

EWA Splatting: A Novel Framework for Volume Rendering

Based on Elliptical Gaussian Kernels

Fernanda Viviani Revisor@ e Estud@nte de Doutor@do

Alberto Arkader Kopiler Arqueólogo e H@cker

Revisão



Fernanda Viviani

Resumo

- ★ É adequado para conjuntos de dados de volume regular, retilíneo e irregular.
- ★ Introduz uma **nova abordagem** para calcular a função footprint.
- ★ Ela facilita a projeção de perspectiva eficiente de kernels elípticos arbitrários com **baixo custo adicional**.
- ★ Os kernels de reconstrução de volume EWA podem ser reduzidos a kernels de reconstrução de superfície. Isso torna a splat primitive universal na **reconstrução de dados de superfície e volume**.

Aliasing

- Problema: ***Evitar artefatos de aliasing:***
- ★ Para evitar aliasing artifacts foi introduzido o conceito de um filtro de reamostragem combinando uma reconstrução com um low-pass kernel.
- ★ Ele fornece alta qualidade de imagem sem artefatos de aliasing ou desfoque excessivo, mesmo com kernels não esféricos.

Principais ideias

- ★ Pipeline de renderização de volume
- ★ Algoritmos de splatting
- ★ Aliasing em splatting de volume
- ★ Kernels gaussianos elípticos

Conceituação

- ★ Transformação de visualização e a transformação projetiva
- ★ Integração e limitação de banda
- ★ Redução de kernels de reconstrução de volume para superfície
- ★ Renderização de volume com base na equação de splatting
EWA

Contribuições

- ★ O filtro EWA **produz uma imagem mais nítida** e ao mesmo tempo **não exhibe artefatos de aliasing**.
- ★ O filtro de reamostragem EWA **tem uma série de propriedades úteis**.

“Como nosso filtro de reamostragem de volume EWA pode **manipular kernels de reconstrução gaussianas arbitrários**, podemos **representar a estrutura de um conjunto de dados de volume com mais precisão** escolhendo a **forma dos kernels de reconstrução apropriadamente**.”

Pontos positivos (1)

- Ideias interessantes validadas experimentalmente ou de forma teórica:

“Por exemplo, podemos melhorar a precisão da renderização de isosuperfície achatando os kernels de reconstrução na direção da normal da superfície. Mostraremos abaixo que um kernel de volume gaussiano infinitesimalmente plano é equivalente a um kernel de reconstrução de textura de superfície gaussiana”

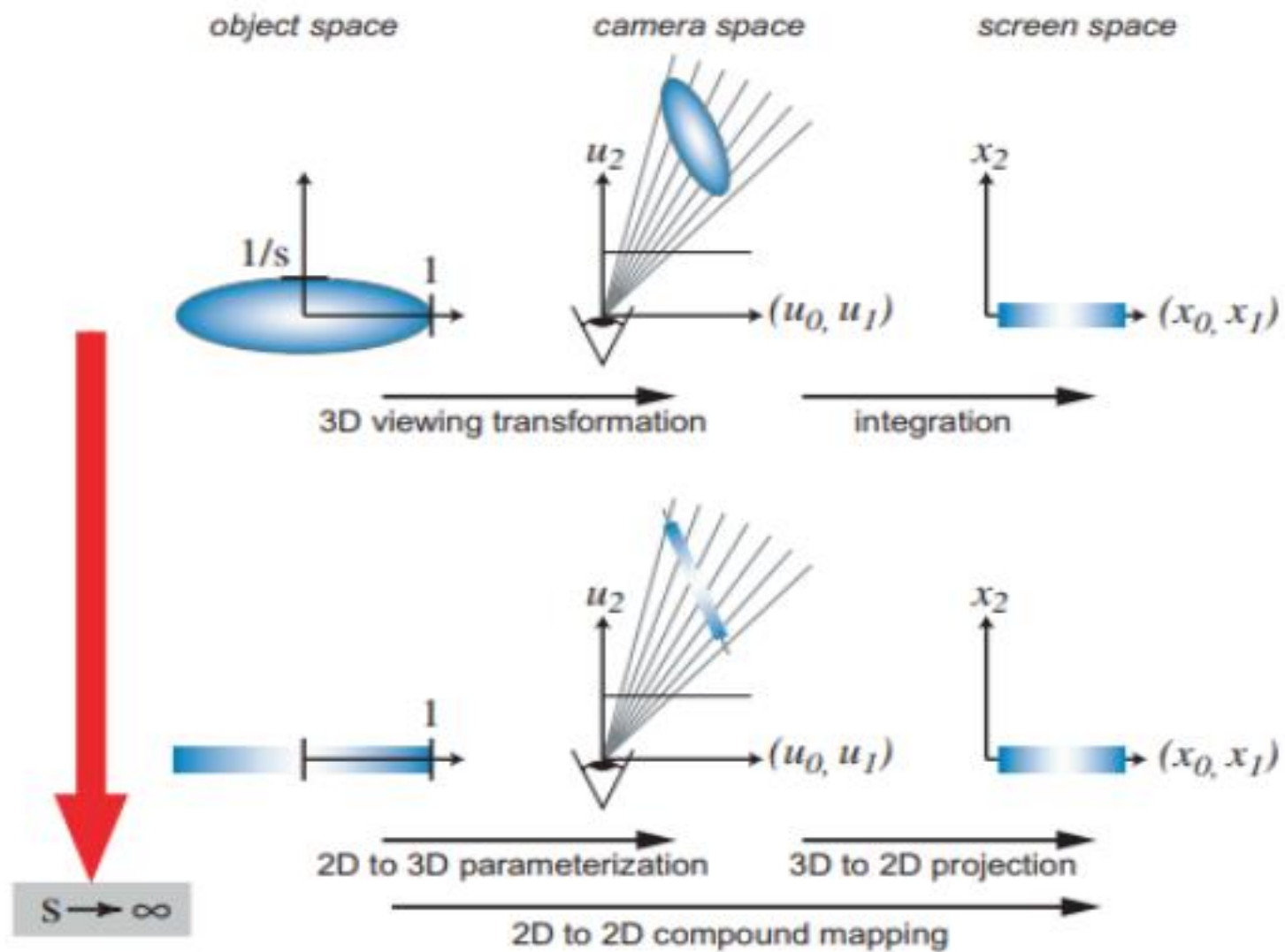


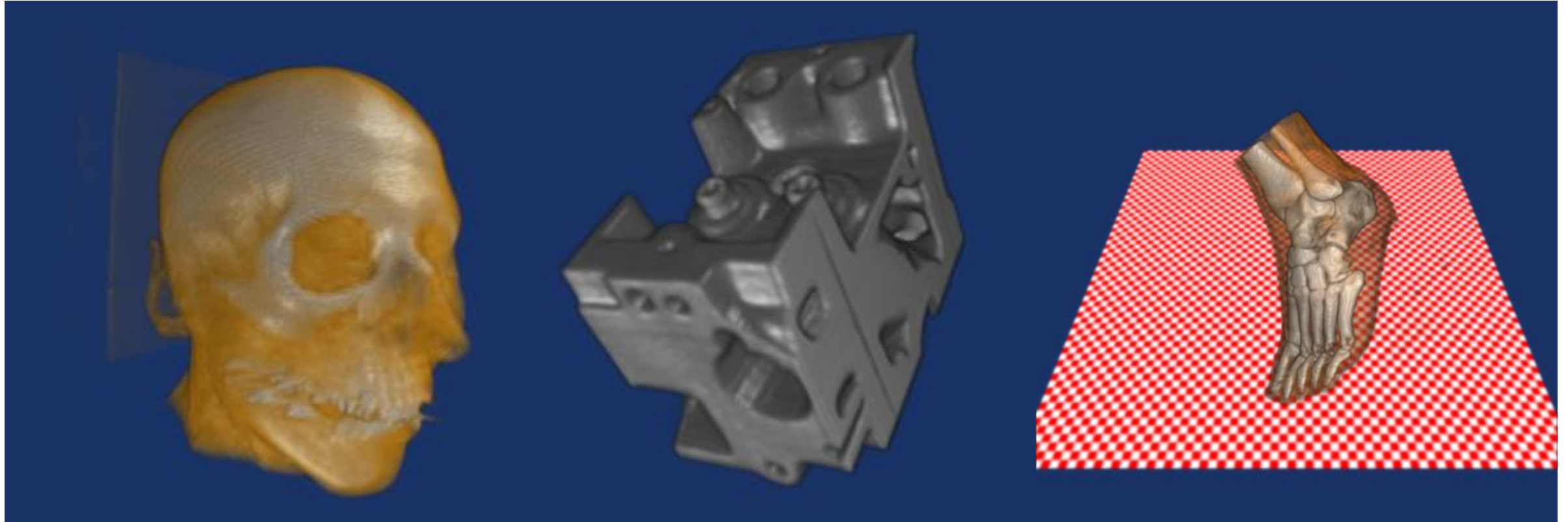
Figure 5: *Reducing a volume reconstruction kernel to a surface reconstruction kernel by flattening the kernel in one dimension. Top: rendering a volume kernel. Bottom: rendering a surface kernel.*

Pontos positivos (2)

- Resultados impressionantes

“The images illustrate that our algorithm correctly renders semitransparent objects as well.

The skull of the UNC head, the bone of the foot, and the iso-surface of the engine were rendered with flattened surface splats oriented perpendicular to the volume gradient. All other voxels were rendered with EWA volume splats. **Each frame took approximately 11 seconds to render on an 866 MHz PIII processor.”**



Pontos positivos (3)

- O filtro de reamostragem EWA tem propriedades úteis

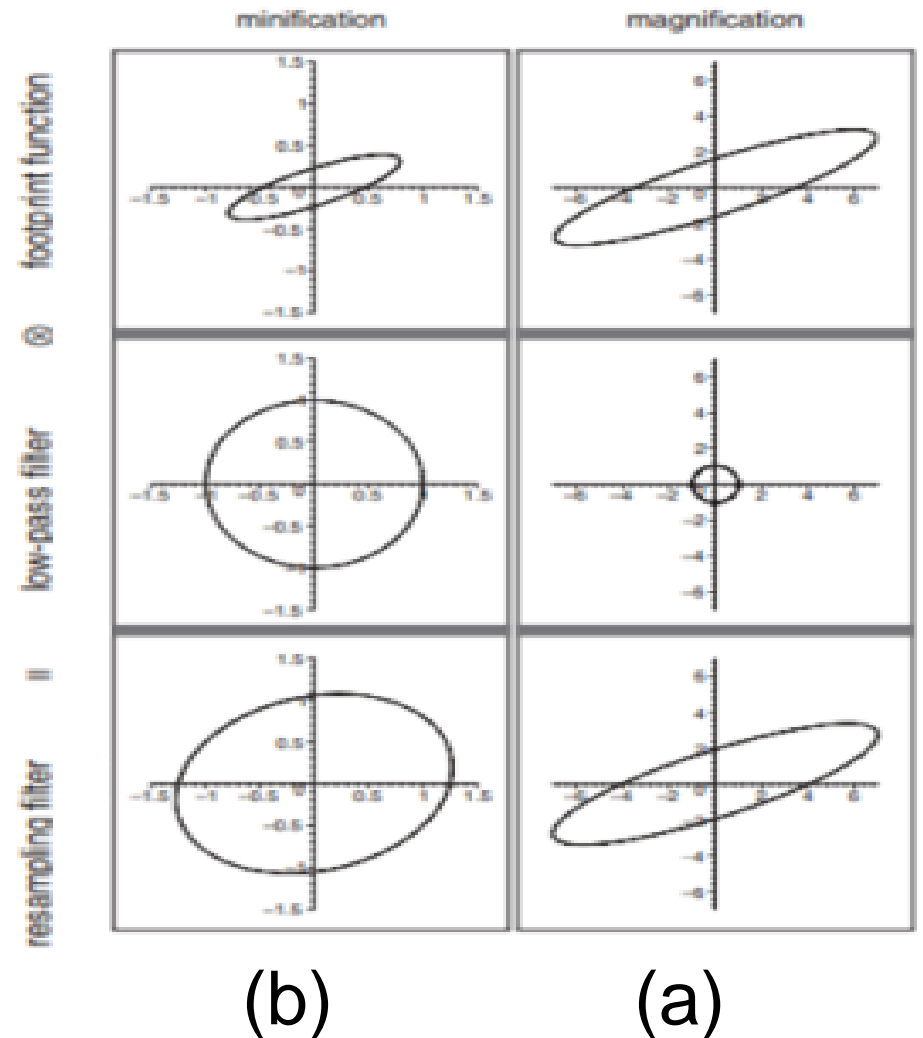
Como o filtro de reamostragem unifica um kernel de reconstrução e um filtro passa-baixa, ele fornece uma transição suave entre ampliação e minimização.

★ Casos:

- Magnification - Minification
- Anisotropic Minification Magnification

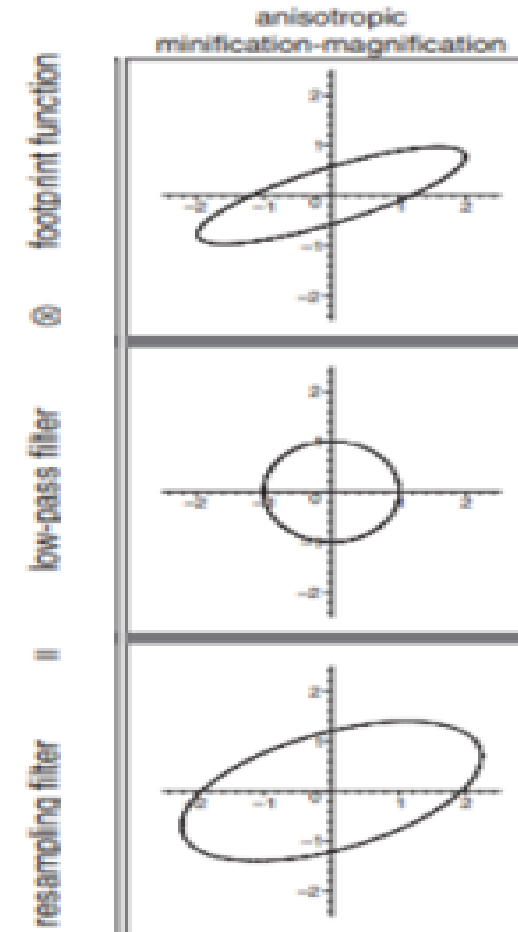
Magnification <-> Minification

- (a) Magnification: o volume é ampliado e o filtro de reamostragem é dominado pelo kernel de reconstrução.
- (b) Minification: o kernel de reconstrução é dimensionado anisotropicamente em situações em que o volume é esticado.



Anisotropic Minification-Magnification

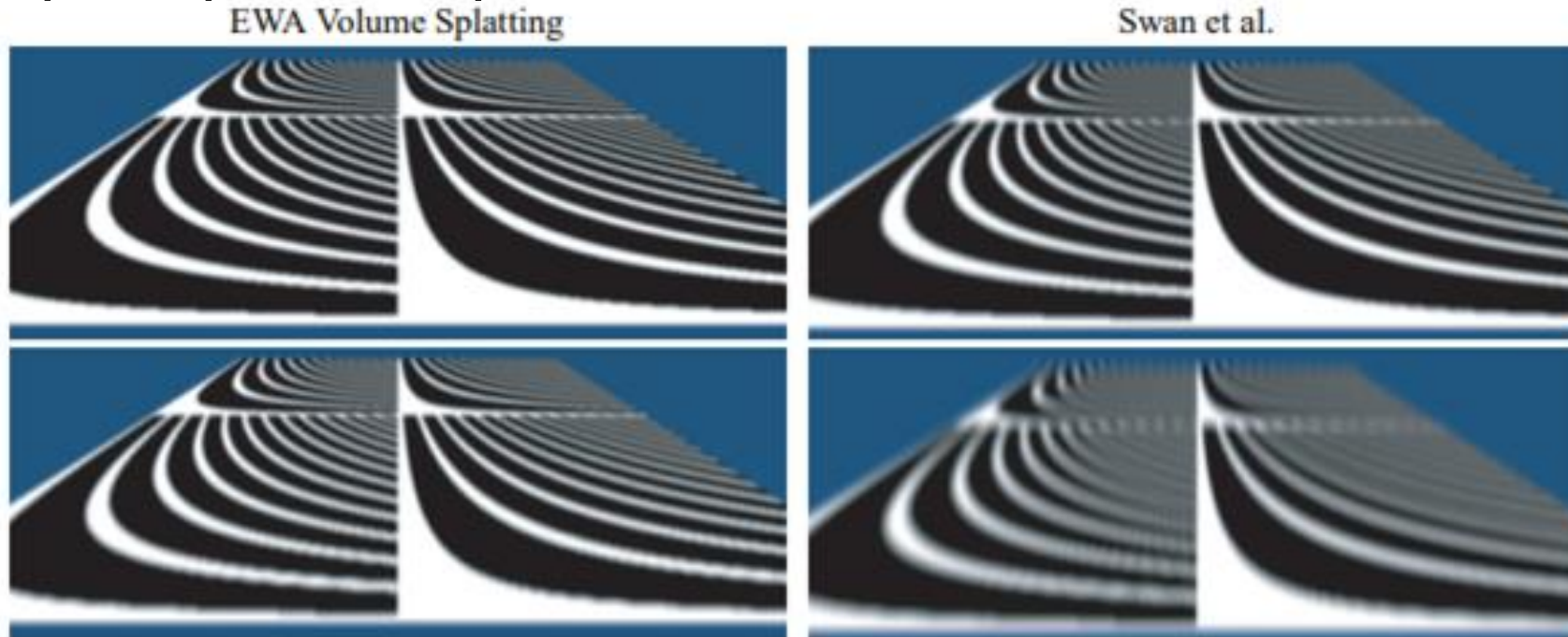
Quando o mapeamento da câmera para o espaço de raios minimiza o volume, o tamanho e a forma do filtro de reamostragem são dominados pelo filtro passa-baixa,



Comparação

Dimensionamento uniforme do kernel de reconstrução para evitar aliasing, conforme proposto por Swan et al. [17].

- Para funções de footprint elípticas, o dimensionamento uniforme leva a imagens excessivamente borradas na direção do eixo principal da elipse.



Pontos Negativos

- Não considera otimização

We did not optimize our code for rendering speed. We use a sheet buffer to first accumulate splats from planes in the volume that are most parallel to the projection plane [19]. In a second step, the final image is computed by compositing the sheets back to front. Shading is performed using the gradient estimation functionality provided by VTK and the Phong illumination model. We summarize the main steps which are required to compute the EWA splat for each voxel:


```
1: for each voxel  $k$  {  
2:   compute camera coords.  $u[k]$  ;  
3:   compute the Jacobian  $J$  ;  
4:   compute the variance matrix  $V[k]$  ;  
5:   project  $u[k]$  to screen coords.  $\hat{x}[k]$  ;  
6:   setup the resampling filter  $\rho[k]$  ;  
7:   rasterize  $\rho[k]$  ;  
8: }
```

We have not yet investigated whether other kernels besides elliptical Gaussians may be used with this framework. In principle, a resampling filter could be derived from any function that allows the analytic evaluation of the operations described in Section 4.2 and that is a good approximation of an ideal low-pass filter

Avaliação e justificativa



Summary:

- ★ Evita artefatos de aliasing
- ★ Os kernels de reconstrução de volume EWA podem ser reduzidos a kernels de reconstrução de superfície. Isso torna a splat primitive universal na reconstrução de dados de superfície e volume. Ele fornece alta qualidade de imagem sem artefatos de aliasing ou desfoque excessivo, mesmo com kernels não esféricos.



Strengths:

“Como nosso filtro de reamostragem de volume EWA pode manipular kernels de reconstrução gaussianas arbitrários, podemos representar a estrutura de um conjunto de dados de volume com mais precisão escolhendo o formato dos kernels de reconstrução apropriadamente.”



Weaknesses:

O código não foi otimizado para velocidade de renderização. Ainda não investigaram se outros kernels além de gaussianos elípticos podem ser usados com esta estrutura.



Rating and Justification:

Rate: 9

- ★ Claramente, o filtro EWA produz uma imagem mais nítida e ao mesmo tempo não exibe artefatos de aliasing.
- ★ O filtro de reamostragem EWA tem uma série de propriedades úteis, Ele fornece alta qualidade de imagem sem artefatos de aliasing ou desfoque excessivo, mesmo com kernels não esféricos.

Arqueólogo



Alberto Arkader Kopiler

EWA Splatting: A Novel Framework for Volume Rendering

Publications' Chronology

Fundamentals of
Texture Mapping
and Image
Warping
P. Heckbert,
1989

Footprint
Evaluation for
Volume
Rendering L.
Westover,
In Computer
Graphics,
Proceedings of
SIGGRAPH 90,
pages 367–376,
1990

Surfels: Surface
Elements as
Rendering
Primitives
H. Pfister, M.
Zwicker, J. van
Baar, M. Gross,
SIGGRAPH,
2000

Interactive
Volume
Rendering
L. Westover,
1989

A Survey and
Classification of
Real Time
Rendering
Methods
M. Zwicker, M.
Gross, H. Pfister
Technical Report No.
332, Computer Science
Department, ETH
Zürich,
1999

EWA Splatting: A Novel Framework for Volume Rendering

Publications

Surface Splatting

M. Zwicker, H.
Pfister, J. van
Baar, M. Gross,
SIGGRAPH,
2001

Object Space EWA Splatting: A Hardware Accelerated Approach to High Quality Point Rendering

L. Ren, H. Pfister,
M. Zwicker,
Eurographics,
2002

Application of 3D Gaussian Splatting for Cinematic Anatomy on Consumer Class Devices

S. Niedermayr, C.
Neuhauser, K.
Petkov, K. Engel,
R. Westermann
2024

EWA Volume Splatting

M. Zwicker, H.
Pfister, J. van
Baar, M. Gross,
IEEE
Visualization,
2001

3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering

B. Kerbel, G.
Kopanas, T.
Leimkühler, G.
Drettakis,
2023

Fundamentals of Texture Mapping and Image Warping

[Greene-Heckbert86] Ned Greene, Paul S. Heckbert, “Creating Raster Omnimax Images from Multiple Perspective Views Using The Elliptical Weighted Average Filter”, *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 6, no. 6, June 1986, pp. 21-27.

➤ EWA = Elliptical Weighted Average (Média Ponderada Elíptica)

We have seen that the fundamentals of texture mapping and image warping have much in common. Both applications require (1) the description of a mapping between a source image and a destination image, and (2) resampling of the source image to create the destination image according to a mapping function. The first task is a geometric modeling problem, and the latter is a rendering and image processing problem.

To improve the quality of rendering for texture mapping and image warping, we have developed a new theory of ideal image resampling. This theory describes the filter shape needed for perfect antialiasing during the resampling implied by an arbitrary mapping. We have explored one class of filter that conforms nicely to this theory, the elliptical Gaussian, but there are undoubtedly others.

A Survey and Classification of Real Time Rendering Methods

Table 3.1: Properties of real time rendering paradigms

	Geometry based paradigm	Image based paradigm
<i>Scene</i>	Description in terms of geometry, surface properties, lighting conditions	Description in terms of the plenoptic function
<i>Discretization</i>	Sampling (tessellation) optimized regarding geometric properties	Sampling optimized regarding screen resolution
<i>Representation</i>	Set of primitives (polygons, polygon strips, light sources)	Set of n -dimensional samples
<i>Image synthesis</i>	Conventional rendering	Reconstruction

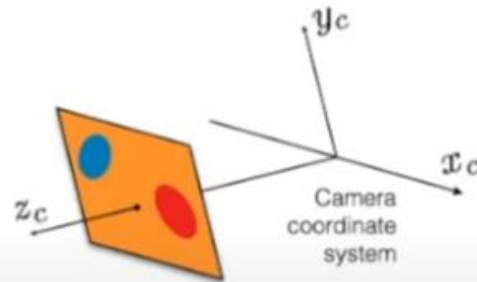
3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering

Differentiable Gaussian Rendering

What is the representation
of a 3D gaussian?



How to project to 2D
and rasterize?



Q: What is the image-space
projection of a 3D gaussian?

A: Can approximate as a 2D gaussian!

(EWA Volume Splatting, Zwicker et. al., 2001)

How to model/aggregate
appearance?

$$\pi(\mathbf{x}) = \mathbf{u} \quad z \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = K \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

π : Projection function for mapping 3D points to pixels

2D mean: $\mu_{2D} = \pi(\mu_{3D})$

2D covariance:

$$J = \frac{\partial \pi}{\partial \mathbf{x}}(\mu_{3D})$$

$$\Sigma_{2D} = J \Sigma_{3D} J^T$$

(S. Tulsiani, 2024)

EWA Splatting: A Novel Framework for Volume Rendering

- We present a novel framework for direct volume rendering using a splatting approach based on elliptical Gaussian kernels. To avoid aliasing artifacts, we introduce the concept of a resampling filter combining a reconstruction with a low-pass kernel. Because of the similarity to Heckbert's **EWA** (elliptical weighted average) filter for texture mapping we call our technique EWA volume splatting. It provides high image quality without aliasing artifacts or excessive blurring even with non-spherical kernels. Hence it is suitable for regular, rectilinear, and irregular volume data sets. Moreover, our framework introduces a novel approach to compute the footprint function. It facilitates efficient perspective projection of arbitrary elliptical kernels at very little additional cost. Finally, we show that EWA volume reconstruction kernels can be reduced to surface reconstruction kernels. This makes our splat primitive universal in reconstructing surface and volume data.

Hacker



Alberto Arkader Kopiler

Hacker

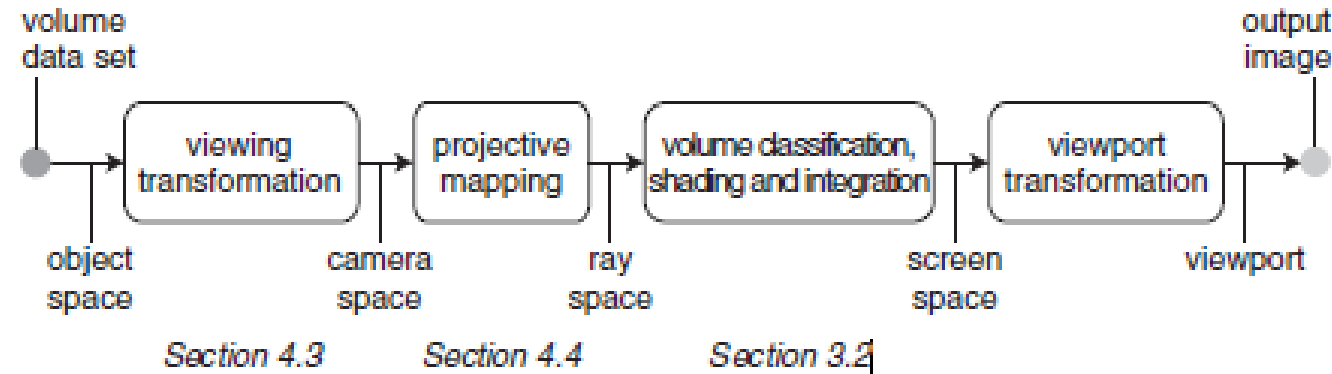


Figure 1: *The forward mapping volume rendering pipeline.*

```
1: for each voxel k {  
2:   compute camera coords.  $u[k]$ ;  
3:   compute the Jacobian  $J$ ;  
4:   compute the variance matrix  $V[k]$ ;  
5:   project  $u[k]$  to screen coords.  $\hat{x}[k]$ ;  
6:   setup the resampling filter  $\rho[k]$ ;  
7:   rasterize  $\rho[k]$ ;  
8: }
```

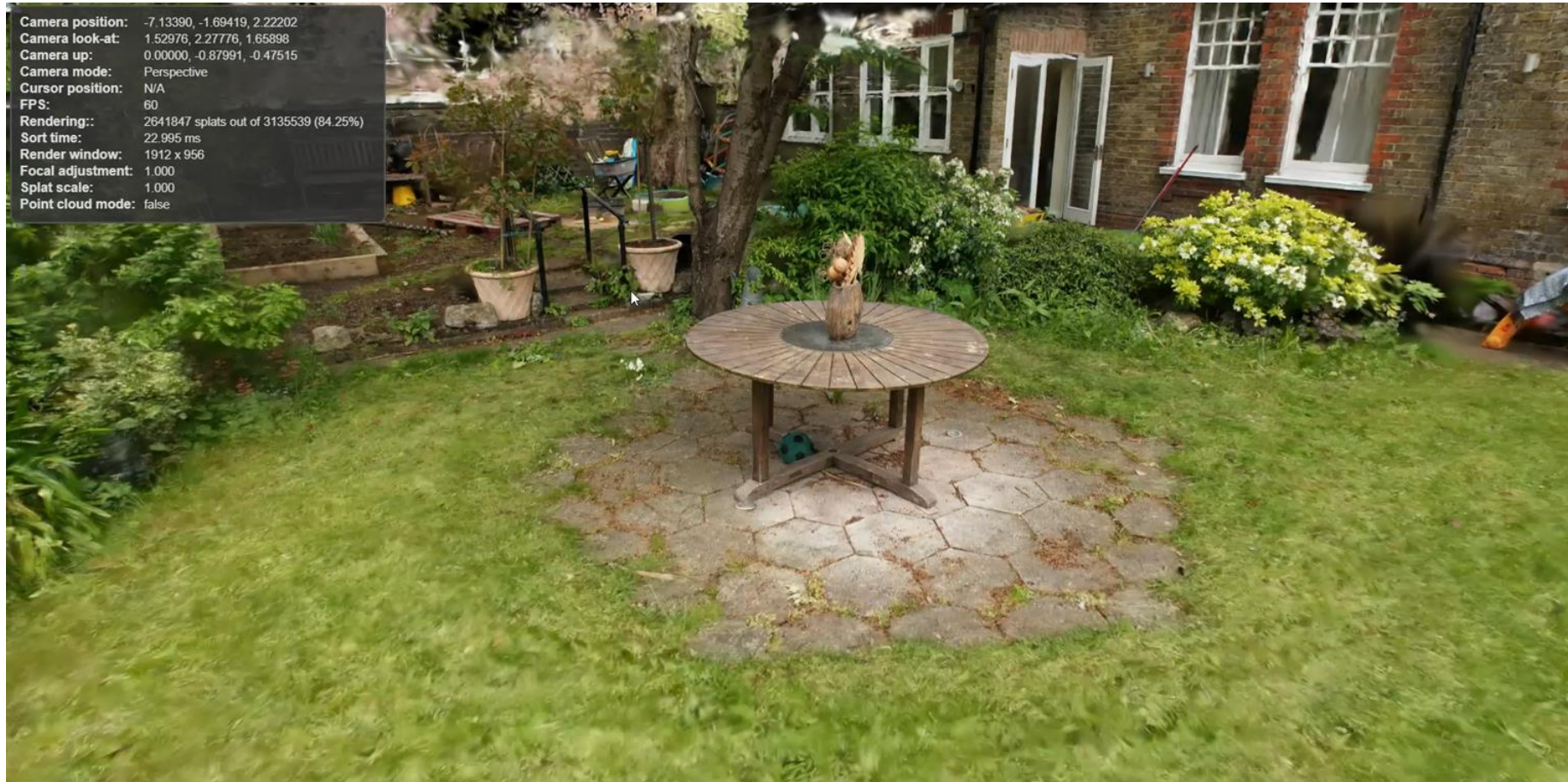
1. Compute camera coordinates
2. Calculate the Jacobian matrix
3. Transform Gaussian kernel from object space to ray space
4. Project kernel to screen space and rasterize

Hacker



- [WebGL EWA Splatter](#)
- [3D Gaussian Splatting with Three.js](#)
- [GitHub - nerfstudio-project/gsplat: CUDA accelerated rasterization of gaussian splatting](#)

3D Gaussian Splatting with Three.js



Estudante de doutorado



Fernanda Viviani

Alun@ procurando um novo projeto na
mesma área...

Proposta de projeto de pesquisa

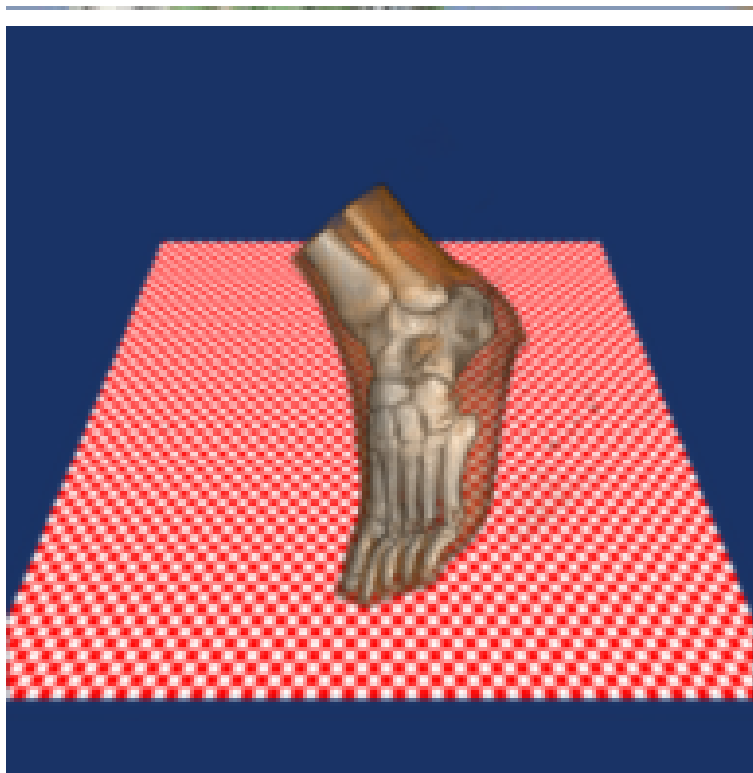
DETECÇÃO CÂNCER ATRAVÉS DA CONVERSÃO DE IMAGENS DE EXAME EM 2D PARA 3D

OBJETIVOS:

- ★ ver como o câncer afetou o órgão de maneira tridimensional
- ★ prever se o câncer tem possibilidade de se alastrar para outros órgãos
- ★ melhorar a qualidade da imagem e visão do câncer pelos pesquisadores e médicos
- ★ melhor do que a mamografia 3D, não precisa de máquina, a imagem já viria do resultado do exame, menos custos

Proposta de projeto de pesquisa

JUSTIFICATIVA



EWA Volume Splatting

EWA volume splatting is a high quality volume rendering algorithm. It applies the EWA resampling framework to direct volume rendering using a splatting approach, hence avoiding aliasing artifacts. It efficiently handles elliptical reconstruction kernels, which facilitates the visualization of rectilinear and unstructured volume data sets.

Proposta de projeto de pesquisa

Application of 3D Gaussian Splatting for Cinematic Anatomy on Consumer Class Devices

Simon Niedermayr, Christoph Neuhauser, Kaloian Petkov, Klaus Engel, Rüdiger Westermann

A renderização fotorrealística interativa da anatomia 3D é usada na educação médica para explicar a estrutura do corpo humano.

Apresentamos o uso de síntese de nova visualização via 3D Gaussian Splatting (3DGS) compactado para superar essa restrição e até mesmo permitir que os alunos realizem anatomia cinematográfica em dispositivos leves e móveis.

Nosso pipeline proposto primeiro encontra um conjunto de poses de câmera que captura todas as estruturas potencialmente vistas nos dados. Imagens de alta qualidade são então geradas com rastreamento de caminho e convertidas em uma representação 3DGS compacta, consumindo < 70 MB, mesmo para conjuntos de dados de vários GBs. Isso permite a síntese de nova visualização fotorrealística em tempo real que recupera estruturas até a resolução do voxel e é quase indistinguível das imagens de rastreamento de caminho



National Institutes of Health (NIH) (.gov)

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc> · Traduzir esta página

3D imaging for driving cancer discovery - PMC ✓

de RL van Ineveld · 2022 · Citado por 10 — 3D imaging plays an essential role in studying late manifestation of cancer, by enabling quantification of metastasis in cleared secondary ...



MDPI

<https://www.mdpi.com> > ... · Traduzir esta página

A High-Resolution 3D Ultrasound Imaging System ... ✓

de J Zhang · 2024 — This paper presents the design and development of a high-resolution 3D ultrasound imaging system based on a 1×256 piezoelectric ring array.



IMAI Medtech

<https://www.imai-medtech.com> > post > better-cancer-dia...

Better cancer diagnosis thanks to digital 3D images ?

4 de abr. de 2024 — A robotic platform that enables a more accurate diagnosis of cancer cells by rapidly quantifying tissue samples in their entirety.



BBC

[https://www.bbc.com > 120424_imagens3d_cancer_bg](https://www.bbc.com/120424_imagens3d_cancer_bg) ⋮

Imagens em 3D de tecidos podem auxiliar tratamento ... ✓

24 de abr. de 2012 — **Imagens** tridimensionais de tecidos do corpo podem auxiliar na identificação do **câncer** em seus estágios iniciais, segundo pesquisadores ...



Metrópoles

[https://www.metropoles.com > postpatrocinado > mamog...](https://www.metropoles.com/postpatrocinado/mamog...) ⋮

Mamografia 3D revoluciona diagnóstico de doenças com ...

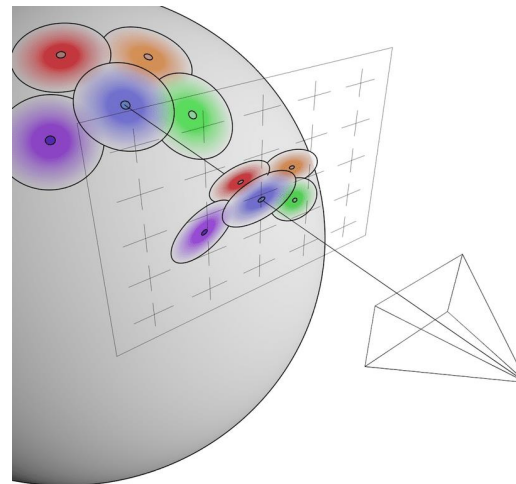


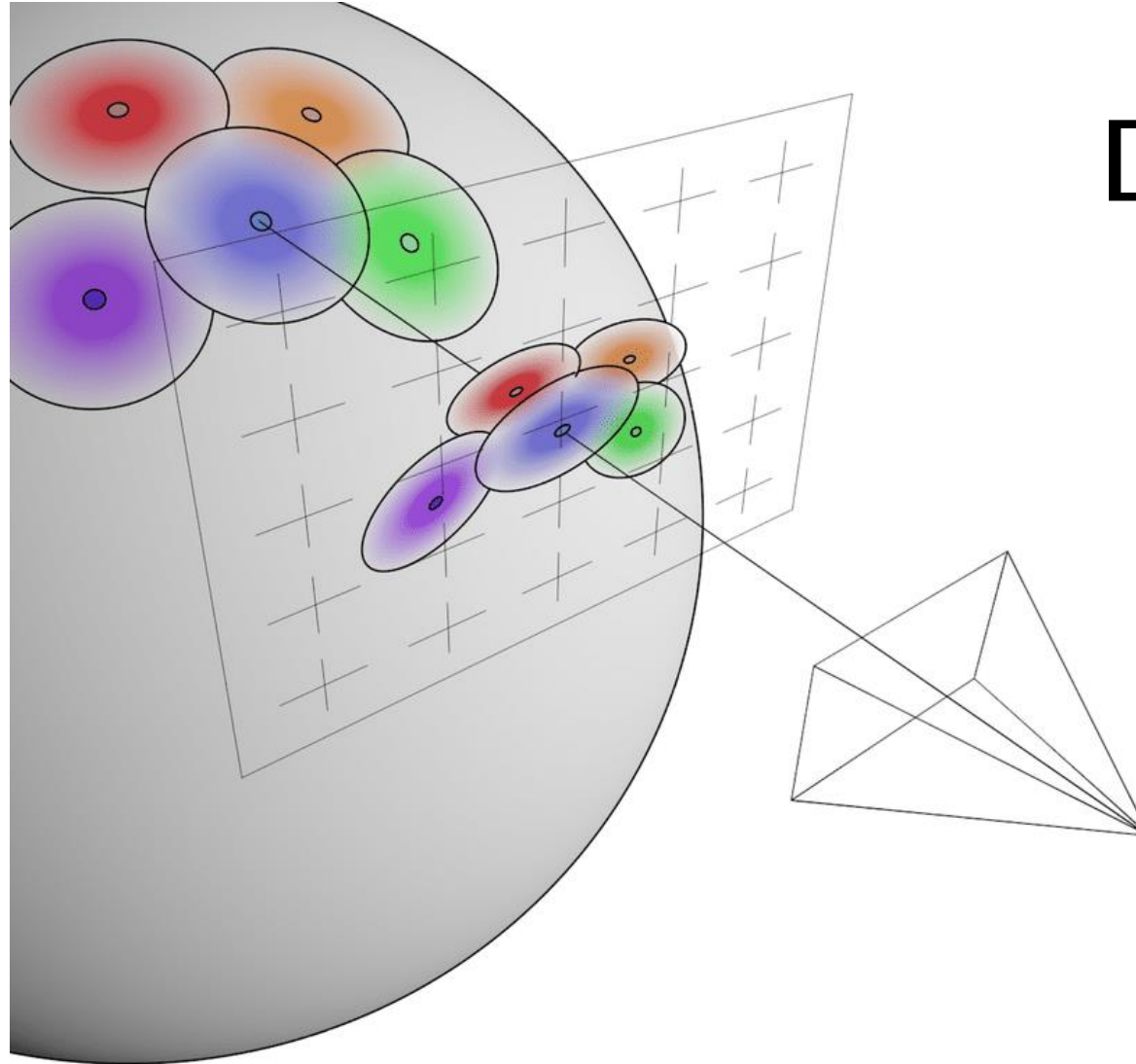
16 de nov. de 2018 — Aparelho, disponível em laboratório da 716 Sul, aumenta em até 40% a probabilidade de **detecção** precoce de pequenos tumores. Exame **Imagem** e



EWA Splatting: Conclusion

- We present a new splat primitive for volume rendering, called the EWA volume resampling filter. Our primitive provides high quality antialiasing for splatting algorithms, combining an elliptical Gaussian reconstruction kernel with a Gaussian low-pass filter. We use a novel approach of computing the footprint function. Exploiting the mathematical features of 2D and 3D Gaussians, our framework efficiently handles arbitrary elliptical reconstruction kernels and perspective projection. Therefore, our primitive is suitable to render regular, rectilinear, curvilinear, and irregular volume data sets. Finally, we derive a formulation of the EWA surface reconstruction kernel, which is equivalent to Heckbert's EWA texture filter. Hence, we call our primitive universal, facilitating the reconstruction of surface and volume data.





Discussão

Todos