PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

**Luana Sá de Azevedo**

# Visualização por pontos de superfícies implícitas no $R^4$

**Dissertação de Mestrado**

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

Orientador : Prof. Sinesio Pesco
Co–Orientador: Prof. Hélio Côrtes Vieira Lopes

Rio de Janeiro
Agosto de 2011

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

**Luana Sá de Azevedo**

# Visualização por pontos de superfícies implícitas no $R^4$

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós–graduação em Matemática Aplicada do Departamento de Matemática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela comissão examinadora abaixo assinada.

**Prof. Sinesio Pesco**
Orientador
Departamento de Matemática — PUC-Rio

**Prof. Hélio Côrtes Vieira Lopes**
Co–Orientador
Departamento de Matemática — PUC-Rio

**Prof. Luiz Henrique de Figueiredo**
IMPA-OS

**Prof. Alex Laier Bordignon**
UFF

**Prof. José Eugênio Leal**
Coordenador do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 26 de Agosto de 2011

**Luana Sá de Azevedo**

Graduou-se em Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal Fluminense. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Ensino de Matemática e Computação Gráfica.



Ficha Catalográfica

Azevedo, Luana Sá de

Visualização por pontos de superfícies implícitas no $R^4$ / Luana Sá de Azevedo; orientador: Sinesio Pesco; co–orientador: Hélio Côrtes Vieira Lopes. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Matemática, 2011.

v., 64 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Matemática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Matemática – Tese. 2. Visualização em altas dimensões. 3. Visualização por pontos. 4. Aritmética Intervalar. I. Pesco, Sinesio. II. Lopes, Hélio Côrtes Vieira. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Matemática. IV. Visualização por pontos de superfícies implícitas no $R^4$.

CDD: 510

# Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade concedida e por toda força nos momentos de maior dificuldade.

A meus pais, Dayse e Sérgio, meu irmão Leandro e minha avó Edna pela torcida, incentivo e compreensão.

Ao meu quase marido Diego, pelo ombro amigo, pelas palavras de incentivo nos momentos de dificuldade e pela grande compreensão e amor que sempre me dedicou.

A minha tia Nelly, que da onde estiver torce por mim e tenho certeza que vibra junto comigo e se orgulha de mais essa vitória.

A tia Dete, tio Sérgio e vó Carmem, a segunda família que Deus me deu, pela acolhida e amor.

A todos os meus amigos, que sempre torceram por esse momento. A Andrea, Rogério, Jocélia e Leandro, amigos de mestrado que seguem para a vida. Aos amigos da ONG Grupo Luz do Sol, à amiga Cristina e ao amigo Gilberto que muito me ouviu.

A todos os professores que participaram da minha formação. Ao Sinesio e ao Hélio que muito me apoiaram e, em especial, a professora Ana Kaleff pelo incentivo e pelo dedo amigo que aponta o caminho.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

A todos aqueles que de alguma forma contribuiram para mais essa conquista, meu muito obrigada!

# Resumo


Azevedo, Luana Sá de; Pesco, Sinesio; Lopes, Hélio Côrtes Vieira. **Visualização por pontos de superfícies implícitas no** $R^4$ . Rio de Janeiro, 2011. 64p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O principal objetivo desse trabalho é apresentar uma nova técnica de visualização por pontos para superfícies implícitas no $\mathbb{R}^4$. A principal contribuição dessa técnica de visualização, que foge dos métodos tradicionais de visualização por aproximação poligonal, é a sua simplicidade de implementação e eficiência computacional. A técnica escolhida traz uma boa aproximação da superfície por combinar a Aritmética Intervalar com a subdivisão espacial por intermédio de uma KD-tree, garantindo tanto a *robustez topológica* como a *adaptatividade geométrica* da superfície.



## Palavras–chave

Visualização em altas dimensões;  Visualização por pontos;  Aritmética Intervalar;

# Abstract

Azevedo, Luana Sá de; Pesco, Sinesio (Advisor); Lopes, Hélio Côrtes Vieira (Co-Advisor). **Point-based visualization of implicit surfaces in** $R^4$ . Rio de Janeiro, 2011. 64p. MSc. Dissertation — Department of Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The main objective of this thesis is to a point-based visualization scheme for implicit surfaces in $\mathbb{R}^4$. The main contribution of this new visualization technique, that avoids the methods traditional display by polygonal approximation, is its simplicity of implementation and computational efficiency. The technique chosen brings a good approximation of the surface, thanks to interval arithmetic in combination with the subdivision of space through a KD-tree that ensure both the topological robustness and geometric adaptation of the surface.



## Keywords

High-dimensional visualization; Point-based visualization; Interval Arithmetic;

# Sumário

# Lista de figuras

## Lista de tabelas