

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituto de Matemática

**Modelos de convolução para dados  
espaço-temporais**

**Geraldo Marcelo da Cunha**

2009

# Modelos de convolução para dados espaço-temporais

**Geraldo Marcelo da Cunha**

Tese de Doutorado submetida ao programa de Pós-graduação em Estatística do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Estatística.

Orientador: **Dani Gamerman**

Rio de Janeiro, julho de 2009

# Modelos de convolução para dados espaço-temporais

Geraldo Marcelo da Cunha  
Orientador: Dani Gamerman

Tese de Doutorado submetida ao programa de Pós-graduação em Estatística do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Estatística.

Aprovada por:

---

Presidente Prof. Dani Gamerman  
IM-UFRJ

---

Prof<sup>a</sup>. Esther Salazar  
IM-UFRJ

---

Prof. Hedibert Freitas Lopes  
University of Chicago

---

Prof. Ronaldo Dias  
UNICAMP

---

Prof. Josemar Rodrigues  
UFSCAR

Rio de Janeiro, Julho de 2009

Cunha, Geraldo Marcelo

Modelos de convolução para dados espaço-temporais/  
Geraldo Marcelo da Cunha. – Rio de Janeiro: UFRJ/IM,  
2009.

xvii, 133 f. : il. ; 31cm.

Tese (Doutorado) – UFRJ/IM. Programa de Pós-  
Graduação em Estatística, 2009.

Orientador: Dani Gamerman

Referências bibliográficas: p.101–106.

1. Estatística Matemática - Tese. I. Gamerman, Dani.  
II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de  
Matemática. III. Título.

# Resumo

Nos recentes anos, uma série de modelos para dados espacialmente correlacionados surgiram no intuito de relaxar ou desconsiderar a suposição de estacionaridade na estrutura de covariância. Alguns desses modelos utilizam a idéia de convolução de processos por funções núcleo. Partindo de modelos conhecidos na literatura (Fuentes e Smith (2001); Fuentes (2002); Banerjee, Gelfand, Knight, e Sirmans (2004b)) um novo modelo que considera estrutura de covariância não-estacionária é apresentado. O modelo é definido como uma mistura de processos estacionários latentes ponderados por componentes de misturas. Funções núcleo contínuas são utilizadas para definir estas componentes. Nossa abordagem consiste em a partir dos dados, estimar os parâmetros de suavização das funções núcleo consideradas.

Seguindo adiante no trabalho, o modelo proposto para processos espaciais não-estacionários é inserido no contexto de dados que variam no tempo e espaço. Dois diferentes modelos dinâmicos espaço-temporais são propostos. O primeiro, considera uma mesma estrutura espacial não-estacionária em todos os tempos. O segundo, generaliza o primeiro, permitindo também, que esta estrutura espacial evolua no tempo através de seus parâmetros de suavização.

No último capítulo, dados de temperatura mínima mensal observados no estado do Rio de Janeiro de 1961 a 2000 são analisados considerando um modelo hierárquico que incorpora nossa abordagem para a estrutura espacial não-estacionária.

# Abstract

In recent years, different models for correlated spatial data emerged in order to relax or disregard the stationarity assumption of covariance structure. Some of these models are built around kernel convolution of stationary processes. Starting from known models in the literature (Fuentes e Smith (2001); Fuentes (2002); Banerjee, Gelfand, Knight, e Sirmans (2004b)) a new model considering non-stationary covariance structure is presented. The model is defined as a weighted combination of latent stationary processes by mixture components. Continuous kernel functions are used to define these components. Our approach consists in estimation of the bandwidths in the kernels, from the data.

Following on the work, the proposed model for spatial non-stationary processes is inserted to account for data varying in time and space. Two different spatio-temporal dynamic models are proposed. The first one considers the same non-stationary spatial structure for all times. The second one generalizes the first one by allowing this spatial structure to vary over time through their bandwidths parameters.

In the last chapter monthly minimum temperature data observed in Rio de Janeiro state from 1961 to 2000 are analyzed considering a hierarchical model that incorporates our non-stationary approach.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer ao meu orientador Dani Gamerman, pessoa pela qual passei a admirar nos últimos anos como pesquisador e ser humano. Este trabalho é fruto de muitos dos seus conselhos e intuições, ditos ou escritos muitas vezes em pequenos rascunhos em pedaços de papel, ou em seu pequeno quadro branco, o que sempre me surpreendia. Eu espero que esta relação forneça frutos de amizade e trabalhos futuros.

Gostaria também de agradecer pelas outras pessoas maravilhosas que conheci e que participaram deste processo, todos professores do programa e meus amigos e colegas da pós: Valmária, Mário, Adelmo, Fidel, Esther e Fernando. Meus amigos da FIOCRUZ que sempre me apoiaram e possibilitaram minha visita a Universidade Estadual da Carolina do Norte.

Gostaria de agradecer à minha família e amigos distantes que são o meu suporte e dão razão ao meu viver. Meu pai, Mário e Ana, meus irmãos, Rosana e Márcio e outros do coração, Buda, Ivan, Alan, Alex primo, Didier, Alex Erikson, Edicléia, Tio Rômulo. À Lane que esteve comigo em boa parte deste período. E finalmente, à Thati, minha companheira, amiga e mulher que sempre me incentivou e incentiva em tudo o que faço.

Durante este doutorado, outras coisas alegres e tristes ocorreram em minha vida, sou grato a todas elas. Citando meu preferido poeta, Fernando Pessoa:

“...

Quem quer passar além do Bojador

Tem que passar além da dor.

Deus ao mar o perigo e o abysmo deu,

Mas nelle é que espelhou o céu.”

# Sumário

<b>1</b>	<b>Processos espaciais via convolução de processos</b>	<b>7</b>
1.1	Introdução . . . . .	7
1.2	Modelos para processos espaciais não-estacionários . . . .	10
1.3	Processos espaciais via convolução de processos . . . . .	12
1.3.1	Processos estacionários via convolução de processos	12
1.3.2	Processos não-estacionários via convolução de processos com núcleos variando no espaço . . . . .	16
1.3.3	Processos não-estacionários via convolução de processos localmente estacionários . . . . .	17
1.4	Justificativa deste trabalho . . . . .	20
1.5	Organização da tese . . . . .	20
<b>2</b>	<b>Processos não-estacionários via convolução de processos estacionários latentes</b>	<b>24</b>
2.1	Introdução . . . . .	24
2.2	Definição do modelo e suas propriedades . . . . .	25
2.3	Inferência . . . . .	28



<i>Modelos de convolução para dados espaço-temporais</i>	4
2.3.1 Introdução . . . . .	28
2.3.2 Verossimilhança . . . . .	29
2.3.3 Distribuições a Priori e a Posteriori . . . . .	29
2.4 Aspectos computacionais . . . . .	32
2.4.1 Interpolação . . . . .	35
2.5 Simulações . . . . .	35
2.5.1 Estudo 1 . . . . .	36
2.5.2 Estudo 2 . . . . .	44
<b>3 Modelo dinâmico com estrutura de covariância espacial não-estacionária</b>	<b>51</b>
3.1 Introdução . . . . .	51
3.2 Modelo Proposto . . . . .	53
3.3 Inferência . . . . .	55
3.3.1 Verossimilhança . . . . .	55
3.3.2 Distribuição a Priori . . . . .	55
3.3.3 Distribuição a Posteriori . . . . .	56
3.4 Aspectos computacionais . . . . .	56
3.5 Simulação . . . . .	60
<b>4 Modelo dinâmico com estrutura de covariância espacial dinâmica não-estacionária</b>	<b>66</b>
4.1 Introdução . . . . .	66
4.2 Modelo Geral . . . . .	67

<i>Modelos de convolução para dados espaço-temporais</i>	5
4.3 Inferência . . . . .	72
4.3.1 Verossimilhança . . . . .	72
4.3.2 Distribuição a Priori . . . . .	72
4.3.3 Distribuição a Posteriori . . . . .	73
4.4 Aspectos computacionais . . . . .	73
4.5 Simulação . . . . .	77
<b>5 Aplicação</b>	<b>81</b>
5.1 Introdução . . . . .	81
5.2 Modelo para variações na temperatura . . . . .	82
5.2.1 Modelando a estrutura não-estacionária . . . . .	83
5.2.2 Inferência dos parâmetros do modelo . . . . .	85
5.2.3 Aspectos computacionais . . . . .	86
5.2.4 Dados faltantes e interpolação . . . . .	86
5.3 Exemplo simulado . . . . .	87
5.4 Resultados da análise . . . . .	88
5.4.1 Descrição dos dados e modelo . . . . .	88
5.4.2 Comparação dos modelos . . . . .	90
5.4.3 Estimação do termo espacial . . . . .	93
5.4.4 Estimação da estrutura média . . . . .	93
5.5 Conclusão . . . . .	98
<b>6 Considerações finais</b>	<b>100</b>

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

