



Allan Carlos Avelino Rocha

**Visualização volumétrica ilustrativa de malhas
não estruturadas**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio

Orientador: Prof. Waldemar Celes Filho

Rio de Janeiro
Junho de 2011



Allan Carlos Avelino Rocha

**Visualização volumétrica ilustrativa de malhas
não estruturadas**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Waldemar Celes Filho

Orientador e Presidente
Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Marcelo Gattass

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Mario Costa Sousa

University of Calgary

Prof. Luiz Henrique de Figueiredo

IMPA

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de Junho de 2011

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Allan Carlos Avelino Rocha

Graduou-se Bacharel em Ciência da Computação na Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica CNPq, atuando em projetos relacionados à Computação Gráfica pelo Departamento de Matemática, UFAL. Continuou os estudos no programa de Mestrado em Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio. Durante o mestrado, atuou em projetos voltados à indústria do petróleo no laboratório Tecgraf.

Ficha Catalográfica

Rocha, Allan

Visualização volumétrica ilustrativa de malhas não estruturadas / Allan Carlos Avelino Rocha; orientador: Waldemar Celes Filho. – 2011.

54 f. ; 30 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2011.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Visualização Volumétrica Ilustrativa. 3. Linhas de variação extrema da iluminação. 4. Malhas não estruturadas. I. Celes, Waldemar. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Aos meus pais Antonio Carlos e Girlene Barros e à minha irmã Allana Carla.

Agradecimentos

A Deus, por ter me dado ombros fortes para suportar e superar as dificuldades.

Aos meus pais, Antonio Carlos e Girlene Barros, minha irmã Allana Carla e a Caroline Mendes, pelo apoio, amor, carinho, incentivo, compreensão, e por sempre estarem presentes, mesmo morando distante, ao longo do mestrado.

Ao meus grandes amigos de moradia Fernando del Carpio, Julio Daniel, Ives Macêdo, Seu Vitor, Paulo Gomide, Alessandro Gaio, pela amizade nos momentos de alegria e de dificuldade, discussões, acadêmicas ou não, e pelos incentivos essenciais à conclusão desta dissertação.

Aos também grandes amigos Douglas Cedrim, Renata Thomaz, Allyson Cabral, Fabiane Queiroz, Thaís Buarque, pelo apoio e por me ajudarem também a superar as dificuldades. Também aos amigos Pedro Nuno, Daniel Vasconcelos, Ismael Pimentel e Katia Cánepa por fazerem parte desse grupo seleto de amigos, e pelos estudos e trocas de conhecimento.

Ao meu orientador Waldemar Celes por depositar confiança e acreditar na minha capacidade mesmo nos momentos de dificuldade e por ter contribuído para minha formação acadêmica. Ao professor Luiz Henrique Figueiredo e também ao professor Marcelo Gattass ao qual tenho grande consideração e admiração. Também aos meus amigos Fábio Markus Miranda e Rodrigo Espinha pela imensa ajuda.

Aos amigos Christian Ruff, Marcelo Arruda, Chystiano Araújo, Thomas Lewiner que contribuíram diretamente e indiretamente para esta dissertação.

Aos amigos do Projeto v3o2 do TECMSV pela compreensão e apoio durante a dissertação, em especial ao Pedro Mário.

Aos meus orientadores da UFAL Adailson Peixoto e Vinícius Mello pelos ensinamentos e pela oportunidade de fazer iniciação científica, sem os quais esse mestrado não seria possível.

Ao Tecgraf, a CAPES e a PUC-Rio pelo apoio financeiro.

Resumo

Rocha, Allan; Celes, Waldemar. **Visualização volumétrica ilustrativa de malhas não estruturadas**. Rio de Janeiro, 2011. 54p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Técnicas de visualização científica criam imagens na tentativa de revelar estruturas e fenômenos complexos. Técnicas ilustrativas têm sido incorporadas aos sistemas de visualização científica para melhorar a expressividade de tais imagens. A visualização de linhas características é uma técnica importante para transmitir uma melhor informação sobre a forma das superfícies. Neste trabalho, propomos combinar visualização volumétrica de malhas não estruturadas com isosuperfícies ilustradas. Isto é feito estendendo um algoritmo de traçado de raio em GPU para incorporar ilustração com linhas de variação extrema da iluminação (*photic extremum lines*), um tipo de linha característica que captura mudanças bruscas de luminância, revelando formas de um jeito perceptualmente correto.

Palavras-chave

Visualização Volumétrica Ilustrativa. Linhas de variação extrema da iluminação. Malhas não estruturadas.

Abstract

Rocha, Allan; Celes, Waldemar. **Illustrative volume visualization for unstructured meshes**. Rio de Janeiro, 2011. 54p. M.Sc. Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Scientific visualization techniques create images attempting to reveal complex structures and phenomena. Illustrative techniques have been incorporated to scientific visualization systems in order to improve the expressiveness of such images. The rendering of feature lines is an important technique for better depicting surface shapes and features. In this thesis, we propose to combine volume visualization of unstructured meshes with illustrative isosurfaces. This is accomplished by extending a GPU-based ray-casting algorithm to incorporate illustration with photic extremum lines, a type of feature lines able to capture sudden changes of luminance, conveying shapes in a perceptually correct way.

Keywords

Illustrative Volume Visualization. Photic Extremum Lines. Unstructured meshes.

Sumário

1	Introdução	13
1.1	Ilustrações	13
1.2	Visualização Ilustrativa	14
1.3	Organização	18
2	Trabalhos Relacionados	20
2.1	Desenhos de Linha	20
2.2	Ilustração Volumétrica	22
3	Descrição e visualização do modelo	24
3.1	Visualização volumétrica	24
3.2	Representação dos dados	25
3.3	Traçado de raio em malhas de tetraedros	28
4	Extração direta das PELs	30
4.1	Função de iluminação	30
4.2	Definição das PELs	32
4.3	Calculando as PELs	33
5	Configurações dos parâmetros	36
5.1	Parâmetro de espaçamento para avaliação do gradiente	36
5.2	Parâmetro de espaçamento para verificação de máximo	37
5.3	Tolerância numérica para a filtragem de linhas	38
6	Resultados	39
6.1	Renderização convencional vs. ilustrativa	39
6.2	Teste de corretude	42
6.3	Teste dos parâmetros	44
7	Conclusão e Trabalhos Futuros	47
	Referências Bibliográficas	49

Lista de figuras

1.1	Estilo raio-x aborígenes (<i>Aboriginal x-ray style</i>) - Parque Nacional de Kakadu, Austrália.	14
1.2	Interesse de Leonardo da Vinci na anatomia do corpo humano. Imagens feitas em seu caderno.	15
1.3	Ilustração de Andrea Versalius, em <i>De Humani Corporis Fabrica</i> (1543).	15
1.4	Ilustração de da Vinci buscando entender o funcionamento da fluxo de fluidos.	16
1.5	Ilustração de da Vinci sobre engenharia de máquinas.	16
2.1	PELs método proposto por Xie et al.	21
3.1	Visualização volumétrica.	25
3.2	Tipos de representação do dado volumétrico.	25
3.3	Cubo arredondado iluminado.	27
3.4	Interpolação baricêntrica.	28
3.5	Traçado de raio em malhas não estruturadas.	29
4.1	Detecção de arestas em imagens.	30
4.2	Iluminação da isosuperfície.	31
4.3	Iluminação difusa e PELs.	32
4.4	Cálculo ∇I no ponto x .	33
4.5	Teste se o ponto está dentro ou fora do tetraedro.	34
4.6	Verificando se o ponto pertence a uma PEL.	35
5.1	Distância d_p proporcional a um pixel da tela.	38
6.1	Comparação das visualizações convencional e ilustrativa do modelo <i>torso</i> .	40
6.2	Comparação das visualizações convencional e ilustrativa do modelo <i>blunffin</i> .	40
6.3	Comparação das visualizações convencional e ilustrativa de um volume de reservatório de Petróleo.	41
6.4	Comparação das visualizações convencional e ilustrativa de um volume de reservatório de petróleo aumentando o grau de opacidade do volume.	41
6.5	Comparação entre as PELs extraídas diretamente com as PELs do método original.	42
6.6	Análise da extração de silhueta a partir da variação da função de iluminação.	43
6.7	Comparação das PELs extraídas diretamente em uma isosuperfície do modelo <i>blunffin</i> com outras linhas características.	44
6.8	Comparação das PELs extraídas diretamente em uma isosuperfície do modelo <i>torso</i> com outras linhas características.	45
6.9	Efeitos de variação do parâmetro α ; outros parâmetros estão fixos: $\beta = 3.0$ e $\epsilon = 0.65$.	46

- 6.10 Efeitos de variação do parâmetro β ; outros parâmetros estão fixos:
 $\alpha = 4.0$ e $\epsilon = 0.65$. 46
- 6.11 Efeitos de variação do parâmetro ϵ ; outros parâmetros estão fixos:
 $\alpha = 4.0$ e $\beta = 3.0$. 46

Lista de tabelas

6.1 Desempenho do método proposto

42

“Que ninguém se engane: só se consegue a simplicidade através de muito trabalho.”

Clarice Lispector.