

**Daniel Ribeiro Trindade**

**Técnicas de Navegação 3D Usando  
o Cubo de Distâncias**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
Programa de Pós-graduação em Informática**

Rio de Janeiro  
Março de 2010



**Daniel Ribeiro Trindade**

## **Técnicas de Navegação 3D Usando o Cubo de Distâncias**

**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. Alberto Barbosa Raposo

Rio de Janeiro  
Março de 2010



**Daniel Ribeiro Trindade**

## **Técnicas de Navegação 3D Usando o Cubo de Distâncias**

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. Alberto Barbosa Raposo**

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

**Prof. Marcelo Gattass**

Departamento de Informática — PUC-Rio

**Prof. Waldemar Celes Filho**

Departamento de Informática — PUC-Rio

**Prof. Luciano Pereira dos Reis**

Petrobras

**Prof. Rodrigo Penteado Ribeiro de Toledo**

Petrobras

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 26 de Março de 2010

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

### Daniel Ribeiro Trindade

Graduou-se em Engenharia de Computação na Universidade Federal do Espírito Santo em 2008. Desde 2008 trabalha no laboratório de Computação Gráfica da PUC-RIO (TecGraf) desenvolvendo sistemas de realidade virtual e visualização científica.

#### Ficha Catalográfica

Trindade, Daniel Ribeiro

Técnicas de Navegação 3D Usando o Cubo de Distâncias / Daniel Ribeiro Trindade; orientador: Alberto Barbosa Raposo. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2010.

v., 80 f: il. ; 29,7 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Tese. 2. Ambientes Multiescala. 3. Navegação 3D. 4. Detecção de Colisão. 5. 3DUI. 6. Realidade Virtual. I. Raposo, Alberto Barbosa. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Aos amigos, novos e antigos.

## Agradecimentos

Ao TecGraf, por me proporcionar um ambiente agradável de trabalho e condições para que eu realizasse essa pesquisa.

Ao Rodrigo Marques, pessoa extremamente capaz e responsável, por ter me convencido a fazer mestrado na PUC, ter sido amigo e um agradável colega de apartamento e ter me ajudado com conversas, sugestões e idéias.

Ao Alberto, que foi um excelente orientador, sempre atencioso e disposto a tirar minhas dúvidas, além de um ótimo revisor.

Ao Pablo, Thiago, Henrique, Marcela, Eduardo e todos os outros integrantes das equipes do SiVIEP e do Environ, todos profissionais extremamente competentes e sempre dispostos a ajudar.

Aos amigos, novos e antigos, que tiveram a capacidade de compreender o fato de eu ter sumido por alguns meses.

À minha família, que apoiou minha vinda ao Rio e sempre esteve disposta a me ajudar.

À CAPES, pelo suporte financeiro.

## Resumo

Trindade, Daniel Ribeiro; Raposo, Alberto Barbosa. **Técnicas de Navegação 3D Usando o Cubo de Distâncias**. Rio de Janeiro, 2010. 80p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A utilização de visualizadores 3D é algo cada vez mais comum em diversos ramos de atividades. O surgimento de novas tecnologias, com o resultante aumento do poder de processamento dos computadores atuais, tornou possível a criação de ambientes virtuais 3D maiores e mais ricos em detalhes. No entanto, a navegação em ambientes 3D, especialmente os ambientes multiescala, ainda é um problema para muitos usuários. O objetivo deste trabalho é propor soluções para alguns problemas de navegação 3D, a fim de melhorar a experiência de uso nesse tipo de aplicação. Nesse sentido, são apresentadas técnicas que permitem ajustar automaticamente a velocidade de navegação, os planos de corte e o ponto de centro de rotação. É proposta também uma solução para a detecção e tratamento de colisão entre a câmera e os modelos da cena, além de uma técnica que visa impedir que os usuários fiquem perdidos quando nenhum objeto da cena é visualizado. Essas soluções são baseadas na construção e manutenção de uma estrutura chamada de cubo de distâncias (cube map, no original em inglês), que fornece informações sobre a localização espacial dos pontos da cena em relação à câmera. Atualmente em desenvolvimento no Tecgraf/PUC-Rio, o SiVIEP (Sistema de Visualização Integrado de Exploração e Produção) é um visualizador voltado para profissionais da área de exploração e produção de petróleo, que serviu para a detecção e entendimento dos problemas mencionados e para a validação das soluções implementadas.

## Palavras-chave

Ambientes Multiescala. Navegação 3D. Detecção de Colisão. 3DUI. Realidade Virtual.

## Abstract

Trindade, Daniel Ribeiro; Raposo, Alberto Barbosa(Advisor). **3D Navigation Techniques Using the Cube Map**. Rio de Janeiro, 2010. 80p. MSc Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The use of 3D viewers is becoming common in several activities. The appearance of new technologies, with the resulting increase in processing power, made possible the creation of larger and richer 3D virtual environments. However, the navigation in 3D environments, especially the multiscale ones, is still a problem for many users. The goal of this work is to propose solutions to some 3D navigation problems in order to improve the user experience with this kind of application. In this sense, techniques to automatically adjust the navigation speed, the clipping planes and the rotation center are presented. It is also proposed a solution for the detection and treatment of collision between the camera and the scene, and a technique that aims to prevent users from getting lost when no scene object is visualized. These solutions are based on the construction and maintenance of a structure called cube map, which provides information about the spatial location of the scene points relative to the camera. Currently in development at Tecgraf/PUC-Rio, the SiVIEP (Integrated Visualization System for Exploration and Production) is a viewer aimed at professionals in the area of oil exploration and production that was used to detect and understand the mentioned problems, and also for validating the implemented solutions.

## Keywords

Multiscale Environments. 3D Navigation. Collision Detection. 3DUI. Virtual Reality.

# Sumário

1	Introdução	<b>12</b>
1.1	SiVIEP	14
1.2	Problemas de Navegação	17
1.3	Objetivo	21
1.4	Estrutura da Dissertação	22
2	Trabalhos Relacionados	<b>23</b>
2.1	Navegação em Ambientes Virtuais	23
2.2	Ajuste dos Parâmetros de Navegação em Ambientes Multiescala	25
2.3	Detecção e Tratamento de Colisão	28
2.4	Auxílio para Orientação e Localização	30
2.5	Análise Final	32
3	Técnicas Propostas	<b>34</b>
3.1	Cubo de Distâncias	34
3.2	Ajuste Automático da Velocidade de Navegação da Ferramenta <i>Voar</i>	39
3.3	Ajuste Automático dos Planos de Corte	43
3.4	Detecção e Tratamento de Colisão	46
3.5	<i>Examinar</i> com Centro de Rotação Automático	49
3.6	Restrições da Câmera	52
3.7	Seta Indicadora	53
4	Testes e Resultados	<b>55</b>
4.1	Testes de Desempenho	55
4.2	Testes de Usuário	59
4.3	Análise final	67
5	Conclusão	<b>69</b>
5.1	Trabalhos Futuros	71
	Referências Bibliográficas	<b>72</b>
A	Termo de Compromisso	<b>76</b>
B	Questionários Usados no Teste de Usabilidade	<b>78</b>

## Lista de figuras

1.1	SiVIEP: vizualização de um campo de exploração de petróleo.	13
1.2	Modelos de geociências	15
1.3	Modelo de reservatório	16
1.4	Modelos de Engenharia	16
1.5	Frustum de visão	19
1.6	Ajuste dos planos de corte.	19
2.1	Organização do menu de ferramentas de interação [9].	24
2.2	Visualização dos diferentes <i>níveis de escala</i> do corpo humano com o auxílio da <i>lupa virtual</i> [16].	26
2.3	Mapa de campo de forças: em (a), o ambiente virtual de um labirinto. Em (b), a representação 2D desse labirinto, juntamente com os vetores do campo de força. Figuras retiradas de [17].	30
2.4	Visualização de uma fazenda antes (a) e depois (b) da adição de marcas para os objetos da cena [24].	32
2.5	Visualização da versão em miniatura (centro da figura) de um cenário virtual [26].	33
3.1	Cubo de Distâncias [19].	35
3.2	Gráfico do comportamento das curvas <i>minDist</i> e <i>distCentro</i> .	41
3.3	Efeito da aplicação da <i>média exponencial móvel</i> sobre um curva.	43
3.4	Ajuste automático dos planos de corte [19]	45
3.5	Problema com o ajuste automático dos planos de corte.	46
3.6	Efeito da aplicação de $F_{colisao}$ sobre a câmera [19]	48
3.7	Problema relacionados ao centro de rotação [9].	49
3.8	Seta indicadora	53
4.1	Cena do ambiente de teste	62
4.2	Resultados comparativos entre as versões Manual e Automática (grupo de usuários não-avançados).	64
4.3	Resultados comparativos entre as versões Manual e Automática (grupo de usuários avançados).	65

## Lista de tabelas

4.1	Resultados de desempenho com (Auto) e sem (Manual) o processamento do cubo de distâncias.	58
4.2	Resultados de desempenho considerando diferentes resoluções para o cubo de distâncias.	59
4.3	Resultados do teste de usabilidade para a versão Manual (grupo de usuários não-avançados).	63
4.4	Resultados do teste de usabilidade para a versão Automática (grupo de usuários não-avançados).	64
4.5	Resultados do teste de usabilidade para a versão Manual (grupo de usuários avançados).	65
4.6	Resultados do teste de usabilidade para a versão Automática (grupo de usuários avançados).	65

*A melhor maneira de se ser feliz é contribuir  
para a felicidade dos outros.*

**Confúcio**, *Ditado Popular.*