



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE METEOROLOGIA

Modelos prognósticos da temperatura mínima média numa região homogênea do Rio Grande do Sul

Diunisio Mezzomo

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz e co-orientação do Prof. Dr. João Baptista da Silva, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.S.).

PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
Janeiro de 2005

Diunisio Mezzomo

Modelos prognósticos da temperatura mínima média numa região homogênea do Rio Grande do Sul

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz e co-orientação do Prof. Dr. João Baptista da Silva, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.S.).

APROVADA: 14 de janeiro de 2005

Prof. Dr. Clóvis Angeli Sansigolo

Profa. Dra. Simone Vieira de Assis

Prof. Dr. João Baptista da Silva

Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Cléa, pelo estímulo, compreensão e apoio recebido.

Aos meus filhos, Márcia, Diogo e Daniela, pela ajuda, amizade e apoio recebidos.

Ao Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz, pela eficiente orientação, grande receptividade e amizade demonstrada durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. João Baptista da Silva pela enorme ajuda, compreensão, dedicação e amizade demonstrada durante as inúmeras vezes em que nos reunimos.

Ao acadêmico Márcio Porto Basgalupp, pela disponibilidade e colaboração na utilização dos programas adequados a esta pesquisa.

A todos os professores do curso, pela dedicação, apoio e amizade.

À Profa. Dra. Simone Vieira de Assis, pelo interesse e apoio recebidos no momento de indefinição da escolha do assunto da pesquisa.

Aos colegas, pela compreensão, coleguismo e colaboração prestada durante o curso.

ÍNDICE

	Pág.
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
SUMÁRIO	X
ABSTRACT	XII
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
2.1 Análise de Agrupamentos	04
2.1.1 Conceito	04
2.1.2 Função de Agrupamento.....	05
2.1.3 Métodos de Agrupamentos	05
2.2 Séries Temporais	08
2.2.1 Considerações Gerais	08
2.2.2 Componentes de uma Série Temporal.....	09
2.2.3 Modelos de Previsão.....	12
2.2.4 Alisamento Exponencial Linear de Brown (AELB)	13
2.2.5 Análise Espectral	15
2.2.6 Função de Autocovariância	16
2.2.7 Função Periódica	17
2.2.8 Séries de Fourier e Coeficientes de Fourier	19
2.2.9 Forma Complexa da Série de Fourier	20
2.2.10 Coeficientes Discretos de Fourier	21

2.2.11	Transformada de Fourier e o Espectro.....	22
2.2.12	Transformada Discreta de Fourier e o Periodograma.....	23
2.3.	Aplicações	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Material	30
3.1.1	Dados	30
3.1.2	Preenchimento de Falhas	32
3.1.3	Organização dos Dados	33
3.2	Metodologia	34
3.2.1	Testes de Normalidade e Homogeneidade das Variâncias ..	34
3.2.2	Análise de Agrupamentos	35
3.2.3	Análise Espectral	35
3.2.4	Testes de Ajuste dos Modelos	37
3.2.4.1	Autocorrelações dos Resíduos	38
3.2.4.2	Teste t	39
3.2.5	Médias Móveis	39
3.2.6	Modelos Suavizados	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Regiões Homogêneas	41
4.2	Testes de Normalidade e Homogeneidade	55
4.3	Análise da Tendência	55
4.4	Análise Espectral	61
4.4.1	Periodograma	61
4.4.2	Modelos	64
4.4.3	Médias Móveis	74
4.4.4	Testes de Ajuste dos Modelos	77
4.4.4.1	Autocorrelações dos Resíduos	77
4.4.4.2	Teste t	79
4.5	Modelo Suavizado	79
5	CONCLUSÕES	83
6	REFERÊNCIAS	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 1:	Estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul, coordenadas geográficas, período e instituições a que pertencem	31
TABELA 2:	Média das temperaturas mínimas médias trimestrais para cada uma das regiões homogêneas e o correspondente desvio padrão, nos quatro trimestres	53
TABELA 3:	Estações meteorológicas componentes da região homogênea do RS abrangendo a estação de Pelotas, com relação à temperatura mínima média, de 1913 a 2002, para os quatro trimestres em estudo	54
TABELA 4:	Cossenos e senos, significativos pelo teste t (5%) usados na composição dos modelos para as temperaturas mínimas médias de 1913 a 1996, para os quatro trimestres. a) trimestre 01; b) trimestre 02; c) trimestre 03; d) trimestre 04	64
TABELA 5:	Valores observados, valores estimados pelo modelo e resíduos: Trimestre-1	70
TABELA 6:	Valores observados, valores estimados pelo modelo e resíduos: Trimestre-3	71
TABELA 7:	Dados observados, valores estimados pelo Alisamento Exponencial Linear de Brown com um valor de previsão para o 91 ^o dado, valores do primeiro alisamento e duplamente alisados, coeficientes das equações de previsão e resíduos	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	Distribuição espacial das estações meteorológicas do Estado do Rio Grande do Sul utilizadas neste trabalho.....	32
FIGURA 2:	Dendrograma com dados padronizados das temperaturas mínimas médias trimestrais de 40 estações meteorológicas do RS, no período de 1913 a 2002, obtidos pelo método de Ward: a) trimestre 1.....	43
FIGURA 3:	Dendrograma com dados padronizados das temperaturas mínimas médias trimestrais de 40 estações meteorológicas do RS, no período de 1913 a 2002, obtidos pelo método de Ward: b) trimestre 2	44
FIGURA 4:	Dendrograma com dados padronizados das temperaturas mínimas médias trimestrais de 40 estações meteorológicas do RS, no período de 1913 a 2002, obtidos pelo método de Ward: c) trimestre 3	45
FIGURA 5:	Dendrograma com dados padronizados das temperaturas mínimas médias trimestrais de 40 estações meteorológicas do RS, no período de 1913 a 2002, obtidos pelo método de Ward: d) trimestre 4	46
FIGURA 6:	Regiões Homogêneas do Estado do RS com relação às temperaturas médias mínimas trimestrais de 1913 a 2002, com destaque para a que contém a estação meteorológica de Pelotas. Trimestre 01.....	47
FIGURA 7:	Regiões Homogêneas do Estado do RS com relação às temperaturas médias mínimas trimestrais de 1913 a 2002, com destaque para a que contém a estação meteorológica de Pelotas. Trimestre 02.....	48

FIGURA 8:	Regiões Homogêneas do Estado do RS com relação às temperaturas médias mínimas trimestrais de 1913 a 2002, com destaque para a que contém a estação meteorológica de Pelotas. Trimestre 03.....	49
FIGURA 9:	Regiões Homogêneas do Estado do RS com relação às temperaturas médias mínimas trimestrais de 1913 a 2002, com destaque para a que contém a estação meteorológica de Pelotas. Trimestre 04.....	50
FIGURA 10:	Mapa topográfico do Rio Grande do Sul Fonte: http://www.paginadogaucha.com.br/ 23 de março de 2001. ...	51
FIGURA 11:	Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais para a região homogênea do Estado do RS em estudo, de 1913 a 2002: a) trimestre 1, b) trimestre 2	56
FIGURA 12:	Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais para a região homogênea do Estado do RS em estudo, de 1913 a 2002: c) trimestre 3, d) trimestre 4	57
FIGURA 13:	Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais para a região homogênea do Estado do RS, de 1913 a 2002, após a eliminação da tendência: a) trimestre 1, b) trimestre 2	59
FIGURA 14:	Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais para a região homogênea do Estado do RS, de 1913 a 2002, após a eliminação da tendência: c) trimestre 3, d) trimestre 4	60
FIGURA 15:	Periodogramas indicando os picos mais destacados, em anos: a) trimestre 1; b) trimestre 2	62
FIGURA 16:	Periodogramas indicando os picos mais destacados, em anos: c) trimestre 3; d) trimestre 4	63
FIGURA 17:	Dados observados, valores estimados pelos modelos de 1913 a 1996 e previsão para os anos de 1997 a 2002, para: a) trimestre 1	68
FIGURA 18:	Dados observados, valores estimados pelos modelos de 1913 a 1996 e previsão para os anos de 1997 a 2002, para: b) trimestre 2	68

FIGURA 19:	Dados observados, valores estimados pelos modelos de 1913 a 1996 e previsão para os anos de 1997 a 2002, para: c) trimestre 3	69
FIGURA 20:	Dados observados, valores estimados pelos modelos de 1913 a 1996 e previsão para os anos de 1997 a 2002, para: d) trimestre 4	69
FIGURA 21:	Projeções das temperaturas mínimas médias trimestrais na região homogênea do RS que contém a estação de Pelotas, para trinta anos, de 2003 a 2032, para: A) Trimestre 1 e B) Trimestre 2.	72
FIGURA 22:	Projeções das temperaturas mínimas médias trimestrais na região homogênea do RS que contém a estação de Pelotas, para trinta anos, de 2003 a 2032, para: C) Trimestre 3 e D) Trimestre 4.	73
FIGURA 23:	Representação gráfica das temperaturas médias mínimas trimestrais de 1913 a 1996 e dos valores estimados pelos modelos para o mesmo período, alisados pelo filtro de médias móveis de passo 3: a) trimestre 1; b) trimestre 2.....	75
FIGURA 24:	Representação gráfica das temperaturas médias mínimas trimestrais de 1913 a 1996 e dos valores estimados pelos modelos para o mesmo período, alisados pelo filtro de médias móveis de passo 3: c) trimestre 3; d) trimestre 4	76
FIGURA 25:	Função de autocorrelação dos resíduos do ajuste dos modelos espectrais das temperaturas médias mínimas de 1913 a 1996, para: a) trimestre 1; b) trimestre 2	78
FIGURA 26:	Função de autocorrelação dos resíduos do ajuste dos modelos espectrais das temperaturas médias mínimas de 1913 a 1996, para: c) trimestre 3; d) trimestre 4	78

SUMÁRIO

MEZZOMO, DIUNISIO, M.S., Universidade Federal de Pelotas, Janeiro de 2005,
Modelos prognósticos da temperatura mínima média numa região homogênea do Rio Grande do Sul, orientador: Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz, co-orientador: Prof. Dr. João Baptista da Silva,

Este trabalho teve como objetivo um estudo do comportamento das temperaturas mínimas médias trimestrais no Estado do Rio Grande do Sul, BR, em 90 anos de observações, de 1913 a 2002. Foram utilizados dados coletados em 40 estações meteorológicas distribuídas em todo o Estado, com as falhas preenchidas pelo método das correlações. Na primeira etapa, foram determinadas, pela técnica da “Análise de Agrupamentos”, cinco regiões que apresentam temperatura semelhantes, designadas “regiões homogêneas”. Neste estudo, ficou evidenciado um gradiente de temperaturas no sentido leste-oeste, contrapondo-se ao gradiente de altitude na parte norte do Estado. Ficou evidenciada, igualmente, a influência da entrada de massas polares no sul, compensando a influência da maior altitude no norte. Desta forma, verifica-se um comportamento similar com relação às temperaturas médias mínimas trimestrais, numa grande área, evidenciando a homogeneidade espacial dessa variável. Após este estudo, foi destacada a região homogênea que abrange a estação meteorológica de Pelotas. A partir das temperaturas médias mínimas mensais das estações que compõem essa região, foram determinadas as médias trimestrais, obtendo-se quatro séries de 90 dados cada uma, um para cada ano de observação. Essas séries foram

submetidas a uma Análise Espectral, baseada na Transformada de Fourier Discreta, no intuito de identificar periodicidades existentes nessas séries temporais. Em cada série, foram utilizados 84 anos, de 1913 a 1996, para a determinação dos modelos que descrevem o comportamento dessa variável e que sirvam, ao mesmo tempo, para projeções quanto ao futuro. Os seis anos restantes, de 1997 a 2002, foram utilizados para projeções. Os periodogramas, estimadores dos espectros, evidenciaram, em cada trimestre, alguns picos destacados, indicando as frequências mais importantes selecionadas para compor os modelos. Assim, os modelos estimados ficaram constituídos por: três ondas, com períodos de 28,0; 6,5 e 3,5 anos, para o primeiro trimestre; quatro ondas para o segundo trimestre, de 6,5; 5,6; 4,2 e 3,4 anos; seis ondas, de 9,3; 7,6; 6,5; 4,7; 3,8 e 3,5 anos, para o terceiro trimestre e, finalmente, cinco ondas para o quarto trimestre, as de período igual a 84,0; 16,8; 12,0; 9,3 e 6,5 anos. Constatou-se, pelas análises dos resíduos, que os modelos estabelecidos são válidos para representar os dados e que podem ser usados para previsões. Foi utilizado, também, um modelo de alisamento, o “Alisamento Exponencial Linear de Brown”, que se mostrou igualmente útil para previsões.

ABSTRACT

MEZZOMO, DIUNISIO, M.S., Universidade Federal de Pelotas, January of 2005, **Prognostics models of minimum mean temperatures in a homogeneous region of Rio Grande do Sul**, Adviser: Prof. Dr. Gilberto Barbosa Diniz, Committee: Prof. Dr. João Baptista da Silva.

This work aims to study the minimum mean monthly temperatures behavior in RS state, Brazil, in 90 years (1913 – 2002) of observation. The data were collected in 40 meteorological stations distributed in the state, and the gaps were completed by the correlation method. On the first step, five regions were determined by “Cluster Analysis”, these regions present similar temperatures designated “homogeneous regions”. In this study it has been evidenced an increasing of temperature east-west against a gradient of altitude on the north part of the state. The influence of the highest altitude on north is evident. So, it is noticeable the similarity among quarterly minimum mean temperatures in a large area, evidencing the spatial homogeneity of this variability. After this study, the homogeneous region which is included the meteorological station of Pelotas was detached. It was determined the quarterly mean temperatures of this region; the result was four series with ninety data each, one for each year of observation. These series were submitted to a Spectral Analysis, based on the “Discrete Fourier Transform”, with the intention of identifying extents occasionally in these temporal series. In each series, has been used 84 years, 1913 to 1996, to determine the model that describes the behavior of the variable and which is used at the same time for projection to the future. The six years remaining, 1997 to

2002, was used for forecasting. The periodogram, estimator of the spectrum evidenced quarterly some detached peak, indicating the most important frequencies selected to compose the models. In this way, the estimated models were constituted by: three waves with periods of 28,0; 6,5 and 3,5 years, for the first quarterly, for waves for the second quarterly with periods of 6,5; 5,6; 4,2 and 3,4 years, six waves with periods of 9,3; 7,6; 6,5; 4,7; 3,8 and 3,5 years, for the third quarterly and, finally, five waves for the fourth quarterly, with the same period by 84,0; 16,8; 12,0; 9,3 and 6,5 years. It was noticed by the autocorrelation of the residues that the established models were valid to represent the data and can be used to forecast. It was also used a smoothing model, "Brown's linear exponential smoothing method", that was equally useful for forecasting.

Dados de catalogação na fonte:
Ubirajara Buddin Cruz – CRB-10/901
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

M617a Mezzomo, Diunisio
Modelos prognósticos da temperatura mínima média
numa região homogênea do Rio Grande do Sul / Diunisio
Mezzomo ; orientador Gilberto Barbosa Diniz ; co-orientador
João Baptista da Silva. – Pelotas, 2005. – 88f. : il. color. –
Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em
Meteorologia. Faculdade de Meteorologia. Universidade
Federal de Pelotas. Pelotas, 2005.

1.Meteorologia. 2.Temperaturas médias mínimas.
3.Séries temporais. 4.Modelos de previsão. 5.Análise de
agrupamentos. 6.Regões homogêneas. 7.Alisamento
Exponencial Linear de Brown. 8.Rio Grande do Sul. I.Diniz,
Gilberto Barbosa. II.Silva, João Baptista. III. Título.

CDD: 551.52098165