

UM SISTEMA PARA VISUALIZAÇÃO DE DADOS VOLUMÉTRICOS A PARTIR DE CORTES HISTOLÓGICOS DIGITALIZADOS

Ruthiano S. Munaretti¹, Marcelo Walter¹,
Wagner L. Cambruzzi¹, Clarice H. Deiques²

¹PIPCA - Programa Interdisciplinar de
Pós-Graduação em Computação Aplicada
{ruthiano,marcelow}@exatas.unisinos.br

<http://www.inf.unisinos.br/cglab>

²Laboratório de Embriologia

deiques@cirrus.unisinos.br

Av. Unisinos 950, São Leopoldo, RS, Brasil

ABSTRACT

The manual reconstruction of biological structures (such as snake skulls) from histological samples is widely used in developmental studies. However, this manual volumetric reconstruction is hard and time consuming, not to mention prone to errors. The main goal of our work is to develop a system for digital 3D reconstruction of such volumes from a given set of histological samples. We present the methodology, an explanation of the computer graphics techniques used and the results obtained so far.

KEYWORDS volumetric visualization, computer graphics, biological structures, histological samples.

RESUMO

A reconstrução manual de estruturas biológicas (tais como o crânio de uma serpente), a partir de cortes histológicos, é bastante utilizada para estudo do desenvolvimento das mesmas. No entanto, este tipo de reconstrução volumétrica é difícil e, dependendo do dado a ser visualizado, pode não ser tão precisa. Assim, o objetivo deste trabalho é propor e implementar uma alternativa de reconstrução volumétrica digital, baseada em técnicas de Computação Gráfica, a fim de representar os volumes e o seu interior com mais precisão e eficiência. Serão apresentados os procedimentos utilizados para esta reconstrução digital e as técnicas de computação gráfica utilizadas, bem como os resultados obtidos até o momento.

PALAVRAS CHAVE visualização volumétrica, computação gráfica, estruturas biológicas, cortes histológicos.

1 INTRODUÇÃO

A visualização de dados volumétricos a partir de uma coleção de cortes histológicos é bastante aplicada na área da Biologia, como na reconstrução manual de crânios de serpentes por exemplo. Neste processo os cortes histológicos são desenhados em lâminas finas de isopor através da sua projeção ampliada num microscópio. As lâminas de isopor são posteriormente recortadas e unidas para formar um volume. Entretanto, esta reconstrução manual é trabalhosa e sujeita a erros, principalmente para volumes pequenos, pois informações importantes para o caso desejado podem ser perdidas ou até mesmo ignoradas. Desta forma, o objetivo principal deste projeto é a realização de uma reconstrução digital destes

dados volumétricos, com a finalidade de melhorar a qualidade e a precisão dos volumes gerados.

2 METODOLOGIA

A alternativa proposta para a reconstrução digital de dados volumétricos constitui-se das seguintes etapas: **obtenção das fatias** e a **obtenção dos dados volumétricos**, descritos a seguir.

2.1 Obtenção das Fatias

É realizadas a partir dos seguintes procedimentos:

- **Realização de Cortes Transversais do Crânio da Serpente:** nesta etapa, o crânio em estudo, figura 1(a), é incluso em um cubo de paraplasto e, com o auxílio do micrótomo Reichert-Jung, são realizados cortes transversais de 10 a 12 μ de espessura.
- **Montagem dos Cortes obtidos em Lâminas Histológicas:** para isso, cada uma das fatias obtidas acima é submetida a uma bateria de corantes. Após, são inseridas entre duas lâminas de vidro, formando assim a série histológica, figura 1(b), que estará pronta para o passo seguinte.
- **Digitalização das Imagens:** esta etapa é realizada através de um microscópio acoplado a uma câmera digital, figura 1(c), onde as imagens são transferidas e analisadas no computador, através de softwares específicos para tratamento de imagens (como o Adobe Photoshop).

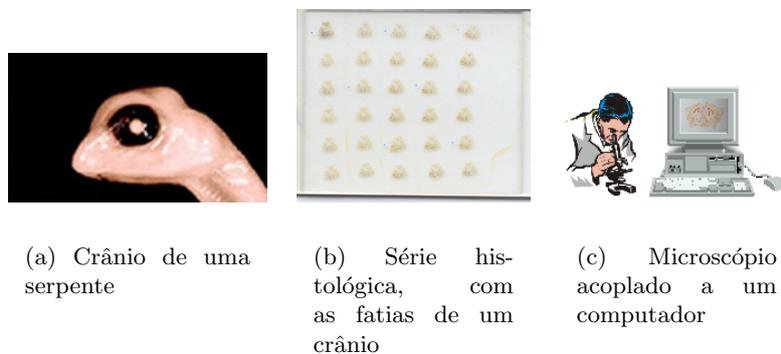


Figura 1. Obtenção das fatias de um volume

2.2 Obtenção dos Dados Volumétricos

É realizado a partir das seguintes etapas:

- **Reamostragem das Imagens:** as fatias geralmente são capturadas em resoluções altas, a fim de aumentar a precisão na captação dos dados. Uma etapa de reamostragem, figura 2, diminui a resolução das imagens, a fim de que as mesmas possam ser utilizadas nos algoritmos de reconstrução, já que a complexidade destes algoritmos é diretamente proporcional à resolução das imagens.

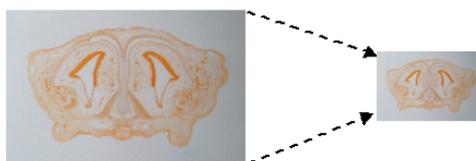


Figura 2. Reamostragem das Imagens

- **Registro das Fatias:** consiste em realizar a sobreposição das imagens, figura 3, com a finalidade de alinhar as mesmas.



Figura 3. Sobreposição das Imagens

- **Classificação (ou Segmentação) dos Dados:** nesta etapa, são identificadas as estruturas mais importantes do volume a ser visualizado, figura 4, que pode depender do contexto do trabalho e do que realmente se deseja visualizar no volume obtido.

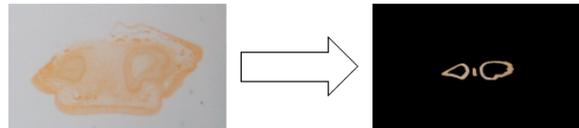


Figura 4. Segmentação dos dados

Após todas estas etapas, cada imagem é armazenada em um arquivo específico. Foi escolhido o formato RAW, utilizando a paleta de cores Grayscale 16 bits.

3 TÉCNICAS UTILIZADAS

Para representar de forma volumétrica todas as imagens geradas acima, foram utilizadas técnicas conhecidas de Computação Gráfica, dentre as quais destacam-se os algoritmos de Ray Casting (Levoy 1988) e (Levoy 1990) e o de Marching Cubes (Lorensen and Cline 1987).

- **Ray Casting:** neste algoritmo, cada **voxel** do volume a ser formado armazena informações como **cor** e **opacidade**.

Desta forma, **raios** são lançados da imagem inicial até este volume, a fim de acumular estas informações para a exibição do mesmo em um plano 2D (como um monitor de vídeo, por exemplo), figura 5. Este algoritmo é ideal para objetos amorfos (cuja representação geométrica é difícil, como nuvens e fogo). Ao realizar interações (como giro ou aumento de zoom), todo o volume é redesenhado, o que ocasiona um alto custo computacional. Por este motivo, este algoritmo não possui um bom desempenho.

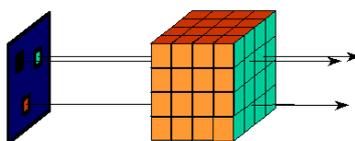


Figura 5. Representação direta do volume - Ray Casting

- **Marching Cubes:** neste algoritmo, é calculada uma representação geométrica do volume a ser visualizado, figura 6, através de polígonos (geralmente triângulos). Apesar dos volumes gerados possuírem uma qualidade menor (se comparado ao Ray Casting), este algoritmo possui um melhor desempenho, principalmente nas interações, uma vez que a representação poligonal não é refeita a cada operação.

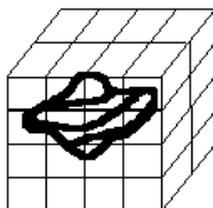


Figura 6. Representação geométrica do volume - Marching Cubes

4 FERRAMENTAS UTILIZADAS

Para a visualização dos dados volumétricos está sendo utilizada a biblioteca VTK (J.Schroeder, Martin, and Lorensen 1998) e (Schroeder 2001), que foi escolhida por melhor atender aos requisitos necessários ao projeto. É uma ferramenta GPL, portátil, compatível com diversas linguagens de programação e orientada a objetos.

Como linguagem de programação, foi adotada a linguagem C++, por ser considerada mais veloz e flexível para manipulação de dados gráficos e também a mais adequada para a própria biblioteca VTK.

5 SISTEMA PARA VISUALIZAÇÃO DE DADOS VOLUMÉTRICOS

Está sendo implementado um sistema gerenciador de dados volumétricos, cujo objetivo principal é facilitar e automatizar o processo de visualização dos volumes, voltado principalmente para profissionais que estão fora da área de Ciência da Computação ou afins.

Dentre suas futuras funcionalidades, destacam-se: abertura de imagens por intervalo de fatias, mudança de cor de fundo ou do volume (ou de partes do volume, para realçar certas estruturas), gravação do volume em um formato poligonal (para facilitar o manuseio), gravação de fotografias do volume (a fim de registrar características específicas), entre outros itens.

6 RESULTADOS

Nos testes realizados, foi constatado que o algoritmo de Marching Cubes, figura 7(a), possui a melhor relação custo/benefício, uma vez que a qualidade dos volumes é bastante razoável e, além disso, seu custo computacional não é tão elevado quanto o Ray Casting,

figura 7(b), sendo possível executar em máquinas menos robustas a visualização de volumes de tamanho considerável com um desempenho bastante satisfatório.

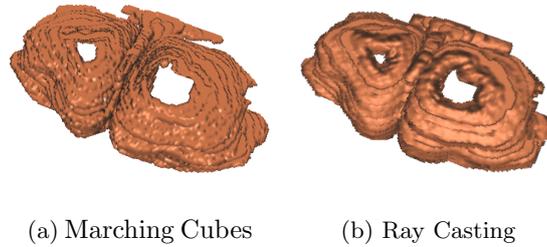


Figura 7. Reconstruções 3D do crânio da serpente

Além disso, foi necessária a utilização de uma suavização entre as fatias, figura 8, a fim de corrigir uma imperfeição natural, decorrente da perda nos cortes histológicos do volume original, onde apenas 1 em cada 3 cortes foi digitalizado.

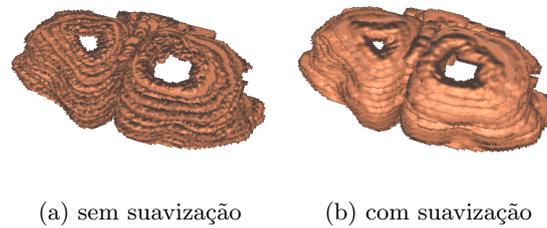


Figura 8. Suavização em volume reconstruído por Ray Casting

7 CONCLUSÕES

Os volumes digitais gerados apresentaram resultados bastante satisfatórios, principalmente se levarmos em conta alguns problemas

decorrentes da aquisição dos cortes nas primeiras digitalizações, o que prejudicava diversas etapas da formação do volume, principalmente a segmentação.

Os dados volumétricos digitais mostraram-se mais precisos e de maior qualidade, se compararmos ao método manual de reconstrução. Além disso, o custo e o tempo de montagem do volume reduziram-se drasticamente.

Referências

- J.Schroeder, William, Ken Martin, and Bill Lorensen (1998). *The Visualization Toolkit - An Object-Oriented Approach to 3D Graphics*. Prentice Hall.
- Levoy, M. (1988). Display of surfaces from volume data. *IEEE Computer Graphics and Applications* 5(3), 29–37.
- Levoy, M. (1990). Efficient ray-tracing of volume data. *Computer Graphics* 9(3), 157–167.
- Lorensen, W. E. and H. Cline (1987). Marching cubes, a high resolution 3d surface construction algorithm. *Computer Graphics* 21(4), 163–169.
- Schroeder, William J. (2001). *The Visualization Toolkit - User Guide Updated for Version 4.0*. Kitware.