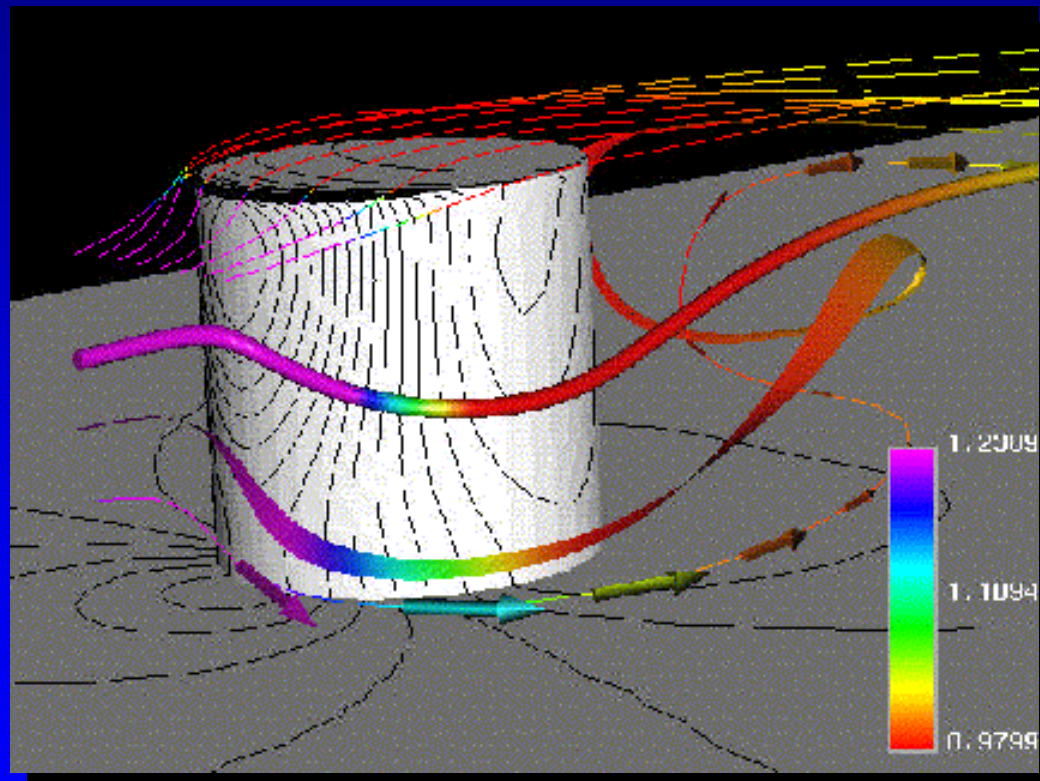
Visualização Volumétrica



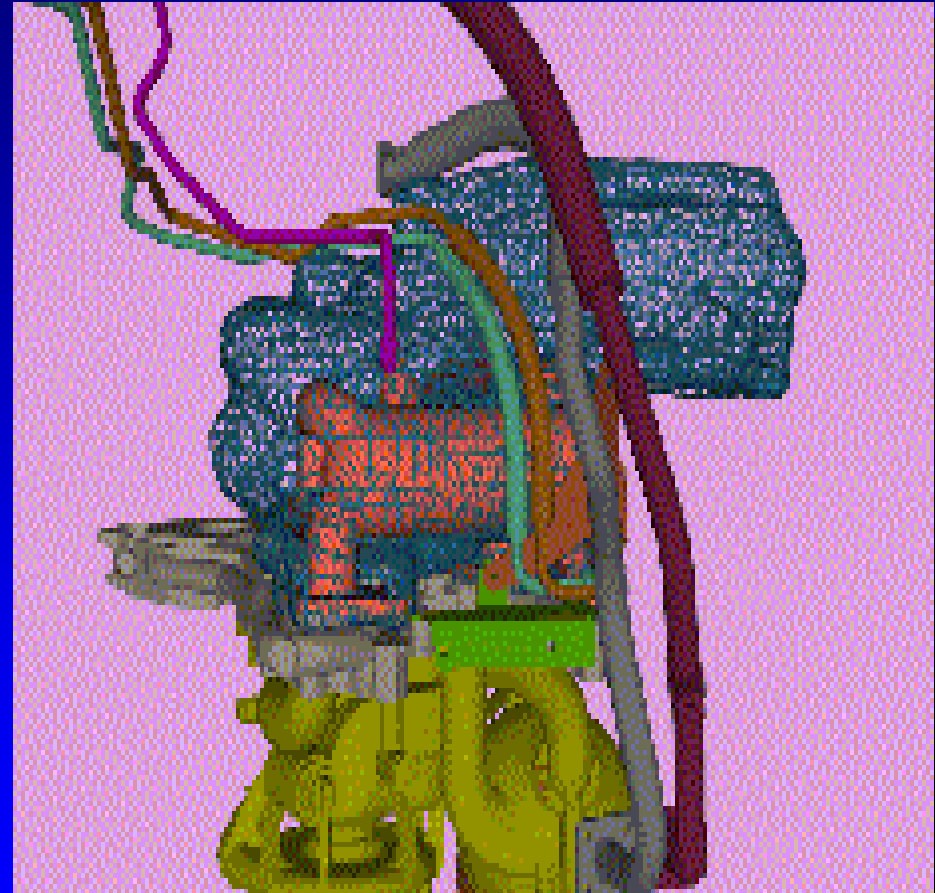
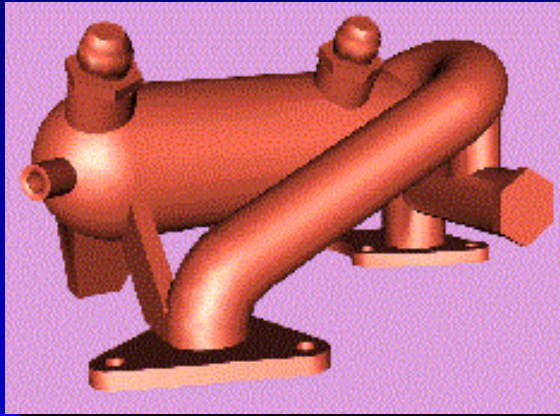
Visualização Volumétrica



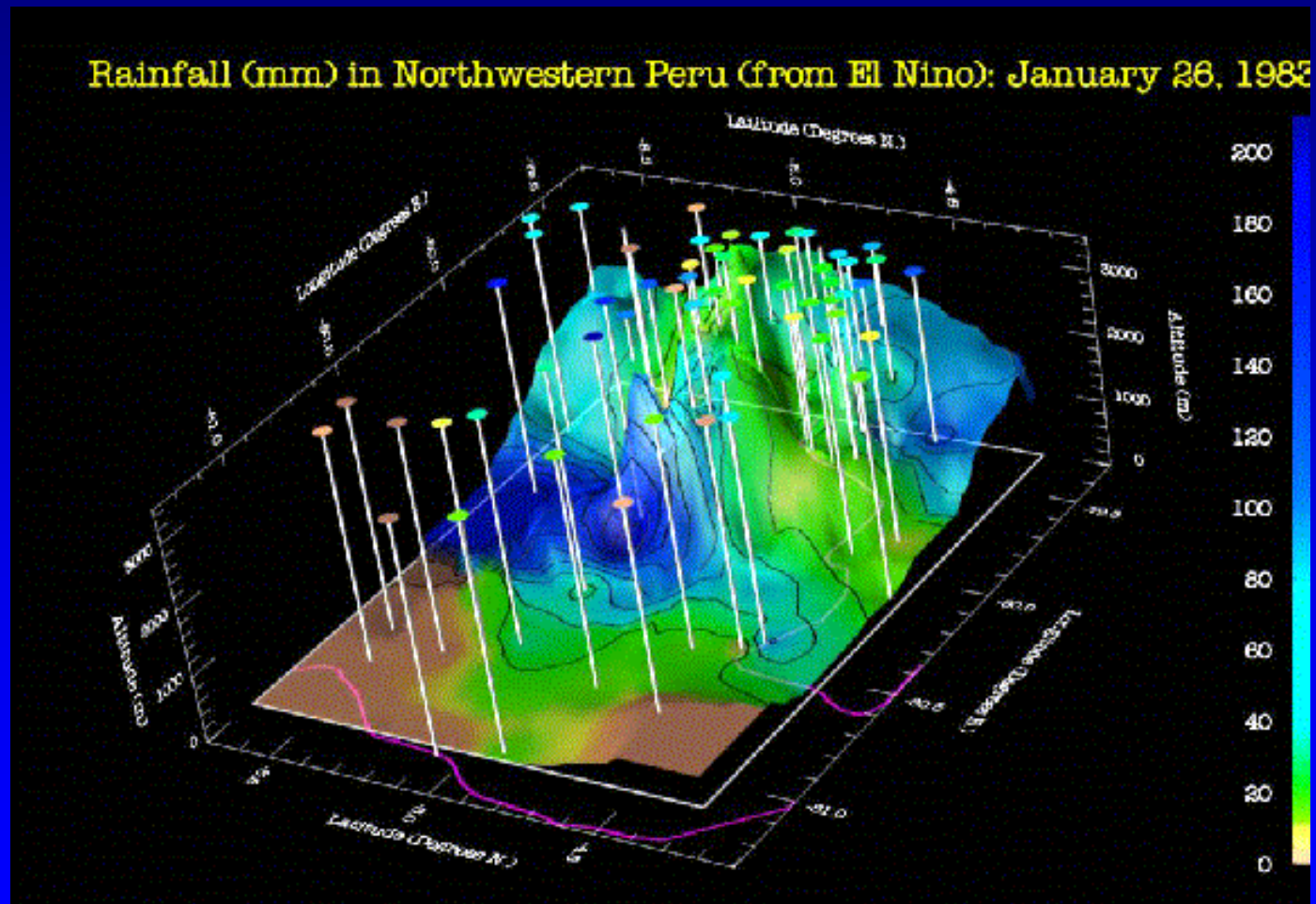
Visualização Volumétrica



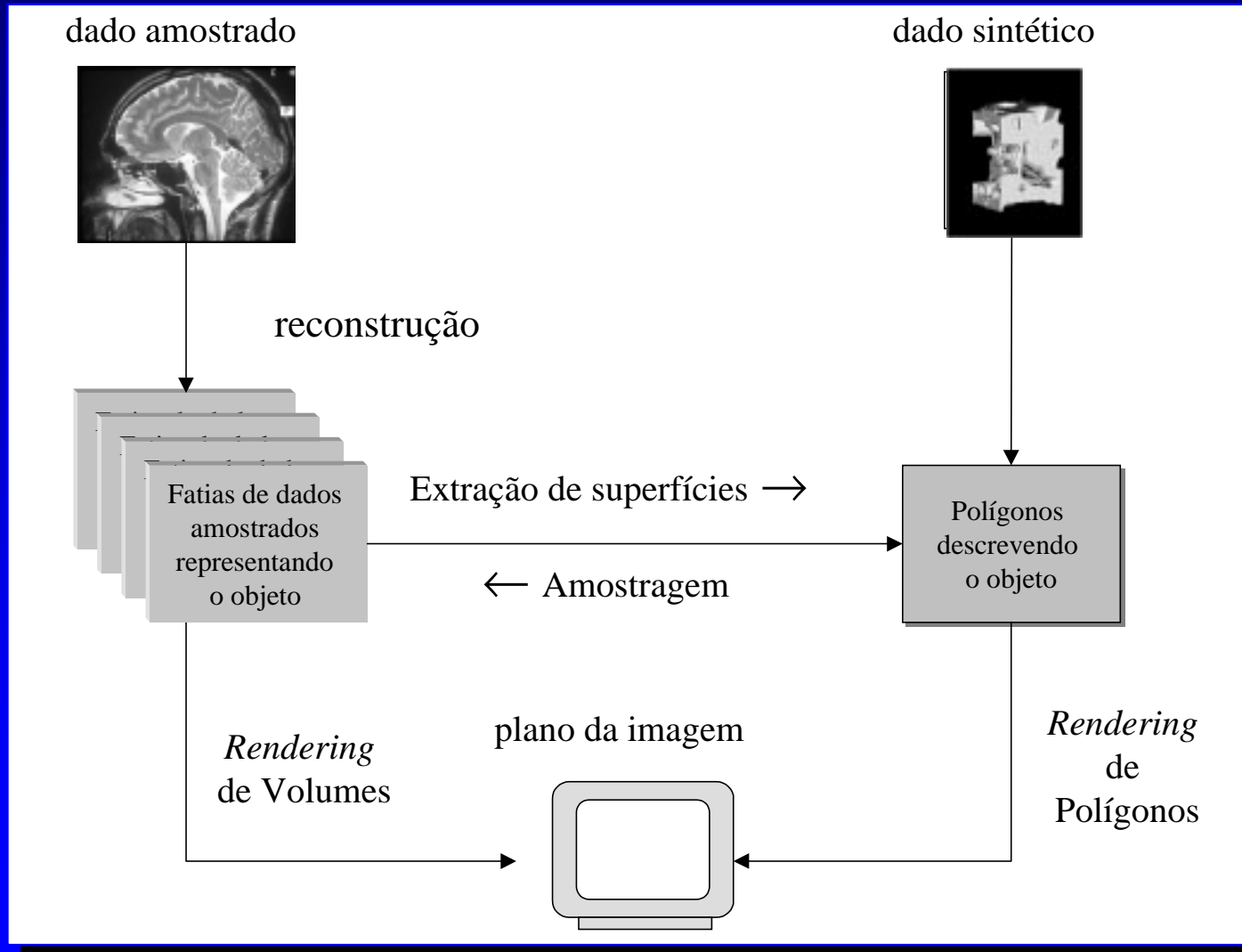
Visualização Volumétrica



Visualização Volumétrica



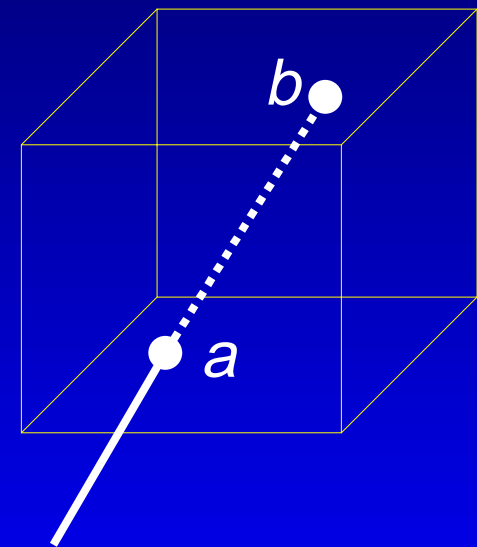
Método de Visualização Volumétrica



Rendering de Volumes

$$I(a, b) = \int_a^b g(s) e^{-\int_a^s \tau(x) dx} ds$$

$I(a, b)$ é a intensidade de um pixel;
 ds é a direção do raio;
 $g(s)$ é o termo de origem do dado;
 $\tau(x)$ é o coeficiente de extinção.



$g(s)$ e $\tau(x)$ são utilizados para se fazer o mapeamento de um valor de voxel em uma intensidade e uma opacidade.

Obs: Intensidade é a cor multiplicada por sua transparência.

Rendering de Volumes

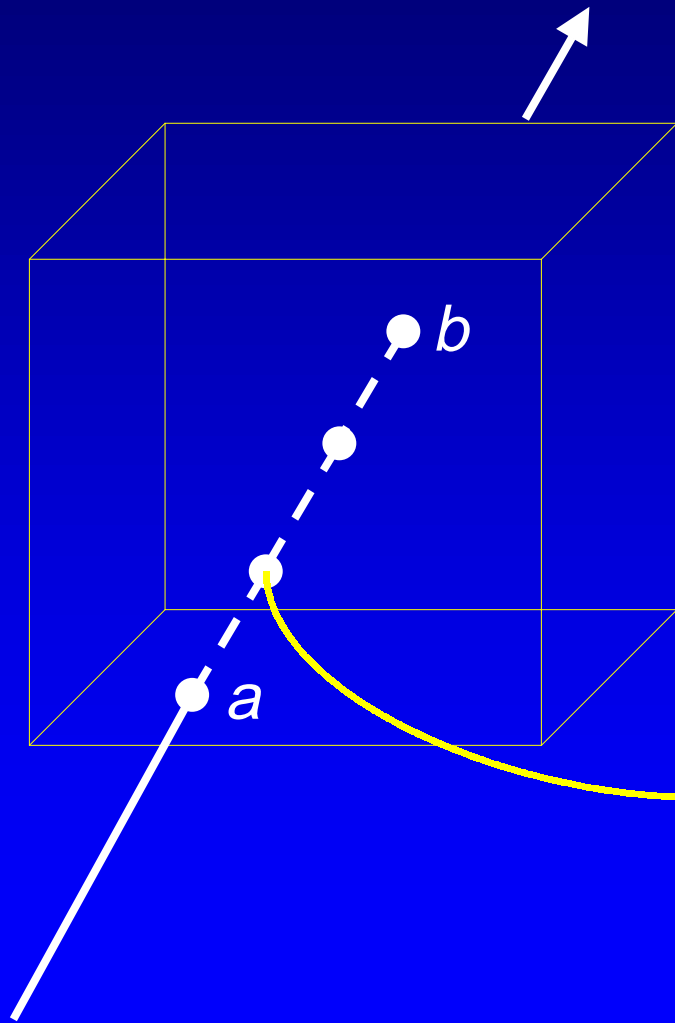
- ➔ A aproximação discreta mais simples para uma integral contínua é o somatório de Riemann (*Riemann sum*).

$$\int_0^d h(x) dx \approx \sum_{i=0}^n h(x_i) \Delta x$$

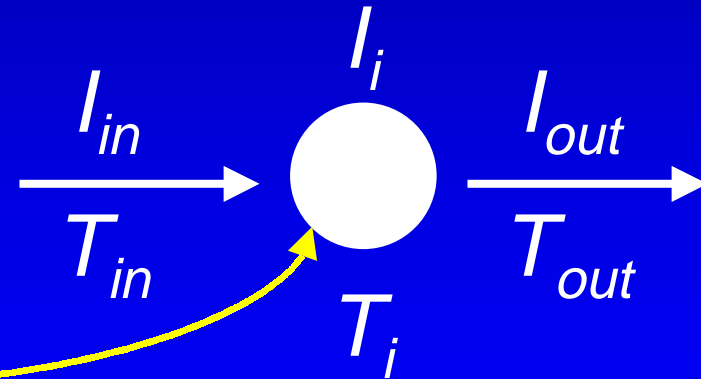
- ➔ A integral discreta ao longo do raio (*front-to-back*) fica:

$$I(a, b) = \sum_{i=0}^n I_i \prod_{j=0}^{i-1} T_j = \sum_{i=0}^n I_i \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \alpha_j)$$

Rendering de Volumes



Front-to-Back



Rendering de Volumes

$$\sum_{i=0}^n I_i \prod_{j=0}^{i-1} T_j = I_0 + I_1 T_0 + I_2 T_0 T_1 + \dots + I_n T_0 \dots T_{n-1}$$
$$= I_0 \text{ over } I_1 \text{ over } I_2 \text{ over } \dots \text{ over } I_n$$

➔ Implementação (*front-to-back*):

```
Trans = 1.0;
```

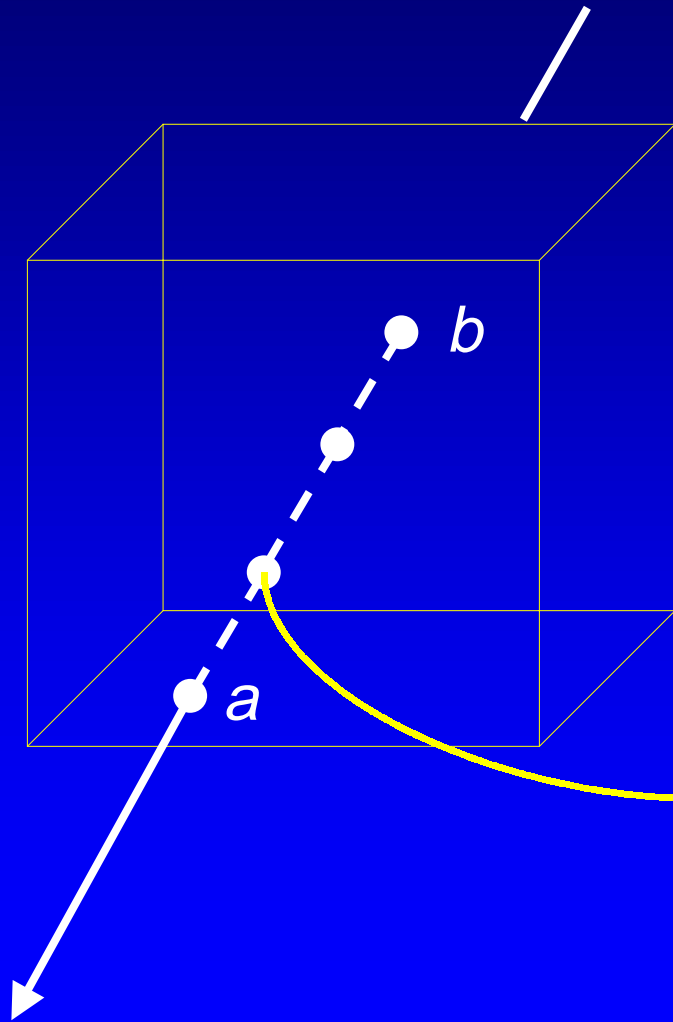
```
Inten = I[0];
```

```
for (i = 1; i <= n; i++)
```

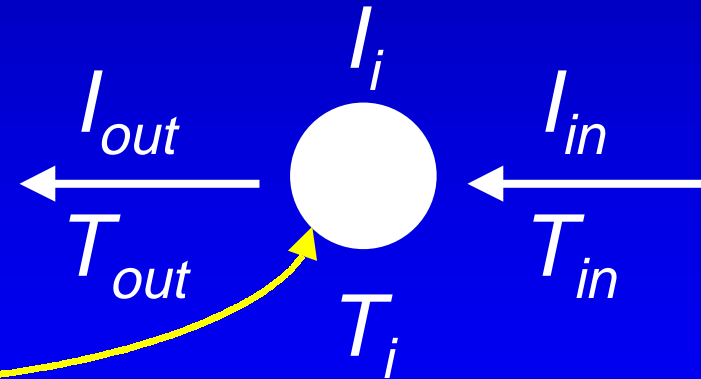
```
    Trans = Trans * T[i-1];
```

```
    Inten = Inten + Trans * I[i];
```

Rendering de Volumes



Back-to-Front



Rendering de Volumes

- ➔ Implementação (*back-to-front*):

```
Inten = I[0];
```

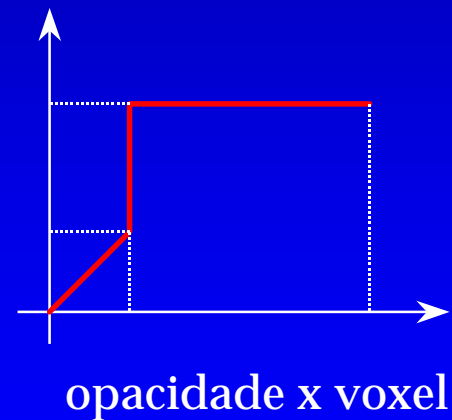
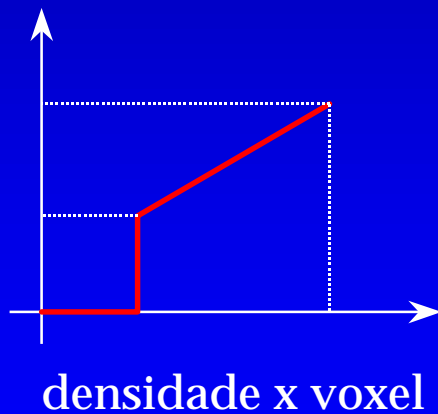
```
for (i = 1; i <= n; i++)
```

```
    Inten = Inten * T[I] + I[i];
```

- ➔ Não existe mais a necessidade de se guardar a transparência acumulada.

Cor e Transparência

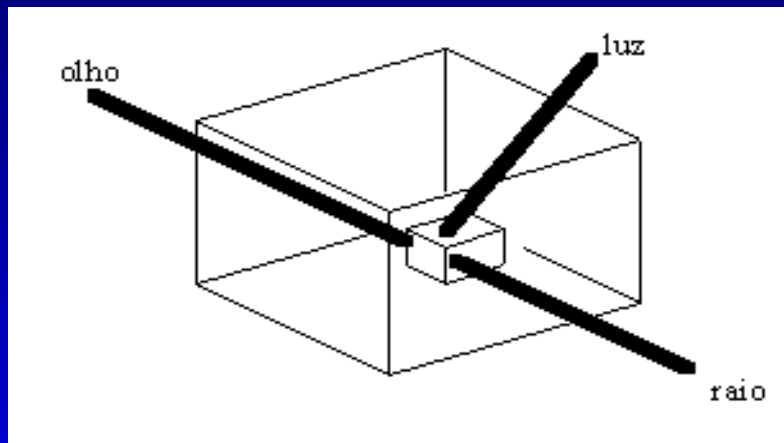
- ➔ Determina-se as funções de mapeamento do valor do voxel em uma intensidade e uma opacidade.



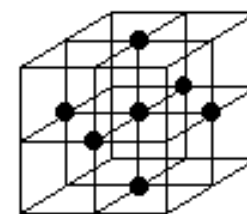
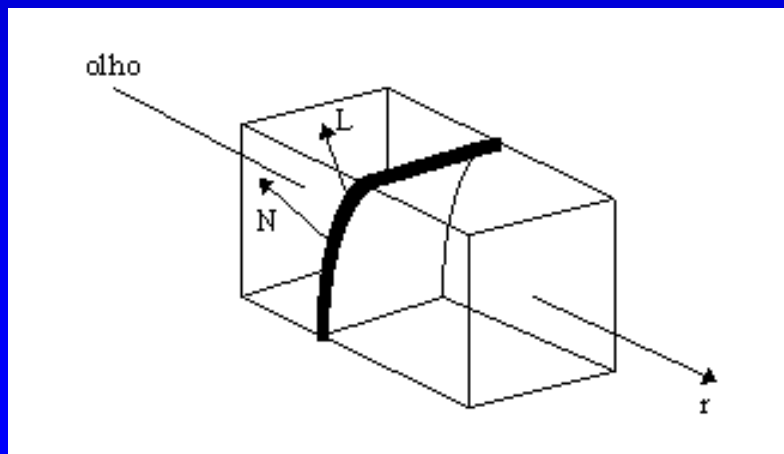
Rendering de Volumes



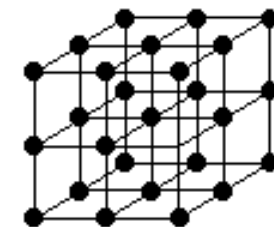
Iluminação



$$\nabla V(X) = \left(\frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z} \right)$$

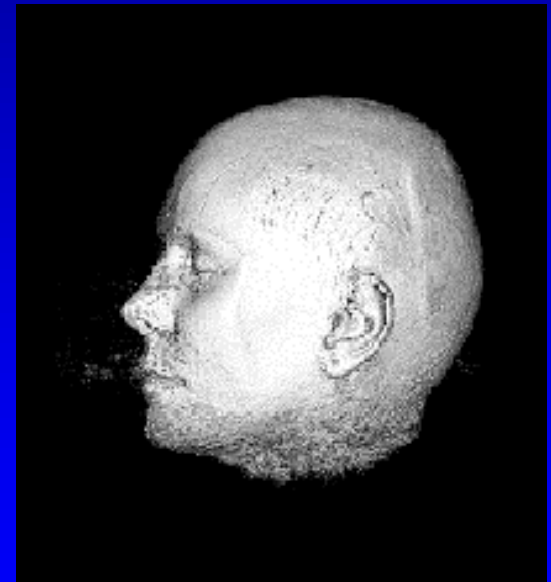
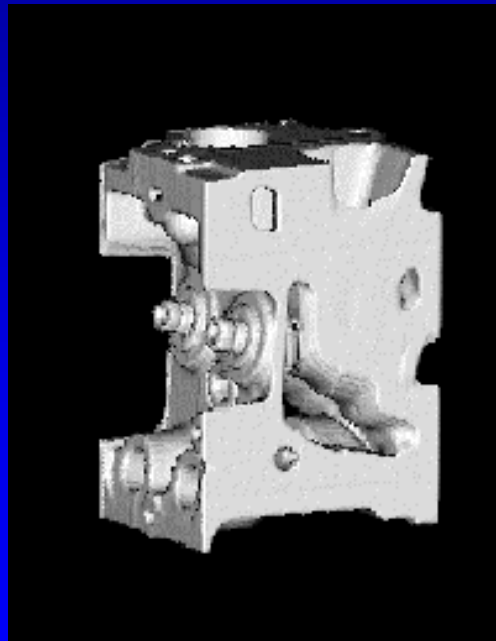


6 vizinhos

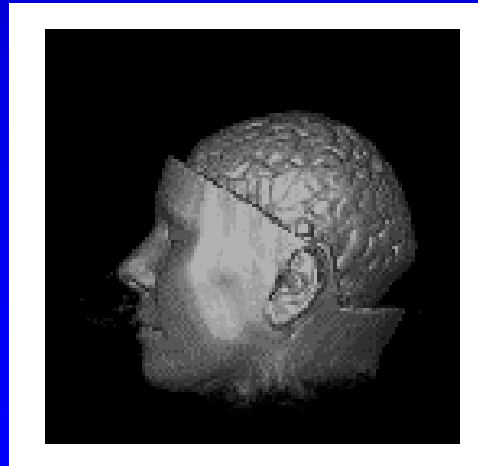
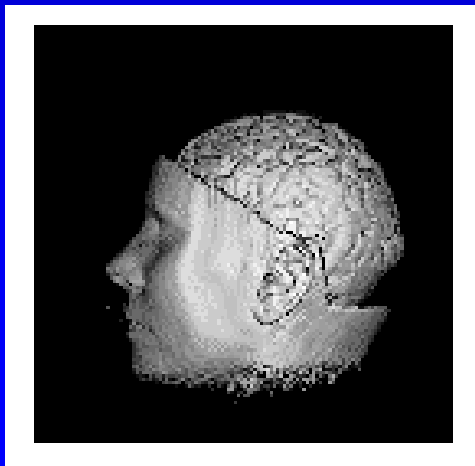
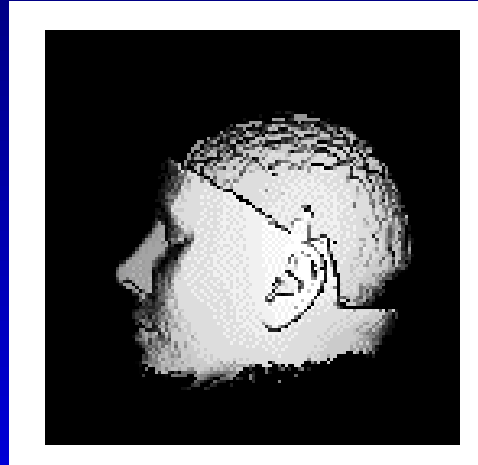
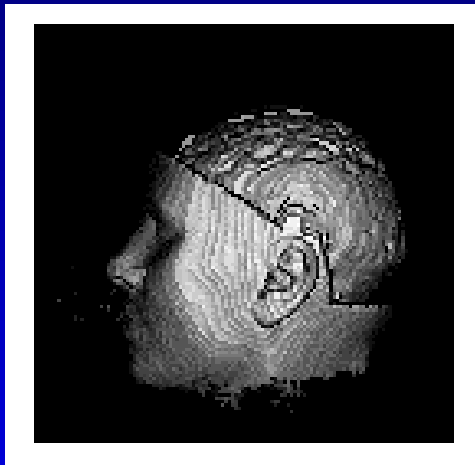


26 vizinhos

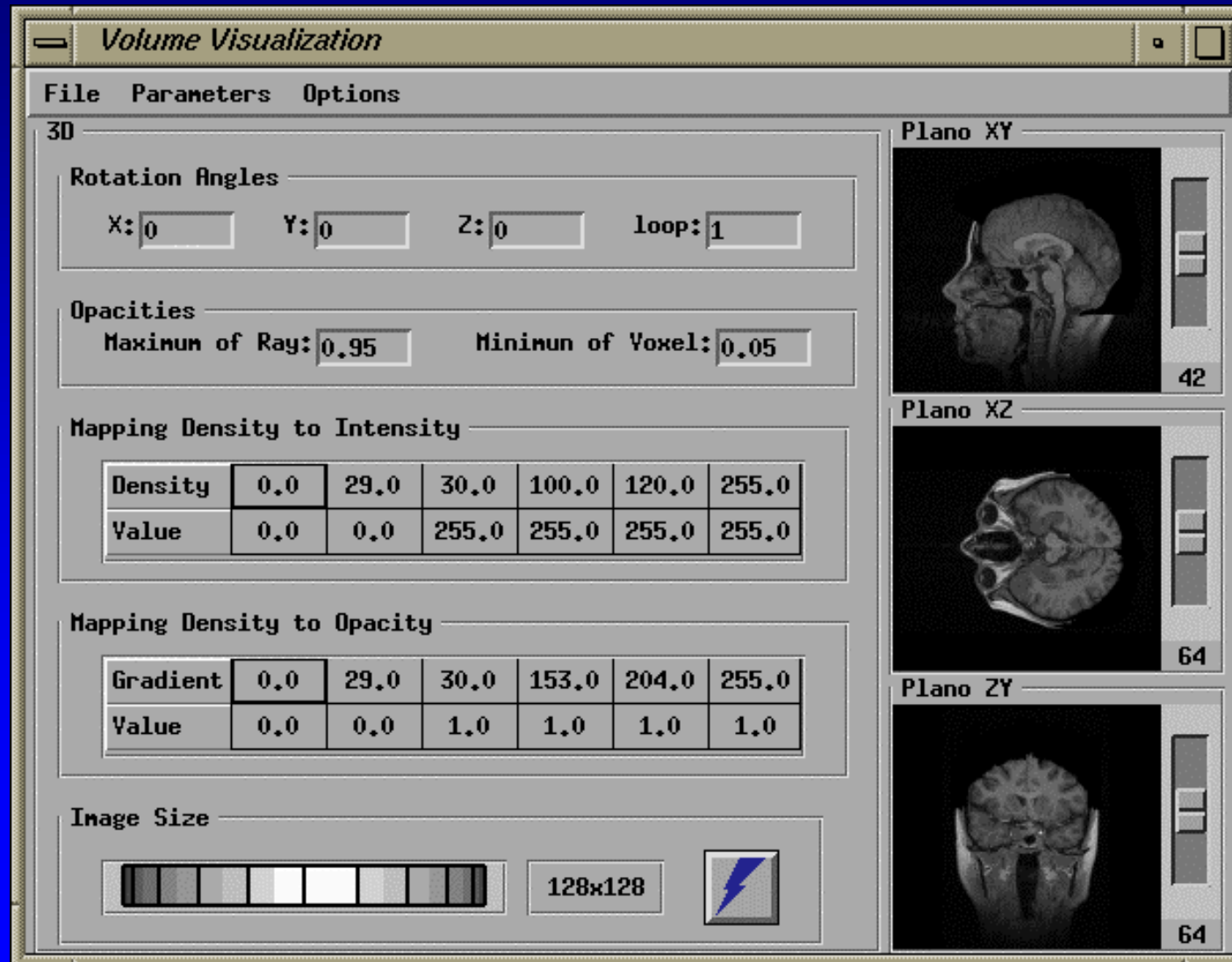
Reconstruções 3D



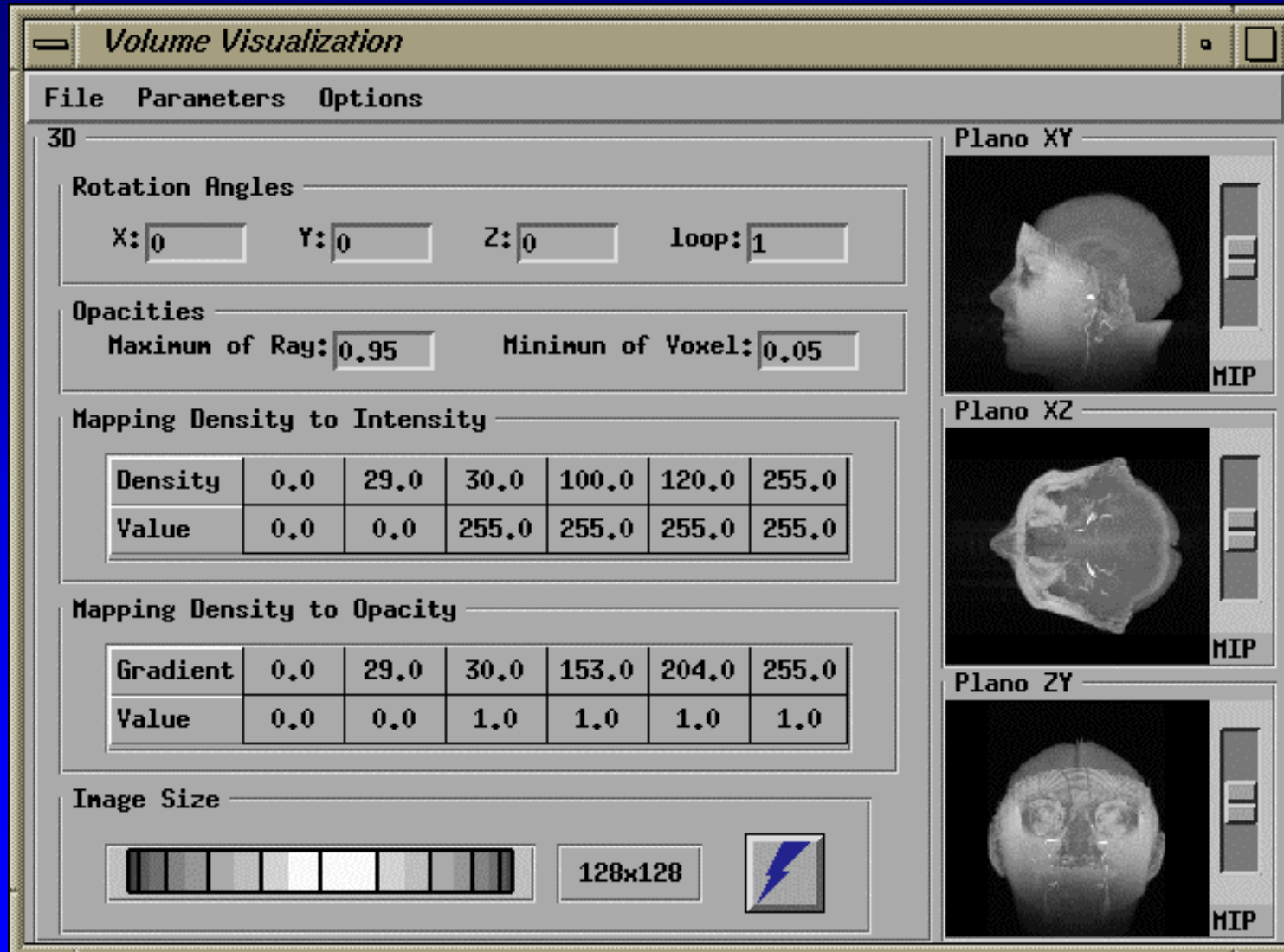
Cálculo do Gradiente



Volume Visualization



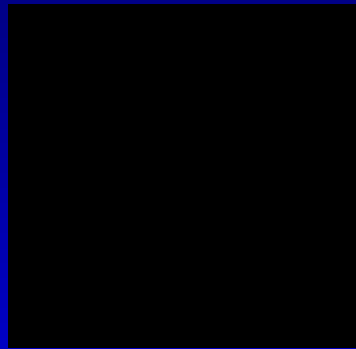
Volume Visualization



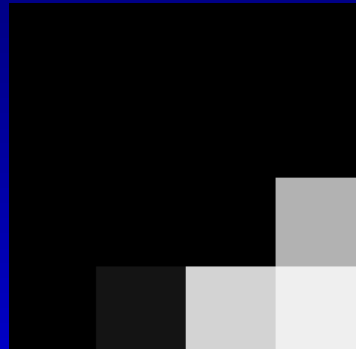
O que pode ser feito em paralelo?

- Lançamento de raios a partir do observador em direção ao volume;
- Determinação dos segmentos dos raios que interceptam o volume;
- Acumulação das contribuições de transparência e cor ao longo do raio;
- Exibição do plano de visualização.

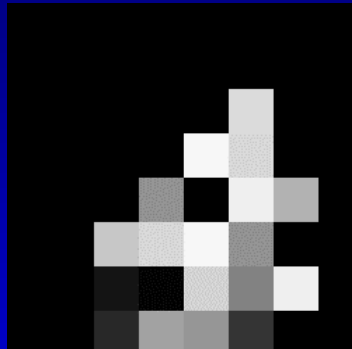
Refinamento Progressivo



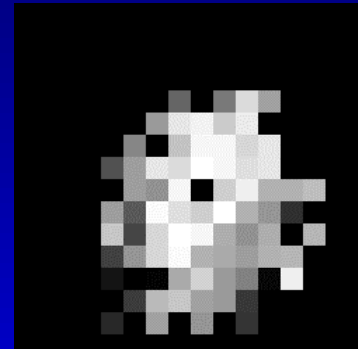
2x2



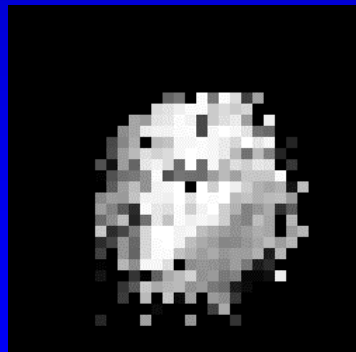
4x4



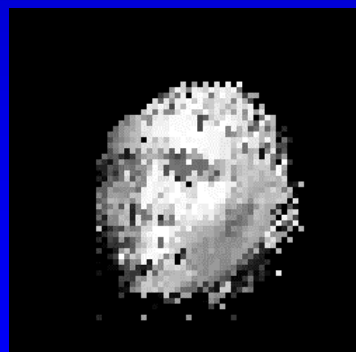
8x8



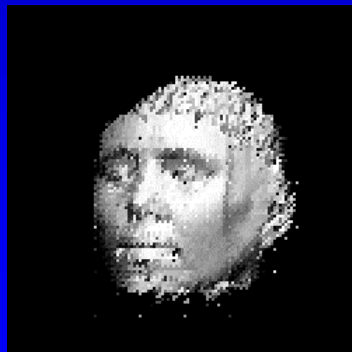
16x16



32x32



64x64



128x128



256x256

Particionamento

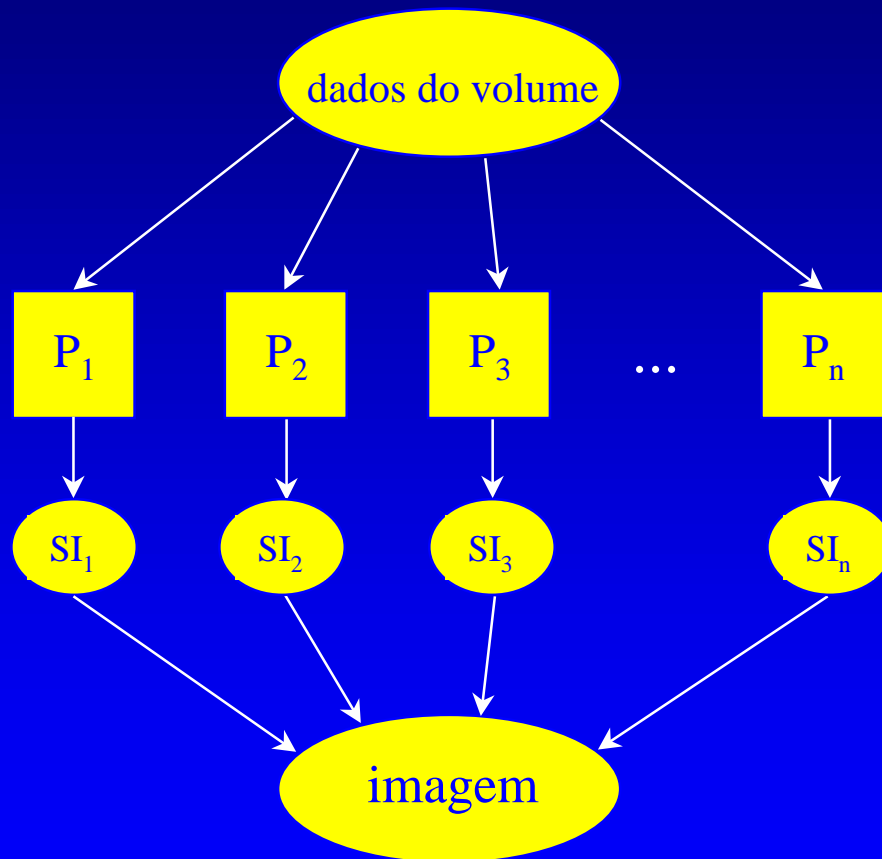
Todos os algoritmos paralelos de Visualização Volumétrica devem partilhar dois conjuntos de dados entre os processadores. O primeiro diz respeito aos dados a serem visualizados, ou seja, os dados volumétricos propriamente ditos. O outro refere-se aos dados da imagem, ou seja, a localização (x,y) e a cor (r,g,b) .

Assim, os algoritmos paralelos trabalham baseando-se e, um dos dois conjuntos. Esta distinção de estratégias cria duas classes de algoritmos paralelos.

Particionamento da Imagem

A imagem é dividida entre os processadores. Cada processador é responsável por uma partição do espaço da imagem e executa as mesmas tarefas concorrentemente em diferentes regiões da imagem. O processador responsável pela exibição simplesmente coloca cada sub-imagem no lugar apropriado da tela.

Particionamento da Imagem

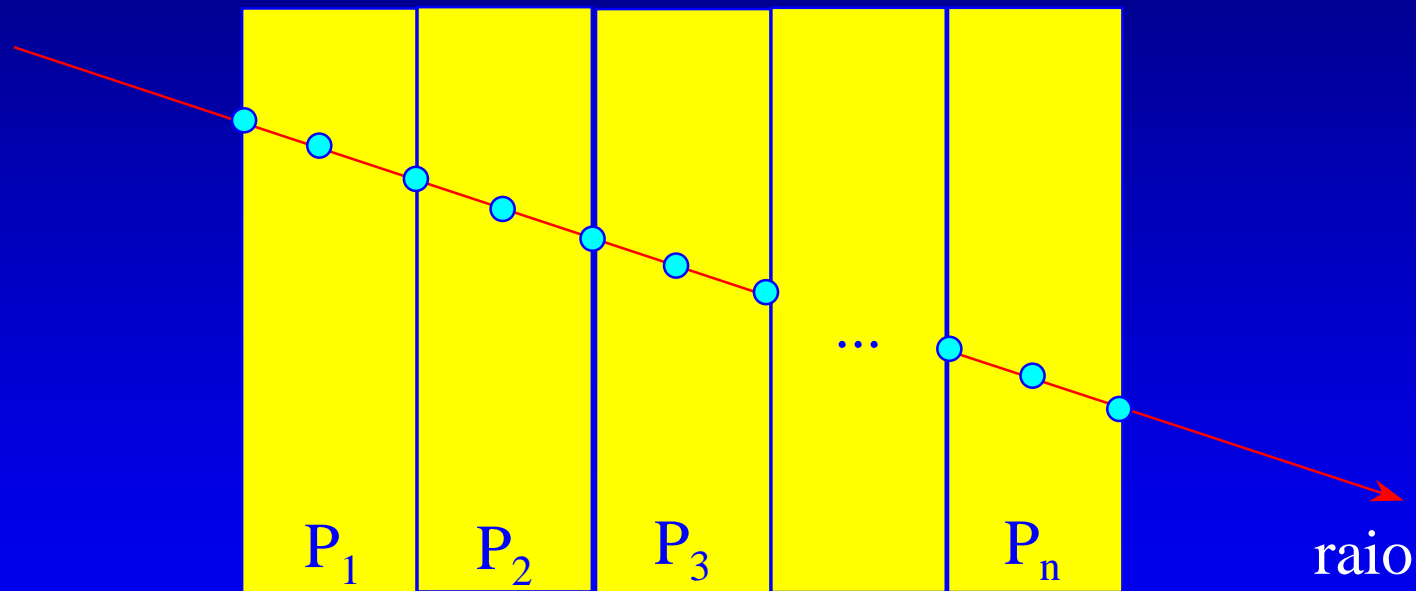


P_i = processador i
 SI_i = sub-imagem i

Particionamento dos Dados

O volume de dados é dividido entre os processadores. Cada processador obtém uma imagem com a partição do volume de sua responsabilidade. O processador responsável pela exibição precisa combinar as sub-imagens para obter a imagem final.

Particionamento dos Dados

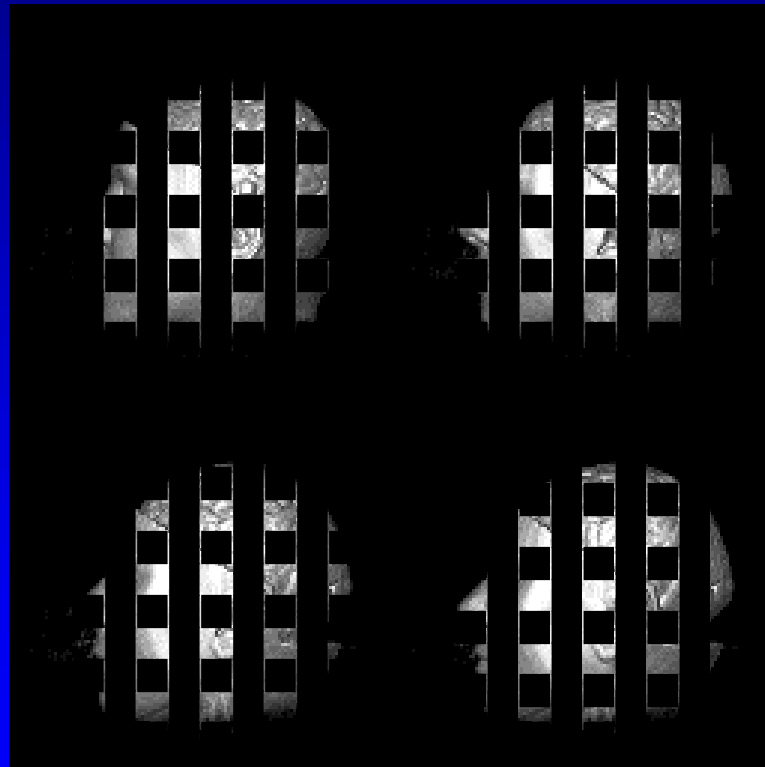
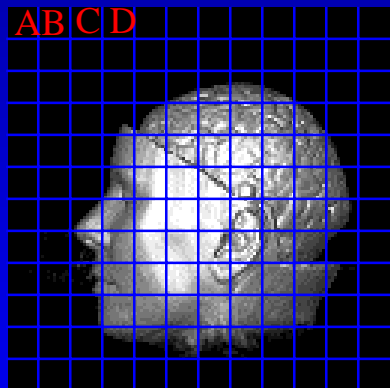


P_i - processador i

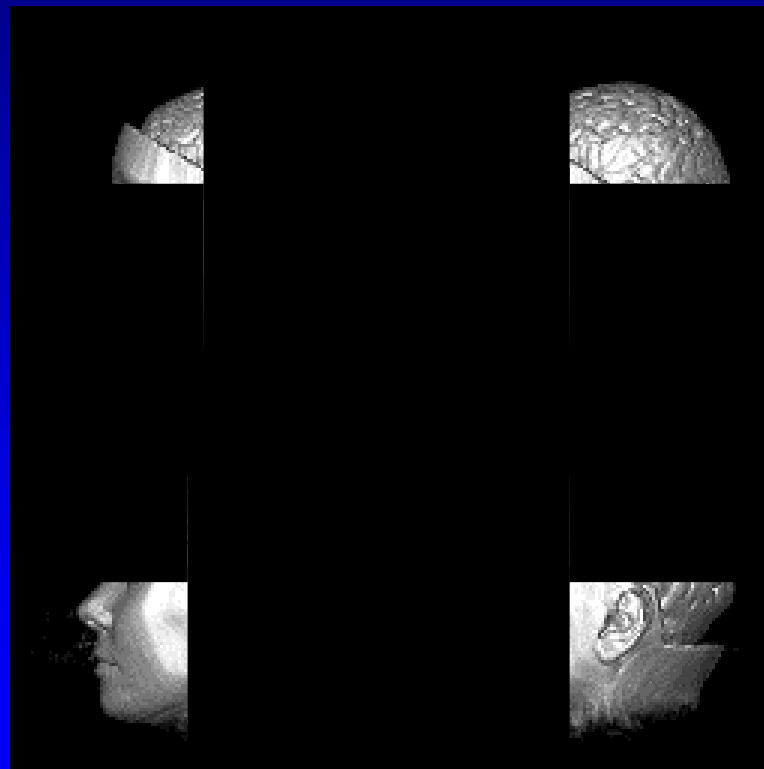
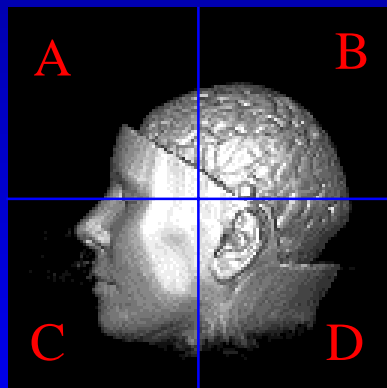
Tipos de Particionamento da Imagem

- ➔ *pixels* individuais
- ➔ blocos de *scanlines*
- ➔ blocos retangulares

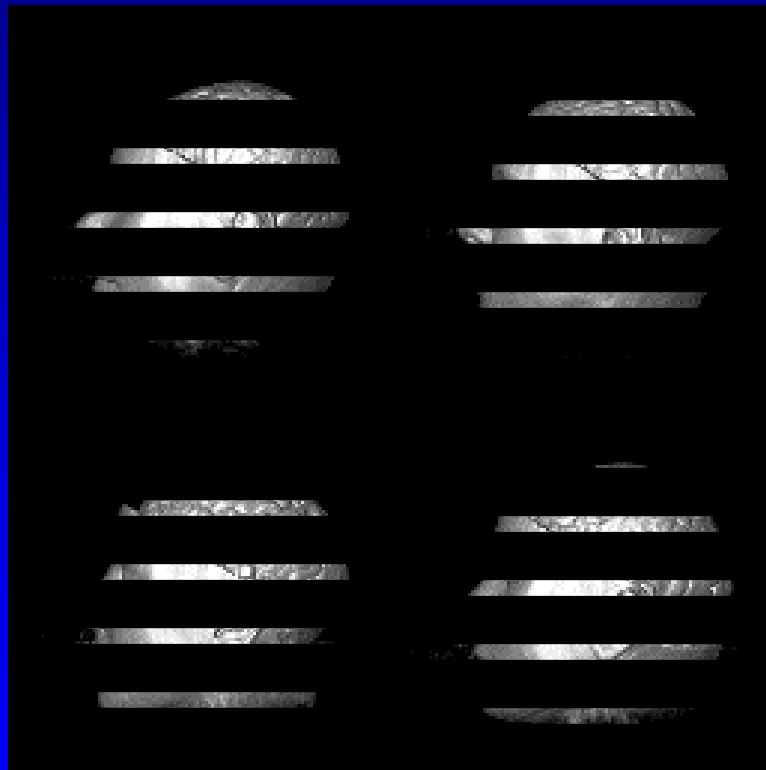
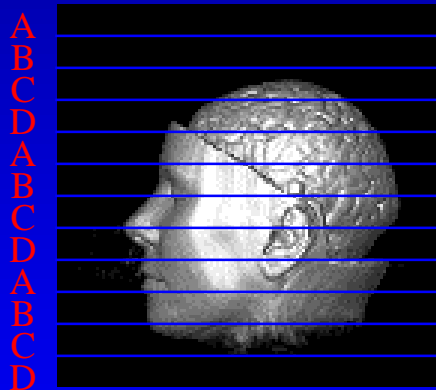
pixels *individuais*



blocos retangulares

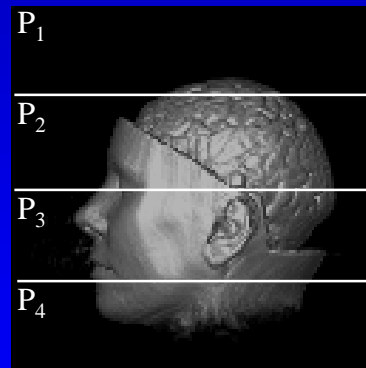


blocos de scanlines

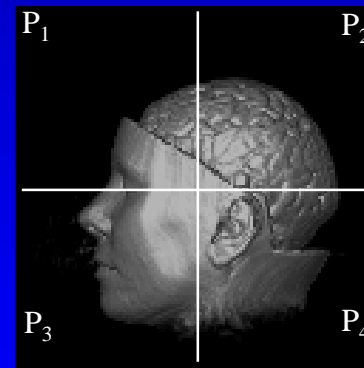


Particionamento

Estático Contíguo: a imagem é dividida em grupos contíguos de *pixels* (blocos de *scanlines* (a) ou blocos retangulares (b)), que são atribuídos a cada processador. O número de blocos é igual ao número de processadores.



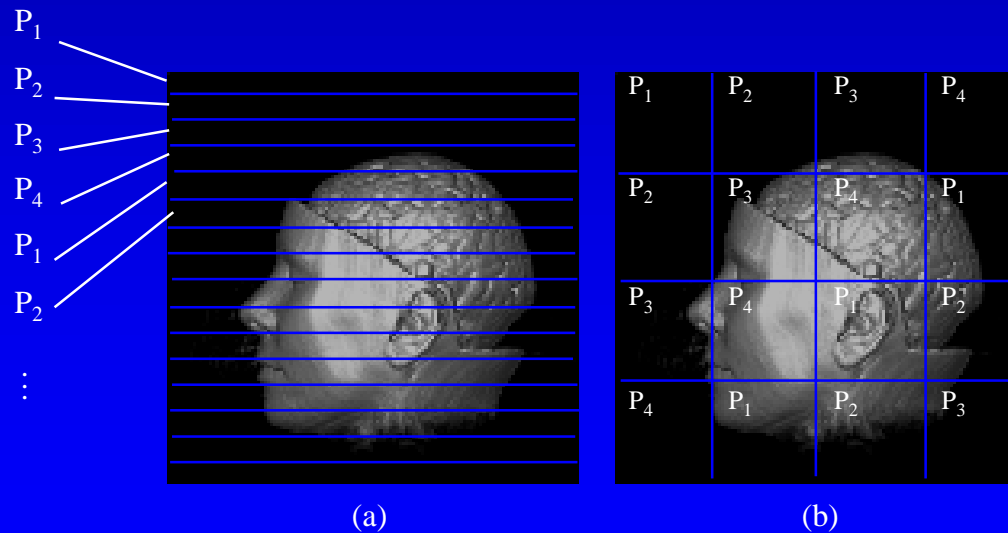
(a)



(b)

Particionamento

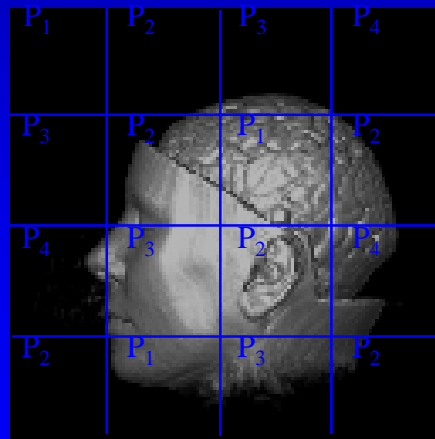
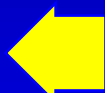
Estático Intercalado: a imagem é dividida em grupos de *pixels* (blocos de *scanlines* ou blocos retangulares), cada um atribuído a um processador, de forma intercalada. O número de blocos é igual ao quadrado do número de processadores.



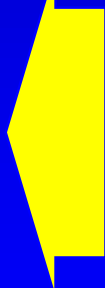
Particionamento

Dinâmico: a imagem é dividida em grupos de *pixels*, sendo atribuídos a cada processador, de acordo com as suas disponibilidades de processamento.

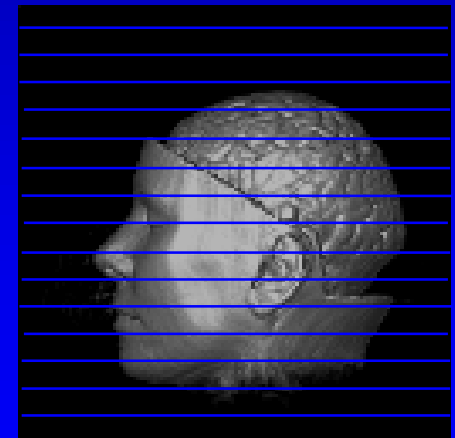
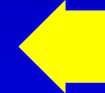
estático, até o número de processadores



dinâmico, até acabarem os blocos



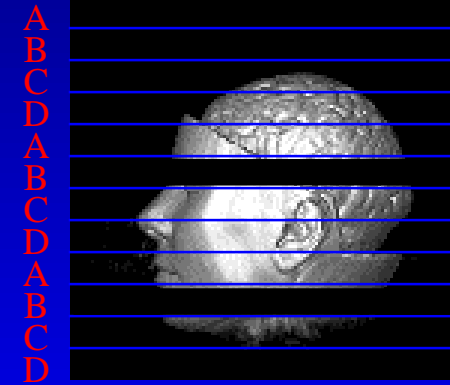
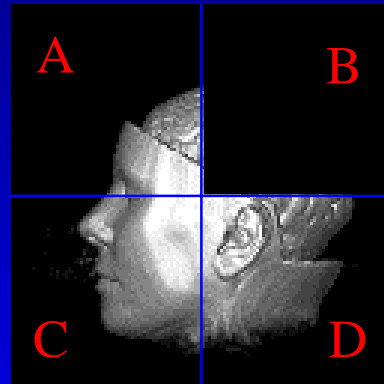
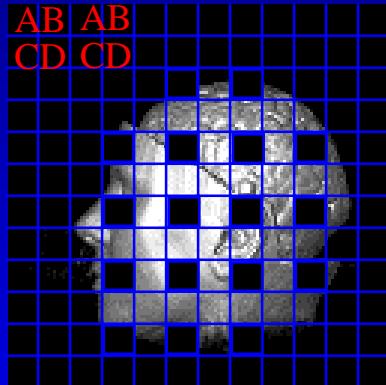
estático, até o número de processadores



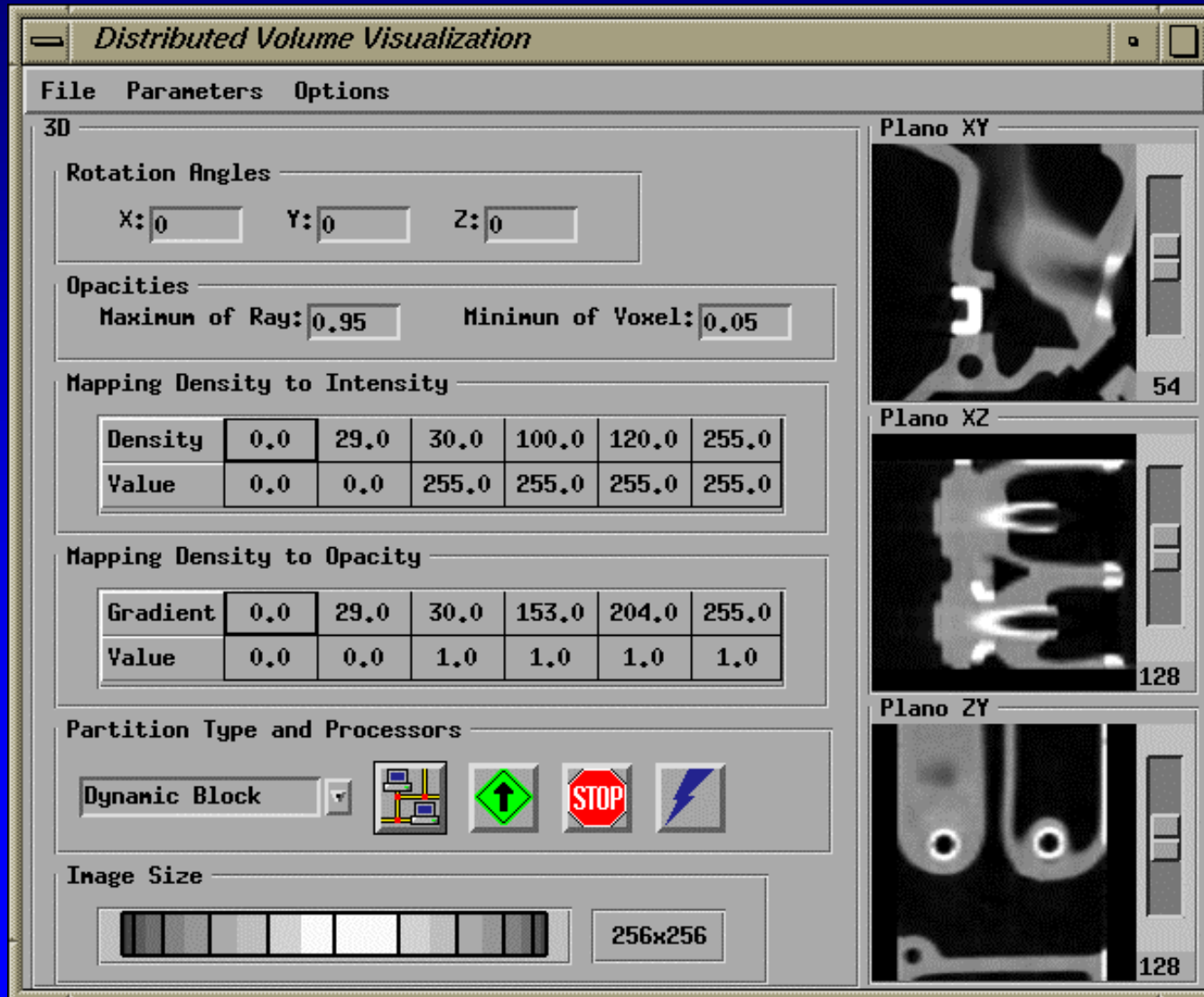
dinâmico, até acabarem as *scanlines*



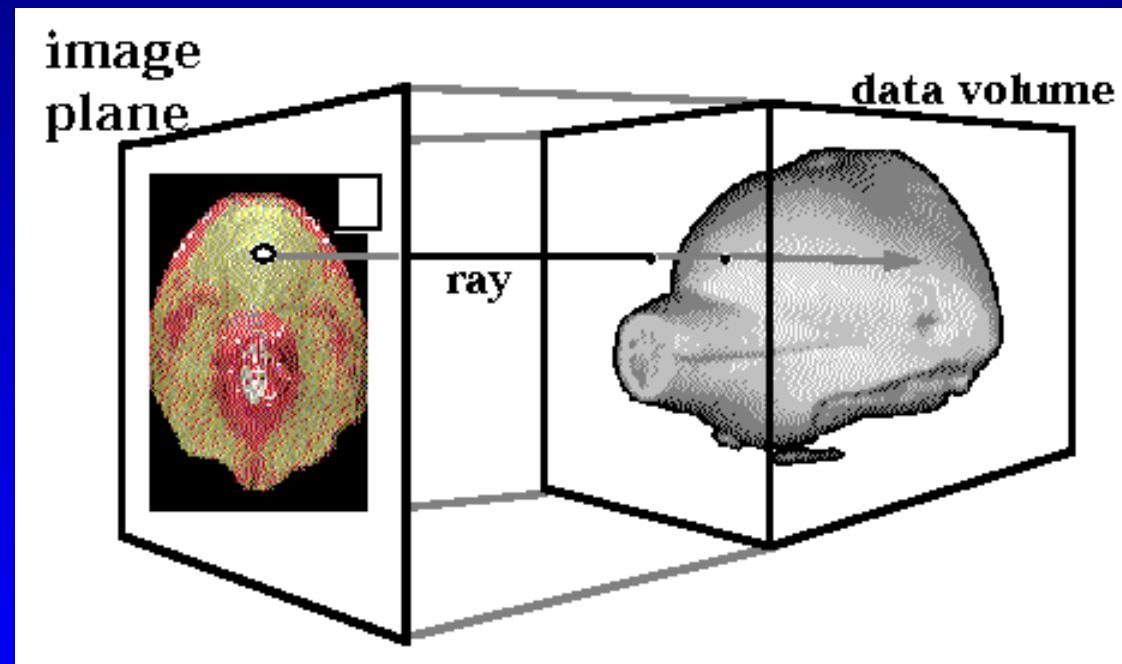
Problemas no Particionamento



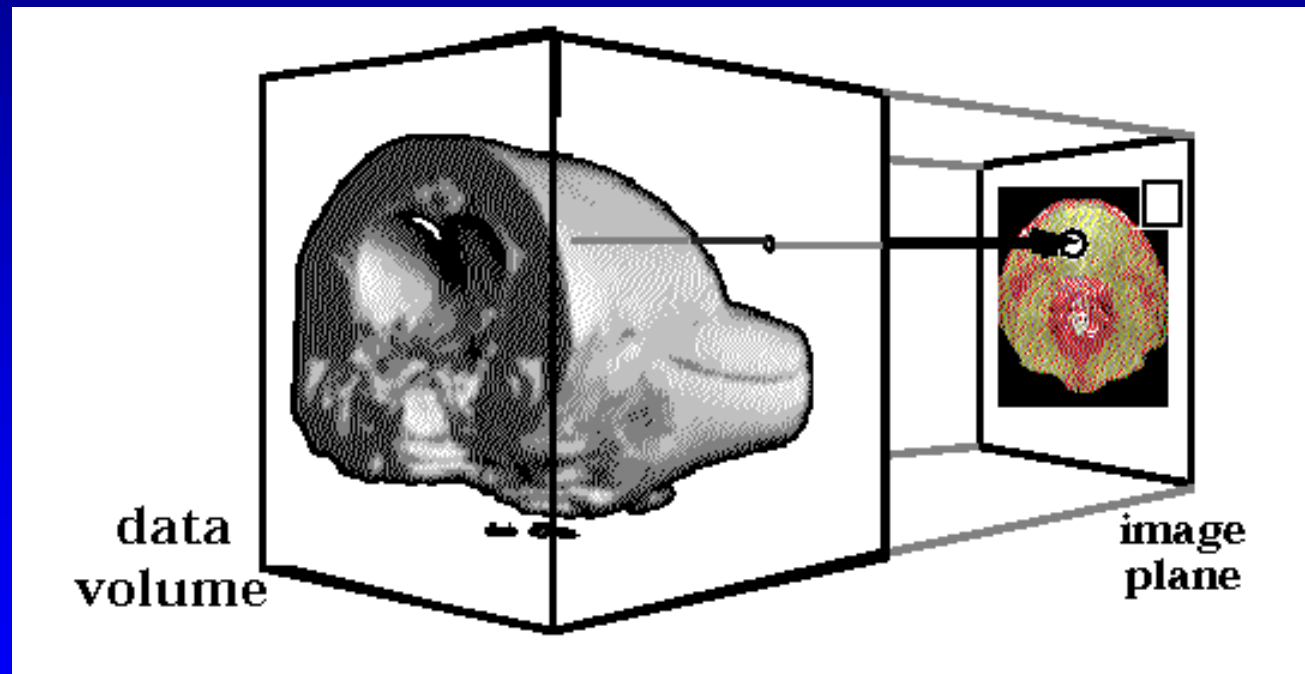
Distributed Volume Visualization



Ray Casting



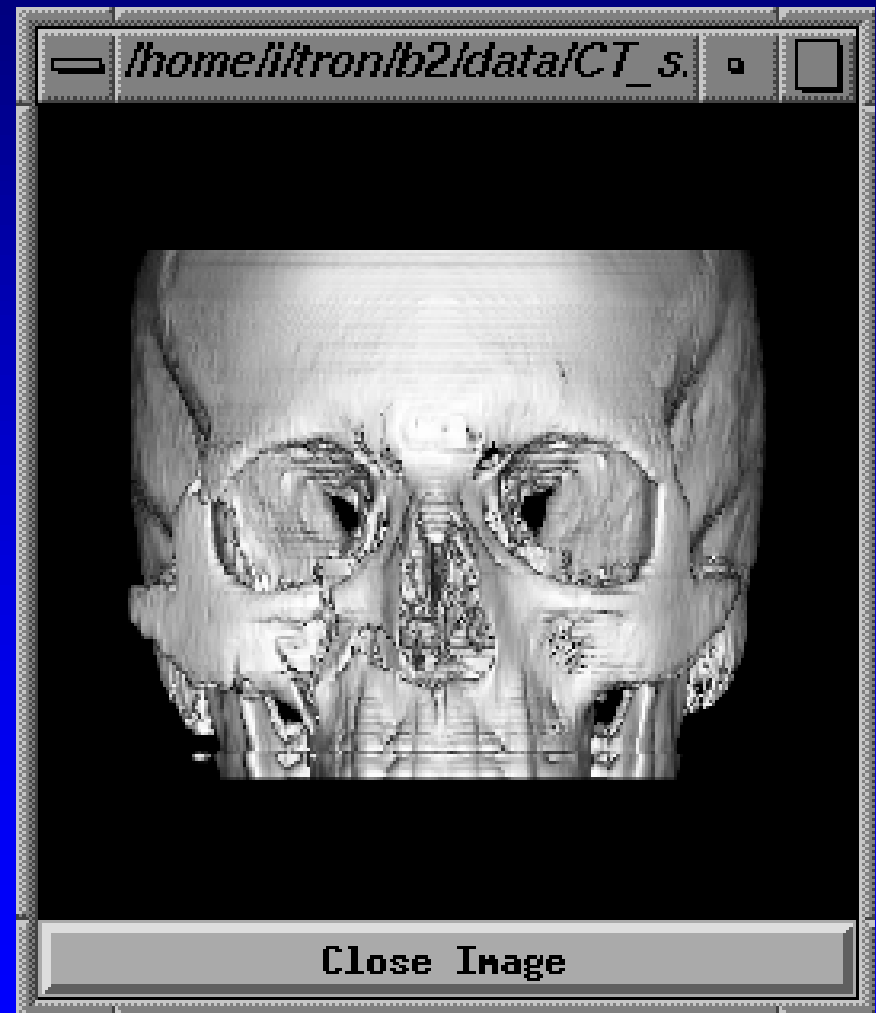
Splatting



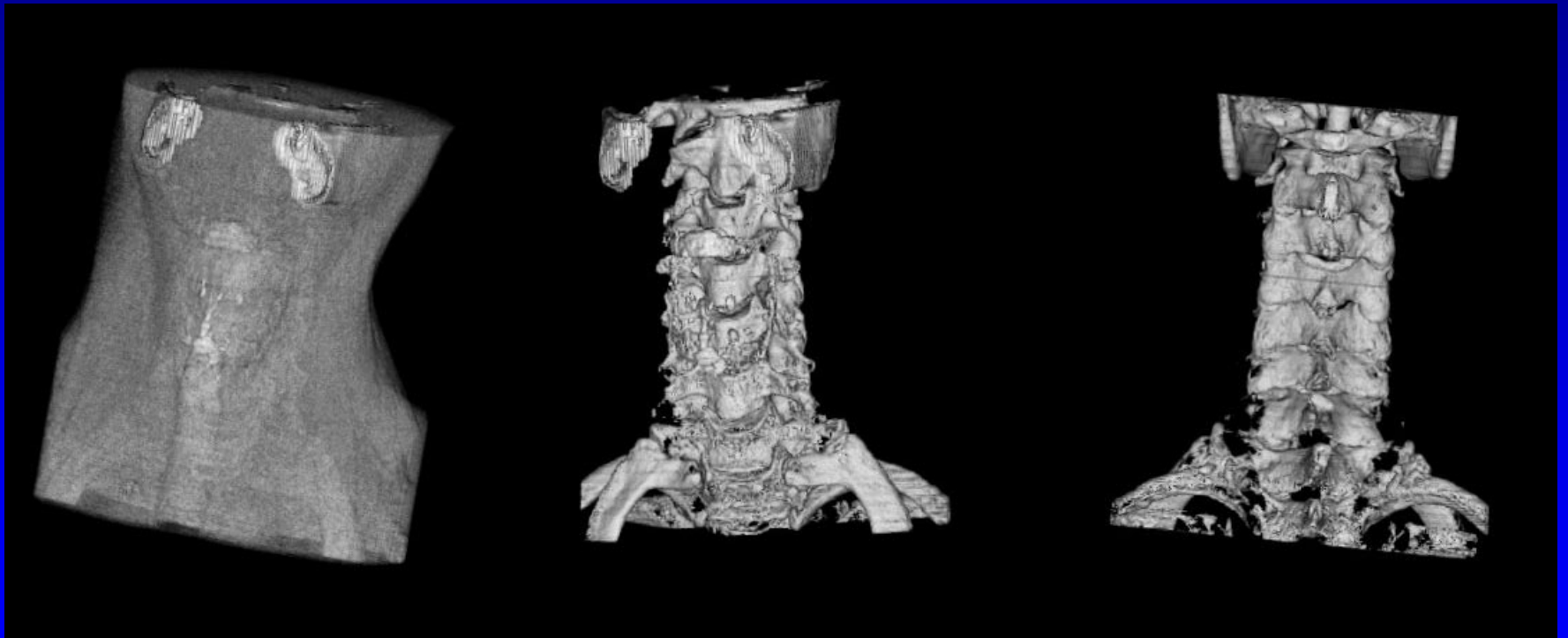
Rendering de Volumes



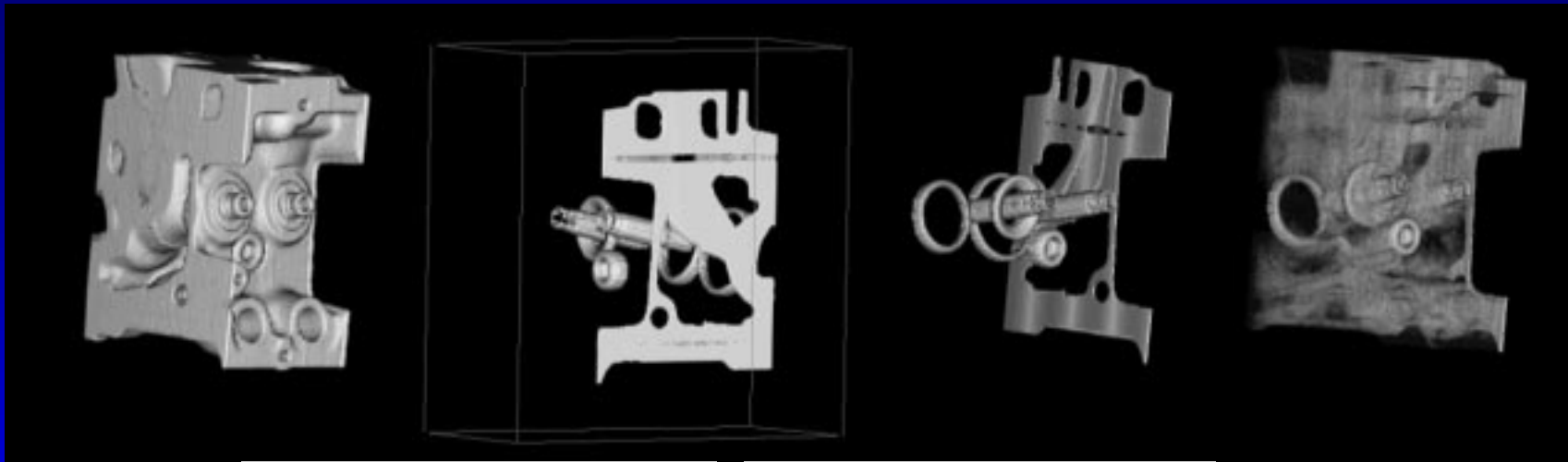
Rendering de Volumes



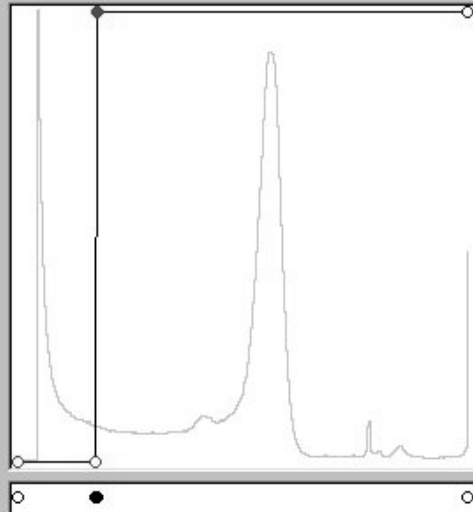
Rendering de Volumes



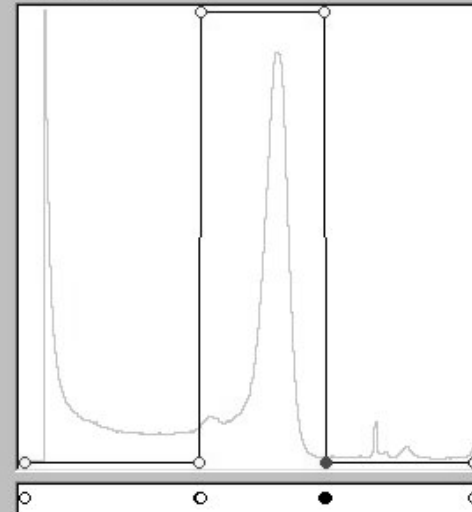
Rendering de Volumes



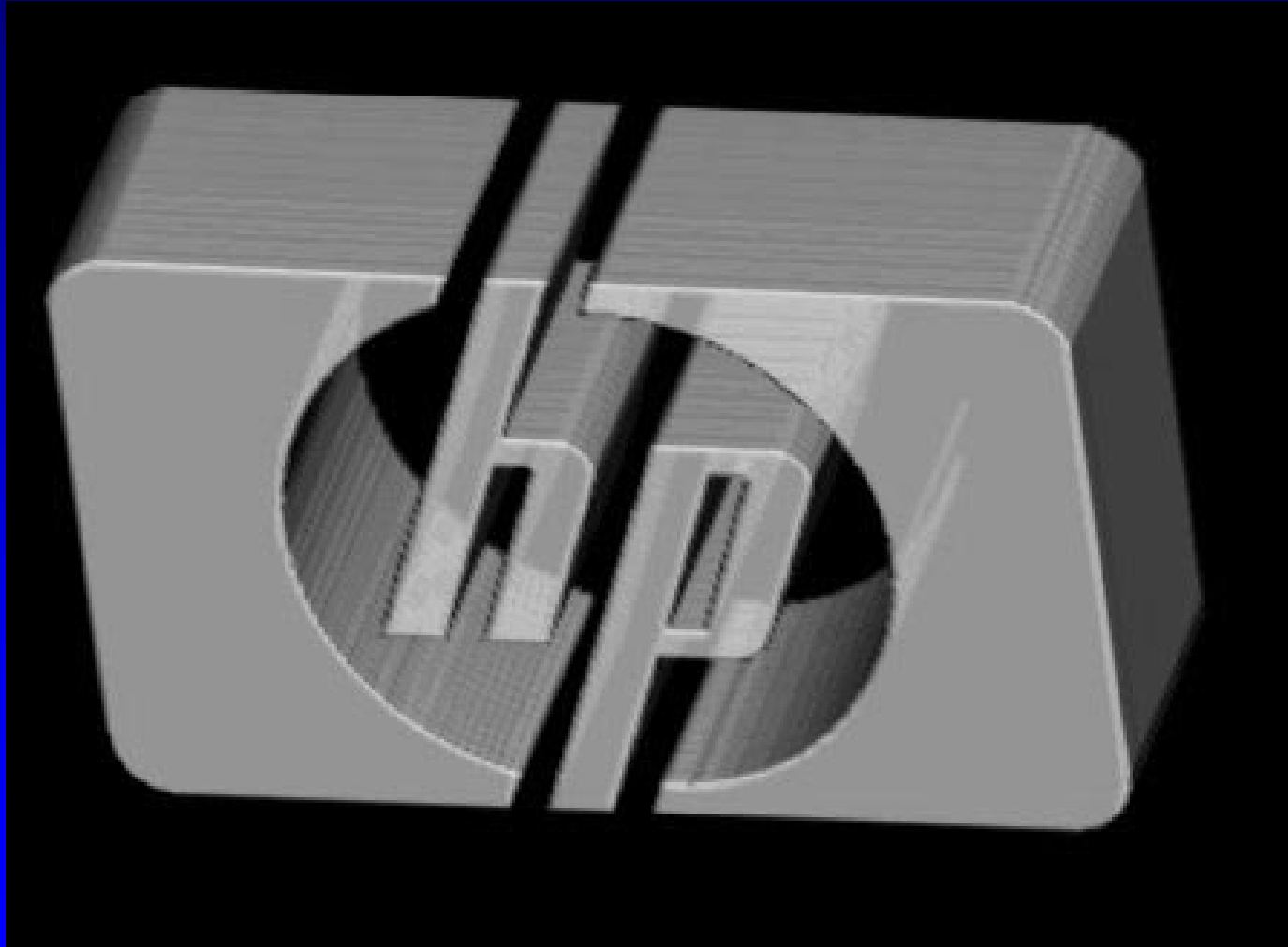
(45, 1.00)



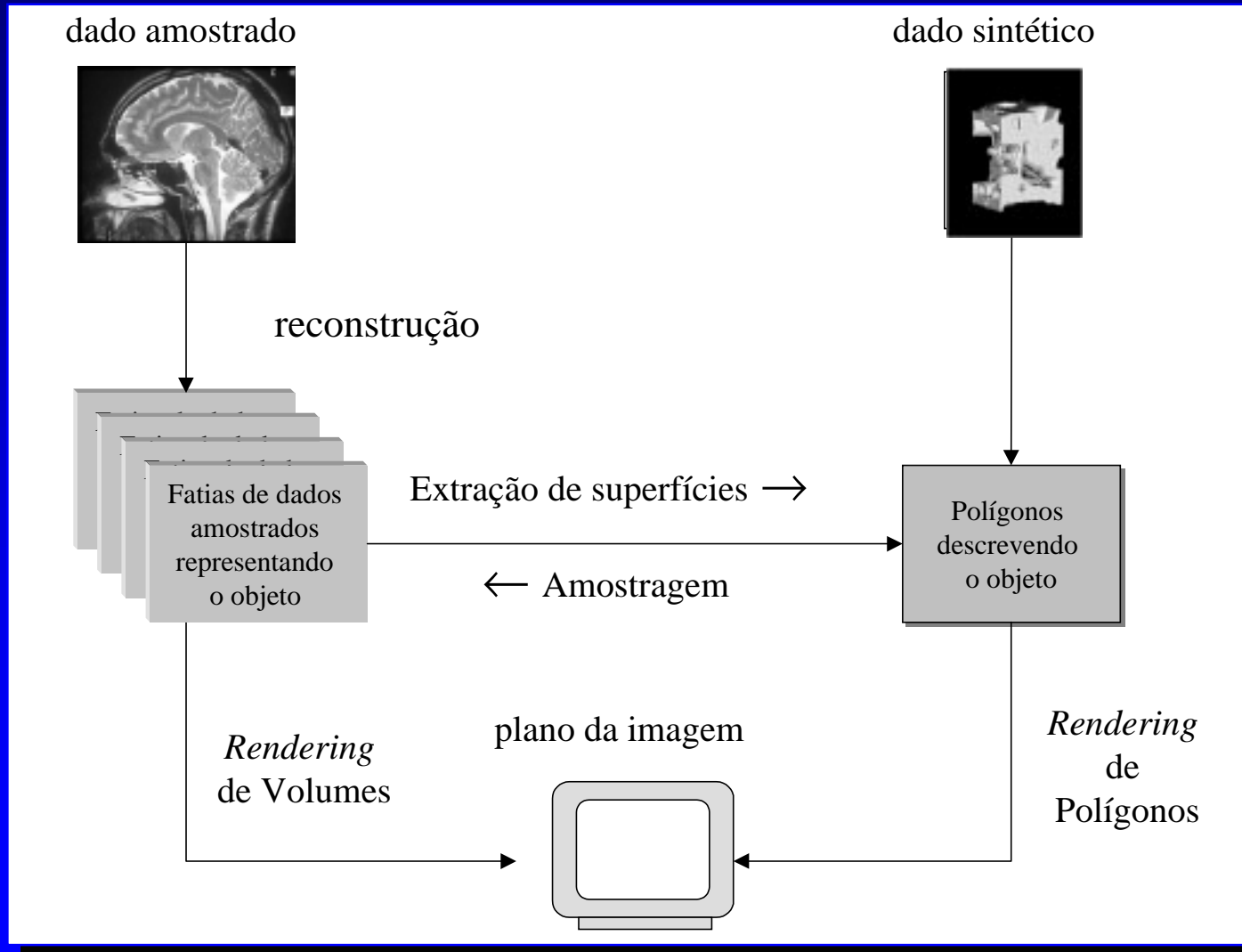
(171, 0.00)



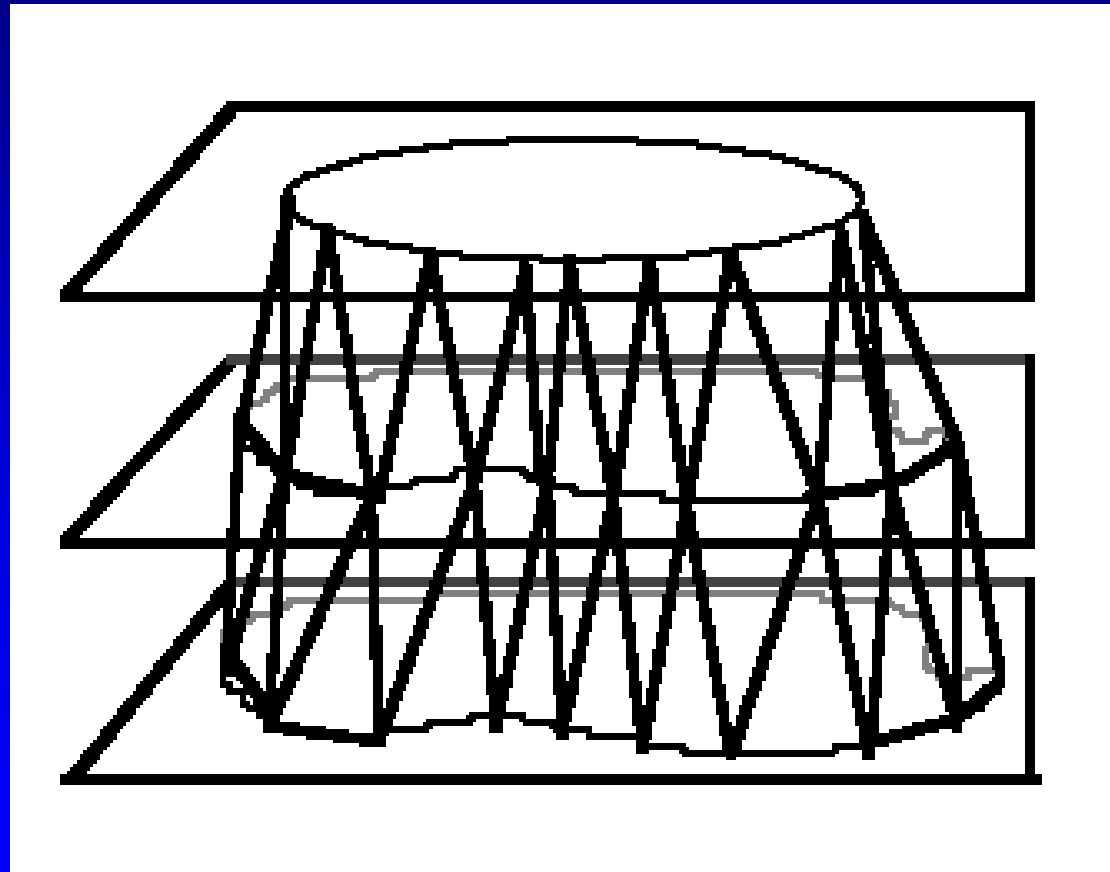
Rendering de Volumes



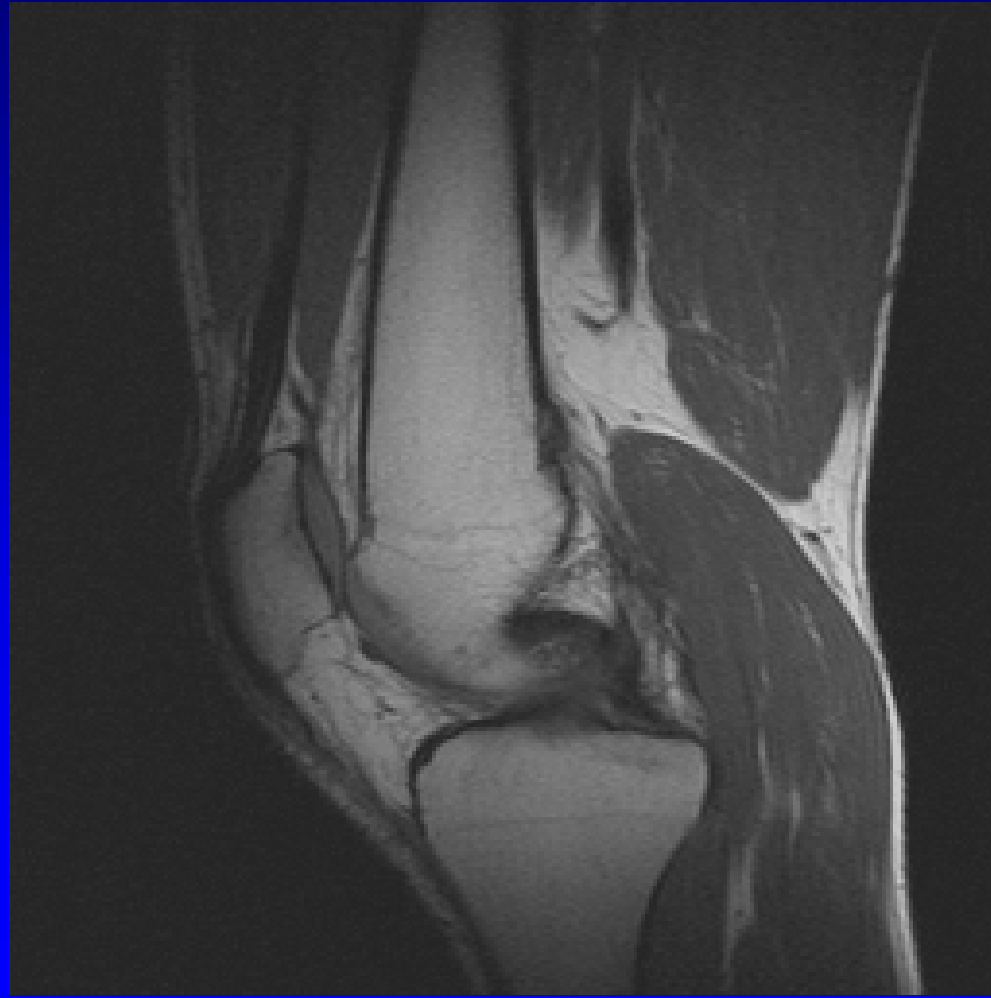
Método de Visualização Volumétrica



Contour Connecting



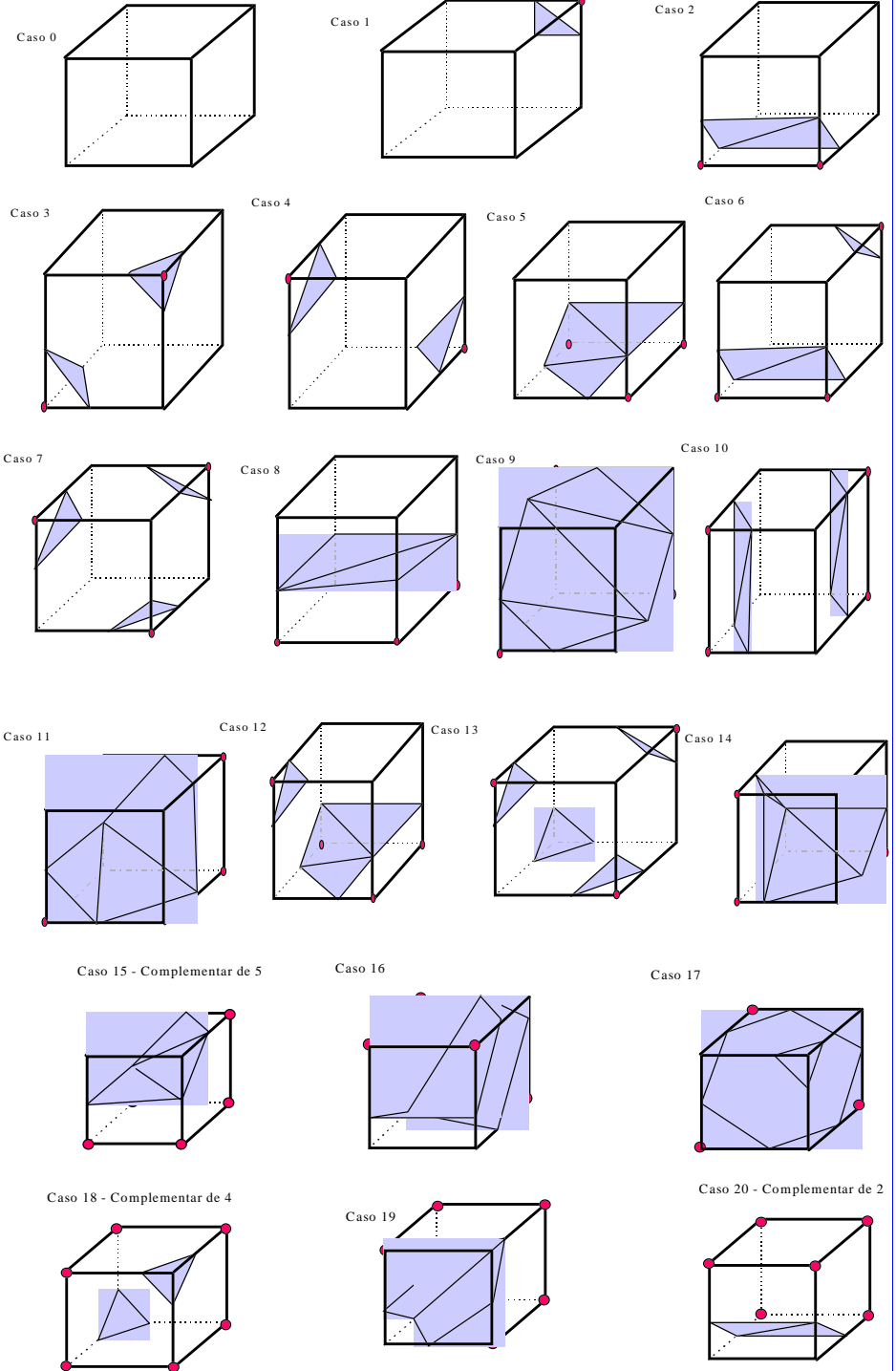
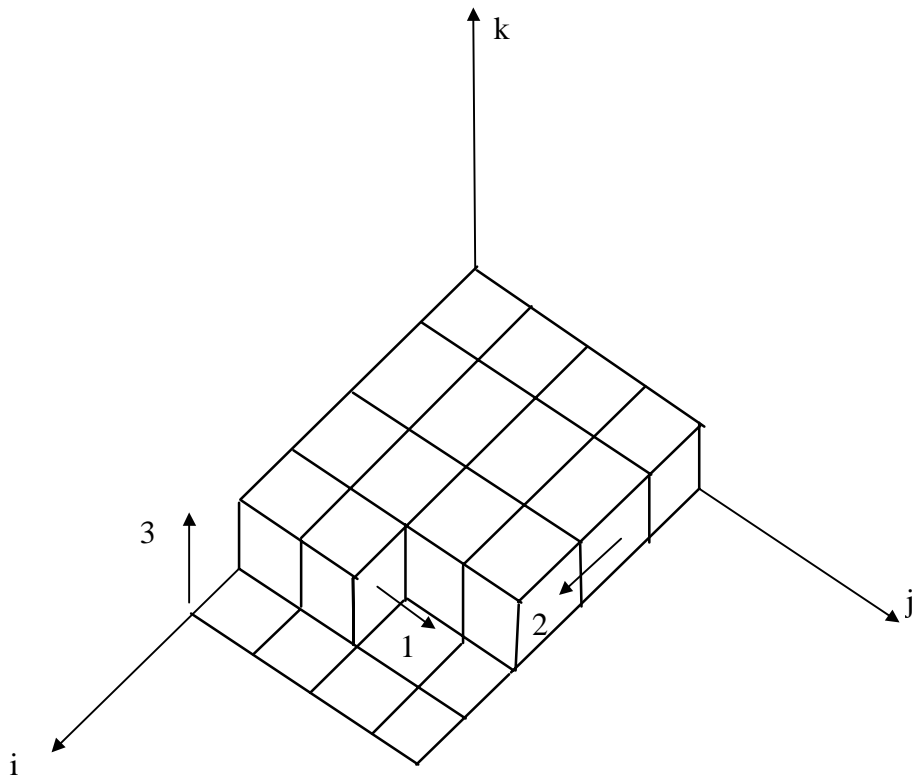
Rendering de Polígonos



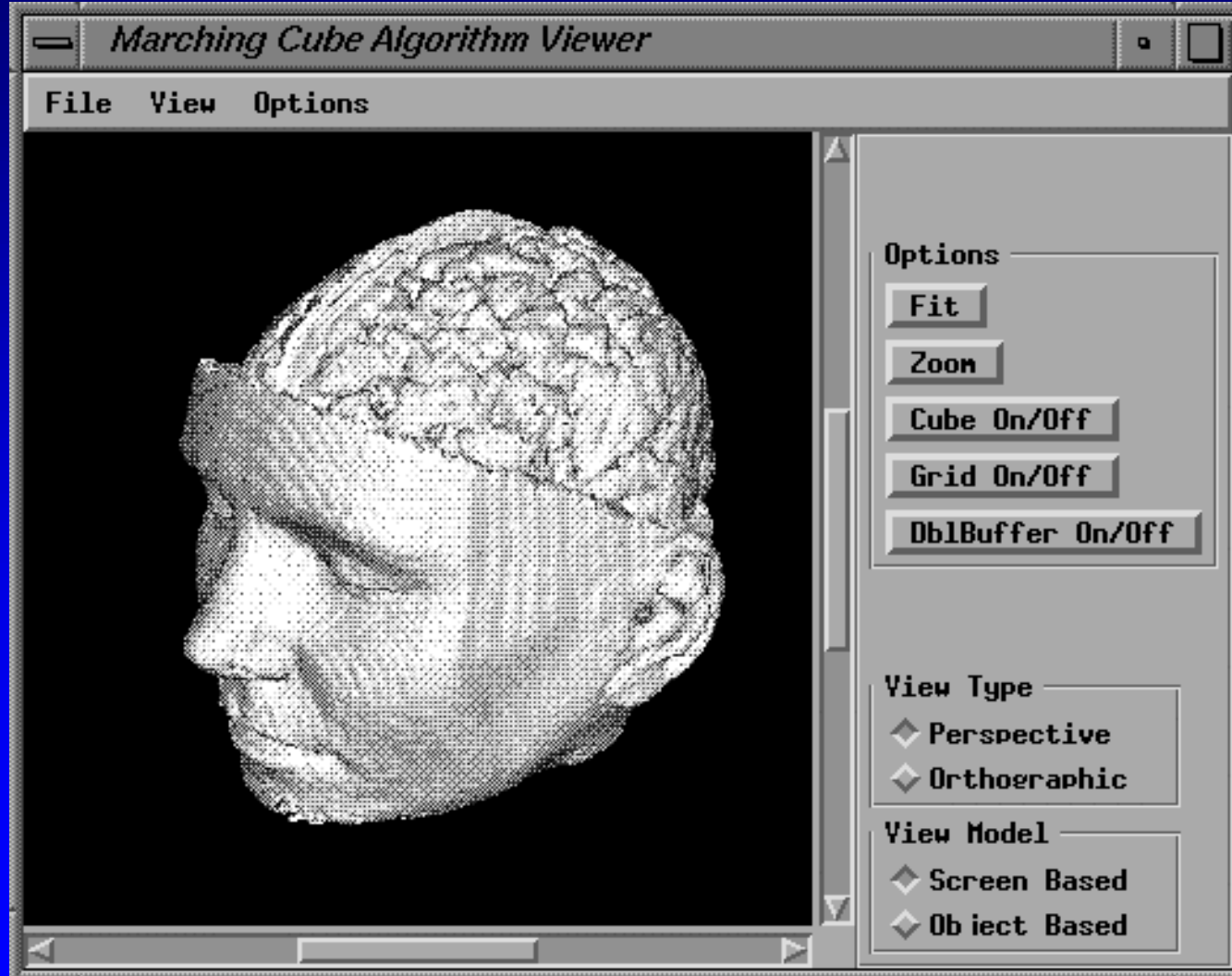
Rendering de Polígonos



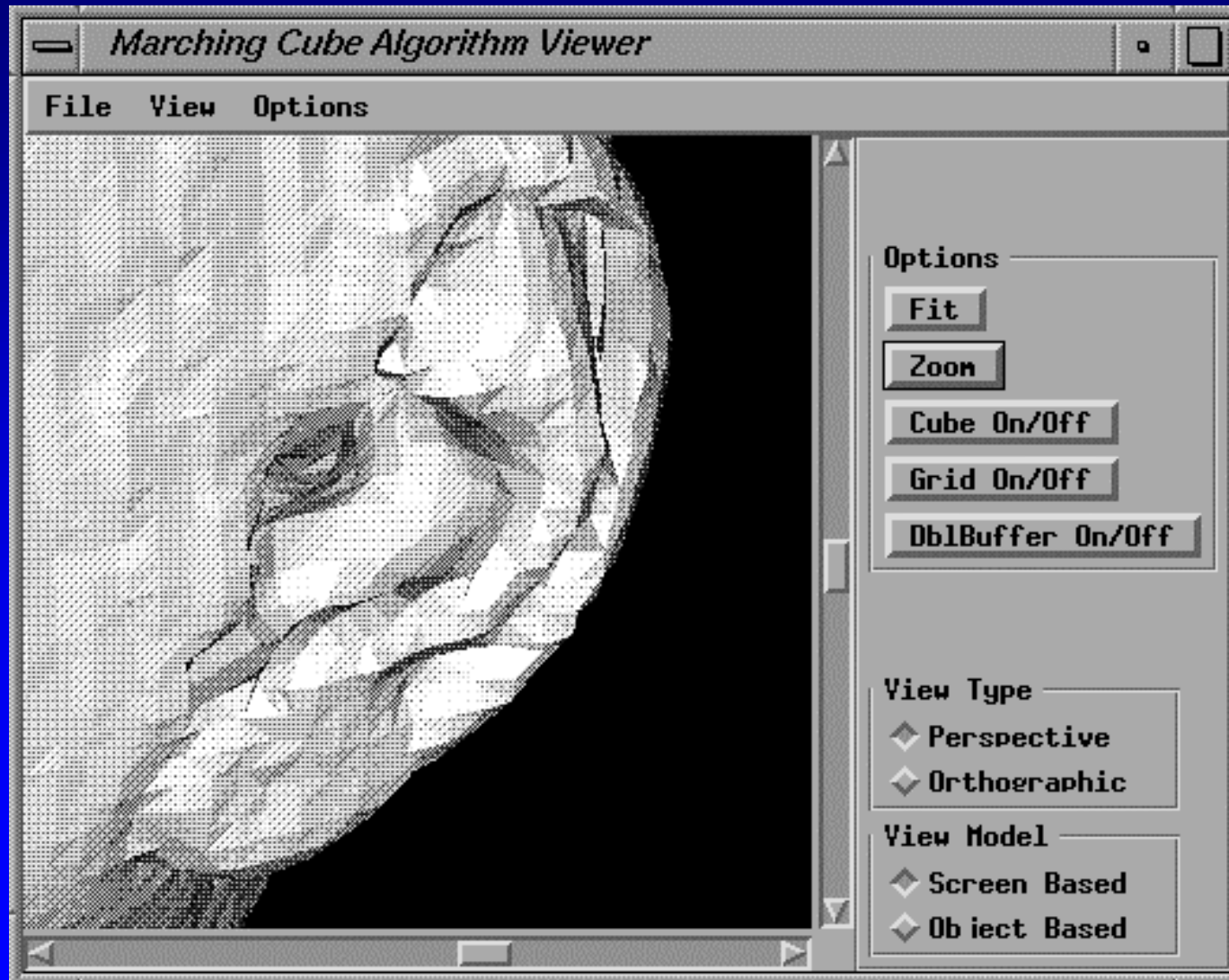
Marching Cubes



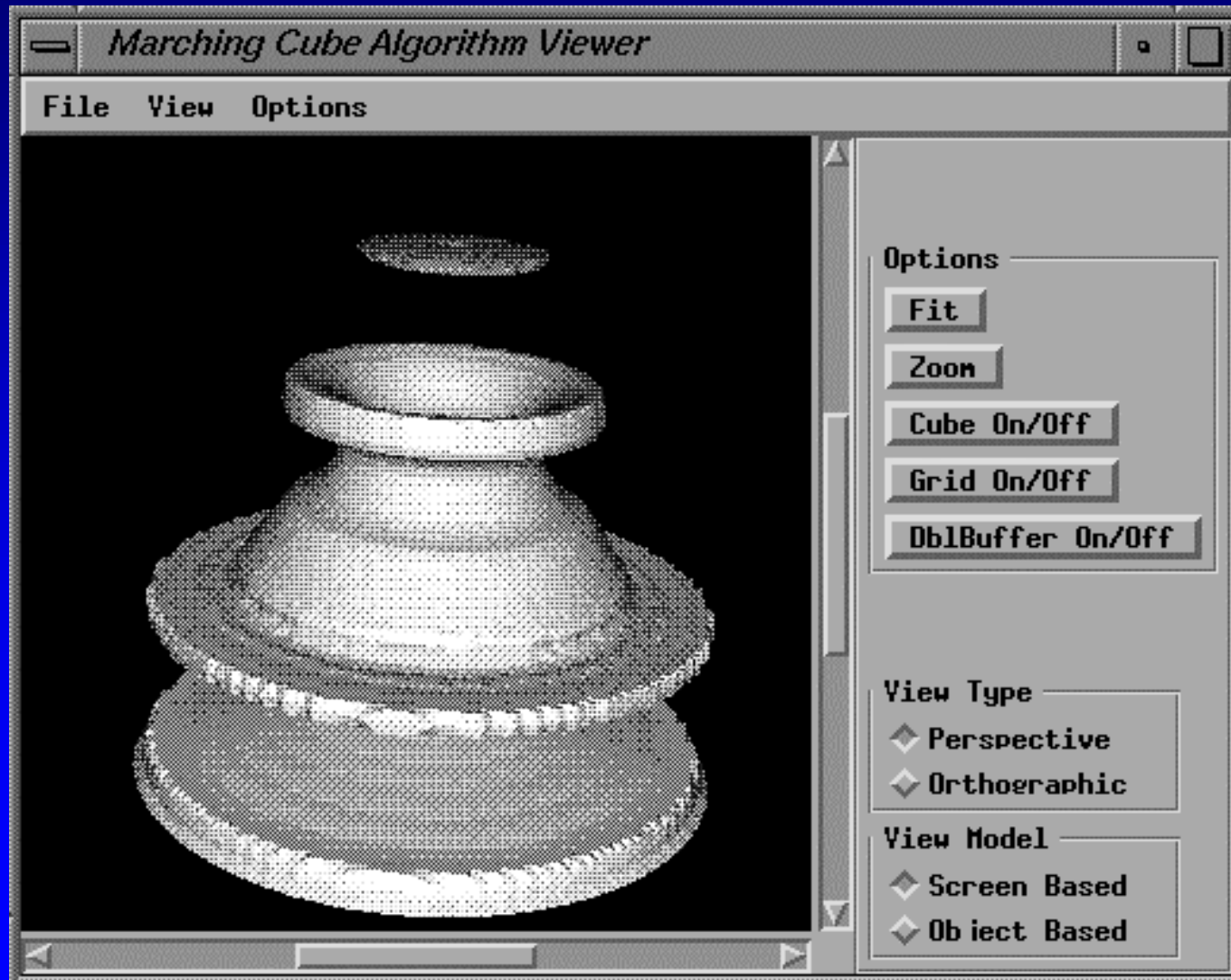
Rendering de Polígonos



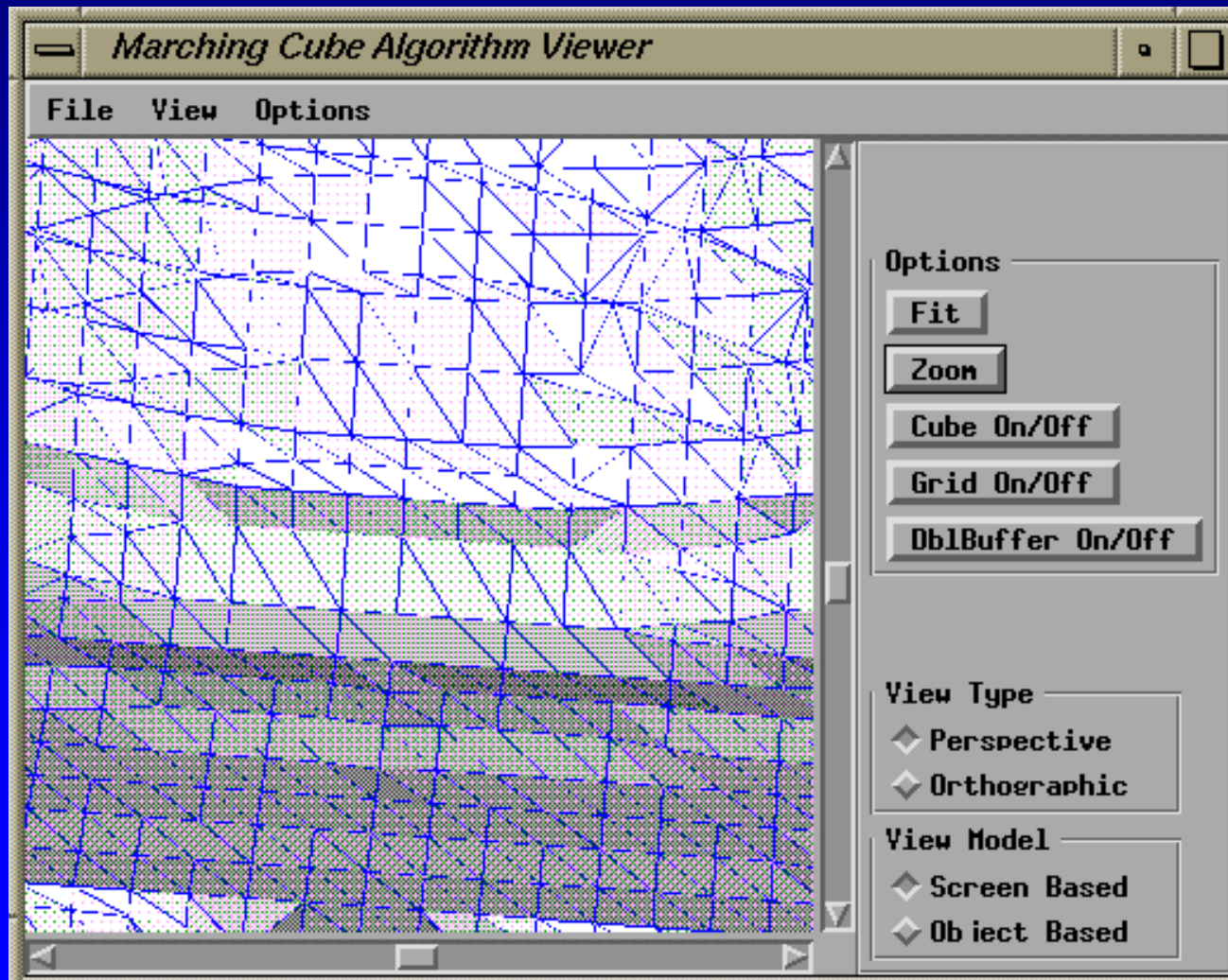
Rendering de Polígonos



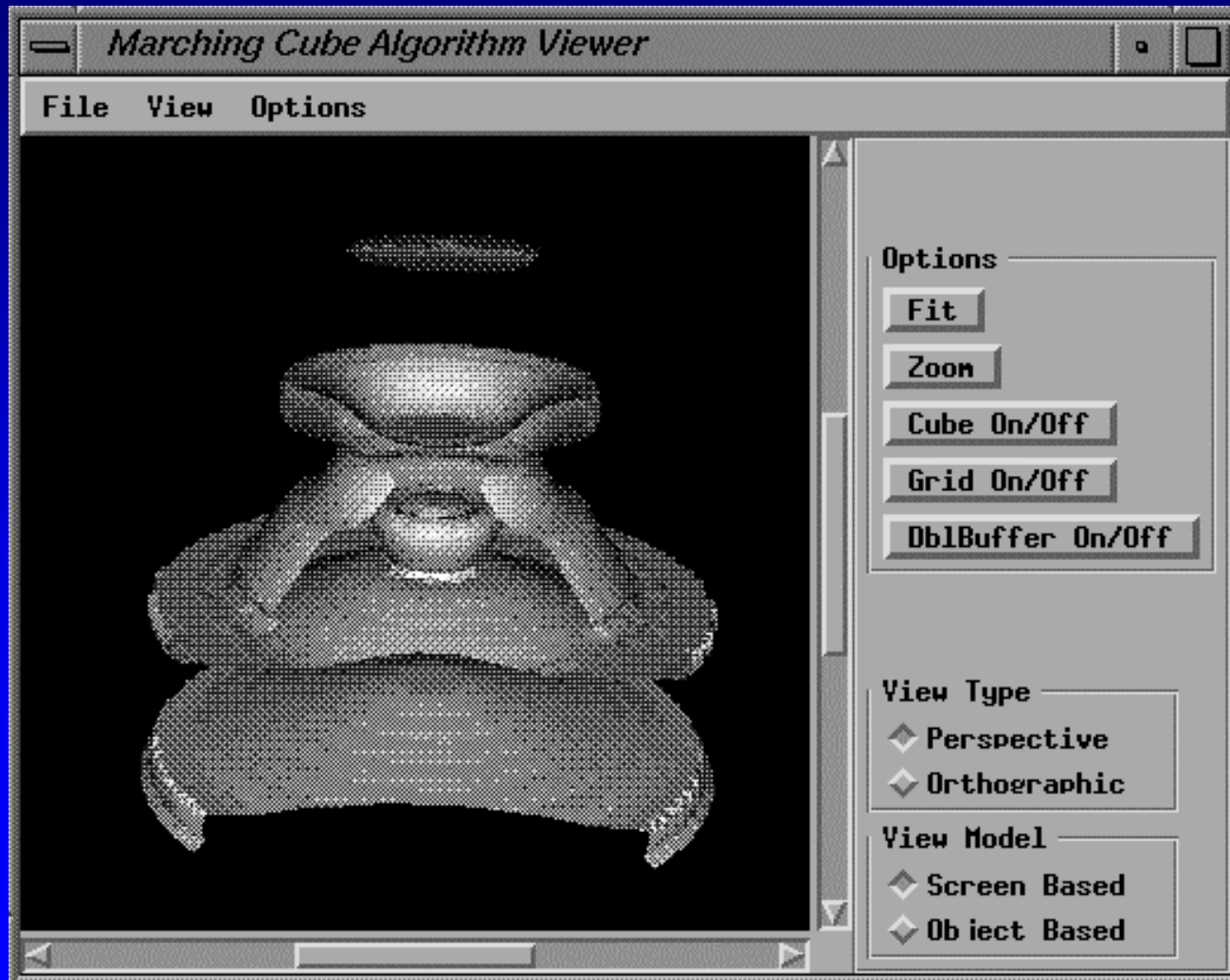
Rendering de Polígonos



Rendering de Polígonos



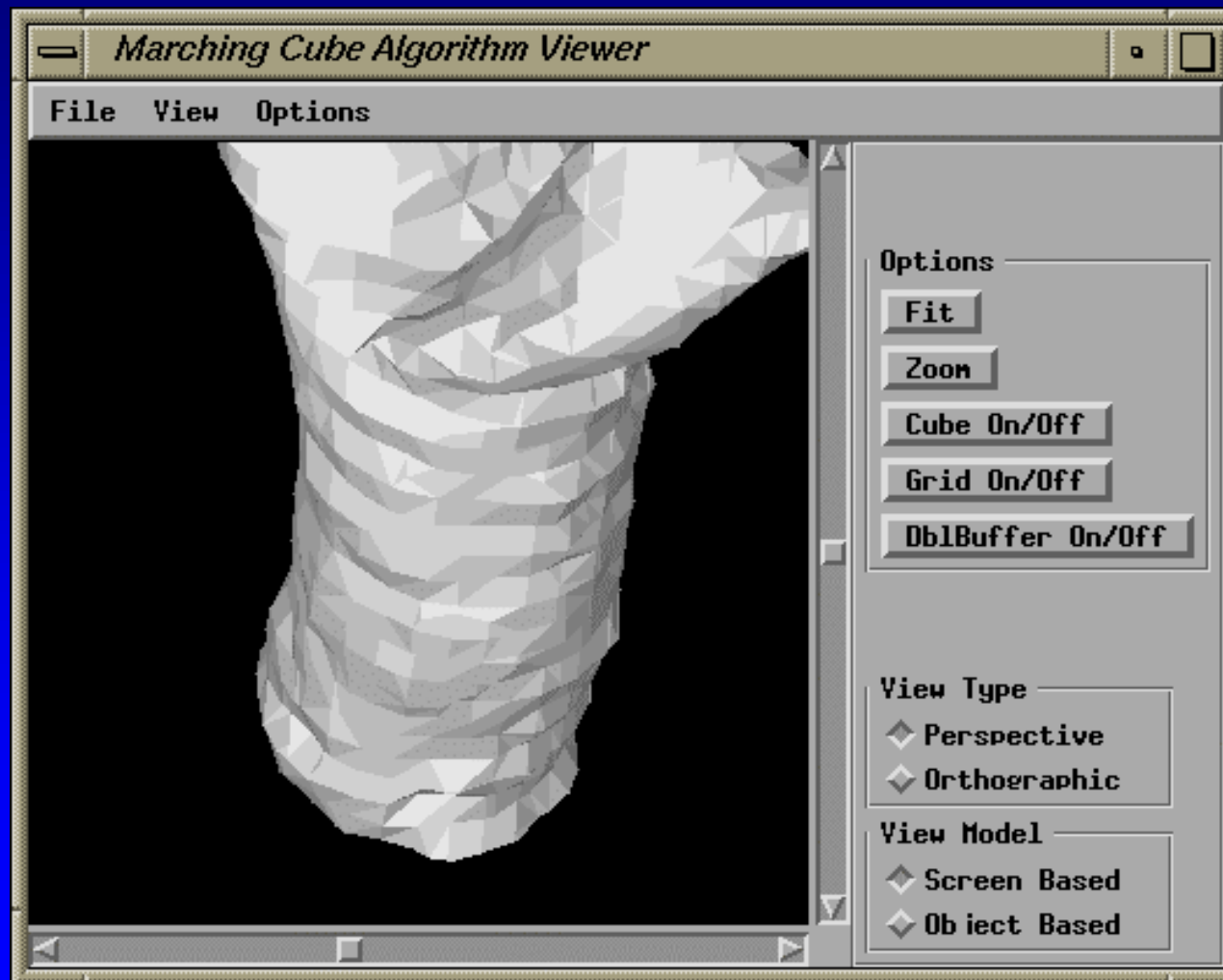
Rendering de Polígonos



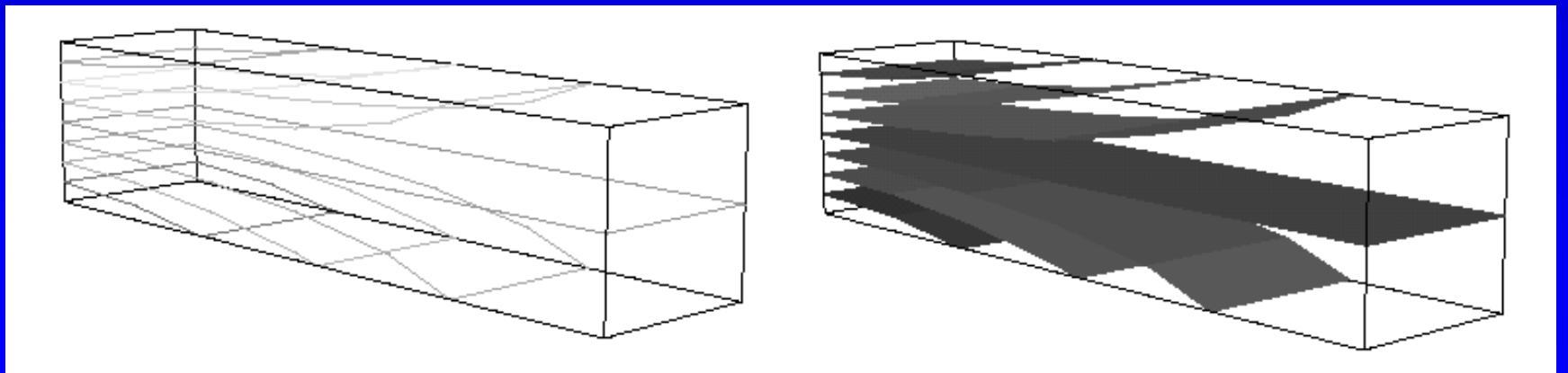
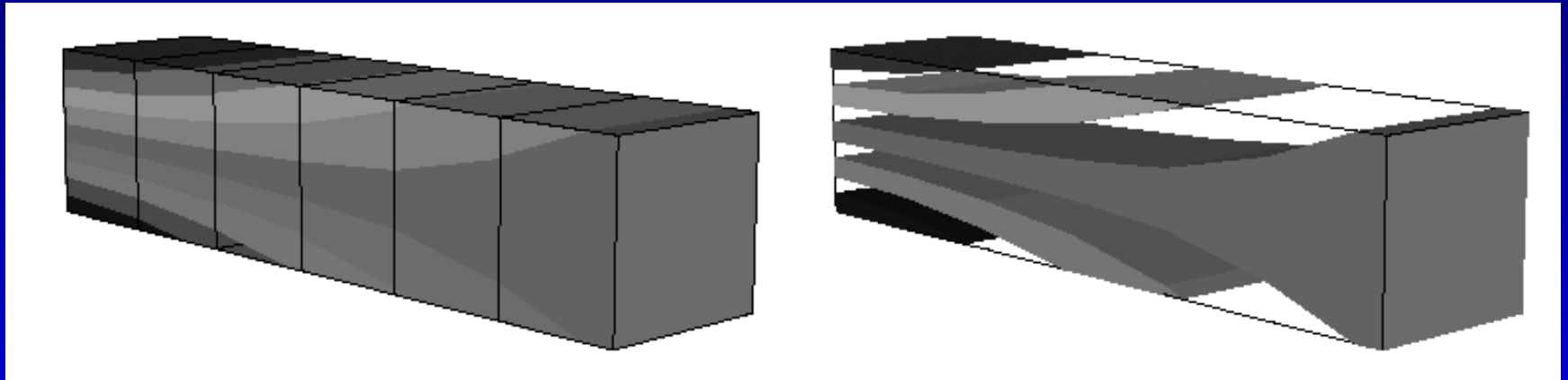
Rendering de Polígonos



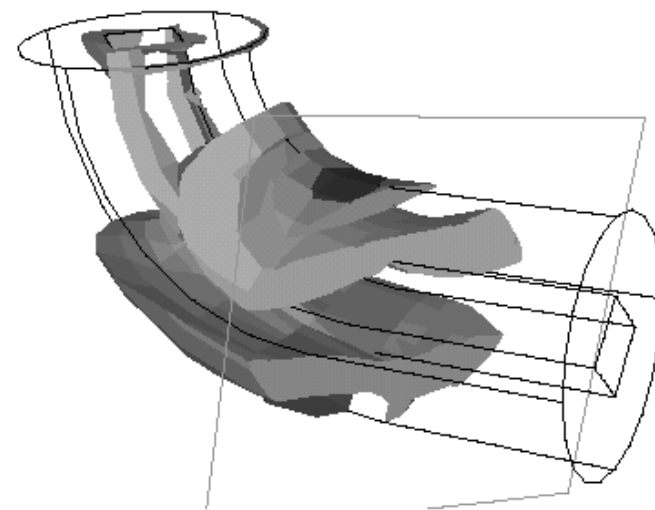
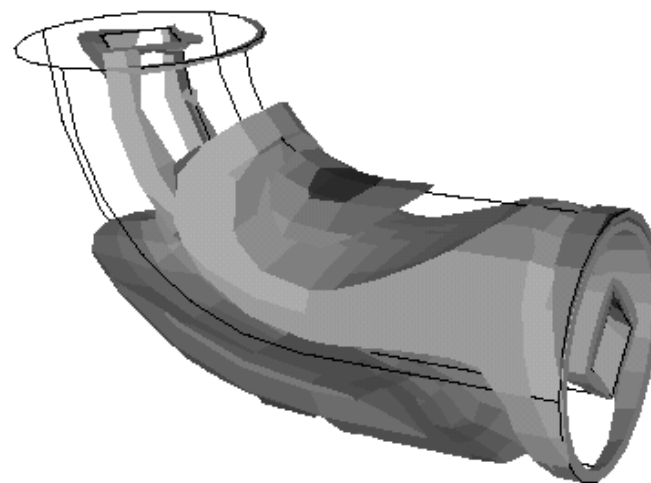
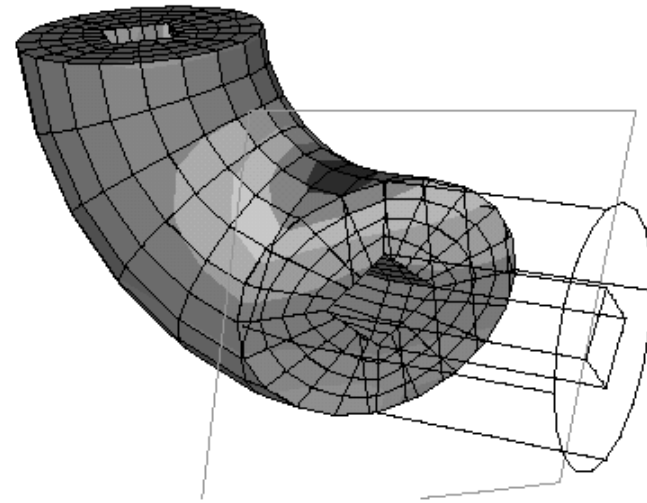
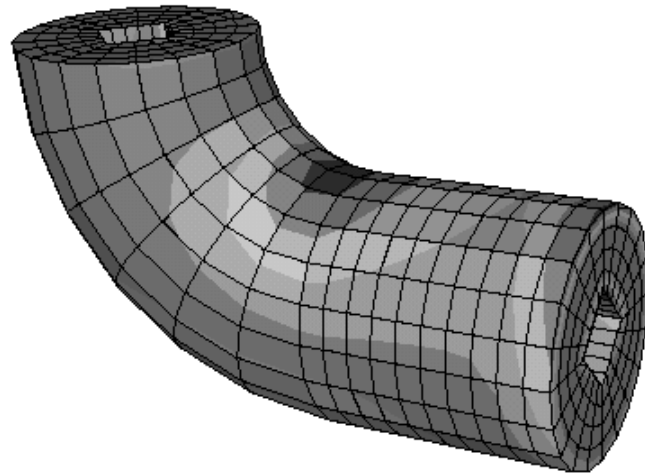
Rendering de Polígonos



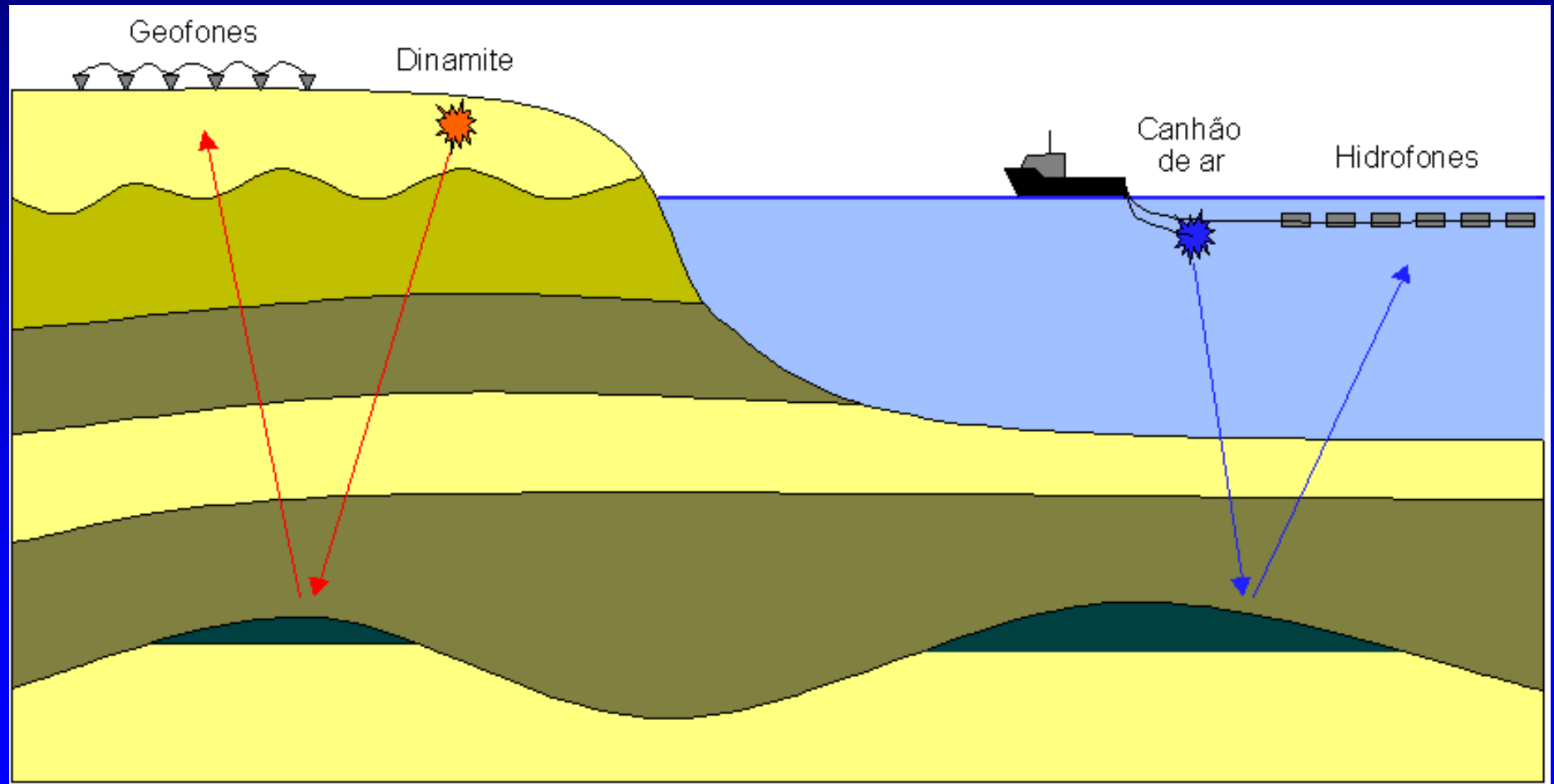
Iso-Strip aplicado a Volumes



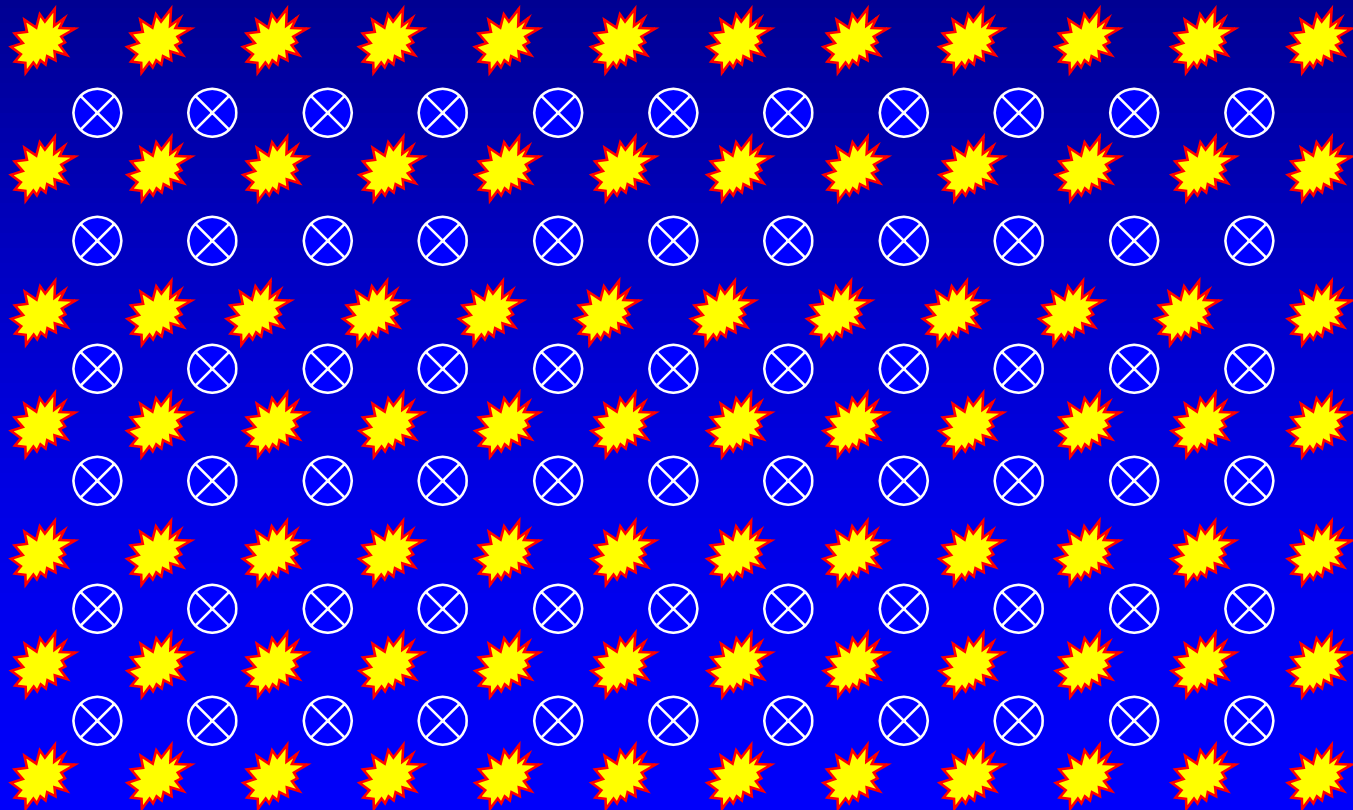
Iso-Strip aplicado a Volumes



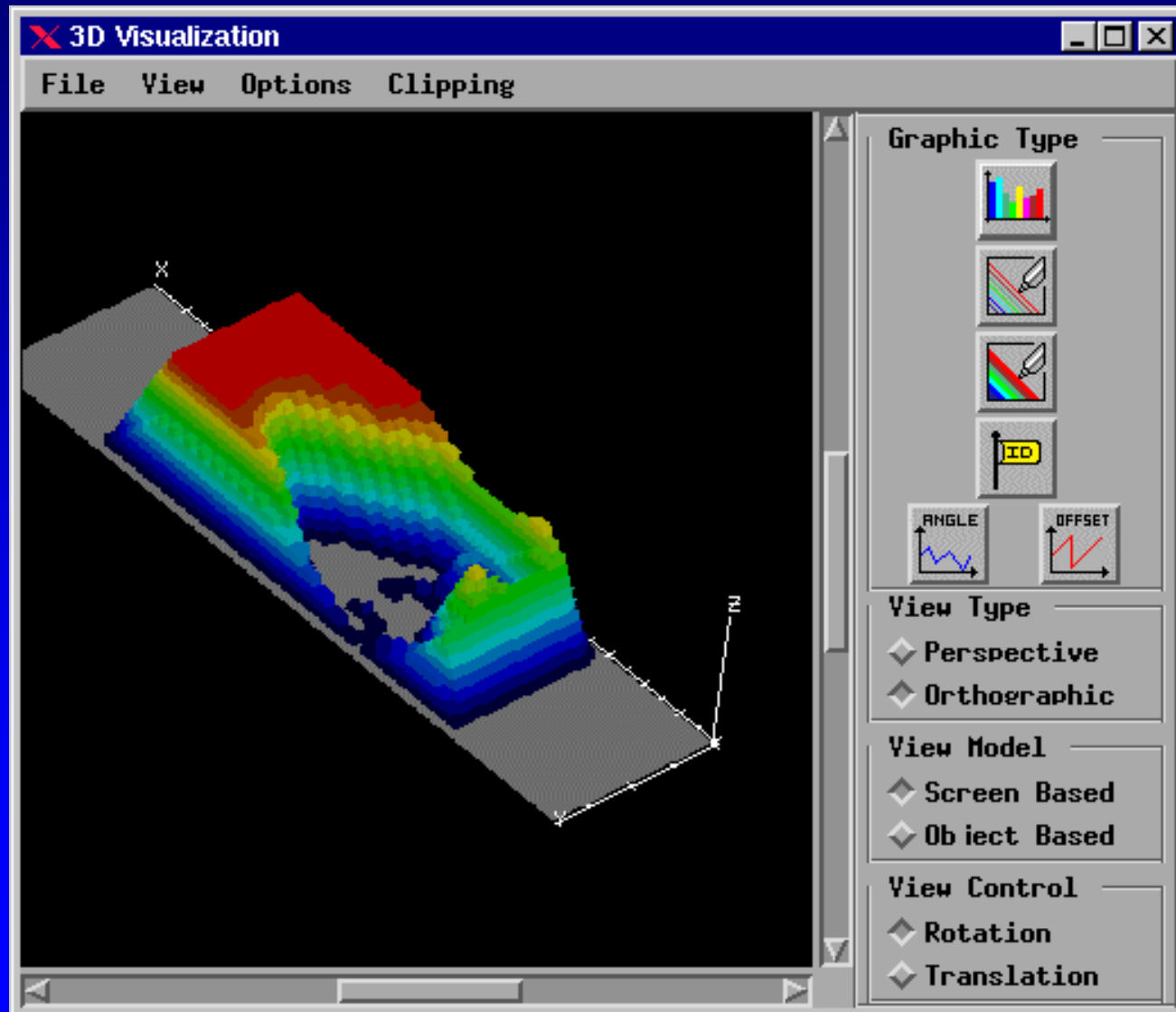
Sísmica



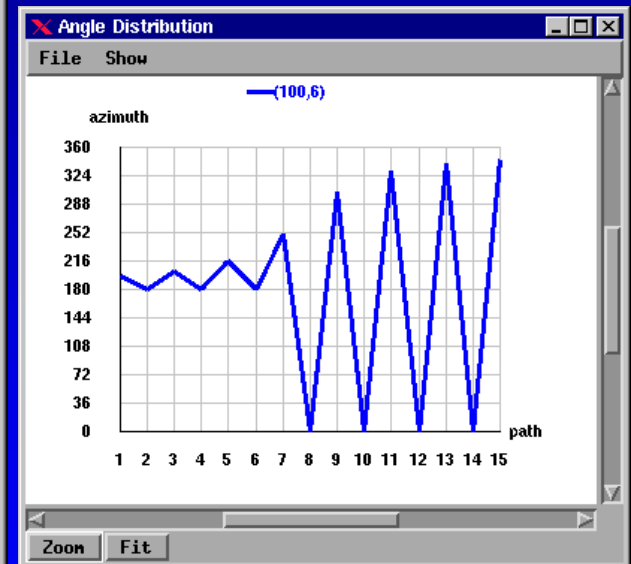
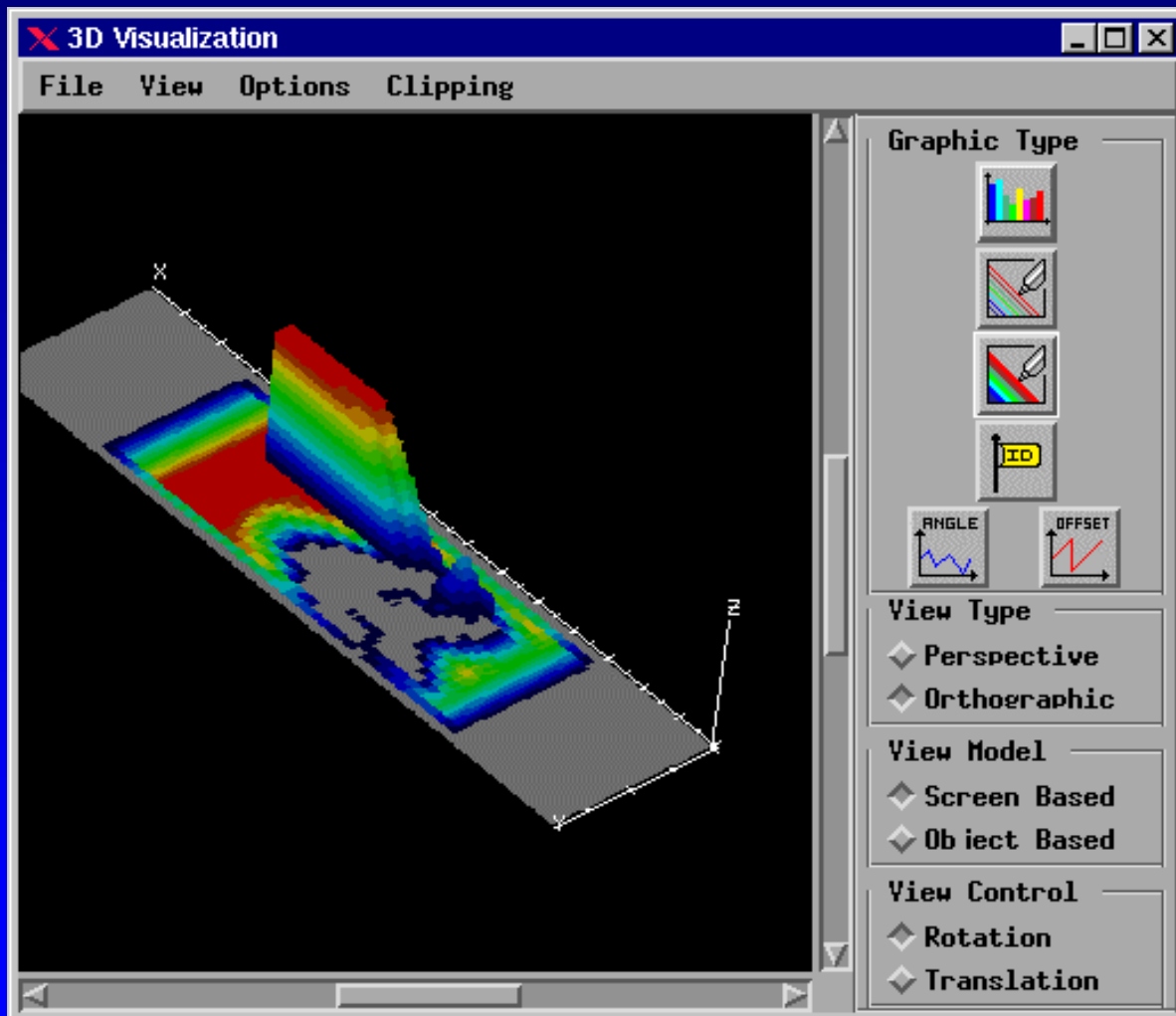
Sísmica



Sísmica



Sísmica



Trabalhos Publicados

Martha, L. F., Carvalho, M. T. M., Seixas, R. de B.; “**Volume Contouring of Generic Unstructured Meshes**”; *Journal of Brazilian Computer Society – Computer Graphics Special Edition*; 1997.

Seixas, R. de B., Gattass, M.; “**Visualização Volumétrica em um Ambiente de Computação Distribuída**”; *Anais do IX Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens*; 1996.

Martha, L. F., Carvalho, M. T. M., Seixas, R. de B.; “**Volume Contouring of Generic Unstructured Meshes**”; *Anais do IX Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens*; 1996.

Seixas, R. de B., Gattass, M., Figueiredo, L. H., Martha, L. F.; “**Visualização Volumétrica com Otimizações no Ray-Casting e Detecção de Bordas 3D**”; *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens*; 1995.

Seixas, R. de B., Gattass, M., Figueiredo, L. H., Martha, L. F.; “**Otimização do Algoritmo de Ray-Casting para Visualização de Tomografias**”; *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens*; 1994.

Seixas, R. de B., Hess, L.; “**Um Editor Gráfico Inteligente**”; *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens*; 1991.

2 comunicações no SIBGRAPI e 1 trabalho de iniciação científica na ERMAC.

Teses em andamento a partir da minha Tese de Doutorado

- ➔ Visualização Volumétrica
 - ➔ Tese de Doutorado em Visualização Híbrida.
 - ➔ Tese de Mestrado em Sísmica.
- ➔ Alto Desempenho e Paralelismo
 - ➔ Tese de Mestrado em Objetos Distribuídos.
 - ➔ Tese de Mestrado em Sistema de Mensagens.
- ➔ Imagens Médicas
 - ➔ Tese de Mestrado em Análise Funcional.

Produtos originados a partir da minha Tese de Doutorado

- Visualização Volumétrica
 - Sistema de Planejamento e Aquisição Sísmica
 - Sistema de Triangulação de Volumes
 - Algoritmo de *Iso-Volume* para Elementos Finitos
- Alto Desempenho e Paralelismo
 - Cluster de 9 processadores
 - Sistema Distribuído de Visualização Volumétrica
- Imagens Médicas
 - Sistema de Análise Funcional
 - Projeto FINEP de Reconstrução e Análise de MRI
- PRONEX de Visualização e Alto Desempenho
- Canvas OpenGL para Interfaces 3D

Cooperações Institucionais

- ➔ Visualização Volumétrica
 - ➔ PUC-Rio, IMPA, LABS, UFRJ, CENPES, ABO*
- ➔ Meteorologia
 - ➔ FINEP (VisBD)
 - ➔ CPTEC
- ➔ Alto Desempenho
 - ➔ PUC-Rio
- ➔ Computação Gráfica
 - ➔ IMPA, PUC-Rio, INPE