



**Rustam Câmara Mesquita**

**Geração Automática de Função de  
Transferência para Realce de Fronteiras  
Baseada em Derivadas Médias**

**Dissertação de Mestrado**

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

Orientador: Prof. Waldemar Celes Filho

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2017

**Rustam Câmara Mesquita**

**Geração Automática de Função de  
Transferência para Realce de Fronteiras  
Baseada em Derivadas Médias**

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

**Prof. Waldemar Celes Filho**

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Emilio Ashton Vital Brazil**

IBM Research Brazil

**Prof. Sinesio Pesco**

Departamento de Matemática – PUC-Rio

**Prof. Marcelo Gattass**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Luiz Fernando Campos Ramos Martha**

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

**Prof. Márcio da Silveira Carvalho**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 15 de Dezembro de 2017

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

### **Rustam Câmara Mesquita**

Graduado em Engenharia da Computação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, Brasil) em 2014, tornou-se bolsista de mestrado associado ao Instituto Tecgraf de Desenvolvimento de Software Técnico-Científico da PUC-Rio em 2015, onde iniciou seu desenvolvimento profissional em computação gráfica. Durante o mestrado, direcionou sua pesquisa para a geração de funções de transferência em visualização científica.

#### Ficha Catalográfica

Mesquita, Rustam

Geração Automática de Função de Transferência para Realce de Fronteiras Baseada em Derivadas Médias / Rustam Câmara Mesquita; orientador: Waldemar Celes Filho. – Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Informática, 2017.

v., 20 f: il. color. ; 30 cm

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

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Detecção de Fronteiras;. 3. Função de Transferência;. 4. Visualização Científica;. 5. Visualização Volumétrica;. I. Celes Filho, Waldemar. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Aos meus pais e irmãs,  
pela paciência e constante encorajamento.

## **Agradecimientos**

I would like to first thank my advisor ...

Then I wish to thank ...

## Resumo

Mesquita, Rustam; Celes Filho, Waldemar. **Geração Automática de Função de Transferência para Realce de Fronteiras Baseada em Derivadas Médias**. Rio de Janeiro, 2017. 20p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Encontrar manualmente uma boa função de transferência para visualização volumétrica é uma tarefa difícil que exige um conhecimento prévio sobre os dados sendo visualizados. Por isso, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas nos últimos anos, com o objetivo de facilitar esse processo. No entanto, poucos trabalhos se esforçaram em obter métodos automáticos para a detecção de funções de transferência. A grande maioria busca melhorar o controle do usuário sobre a função de transferência indicando regiões potencialmente interessantes em histogramas e facilitando sua manipulação através de interfaces. Além disso, os resultados encontrados são geralmente apresentados na área médica, buscando melhorar a visualização dos exames de ressonância magnética, tomografia computadorizada ou ultrassom. Assim, visando mostrar que os conceitos utilizados nesses trabalhos podem ser explorados na área de petróleo e gás, este trabalho propõe um novo método para detecção automática de funções de transferência com o intuito de visualizar as interfaces entre regiões de um reservatório de petróleo. A abordagem proposta também é avaliada na detecção de fronteiras entre diferentes materiais de volumes médicos e outros volumes científicos amplamente utilizados.

## Palavras-chave

Detecção de Fronteiras; Função de Transferência; Visualização Científica; Visualização Volumétrica;

## Abstract

Mesquita, Rustam; Celes Filho, Waldemar (Advisor). **Automatic Generation of Transfer Function for Boundary Highlight Based on Average Derivatives**. Rio de Janeiro, 2017. 20p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Finding a good transfer function for volume rendering is a difficult task, that requires previous knowledge about the data domain itself. Therefore, many researches have been developed in the past few years aiming to overcome this barrier. However, only a few of them have concentrated forces into obtaining an automatic transfer function detector. Most of them focus on improving user control over transfer function domain, indicating potentially interesting regions and easing its manipulation through different histograms. Also, the results are often presented in medical field, through MRI, CT scan or ultrasound images. Thus, with the purpose of showing that the concepts used in these works can be exploited on oil and gas research field, this work proposes a novel method to automatically detect transfer functions, aiming to visualize the interfaces between different regions in the reservoir. The proposed approach is also tested in detecting boundaries between different materials of medical datasets and other datasets widely used.

## Keywords

Boundary Detection; Transfer Function; Scientific Visualization; Volume Rendering;

## **Sumário**

1	Introdução	12
2	Trabalhos Relacionados	15
3	INSERIR TITULO PARA: GORDON	16
3.1	1d	16
3.2	2d	16
3.3	Avaliação do método	16
4	INSERIR TITULO PARA: NOSSO MÉTODO	17
4.1	Detecção de fronteiras	17
4.2	Avaliação média das derivadas	17
4.2.1	Malhas estruturadas	17
4.2.2	Malhas não estruturadas	17
4.3	Geração da função de transferência	17
5	Resultados	18
6	Conclusão e Trabalhos Futuros	19
	Referências Bibliográficas	20



## Lista de figuras

- |     |                                                                                                             |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 | Fatia da tomografia computadorizada da cabeça de um indivíduo (1).                                          | 12 |
| 1.2 | Visualização volumétrica da TC apresentada na figura 1 a partir de diferentes funções de transferência (1). | 13 |
| 1.3 | Visualização volumétrica de reservatório de petróleo.                                                       | 14 |

**Lista de tabelas**

*Knowing yourself is the beginning of all wisdom.*

**Aristóteles, .**

# 1

## Introdução

Visualização volumétrica é a vertente da computação gráfica caracterizada por visualizar campos escalares, isto é, representar visualmente um volume de dados que relaciona um valor escalar a um ponto no espaço. Esses dados podem vir de inúmeras fontes, desde exames médicos de ressonância magnética (RM) e tomografia computadorizada (TC) a simulações físicas, como em reservatórios de petróleo e fraturas em materiais. Um campo escalar também pode ser interpretado como a variação de uma determinada informação num espaço delimitado. Por exemplo, um exame de tomografia computadorizada informa como a densidade da estrutura fisiológica varia naquela região em que foi escaneada, como visto na figura 1, onde a cor preta indica a menor densidade e a cor branca a maior.

Um componente essencial da visualização volumétrica é a função de transferência (FT): um mapeamento feito entre voxels do volume renderizado e um ou mais atributos que compõem suas propriedades ópticas, como por exemplo, cor e opacidade. Ou seja, através da função de transferência é possível definir como cada elemento do volume de dados será visto na imagem final. Um objetivo prático do uso de FTs seria, dado uma TC da cabeça de um indivíduo, visualizar apenas seu crânio. Essa prática auxilia os médicos no exame e diagnóstico de pacientes, o que mostra o quanto pode ser importante utilizar funções de transferência. As figuras (a) e (b) mostram visualizações volumétricas da tomografia apresentada na figura 1, utilizando diferentes funções de transferência.



Figura 1.1: Fatia da tomografia computadorizada da cabeça de um indivíduo (1).

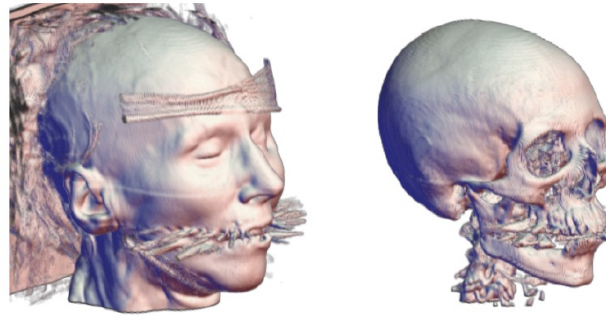


Figura 1.2: Visualização volumétrica da TC apresentada na figura 1 a partir de diferentes funções de transferência (1).

No entanto, obter FTs que isolem corretamente estruturas internas do volume, ou que simplesmente resultem em uma visualização adequada de toda a estrutura de interesse, não é uma tarefa fácil para um usuário comum. Definir manualmente uma função de transferência é um trabalho repetitivo de tentativa e erro, que exige paciência e um conhecimento mínimo sobre os dados sendo visualizados. Por esse motivo, a busca por métodos automáticos é tão importante e vem sendo desenvolvida há mais de 20 anos.

Em 1998, *Kindlmann e Durkin* (2) promoveram um grande salto no estado da arte com seu método semiautomático. Alguns trabalhos que vieram a seguir buscaram o mesmo objetivo: automatizar a criação de FTs que destacassem as fronteiras entre diferentes materiais do volume, permitindo ao usuário um controle fino sobre a função obtida. Mas a maioria das pesquisas que se sucederam resultaram em um aprimoramento da interface com o usuário. Através de histogramas 2D, regiões de possíveis fronteiras são reveladas, cabendo então ao usuário selecioná-las, atribuindo cor e opacidade.

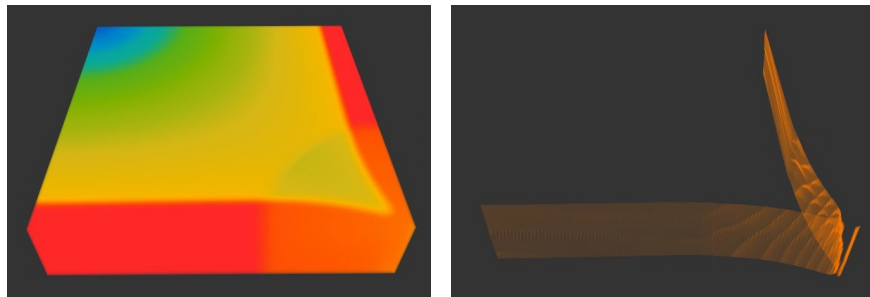
Esse tipo de abordagem dá ao usuário controle total sobre a função de transferência que será gerada, ao mesmo tempo que as interfaces sofisticadas minimizam a necessidade de se conhecer os dados sendo visualizados. Contudo, esses trabalhos retomam o processo repetitivo de tentativa e erro. Além disso, como a relação entre as regiões dos histogramas e os materiais do volume não são intuitivas, a interface apresenta um novo desafio ao usuário.

Durante esses anos, a grande maioria das pesquisas têm analisado seus resultados na área médica, sem avaliar a aplicabilidade de tais métodos em outros dados científicos. Como consequência, os métodos desenvolvidos exploram apenas malhas estruturadas, deixando de lado dados representados por malhas não estruturadas, como reservatórios de petróleo, por exemplo.

Segundo *Rosa et al. 2006, p. xii, p. 517* (3), um dos métodos mais sofisticados para se estimar características e prever o comportamento de reservatórios de petróleo é utilizar simulação numérica. A simulação permite,

por exemplo, determinar as melhores condições para a produção de petróleo, assim como estimar o volume de óleo e gás que poderá ser extraído durante a exploração do reservatório.

Assim como no caso dos volumes médicos, a aplicação de FTs pode destacar regiões do reservatório, ou realçar a interface entre elas. Por exemplo, a área de contato entre a água e o óleo (denominada frente de avanço) é uma informação importante sobre o fluxo do reservatório. As frentes de avanço delimitam regiões importantes na fase de recuperação secundária de um reservatório e podem ser calculadas analiticamente, mas não visualizadas sem uma função de transferência apropriada.



(a) Simulação da saturação de óleo em um reservatório. (b) Realce da fronteira mais evidente da imagem ao lado.

Figura 1.3: Visualização volumétrica de reservatório de petróleo.

Com base na abordagem feita por *Kindlmann e Durkin* (2) este trabalho desenvolve um novo método para geração automática de funções de transferência, com o objetivo de realçar fronteiras de um volume de dados. A técnica é voltada para malhas estruturadas e não estruturadas. Desta forma, são apresentados resultados para volumes sintéticos, volumes médicos e volumes de reservatório.

No capítulo 2 alguns trabalhos relacionados a este são comentados, realçando suas contribuições e questões em aberto que deram espaço a outros trabalhos. No capítulo 3, o método criado por *Kindlmann e Durkin* (2) é explicado e avaliado segundo os objetivos e motivações deste trabalho. A abordagem proposta por essa dissertação é apresentada no capítulo 4 e seus resultados e comparações avaliados no capítulo 5. Por fim, conclusões e trabalhos futuros são discutidos no capítulo 6.

## 2

### Trabalhos Relacionados

Desde que publicaram seu trabalho “Semi-automatic Generation of Transfer Functions for Direct Volume Rendering”, *Kindlmann e Durkin* (?) vêm sendo citados nos trabalhos seguintes desta área. Contudo, gradativamente as propostas que se sucederam foram diminuindo o foco em automatizar ainda mais a geração de FTs e buscando cada vez mais aumentar o controle do usuário sobre a função de transferência, aprimorar a interface com o usuário.

sobre..... Como resultado, o usuário ganhou um controle maior sobre a visualização final, mas não sobre a função de transferência em si, uma vez que a interface tornou-se menos intuitiva.

### 3

#### INSERIR TITULO PARA: GORDON

Texto...

#### 3.1

##### 1d

Texto...

#### 3.2

##### 2d

Texto..

#### 3.3

##### **Avaliação do método**

Atacar treshold do gordon, apresentando minha solução. Mas sem criticar de forma negativa.

Comentar 2<sup>a</sup> derivada média.



## **4**

### **INSERIR TITULO PARA: NOSSO MÉTODO**

Texto...

#### **4.1**

##### **Detecção de fronteiras**

Texto...

#### **4.2**

##### **Avaliação média das derivadas**

Texto...

##### **4.2.1**

###### **Malhas estruturadas**

Explicar malha estruturada...

##### **4.2.2**

###### **Malhas não estruturadas**

Explicar malha não estruturada...

#### **4.3**

##### **Geração da função de transferência**

Texto...

## 5 Resultados

Texto...

## 6

### Conclusão e Trabalhos Futuros

Texto...

## **Referências bibliográficas**

- [1] KINDLMANN, G.. **Semi-automatic generation of transfer functions for direct volume rendering**. Dissertação de Mestrado, Cornell University, Ithaca, New York, Jan. 1999.
- [2] KINDLMANN, G.; DURKIN, J. W.. **Semi-automatic generation of transfer functions for direct volume rendering**. In: IEEE SYMPOSIUM ON VOLUME VISUALIZATION, p. 79–86,170, Oct. 1998.
- [3] ROSA, A.; DE SOUZA CARVALHO, R. ; XAVIER, J.. **Engenharia de reservatórios de petróleo**. Interciência.