

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA OCEÂNICA**

**PREENCHIMENTO DE FALHAS EM SÉRIES TEMPORAIS**

MARFIZA NEGRINE FERNANDEZ

Dissertação apresentada à Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica.

Orientador: Prof. Dr. Humberto Camargo Piccoli

Rio Grande, fevereiro de 2007.

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

# **PREENCHIMENTO DE FALHAS EM SÉRIES TEMPORAIS**

**MARFIZA NEGRINE FERNANDEZ**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

***MESTRE EM ENGENHARIA OCEÂNICA***

tendo sido aprovada em sua forma final pela Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica.

Prof. Dr. Beltramis de Taul  
Coordenador da Comissão de Curso

Banca Examinadora:

Prof. Ph.D. Fulano de Tal  
Orientador – FURG

Prof. Dr. Meslano de Til  
UFPeI

Prof. Dr. Miltranus Talgo  
FURG

Prof. Dr. Tosco Turgal  
FURG

**(Esta página é elaborada pela Secretaria da Comissão de Curso)**

À minha família, em especial a meu esposo  
Roberto Taylor Faria, e a meu filho Betinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Humberto Camargo Piccoli, pela orientação, apoio e pela confiança depositada em meu trabalho.

À funcionária e amiga Jussara Cabral, pela amizade, apoio e incentivo ao longo desta caminhada.

À secretária da Comissão de Curso de Engenharia Oceânica, Nilsa, pela amizade e incentivo na realização desta pesquisa.

A todos que, de alguma forma, colaboraram com sugestões, críticas e incentivos.

## RESUMO

O estudo de observações meteorológicas históricas é importante para dar continuidade em estudos ambientais, de previsão do tempo e variabilidade climática. Neste trabalho foram analisadas séries temporais com falhas das variáveis de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa e precipitação e foram usadas as médias mensais do ano de 1990 a 2000, de treze estações do Rio Grande do Sul. Nas séries que estavam completas criaram-se falhas artificiais e aplicaram-se os métodos estatísticos de: análise de regressão múltipla, média simples, Steurer, média de três estações, proporção normal e análise harmônica, a fim de prever os dados faltantes. Após a aplicação de cada método, calculou-se o erro absoluto, o erro quadrático e o erro percentual e avaliou-se o desempenho do método para o preenchimento em cada variável. Nestas análises constatou-se que, dos métodos estudados, os que melhor obtiveram bons resultados para previsão de dados foram os de análise de regressão múltipla, Steurer e média de três estações.

Palavras-chave: séries temporais, preenchimento de falhas, variáveis climatológicas, métodos estatísticos e resultados.

## **ABSTRACT**

The study of time histories of meteorological observations is an essential background for environmental studies, in particular weather and climate variability predictions. In this work, monthly averages of maximum, minimum and average temperatures, relative humidity and monthly precipitation collected from thirteen meteorological stations in the State of Rio Grande do Sul (Brazil) in the period from 1990 to 2000, were analyzed. Artificial gaps were created in complete series and Multiple Regression, Simple Averages, Steurer, Three Stations Averages, Normal Proportion and Harmonic Analysis methods were applied to fill them. The performance of the methods was evaluated by comparison of absolute, quadratic and percentual computed errors. Best results were obtained with Multiple Regression, Steurer and Three Stations Methods.

Key words: temporal series, fill of fail, climatology variable, statistic, method and resulted.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>14</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
<b>3. AS VARIÁVEIS ATMOSFÉRICAS E A REGIÃO SUL .....</b>	<b>23</b>
3.1 As Variáveis Atmosféricas .....	23
3.2 Caracterização da Região em Estudo .....	27
3.3 Dados Meteorológicos utilizados na Análise .....	29
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
4.1 Introdução .....	31
4.2 Estatística Descritiva .....	31
4.3 Método das Médias .....	32
4.4 Análise de Regressão Múltipla .....	32
4.5 Método de Steurer .....	34
4.6 Proporção Normal .....	35
4.7 Análise Harmônica .....	35
4.8 Erros .....	36
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
5.1 Análise preliminar dos dados mensais .....	38
5.2 Análise de Regressão Linear Múltipla .....	48
5.3 Análise pelo Método de Média Simples .....	59
5.4 Análise pelo Método de Steurer .....	69
5.5 Análise pelo Método de Média de Três Estações .....	76
5.6 Análise pelo Método de Proporção Normal .....	86
5.7 Análise Harmônica .....	87
5.8 Análise do Erro Médio Quadrático .....	90
5.9 Análise do Erro Percentual .....	96
<b>6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....</b>	<b>103</b>
6.1 Conclusões .....	103
6.2 Sugestões .....	104
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>105</b>



## LISTA DE SÍMBOLOS

$Erro\%$	erro percentual
$S_x$	desvio padrão da variável x
$S_y$	desvio padrão da variável y
$N_x$	média da estação com dados faltantes
$N$	média das estações sem falhas e mais correlacionadas
$R^2$	coeficiente de correlação múltipla
$STD_j$	coeficiente definido por Steurer
$STD_{avg}$	coeficiente definido por Steurer
<b>T</b>	período da função
<b>X</b>	variável aleatória
<b>Y</b>	variável aleatória
<b>a<sub>0</sub></b>	média de f(x)
$a_j$	coeficiente da série de Forrier
$b_j$	coeficiente da série de Forrier
$cov(x,y)$	covariância entre as variáveis X e Y
$cos$	cosseno
$d$	número de dados da estação com falhas usado na equação do método de proporção normal
$f(t)$	função
$r_i$	coeficiente de correlação usado no método de proporção normal
$sen$	seno
$\bar{x}$	média da variável x
$\bar{y}$	média da variável y
$x_{sj}$	estações mais correlacionadas na equação do método de Steurer
$x_{si}$	dado faltante calculado pela equação do método de Steurer
$\overline{x_{si}}$	média do mês com dado faltante usada pelo método de Steurer
$w_i$	coeficiente da fórmula de proporção normal
$\eta$	erro relativo
$\mu$	erro médio
$\delta$	erro absoluto

## LISTA DE ABREVIATURAS

ARM	Análise de Regressão Múltipla
Bg	Bagé
CS	Caxias do Sul
CA	Cruz Alta
ES	Encruzilhada do Sul
Dd	dado
Est	estações
FURG	Fundação Universidade Federal do Rio Grande
Ia	Irai
MS	média simples
MStr	Método de Steurer
MTE	média de três estações
PF	Passo Fundo
Pel	Pelotas
PN	Proporção Normal
POA	Porto Alegre
RG	Rio Grande
SM	Santa Maria
SVP	Santa Vitória do Palmar
Tr	Torres
dad prev	dado previsto
dad real	dado real

## LISTA DE TABELAS

3.1 Estações, códigos, latitude, longitude e altitude .....	30
5.1.1 Matriz de correlação da variável temperatura máxima com dados mensais .....	46
5.1.2 Matriz de correlação da variável temperatura mínima com dados mensais .....	46
5.1.3 Matriz de correlação da variável temperatura média com dados mensais .....	47
5.1.4 Matriz de correlação da variável umidade relativa com dados mensais .....	47
5.1.5 Matriz de correlação da variável precipitação com dados mensais.....	48
5.2.1 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Porto Alegre na variável temperatura máxima.....	49
5.2.2 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Cruz Alta na variável temperatura máxima .....	50
5.2.3 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Santa Maria na variável temperatura máxima .....	51
5.2.4 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Irai na variável temperatura mínima .....	52
5.2.5 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Cruz Alta na variável temperatura mínima .....	53
5.2.6 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Cruz Alta na variável temperatura média .....	54
5.2.7 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Porto Alegre na variável temperatura média .....	55
5.2.8 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Passo Fundo na variável temperatura média .....	55
5.2.9 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Santa Maria na variável temperatura média.....	56
5.2.10 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Rio Grande na variável umidade relativa .....	57
5.2.11 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Porto Alegre na variável umidade relativa .....	58
5.2.12 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Santa Maria na variável precipitação .....	58
5.2.13 Erro do método de análise de regressão múltipla na estação de Bagé na variável precipitação .....	59
5.3.1 Erro do método de média simples na estação de Porto Alegre na variável temperatura máxima .....	60
5.3.2 Erro do método de média simples na estação de Cruz Alta na variável temperatura máxima .....	61
5.3.3 Erro do método de média simples na estação de Santa Maria na variável temperatura máxima .....	62
5.3.4 Erro do método de média simples na estação de Irai na variável temperatura mínima .....	63

5.3.5	Erro do método de média simples na estação de Cruz Alta na variável temperatura mínima .....	63
5.3.6	Erro do método de média simples na estação de Cruz Alta na variável temperatura média .....	64
5.3.7	Erro do método de média simples na estação de Porto Alegre na variável temperatura média .....	65
5.3.8	Erro o do método de média simples na estação de Passo Fundo na variável temperatura média .....	65
5.3.9	Erro do método de média simples na estação de Santa Maria na variável temperatura média .....	66
5.3.10	Erro do método de média simples na estação de Rio Grande na variável umidade relativa .....	67
5.3.11	Erro do método de média simples na estação de Porto Alegre na variável umidade relativa .....	67
5.3.12	Erro do método de média simples na estação de Santa Maria na variável precipitação .....	68
5.3.13	Erro do método de média simples na estação de Bagé na variável precipitação .....	68
5.4.1	Erro da adaptação do método de Steurer na estação de Porto Alegre na variável temperatura máxima .....	69
5.4.2	Erro da adaptação do método de Steurer na estação de Cruz Alta na variável temperatura máxima .....	70
5.4.3	Erro da adaptação do método de Steurer na estação de Santa Maria na variável temperatura máxima .....	71
5.4.4	Erro da adaptação do método de Steurer na estação de Irai na variável temperatura mínima .....	72
5.4.5	Erro da adaptação do método de Steurer na estação de Cruz Alta na variável temperatura mínima .....	72
5.4.6	Erro da adaptação do método de Steurer na estação de Cruz Alta na variável temperatura média .....	73
5.4.7	Erro da adaptação do método de Steurer na estação de Porto Alegre na variável temperatura média .....	74
5.4.8	Erro da adaptação do método de Steurer na estação de Rio Grande na variável umidade relativa .....	75
5.4.9	Erro da adaptação do método de Steurer na estação de Porto Alegre na variável umidade relativa .....	76
5.5.1	Erro do método de média de três estações na estação de Porto Alegre na variável temperatura máxima .....	77
5.5.2	Erro do método de média de três estações na estação de Cruz Alta na variável temperatura máxima .....	78
5.5.3	Erro do método de média de três estações na estação de Santa Maria na variável temperatura máxima .....	79
5.5.4	Erro do método de média de três estações na estação de Irai na variável temperatura mínima .....	80
5.5.5	Erro do método de média de três estações na estação de Cruz Alta na variável temperatura mínima .....	80
5.5.6	Erro do método de média de três estações na estação de Cruz Alta na variável temperatura média .....	81
5.5.7	Erro do método de média de três estações na estação de Porto Alegre na variável temperatura média .....	82

5.5.8 Erro do método de média de três estações na estação de Passo Fundo na variável temperatura média .....	82
5.5.9 Erro do método de média de três estações na estação de Santa Maria na variável temperatura média .....	83
5.5.10 Erro do método de média de três estações na estação de Rio Grande na variável umidade relativa .....	84
5.5.11 Erro do método de média de três estações na estação de Porto Alegre na variável umidade relativa .....	84
5.5.12 Erro do método de média de três estações na estação de Santa Maria na variável precipitação .....	85
5.5.13 Erro do método de média de três estações na estação de Bagé na variável precipitação .....	86
5.6.1 Erro médio do método de proporção normal na estação de Santa Maria na variável precipitação .....	86
5.6.2 Erro do método de proporção normal na estação de Bagé na variável precipitação .....	87
5.7.1 Erro do método de análise harmônica na estação de Santa Maria na variável temperatura máxima .....	88
5.7.2 Erro do método de análise harmônica na estação de São Luis Gonzaga na variável temperatura máxima .....	88
5.7.3 Erro do método de análise harmônica na estação de Cruz Alta na variável temperatura máxima .....	89
5.7.4 Erro do método de análise harmônica na estação de Porto Alegre na variável temperatura máxima .....	89
5.7.5 Erro do método de análise harmônica na estação de Passo Fundo na variável temperatura máxima .....	90
5.8.1 Erro quadrático dos métodos estudados na variável de temperatura máxima com vinte um dados faltantes .....	91
5.8.2 Erro quadrático dos métodos estudados na variável de temperatura máxima com doze dados faltantes .....	91
5.8.3 Erro quadrático dos métodos estudados na variável de temperatura máxima com dezenove dados faltantes .....	92
5.8.4 Erro quadrático dos métodos estudados na variável de temperatura mínima com oito dados faltantes .....	92
5.8.5 Erro quadrático dos métodos estudados na variável de temperatura mínima com quinze dados faltantes .....	93
5.8.6 Erro quadrático dos métodos estudados na variável de temperatura média com vinte nove dados faltantes .....	93
5.8.7 Erro quadrático dos métodos estudados na variável de temperatura média com vinte um dados faltantes .....	94
5.8.8 Erro quadrático dos métodos estudados na variável de temperatura média com onze dados faltantes .....	94
5.8.9 Erro quadrático dos métodos estudados na variável umidade relativa com sete dados faltantes .....	95
5.8.10 Erro quadrático dos métodos estudados na variável precipitação com oito dados faltantes .....	95
5.8.11 Erro quadrático dos métodos estudados na variável precipitação com doze dados faltantes .....	96
5.9.1 Erro percentual dos métodos estudados na variável de temperatura máxima com vinte um dados faltantes .....	97

5.9.2 Erro percentual dos métodos estudados na variável de temperatura máxima com doze dados faltantes .....	97
5.9.3 Erro percentual dos métodos estudados na variável de temperatura máxima com dezenove dados faltantes .....	98
5.9.4 Erro percentual dos métodos estudados na variável de temperatura mínima com oito dados faltantes .....	98
5.9.5 Erro percentual dos métodos estudados na variável de temperatura mínima com quinze dados faltantes .....	99
5.9.6 Erro percentual dos métodos estudados na variável de temperatura média com vinte nove dados faltantes .....	99
5.9.7 Erro percentual dos métodos estudados na variável de temperatura média com vinte um dados faltantes .....	100
5.9.8 Erro percentual dos métodos estudados na variável de temperatura média com onze dados faltantes .....	100
5.9.9 Erro percentual dos métodos estudados na variável umidade relativa com sete dados faltantes .....	101
5.9.10 Erro percentual dos métodos estudados na variável precipitação com oito dados faltantes .....	101
5.9.11 Erro percentual dos métodos estudados na variável precipitação com doze dados faltantes .....	102

## LISTA DE FIGURAS

3.1 Localização dos municípios onde estão as estações estudadas .....	30
5.1 Séries temporais incompletas da variável temperatura máxima .....	38
5.2 Séries temporais incompletas da variável temperatura mínima .....	39
5.3 Séries temporais incompletas da variável temperatura média .....	39
5.4 Séries temporais incompletas da variável umidade relativa .....	40
5.5 Séries temporais incompletas da variável precipitação .....	40
5.6 Séries temporais completas da variável temperatura máxima e a mesma série temporal com falhas artificiais .....	41
5.7 Séries temporais completas da variável temperatura mínima e a mesma série temporal com falhas artificiais .....	42
5.8 Séries temporais completas da variável temperatura média e a mesma série temporal com falhas artificiais .....	43
5.9 Séries temporais completas da variável umidade relativa e a mesma série temporal com falhas artificiais .....	44
5.10 Séries temporais completas da variável precipitação e a mesma série temporal com falhas artificiais .....	45

# 1. INTRODUÇÃO

A comunidade científica tem enorme interesse em observações meteorológicas históricas para dar continuidade em estudos ambientais, de previsão do tempo e variabilidade climática. Porém, a obtenção de séries temporais completas e com dados meteorológicos confiáveis, tem se tornado difícil. Algumas destas razões são a falta de banco de dados que viabilizem a consulta remota às bases de dados hidrográfico-meteorológicos-meteorológicos do país, e a não existência de uma regulamentação do acesso dos usuários aos dados meteorológicos gerenciados pelas instituições nacionais (Moscati et al. 2000).

O estudo de métodos para o preenchimento de dados em séries temporais, tem o objetivo de contribuir para o avanço de pesquisas na compreensão da variação climática e prever possíveis desastres ambientais, pois através de registros passados recuperados podemos prever futuras ocorrências de fenômenos que venham a se repetir por influência do clima.

O objetivo deste trabalho é testar métodos estatísticos, que possam prever dados para o preenchimento de séries temporais com falhas.

Neste trabalho foram analisadas médias mensais das variáveis temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa e precipitação em treze estações do Rio Grande do Sul, a fim de preencher falhas nas séries temporais destas estações, testando métodos e selecionando o melhor dos métodos para a previsão dos dados.

Para a previsão dos dados primeiramente calculou-se a correlação entre as estações e selecionou as que possuíam melhor coeficiente de correlação entre si, posteriormente, simularam-se falhas em estações completas e foram aplicados os métodos de média simples, análise de regressão múltipla, adaptação do método de Steurer, análise harmônica e proporção normal. Com os resultados obtidos calculou-se o erro percentual de cada método e avaliou-se o desempenho de cada método para preenchimento de cada variável.

No Capítulo 2, é apresentada, uma revisão bibliográfica, inicialmente mostrando as regras que determinam os casos em que uma média mensal não pode ser calculada, por excesso de falhas e após são citados os vários métodos encontrados na literatura, aplicados em dados meteorológicos para o preenchimento de falhas.

No Capítulo 3, descreve-se cada variável atmosférica utilizada no trabalho e caracteriza-se a região em estudo, concluindo com o comentário dos dados utilizados nas análises.



No Capítulo 4, é apresentada, a metodologia descrevendo cada método utilizado na dissertação.

No Capítulo 5, são mostradas as correlações das estações em estudo a fim de seleccionar as mais correlacionadas, também serão apresentados os gráficos com os dados das estações usadas com e sem falhas. Ainda neste Capítulo apresenta-se o cálculo das falhas previstas pelos métodos utilizados e por fim são calculados os erros percentuais para cada método aplicado, analisando-se os resultados para seleccionar o melhor método para cada variável.

No Capítulo 6, apresentam-se as conclusões finais e sugestões de trabalhos futuros.

No Capítulo 7 estão as referências bibliográficas que serviram de fonte para a pesquisa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As falhas em séries temporais com dados mensais podem ser geradas por diversos fatores, que estão classificados no Manual de Observações Meteorológicas do INMET (1999). Como citado em Krusche et al. (2002), os cálculos das médias diárias e mensais de cada variável atmosférica, devem respeitar as seguintes regras:

- 1<sup>a</sup>) A regra dos 3/5 estabelece que a média mensal não será calculada quando mais de 3 valores consecutivos ou 5 valores alternados, em um mesmo mês, estiverem faltante.
- 2<sup>a</sup>) Para a taxa de precipitação, a taxa de evaporação e a taxa de insolação serão calculados totais mensais sem permitir dado faltante.

Eischeid et al. (1999), utilizando outro critério para identificar falhas, diz que uma estação não poderá ter mais do que 48 meses faltantes do período inteiro de dados registrados. Um mês é marcado como faltante se contiver mais do que 14 dias consecutivos de temperatura ou precipitação faltantes.

Segundo DeGaetano et al. (1993), o passo inicial na criação Série Completa de Conjunto de Dados para o Nordeste dos Estados Unidos foi a triagem de dados nas 439 estações para as quais as normais de 1961-1990 foram calculadas pelo Centro Nacional de Dados Climáticos (NCDC) dos Estados Unidos em Asheville, Carolina do Norte. Estações que tinham mais do que 10% de suas observações diárias de temperatura faltantes no período de 1961-1990 foram excluídas da série completa do conjunto de dados. Isto reduziu o total de número de estações usadas para 391. Os dados de temperatura diária de cada uma destas estações foi validado usando um procedimento de controle do erro. Neste processo, dados diários de temperatura são sinalizados como errôneos quando qualquer das condições a seguir ocorrerem:

- 1<sup>a</sup>) Temperatura máxima é menor do que a temperatura mínima.
- 2<sup>a</sup>) Temperatura mínima excede a temperatura máxima do dia anterior.
- 3<sup>a</sup>) Temperatura máxima excede a temperatura mínima por mais do que 60° F.

Dados de baixa confiabilidade são tratados como faltantes em todas as análises subseqüentes. Estimativas são calculadas para estes dados de temperatura, mas nem dados de baixa confiabilidade nem suas estimativas são usados para a reconstrução de valores de dados faltantes.

Segundo Huth e Nemesova (1995), a estimação de medidas diárias faltantes envolve uma discussão complexa por causa da grande variabilidade espacial temporal de valores diários. Os métodos funcionam bem quando as médias mensais são avaliadas, e falham freqüentemente quando aplicados a dados diários se estão impossibilitados de capturar detalhes no tempo e espaço.

Para Moscati, et al. (2000), o estudo realizado para preenchimento de falhas das séries temporais climatológicas de vários parâmetros meteorológicos selecionados (precipitação, umidade do ar, temperatura, vento e pressão) concentrou-se em dois tipos de falhas: 1) falhas consistindo de dados mensais isolados ausentes, 2) falhas consistindo de dados mensais ausentes para três meses até um ano inteiro.

Após identificar as falhas nas séries temporais, mostrando os critérios de alguns autores, analisou-se os possíveis métodos para determinar o preenchimento destas falhas nas séries temporais.

Segundo Young (1992), alguns métodos foram desenvolvidos para estimar a relação funcional entre uma estação base (estação com dado faltante), e as demais estações envolvidas, através de técnicas de interpolação. São estes:

- 1º) Método de proporção normal, primeiramente selecionou-se as estações circundantes, depois se calcula os coeficientes de correlação entre a estação base e cada estação circundante. As três estações circundantes que apresentam os maiores coeficientes de correlação são selecionadas. Então, procurando assegurar uma razoável distribuição espacial em torno da estação base, é calculada a média da estação base com os dados faltantes e a média das estações mais correlacionadas com esta estação, que juntamente com o coeficiente de correlação são utilizados para a previsão dos dados faltantes;
- 2º) Regressão linear múltipla, neste método a estação com falhas é determinada como dependente e estabelece-se uma relação com cinco ou mais estações com séries completas que são determinadas com variáveis independentes com estas estações monta-se o modelo matemático e obtem-se a previsão dos dados.
- 3º) Análise discriminante múltipla, para o propósito da interpolação, os valores de precipitação nas estações circundantes representa as variáveis candidatas prognosticadoras e aquelas na estação representam as prognósticas. O método é uma série de passos de variáveis prognosticadoras, sendo testadas para a significância do melhoramento na discriminação de cada passo, em uma forma um tanto similar à regressão linear múltipla. Os autovalores e o conjunto de

autovetores para as variáveis selecionadas prognosticadoras são determinados e usados para definir um espaço discriminante em que os eixos são ortogonais. Para uma dada previsão (interpolação), uma busca pelo vizinho mais próximo é empregada para selecionar um conjunto de análogos a partir da database histórica na qual o modelo foi desenvolvido. Tipicamente, a mediana dos valores análogos é escolhida como a previsão (valor interpolado).

Kemp et al. citado por DeGaetano (1993), afirma que a dificuldade em obter dados climáticos em séries completas tem levado pesquisadores a desenvolver e usar uma variedade de procedimentos para estimar falha de dados de temperatura diária. Assim, se produziu um conjunto de dados agrupados, cada um preenchendo uma necessidade particular. Foram agrupados sete métodos para estimar temperaturas máxima e mínima. Os sete métodos foram amplamente classificados em três categorias: 1) dentro da estação, 2) baseado em regressão, e 3) técnicas entre estações. A categoria dentro da estação baseia-se em registros anteriores de dados de temperatura e nos dias subsequentes para estimar valores de dados faltantes. Um exemplo deste enfoque seria a substituição de uma temperatura máxima faltante em 20 de junho com a média das temperaturas registradas em 19 de junho e 21 de junho. Similarmente, a média pode ser calculada usando temperaturas abrangendo mais do que um dia de qualquer lado de dias faltantes. Embora estes métodos sejam satisfatórios quando calculados mensalmente ou em longos períodos médios, estimativas diárias individuais mostram erros significativos. Utilizando-se quatro anos de dados de quatro estações do norte dos Estados Unidos, foram selecionados aleatoriamente 20 dias de temperatura máxima e mínima de cada mês e observou-se que métodos dentro de estações produzem médias diárias absolutas de temperatura mínima com erros que variam de 8°F em janeiro para 4°F durante vários outros meses. A média dos erros absolutos para temperatura máxima chegou a 5°F durante o mês de maio. Nos métodos baseados em regressão a estimação de dados tende a ser mais exata do que nos métodos dentro de estações. No enfoque baseado em regressão, dados disponíveis de várias estações adjacentes são usados para desenvolver equações de regressão linear que são subsequentemente usadas como uma base para estimar valores de dados faltantes. Utilizando-se métodos baseados em regressão, descobriram que o erro médio absoluto associado com temperaturas mínimas foi reduzido em 50% e varia de 4°F em janeiro a 2°F durante vários meses. Estações adjacentes também são usadas em métodos classificados como técnicas entre estações, descreveu cada método que assumiu que a diferença entre temperaturas diárias de estações adjacentes é igual para a diferença entre a média mensal das temperaturas das cidades. Usando dados das mesmas quatro estações do norte de Idaho (Estados Unidos)

mencionada acima, o erro absoluto médio produzido por este método tendeu a ser mais baixo do que aquele que resultou dos métodos dentro da estação. Para temperaturas mínimas, o erro absoluto médio variou de 4°F em janeiro para 2°F durante vários meses. A média dos erros absolutos para temperatura máxima foi 3°F durante outubro.

Steurer citado por DeGaetano (1993) desenvolveu um método entre estações que foi usado para criar uma série completa de um conjunto de dados diários de temperatura máxima e mínima nos Estados Unidos de 1951 até 1980. Este conjunto de dados compreende 3106 estações que foram selecionadas para um projeto de cálculos de normais climatológicas entre 1951 a 1980 (NOAA, 1983). O Método de Steurer supõe que um dado dia, as temperaturas medidas em estações que fazem parte de uma mesma divisão de clima apresentam desvios uniformes em relação as normais. Seu método envolve três fases que incluem: 1) identificação e eliminação de dados errôneos, 2) interpolação, e 3) controle de qualidade. Adotando o princípio geral usado por Steurer (1985), o Centro Climático Regional do Nordeste dos Estados Unidos (NRCC) tem desenvolvido e implementado um procedimento para criar uma série completa de um conjunto de dados de temperatura, para aproximadamente 400 estações no nordeste dos Estados Unidos.

Moscatti, et al. (2000), estudando falhas de dados mensais isolados dentro de um ano, propôs o seguinte critério para preenchimento de falhas, onde:

- i. seleciona-se um subconjunto de dados com os valores do mês com dado faltante, recolhidos em anos anteriores e posteriores a falha.
- ii. calcula-se a média mensal e a média anual, considerando todos os anos disponíveis;
- iii. calcula-se os pesos mensais para o mês faltante, computados para todos os anos disponíveis;
- iv. a média anual estimada para o ano problema é computada envolvendo os dados mensais disponíveis.
- v. Em seguida, projeta-se a média anual estimada em cada um dos meses ausentes, e as falhas são preenchidas.

Nos casos em que as falhas consistem de dados mensais ausentes para três meses até um ano inteiro, utiliza-se o método de regressão linear entre as estações meteorológicas próximas. A escolha da estação que entra na equação de regressão é baseada no máximo valor do coeficiente de correlação obtido entre as várias estações testadas.

Conforme Krusche et al. (2002), pode-se realizar o preenchimento de falhas da temperatura do ar, a partir do preenchimento de falhas das séries de temperatura mínima e de

temperatura máxima. Para realizar o preenchimento das falhas, foi empregado o método de média da série. Para tanto, identifica-se o dia do dado faltante e calcula-se a média aritmética dos dados desta variável na mesma data dos demais anos da série. No lugar do dado faltante, coloca-se o calculado.

Eischeid et al. (1999) apresenta um trabalho que tem como objetivo criar uma série completa de conjunto de dados de temperatura diária e precipitação (inicialmente para o período de 1951-91) para os Estados Unidos em uma larga variedade de ecossistemas. A criação de uma série completa de conjunto de dados implica na substituição de valores diários faltantes através da utilização de valores simultâneos de estações próximas para calcular um valor estimado para esse dia particular. Estações históricas são estudadas e estações apropriadas são selecionadas e designadas como estação alvo para estimação. Observações de dados do tempo são harmonizadas e categorizadas permitindo interpolação espacial exata de estações vizinhas, determinando registros suficientes (maior que 10 anos) o que proporciona estimação estatística estável para a estação alvo. Seis métodos de interpolação espacial diferentes são usados para criar a série completa do conjunto de dados. Os métodos são definidos como 1) o método de proporção normal, 2) ponderação simples de distância inversa, 3) interpolação otimizada, 4) regressão múltipla usando o menor critério de desvio absoluto, 5) o melhor estimador simples, e 6) a média (Eischeid et al. 1995).

Para verificar a validade dos dados previstos para o preenchimento das falhas com os métodos, serão citados alguns dos critérios utilizados por autores mencionados neste trabalho.

Para Eischeid et al. (1995), sumários estatísticos são criados usando o cruzamento de correlações entre valores diários observados e aqueles estimados para cada um dos diferentes métodos descritos. As seis técnicas respondem a variações temporais e geográficas, e o melhor método de estimação é selecionado baseado na eficiência da estimativa temporal. O cruzamento de correlações é usado para medir a eficiência de cada método, e o método que demonstrar a maior correlação é utilizado para repor os valores faltantes.

Segundo DeGaetano et al. (1993), para avaliar a exatidão de valores de temperatura gerados pelo método, estimativas foram calculadas para preenchimento de observações de temperatura diária em 12 lugares no Nordeste dos Estados Unidos. Em cada lugar, foram calculados valores mensais de erros médios, erros médios absolutos e erros médios quadráticos foram calculados com as diferenças entre observações reais de temperatura e os valores estimados.

Krusche et al. (2002), para verificar a validade do preenchimento das falhas, utilizou a técnica de comparação das médias mensais. Para cada variável, recalculou a média mensal

do mês cuja falha de dados foi preenchida. Construiu, para os dados deste mês, duas séries temporais: a primeira com as médias mensais deste mês, de todos os anos do período em estudo, excluindo-se a média do mês que possuía falha de dados e a segunda, composta pelas médias mensais de todos os meses, após as séries temporais serem corrigidas pelo método de preenchimento de falhas. Este procedimento foi aplicado para cada mês do ano e cada variável que possui falha. Os testes que serão aplicados têm como suposição prévia que as amostras são independentes, uma vez que não estão se considerando duas amostragens sobre um mesmo objeto.

### **3. AS VARIÁVEIS ATMOSFÉRICAS E A REGIÃO SUL**

#### **3.1 AS VARIÁVEIS ATMOSFÉRICAS**

A análise atmosférica é relacionada com as distribuições de diversas variáveis em espaço e tempo. Pode-se falar de variáveis físicas, as quais incluem as que expressam o estado físico do ar (pressão, temperatura, conteúdo de vapor d'água, e todas as outras quantidades dependentes), e variáveis cinemáticas, as quais envolvem o movimento das partículas de ar (Saucier, 1969).

##### **3.1.1 Temperatura**

Há três escalas de temperatura em uso em meteorologia. Nos países de língua inglesa, as temperaturas da superfície são dadas na escala Fahrenheit, °F; na maior parte dos países a escala Celsius (centígrado), °C, é usada para este fim. Nos boletins de temperatura de nível superior o °C é padrão, exceto nas Ilhas Britânicas, onde o °F é ainda empregado. A escala absoluta, ou Kelvin, °K, é básica em Meteorologia Termodinâmica (Saucier, 1969).

A medição de temperatura do ar pode ser feita através de termômetros ou termógrafos. Os valores instantâneos da temperatura do ar são medidos por termômetros comuns de mercúrio em vidro.

Os valores extremos diários são medidos por termômetros de extrema, isolados ou combinados. Quando as extremas são medidas isoladamente, têm-se dois termômetros: um de mínima e outro de máxima. O de mínima é de álcool, e que com a concentração deste pela diminuição de temperatura, é deslocado pelo menisco de temperatura da coluna e permanece na posição da menor temperatura alcançada. O de máxima é de mercúrio de vidro, apresentando uma construção logo acima do bulbo, que impede que a coluna regreda com a diminuição de temperatura, de modo que o mercúrio permanece na posição da maior temperatura alcançada.

O termógrafo é um registrador de temperatura, que funciona pela variação de dimensão do elemento sensível com a temperatura. As variações de temperatura são registradas continuamente sobre um tambor registrador movido por mecanismo de relojoaria.



A temperatura do ar deve ser medida à sombra, em local ventilado e protegido da precipitação (Tubelis, 1983).

O sol emite radiação em ondas curtas que são absorvidos pela Terra e que aquecem primeiramente a superfície e, após o ar adjacente através de processos físicos. Porém a Terra também emite energia, mas em ondas longas, para o espaço. Durante a maior parte do dia, o fluxo de radiação de ondas curtas absorvidas excede o fluxo de ondas longas emitidas, permitindo que a temperatura da superfície aumente. À noite, a radiação de ondas curtas não atinge a superfície, mas esta continua emitindo energia em ondas longas para o espaço, reduzindo, assim, a sua temperatura (Strahler, 1997).

As grandes superfícies de água, e notoriamente o oceano, tem a capacidade de se aquecer e se resfriar mais lentamente que a superfície do solo. Decorre o fato do calor específico da água ser aproximadamente o dobro da do solo, e por que este tem uma menor capacidade de transportar calor. No período de maior intensidade de radiação, o ar continental se aquece mais, da mesma forma que se resfria mais no período de menor insolação. De modo que à medida que se caminha do litoral para o interior do continente, as amplitudes térmicas anuais aumentam, fenômeno que recebe o nome de continentalidade, sendo os verões mais quentes, e os invernos mais frios (Tubelis, 1983).

A temperatura do ar é influenciada pela natureza da superfície do lugar, pela topografia e pelo ciclo de radiação solar. Dependendo do tipo de superfície o ar pode aquecer-se mais rapidamente ou não. Por exemplo, superfícies cobertas por vegetação, aquecem o ar adjacente mais lentamente, porque a vegetação utiliza a energia solar para aquecer-se e evaporar a água. A temperatura do ar diminui com a altitude (Tubelis, 1983).

### **3.1.2 Umidade**

A umidade do ar é a água, na fase de vapor, que existe na atmosfera. Suas fontes naturais são as superfícies de água, gelo e neve, a superfície do solo, as superfícies vegetais e animais. A passagem para a fase de vapor é realizada pelos processos físicos de evaporação e sublimação, e pela transpiração.

A concentração de água na atmosfera é pequena, chegando ao máximo a 4% em volume, mas é extremamente variável. Essas mudanças de fase são acompanhadas por liberação ou absorção de calor latente, que associadas com o transporte de vapor d'água pela circulação atmosférica, atuam na distribuição do calor sobre o globo terrestre. Uma fração do

balanço de radiação é utilizada na evaporação da água. A quantidade de vapor d'água introduzida na atmosfera aumenta com o aumento do saldo positivo de radiação, mas mesmo sob condição de balanço negativo de radiação pode ocorrer evaporação.

Numa dada pressão e temperatura, o ar consegue reter o vapor d'água até uma certa concentração limite. O ar é dito saturado quando o vapor d'água ocorre na sua concentração máxima. Portanto quanto maior a temperatura, maior é a capacidade do ar em reter vapor d'água.

A relação percentual entre a concentração de vapor d'água existente no ar e a concentração de saturação, na pressão e temperatura em que o ar se encontra, é definida como umidade relativa do ar (Tubelis, 1983).

A umidade específica é a massa de vapor d'água contida na unidade de massa do ar sendo representada por gramas de vapor d'água por quilograma de ar (g/kg). A umidade específica pode ser calculada a partir da equação de Clausius-Clayperon, para pressão de saturação do vapor d'água ( $e_s$ ) expressa em hPa:

$$e_s(T_k) = 6,11 \cdot \exp \left[ \frac{L}{R_v} \left( \frac{1}{273} - \frac{1}{T_k} \right) \right] \quad (3.1.2.1)$$

onde  $L$  é o calor latente de vaporização da água ( $L = 2,5 \times 10^6 J \times Kg^{-1}$ ),  $R_v$  é a constante específica do vapor d'água ( $R_v = 461,5 J \times Kg^{-1} K^{-1}$ ) e  $T_k$  é a temperatura em graus Kelvin.

A umidade específica  $q$  é, então, obtida a partir de:

$$q(p, T_k) = \frac{UR \cdot q_s(p, T_k)}{100} \quad (3.1.2.2)$$

onde  $UR$  é a umidade relativa e  $q_s$  é a umidade específica de saturação determinada por:

$$q_s(p, T_k) = 0,622 \left( \frac{e_s(T_k)}{p - e_s(T_k)} \right) \quad (3.1.2.3)$$

sendo  $p$  a pressão atmosférica (Krusche et al. 2002).

A umidade relativa é menor durante o dia e maior durante a noite. Com o nascer do sol e com os acréscimos de temperatura, a umidade relativa inicia sua marcha decrescente, indo alcançar um valor mínimo por ocasião da ocorrência da temperatura máxima. A partir daí, inicia-se sua marcha crescente seguindo as diminuições de temperatura do ar indo alcançar seu valor máximo quando da ocorrência de temperatura mínima. Em condições de resfriamento noturno moderado, a umidade relativa tende a se estabilizar em um valor máximo, próximo a 100%, até a manhã seguinte. Durante esse período de estabilização pode ocorrer formação de orvalho e/ou nevoeiro. A evaporação coloca quantidades crescentes de

vapor d'água no ar, fazendo com que a tensão de vapor aumente gradativamente, embora a umidade relativa esteja diminuindo. A tensão de vapor permanece em ascensão enquanto a turbulência junto ao solo não consegue promover a difusão do vapor d'água que se evaporou. Com o pronunciamento da turbulência, a remoção de vapor d'água do ar junto ao solo faz que a tensão de vapor entre em declive. À noite, sob condições de balanço negativo de radiação, pode ocorrer aumento na tensão de vapor em decorrência de inversão no sentido dos fluxos verticais de vapor d'água (Tubelis, 1983).

A umidade relativa do ar tem grande influência na vida do homem. Os climas mais úmidos acarretam desconforto e doenças. Para as atividades agropastorais ocorrem problemas com o excesso de umidade do ar na hora das colheitas, no processamento, no armazenamento e na conservação dos produtos (Vianello e Alves, 1991).

### **3.1.3 Precipitação**

A precipitação, na forma de chuva, neve e granizo, é o principal mecanismo natural de restabelecimento dos recursos hídricos da superfície terrestre. Precipitação é um processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge gravitacionalmente a superfície terrestre.

As precipitações se originam de nuvens formadas pelo resfriamento por expansão adiabática de massas de ar que se elevam na atmosfera. A precipitação pode ser dos tipos orográfico, convectivo ou frontal. As precipitações orográficas ocorrem nas regiões que apresentam grandes variações de altitude, podendo abranger o ano todo ou qualquer época dele. As precipitações convectivas localizam-se na época de maior ganho de energia do ano. As precipitações frontais concentram-se no período do ano em que ocorre a penetração de massas de ar de origem polar (Tubelis, 1983).

A precipitação é medida em milímetros (mm) e o número de dias com chuva no mês é contado quando a chuva, chuveiro ou garoa ocorrida por dia for igual ou superior a 0,1mm (INMET, 1999).

A medida da precipitação é feita por pluviômetro e por pluviógrafos. Ela consiste em determinar a espessura da camada de água líquida que se depositaria sobre a superfície horizontal, em decorrência da precipitação, se não ocorresse evaporação, escoamento superficial e infiltração (Tubelis, 1983).

É importante salientar que as quantidades de precipitações mensal, sazonal e anual dificilmente indicam regularidade e confiabilidade com as quais determinadas quantidades de

precipitação podem ser esperadas. Entretanto, existe um padrão de distribuição de precipitação sobre o globo, que é bastante complexo devido à influência de fatores como topografia, maritimidade ou continentalidade, massas de ar predominantes, entre outros (Strahler, 1997).

### **3.2 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO EM ESTUDO**

A Região Sul do Brasil é constituída pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, e apresenta-se quase que totalmente na interior da zona temperada. Trata-se da região climaticamente mais regular. As chuvas são bem distribuídas o ano inteiro e as quatro estações são nítidas. Localiza-se entre regiões tropicais e extra tropicais, possuindo o Oceano Atlântico a leste. O calor do verão contrasta-se com as geadas do inverno, passando pelas temperaturas mais amenas do outono e primavera. É a única região brasileira onde a queda de neve ocorre, embora seja um fenômeno esporádico (Vianello e Alves, 1991).

Na Região Sul as precipitações mensais variam pouco ao longo do ano, não existindo diferenciação de períodos mais ou menos chuvosos (Tubelis, 1983).

#### **3.1.2 Características Climáticas do Rio Grande do Sul**

O Rio Grande do Sul está numa posição geográfica, do ponto de vista climático-meteorológico. O paralelo de 30° representa verdadeiramente a passagem da zona tropical à temperada, obedecida a escala de temperaturas decrescentes das baixas para as altas latitudes. A posição geográfica coloca o Rio Grande do Sul no primeiro contato com as massas migratórias do anticiclone móvel polar. Um terceiro e também importante componente na definição climática rio-grandense e de toda a região Sul do Brasil é a grande superfície líquida oriental, representada pelo oceano Atlântico. A maritimidade ao longo de 622 km de frente atlântica corresponde a formidável centro energético, onde as trocas de calor envolvem importantes fatores como: insolação, evaporação, irradiação, correntes marítimas, condensação e formação de nuvens. Quanto ao relevo, nada impede a livre circulação das massas de ar, em virtude das altitudes situadas em costas modestas bem como o tipo de modelo (Vieira, 1984).

O Rio Grande do Sul está sujeito a um modelo atmosférico, determinado pela dinâmica dos centros de ação, que movimentam as massas de ar. Trata-se de uma estrutura atmosférica marcada pela normalidade dos fenômenos atmosféricos. O equilíbrio do sistema é o próprio equilíbrio do meio terrestre. Somente causas de grande força telúrica, cósmica e antrópica poderão desestabilizar o sistema, conduzindo-o a um período de anormalidade frequentes, até se caracterizar uma nova estrutura atmosférica. As massas de ar, ao formarem os centros de ação, se diferenciam entre si, produzindo fenômenos típicos a partir de processos físicos (termodinâmicos), que se desenvolvem no interior de suas estruturas. A frontogênese é uma drenagem de massas de ar das regiões de altas pressões para campos de pressão mais baixa. O encontro de massas de ar de diferentes gradientes físicos produz fenômeno meteorológico de grande importância climática (Vieira, 1984).

Os sistemas de circulação no extremo sul do continente são determinantes das condições climáticas sobre o Rio Grande do Sul. A drenagem das massas aéreas está condicionada a variações no campo de pressão, geradas pelas diferenças térmicas, ou seja, pela termodinâmica dos centros de ação. Há três grandes centros de altas, que atuam sobre o sul do continente, cuja maior intensidade se verifica abaixo do Trópico de Capricórnio: o anticiclone do Pacífico, o anticiclone do Atlântico e o anticiclone móvel Polar. Como centros negativos de grande mobilidade destacam-se: a baixa do Chaco, de caráter continental, e a baixa de Weddell, de natureza marinha. Os anticiclones atlântico e polar são centros de ação geradores de massas de ar responsáveis pelos sistemas de alta e baixa sobre o Rio Grande do Sul. Os sistemas frontais das massas de ar frio ou quente determinam a predominância térmica, a formação de nebulosidade e faixas de precipitação. Os sistemas frontais, gerados pelo avanço de massa fria, formam centros de baixa pressão sobre o Oceano Atlântico, a sudoeste do Rio Grande do Sul. O centro de alta está geralmente sobre o território argentino, movimentando-se para nordeste, sob a forma de ventos frios. A alternância de predomínio dos anticiclones atlântico e polar produz uma movimentação dos centros de alta e baixa pressão, podendo se verificar a ondulação da frente de contato e conseqüente formação de uma faixa de instabilidade, produzindo precipitações (Vieira, 1984).

Conforme Krusche et al. (2002), a climatologia do Rio Grande do Sul é afetada por vários sistemas sinóticos, assim como por alguns fatores associados à circulação de grande escala e às circulações locais da América do Sul. Entre as circulações de grande escala, encontram-se os bloqueios no escoamento atmosférico. Esses bloqueios refletem-se na interrupção da regularidade da propagação dos sistemas sinóticos, provocando períodos relativamente longos de estiagem ou chuva, ou seja, veranicos e, eventualmente, enchentes,

respectivamente. A frequência máxima de bloqueios ocorre no outono na região sul, ao passo que o mínimo ocorre no inverno e na primavera. As situações de bloqueio podem durar de 5 a 7 dias até 3 semanas. Os bloqueios, principalmente no verão, estão associados ao estacionamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), nas Regiões Sul e Sudeste. A ZCAS corresponde a uma banda de nebulosidade orientada no sentido noroeste (NW) para sudeste (SE), que se estende desde o interior do continente em direção ao Oceano Atlântico, sobretudo entre outubro e março.

Outro fenômeno que afeta a região de estudo é o fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS). Anos de ocorrência do El Niño tendem a ser mais chuvosos na região sul, principalmente no período de primavera. O estabelecimento de um forte jato subtropical na alta troposfera parece influenciar o estacionamento de frentes frias na região sul e sudeste, favorecendo o aumento da precipitação (Krusche et al. 2002).

### **3.3 DADOS METEOROLÓGICOS UTILIZADOS NA ANÁLISE**

Os dados utilizados neste trabalho são médias mensais do ano de 1990 a 2000 que foram cedidos por treze Estações do Rio Grande do Sul as quais estão localizadas no mapa abaixo.

Estes dados são medidas de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa do ar e taxa de precipitação. Estas medidas são coletadas e pré-processadas segundo as normas da Organização Meteorológica Mundial e representam as condições meteorológicas que predominam no momento da observação nos locais onde estão situadas as Estações Meteorológicas. Os instrumentos meteorológicos, das estações, estão instalados em locais apropriados, inclusive, quando for o caso, em abrigo meteorológico padrão, e aferidos adequadamente.

**Tabela 3.1** – Estações e códigos utilizadas na pesquisa e suas respectivas latitude, longitude e altitude

Estações	Latitude	Longitude	Altitude
83980 - Bagé	31°19'53S	54°06'25W	128 metros acima do nível do mar
83942 - Caxias do Sul	29°10'05S	51°10'46W	817 metros acima do nível do mar
83912 - Cruz Alta	28°38'19S	53°36'23W	452 metros acima do nível do mar
83964 - Encruzilhada do Sul	30°32'38S	52°31'19W	432 metros acima do nível do mar
83881 - Irai	27°11'37S	53°15'02W	235 metros acima do nível do mar
83914 - Passo Fundo	28°15'46S	52°24'24W	687 metros acima do nível do mar
83985 - Pelotas	31°46'19S	52°20'33W	17 metros acima do nível do mar
83967 - Porto Alegre	30°01'59S	51°13'48W	3 metros acima do nível do mar
83995 - Rio Grande	32°02'06S	52°05'55W	5 metros acima do nível do mar
83936 - Santa Maria	29°41'03S	53°48'25W	151 metros acima do nível do mar
83997 - Santa V. do Palmar	33°31'08S	53°22'05W	23 metros acima do nível do mar
83907 - São Luís Gonzaga	28°24'30S	54°57'39W	231 metros acima do nível do mar
83948 - Torres	29°20'07S	49°43'37W	16 metros acima do nível do mar



**Figura 3.1.** Localização dos municípios onde se encontram as estações meteorológicas utilizadas para a realização das análises nas séries temporais.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são descritos os métodos que foram aplicados nas médias mensais das variáveis de temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, umidade relativa e precipitação, a fim de preencher falhas existentes em séries temporais de treze estações do Estado do Rio Grande do Sul.

### 4.2 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Sendo  $X$  e  $Y$  variáveis aleatórias, o coeficiente de correlação  $r$  será definido como a razão entre a covariância e a raiz quadrada do produto das variações de  $X$  e  $Y$ . Dada pela seguinte expressão:

$$r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{S_x S_y} \quad (4.2.1)$$

$$\text{onde:} \quad \text{cov}(X, Y) = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{n} \quad (4.2.2)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}} \quad (4.2.3)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{Y})^2}{n}} \quad (4.2.4)$$

O coeficiente de correlação  $r$  é uma medida cujo valor se situa no intervalo compreendido pelos valores  $-1$  e  $+1$ . Quando maior a qualidade do ajuste da reta proposta aos pontos do diagrama de dispersão, mais próximo de 1 estará o valor de  $r$ . Não havendo relação alguma linear entre  $X$  e  $Y$ ,  $r = 0$ .



### 4.3 MÉTODO DAS MÉDIAS

A média aritmética foi usada, para aplicar os métodos de média simples e de média de três estações.

A média aritmética  $(\bar{x})$ , é dada pela expressão:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4.3.1)$$

onde  $x_i$  representa os elementos do conjunto de dados e  $n$  o número de elementos da amostra.

### 4.4 ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

É uma técnica geral usada para analisar a relação entre uma única variável dependente e diversas variáveis independentes. Pode-se fazer previsões com um modelo matemático obtido a partir desta análise. O objetivo é determinar um modelo matemático como:

$$Y_m = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad (4.4.1)$$

onde  $y_m$  é o preditando e  $x_1, x_2, \dots, x_k$  são os preditores, os coeficientes de regressão  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$  são determinados a partir das observações da ocorrência do preditando e dos preditores.

Conforme Freund e Simon (2000, p. 311) o problema da determinação de uma equação linear em mais de duas variáveis, que melhor descreva determinado conjunto de dados, consiste em achar valores numéricos de  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ , o que se consegue, em geral, aplicando-se o método dos mínimos quadrados.

Em princípio, o problema da determinação de  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$  é o mesmo que no caso de duas variáveis, mas as soluções manuais podem ser muito trabalhosas, porque o método dos mínimos quadrados exige a resolução de tantas equações normais quantas são as constantes desconhecidas  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ .

Por exemplo, quando há duas variáveis independentes,  $x_1$  e  $x_2$  e queremos ajustar a equação:

$$Y_m = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$$

devemos resolver as três equações normais

$$\begin{aligned}\sum y &= nb_0 + b_1(\sum x_1) + b_2(\sum x_2) \\ \sum x_1 y &= b_0(\sum x_1) + b_1(\sum x_1^2) + b_2(\sum x_1 x_2) \\ \sum x_2 y &= b_0(\sum x_2) + b_1(\sum x_1 x_2) + b_2(\sum x_2^2)\end{aligned}$$

Aqui  $\sum x_1 y$  é a soma de todos os produtos de cada valor de  $x_1$  pelo correspondente valor de  $y$ ;  $\sum x_1 x_2$  é a soma dos produtos de cada valor de  $x_1$  pelo correspondente valor de  $x_2$  e assim por diante.

Segundo Sugahara (2000), a habilidade da equação de regressão é medida pelo quadrado do coeficiente de correlação múltipla dado por:

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}, \quad (4.4.2)$$

onde  $\bar{y}$  é a média aritmética de  $n$  valores de  $y$ , e  $\hat{y}_i$  enésimo valor de  $y$  estimado ou previsto pela equação

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \dots + b_n x_{ik} \quad (4.4.3)$$

O coeficiente  $R^2$  representa a contribuição à variância de  $Y$  dada pelas variáveis  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , tal que quanto maior  $R^2$  maior é a habilidade do modelo para prever  $Y$ . A significância de estatística de  $R^2$  é usualmente examinada testando a hipótese  $H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$  com a estatística de prova

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \frac{n - k - 1}{k} \quad (4.4.4)$$

Se  $H_0$  for verdade,  $F$  tem distribuição  $F$  com  $k$  e  $n-k-1$  graus de liberdade. Esse teste de hipóteses, chamado teste  $F$ , apoia-se nas seguintes suposições:

- 1º) O erro  $\varepsilon$  tem uma distribuição normal, com média zero e variância finita e constante  $\sigma^2$ , simbolicamente  $\varepsilon = N(0, \sigma^2)$ .
- 2º) Os valores de  $\varepsilon$  estão descorrelacionados linearmente entre si, ou seja  $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0$   $i \neq j$ .
- 3º) As variáveis independentes  $X$ 's, quando estocásticas, são estatisticamente independente de  $\varepsilon$  e sua distribuição não envolve os coeficientes  $\beta$  nem  $\sigma^2$ , e são livres de erros.

Na prática, uma ou mais suposições acima são frequentemente violadas. Nesses casos o teste  $F$  é usado apenas como um teste aproximado. A performance esperada do modelo pode também ser inferida subjetivamente examinando o valor de  $R^2$ . Mas, certamente, uma

ótima forma de verificar a qualidade do modelo é através da sua aplicação em amostras independentes, e comparando as suas previsões com os valores que de fato foram observados.

Para a seleção de preditores o procedimento adotado é a análise de regressão *stepwise*, que tem sido largamente usado pelos desenvolvedores de modelos de previsão estatística. O procedimento pode ser resumido como se segue:

- 1º) A variável com maior coeficiente de correlação com o preditando é retida primeiro na equação de regressão. Considere que essa variável seja  $X_i$ . Então com  $X_i$  já incluída na equação, os coeficientes de correlação parcial de primeira ordem de  $Y$  com  $X_j$ , denotados por  $r_{YX_j.X_i}^2$ ,  $j = 1, \dots, k$  com  $j \neq i$ , são calculados. A variável com maior valor de  $r_{YX_j.X_i}^2$  será então incluída na equação se sua contribuição à variância de  $Y$  for estatisticamente significativa, ou seja, se  $F > F_L$ , onde  $F_L$  é o valor mínimo de  $F$  pré estabelecido, para a variável ser incluída na equação.
- 2º) Considerando que a variável  $X_h$  satisfaz essa condição, agora com  $X_i$  e  $X_h$  fazendo parte da equação, calculam-se os coeficientes de correlação parcial de segunda ordem com as demais variáveis,  $r_{YX_j.X_iX_h}^2$ ,  $j = 1, \dots, k$ ,  $j \neq i$ ,  $j \neq h$

Supondo que  $X_g$  satisfaz a condição para ser incluída na equação .

- 3º) As variáveis  $X_i$  e  $X_h$  são então examinadas se devem ou não permanecer na equação, agora junto com  $X_g$ .

- 4º) Supondo que  $X_i$  deva ser descartada, calcula-se então os coeficientes

$$r_{YX_j.X_gX_h}^2 \quad j = 1, \dots, k \quad j \neq g, \quad j \neq h.$$

O processo de seleção é finalizado quando o critério  $F > F_L$  não justifica mais a inclusão ou exclusão de qualquer variável.

## 4.5 MÉTODO DE STEURER

Segundo DeGaetano et al. (1993), este método é utilizado para prever dados faltantes e foi determinado por Steurer que definiu a equação:

$$x_{si} = STD_{avg}(S_i) + \bar{x}_{si} \quad (4.5.1)$$

onde  $x_{si}$  é o dado faltante calculado,  $\bar{x}_{si}$  é a sua média e  $S_i$  o desvio padrão (que são obtidos a partir dos anos existentes na série). O  $STD_{avg}$  é calculado a seguir:

$$STD_{avg} = \left( \sum_{j=1}^N STD_j \right) / n \quad (4.5.2)$$

onde  $n$  é o número de estações usadas (que têm validade de dados de temperatura). Pelo menos três estações são requeridas.

$$STD_j = (x_{sj} - \bar{x}_{sj}) / S_j \quad (4.5.3)$$

onde  $j$  é o índice que se refere a qualquer estação dentro do sistema,  $x_{sj}$  (é o dado de estações completas que corresponde ao mesmos mês e ano com a estação com falhas) é  $\bar{x}_{sj}$  sua média e  $S_j$  seu desvio padrão.

## 4.6 MÉTODO DA PROPORÇÃO NORMAL

Segundo Eischeid (2000), este método é utilizado para prever falhas em variáveis atmosféricas, onde escolhe-se três estações mais correlacionadas, e então aplica-se a fórmula abaixo:

$$P_x = \frac{1}{3} \left[ \left( \frac{N_x}{N_1} \right) \cdot w_1 + \left( \frac{N_x}{N_2} \right) \cdot w_2 + \left( \frac{N_x}{N_3} \right) \cdot w_3 \right] \quad (4.6.1)$$

onde  $P_x$  é o dado previsto,  $N_x$  é a média da estação com dados faltantes,  $N=1,2,...$  é a média das estações sem falhas e mais correlacionada com a estação com falhas.

$$w_i = \frac{r_i^2 \cdot (d-2)}{1 - r_i^2} \quad \text{com } i=1,2,... \quad (4.6.2)$$

onde  $r$  é o coeficiente de correlação entre a estação completa e a estação com falhas e  $d$  é o número de dados da estação com falhas. (Eischeid et al. 1995)

## 4.7 ANÁLISE HARMÔNICA

Uma função periódica que pode ser expressa em Séries de Forrier na forma

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{j=1}^{\infty} a_j \cos j\omega t + \sum_{j=1}^{\infty} b_j \sin j\omega t \quad (4.7.1)$$

com:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (4.7.2a)$$

$$a_j = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos j\omega t dt \quad (4.7.2b)$$

$$b_j = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin j\omega t dt \quad j = 1, 2, \dots \quad (4.7.2c)$$

onde  $T = 2\pi/\omega$  é o período da função.

Como cada um dos termos da função  $f(t)$  representada na expressão (4.7.1) é uma função harmônica o procedimento de desenvolvimento da função em séries de Forrier é também chamado de análise harmônica. Consiste em, dada qualquer função periódica  $f(t)$  com período  $T$ , executar as integrações (4.7.2), inserir as constantes  $a_j$  e  $b_j$  na equação (4.7.1) e efetuar o truncamento. Os coeficientes de Forrier foram calculados com os dados disponíveis de forma a se reconstruir a função considerada de periódica, através da equação (4.7.1).

O truncamento da série foi realizado considerando o número máximo de harmônicas permitido pelo tamanho da série disponível.

## 4.8 ERROS

Segundo DeGaetano(1993), a eficiência dos métodos foi testada a partir do calculo de seus, determinados pelas fórmulas a seguir e obtidos após a previsão dos dados previstos pelos métodos.

Os erros relativo ( $\eta$ ), médio ( $\mu$ ) e absolutos ( $\delta$ ) são dados pelas seguintes fórmulas:

$$\eta = \frac{\sigma_{er}}{\sigma_s} \quad (4.8.1)$$

$$\sigma_{er} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2}{n}} \quad (4.8.2)$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2}{n}} \quad (4.8.3)$$

$$\mu = Y_i - \hat{Y}_i \quad (4.8.4)$$

$$\delta = |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (4.8.5)$$

onde,  $\sigma_{er}$  é o erro quadrático,  $\sigma_s$  é o desvio padrão,  $n$  é o número de casos a simular,  $Y_i$  são os valores dos dados reais,  $\hat{Y}_i$  são os valores dos dados simulados,  $x_i$  são os valores dos dados da série,  $\bar{x}_i$  é o valor médio da série.

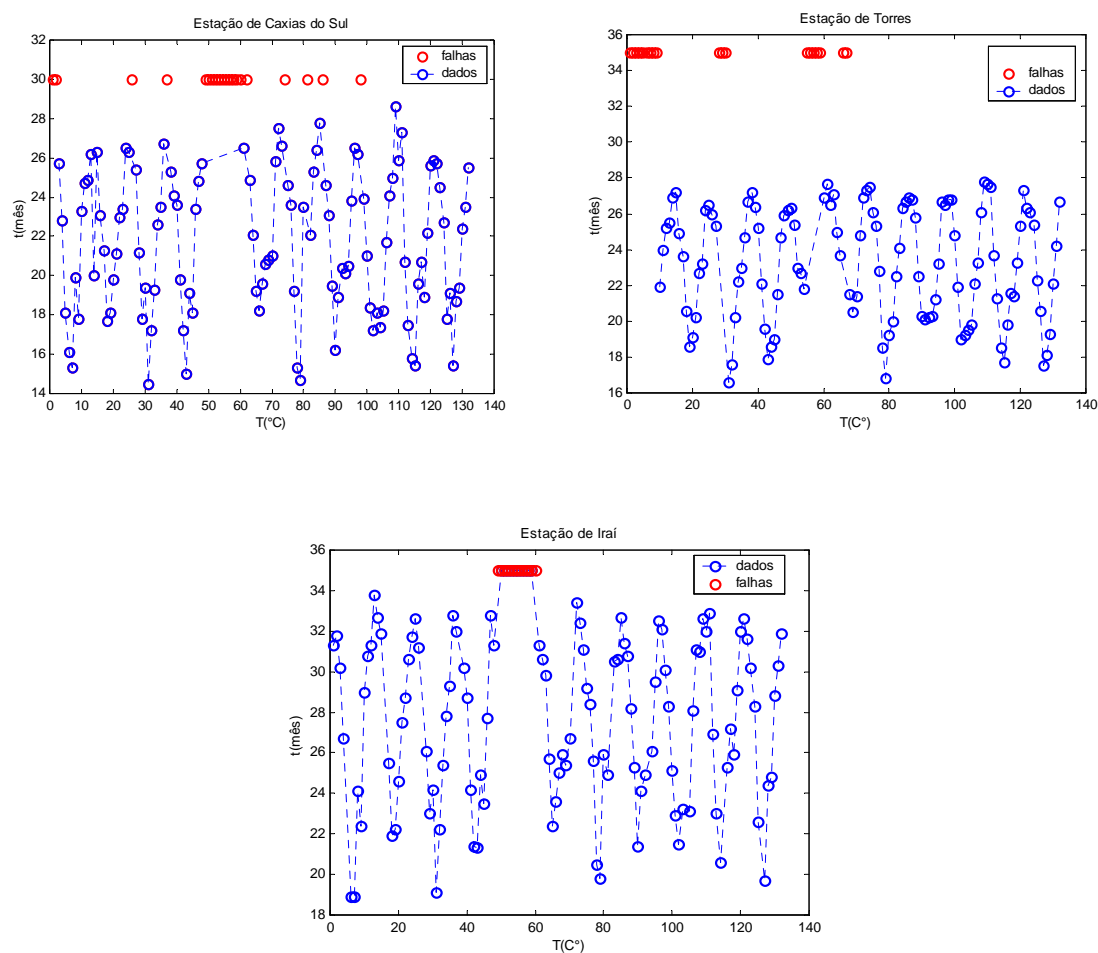
Neste trabalho também foi utilizado o erro percentual para comparar os métodos que foi determinado pela fórmula abaixo:

$$Erro\% = \left( \frac{\sqrt{(dadprev - dadreal)^2}}{dadreal} \right) * 100 \quad (4.8.6)$$

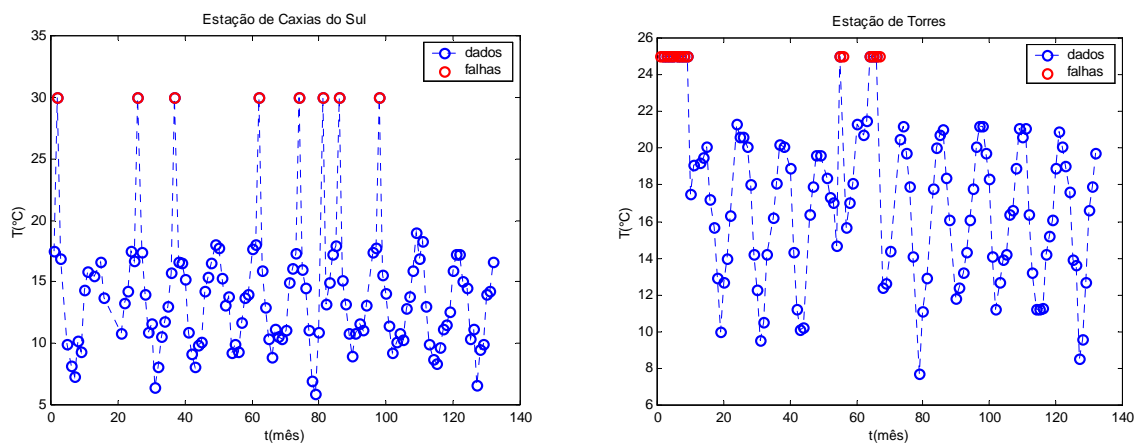
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE PRELIMINAR DOS DADOS MENSAIS

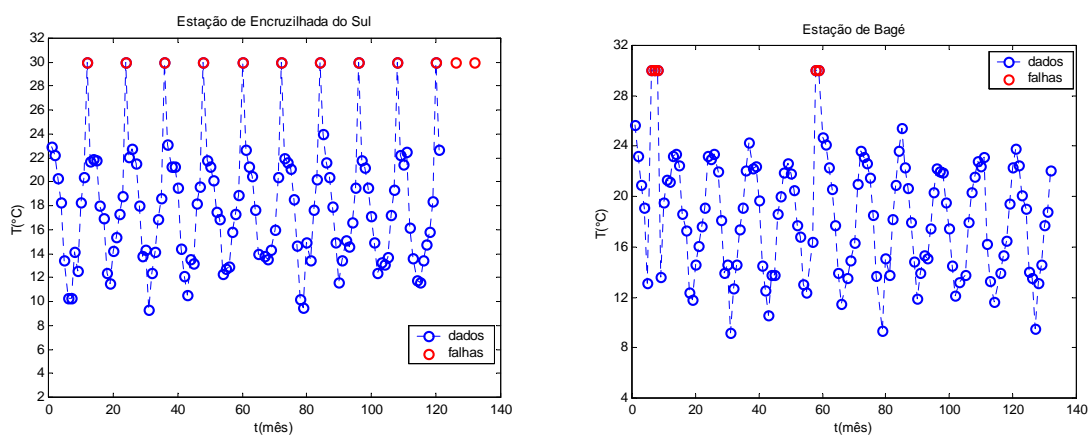
Inicialmente são selecionadas as variáveis que apresentam falhas: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa e precipitação. A partir das falhas existentes nas séries temporais das estações de Irai, Caxias do Sul, Torres, Encruzilhada do Sul e Bagé, simulou-se falhas em séries completas.



**Figura 5.1** – Mostra as séries temporais incompletas da variável de temperatura máxima, nas estações de Caxias do Sul, Torres e Irai, os dados são médias mensais e as falhas estão representadas em vermelho nos gráfico.

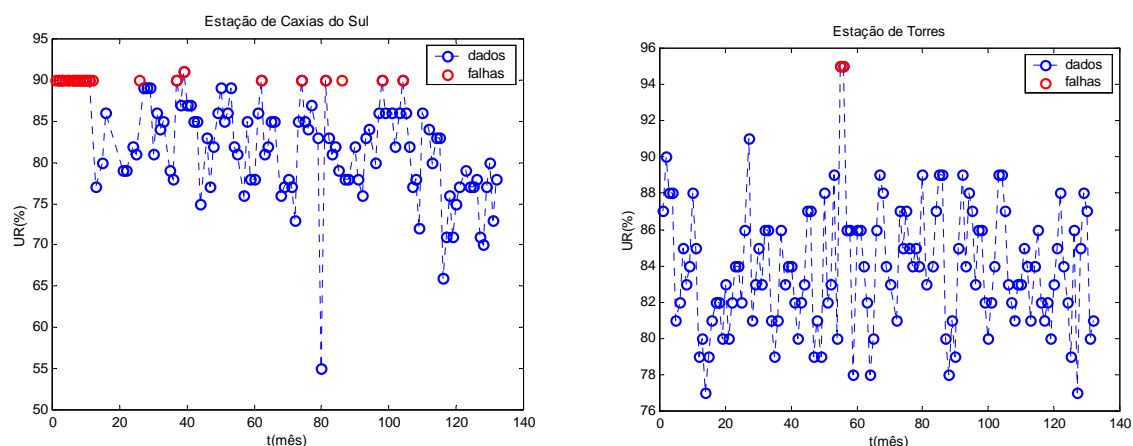


**Figura 5.2** – Mostra séries temporais incompletas da variável de temperatura mínima, nas estações de Caxias do Sul e Torres, estas estações contêm dados faltantes em suas médias mensais que estão representados em vermelho nos gráficos.

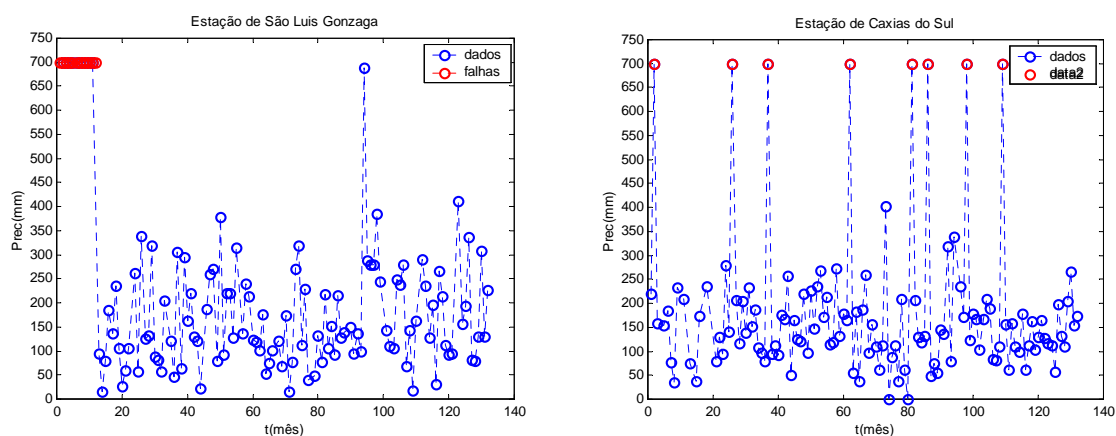


**Figura 5.3** – Séries temporais incompletas da variável de temperatura média, nas estações de, Bagé e Encruzilhada do Sul, estas estações contêm dados faltantes em suas médias mensais que estão representados em vermelho, como mostram os gráficos.



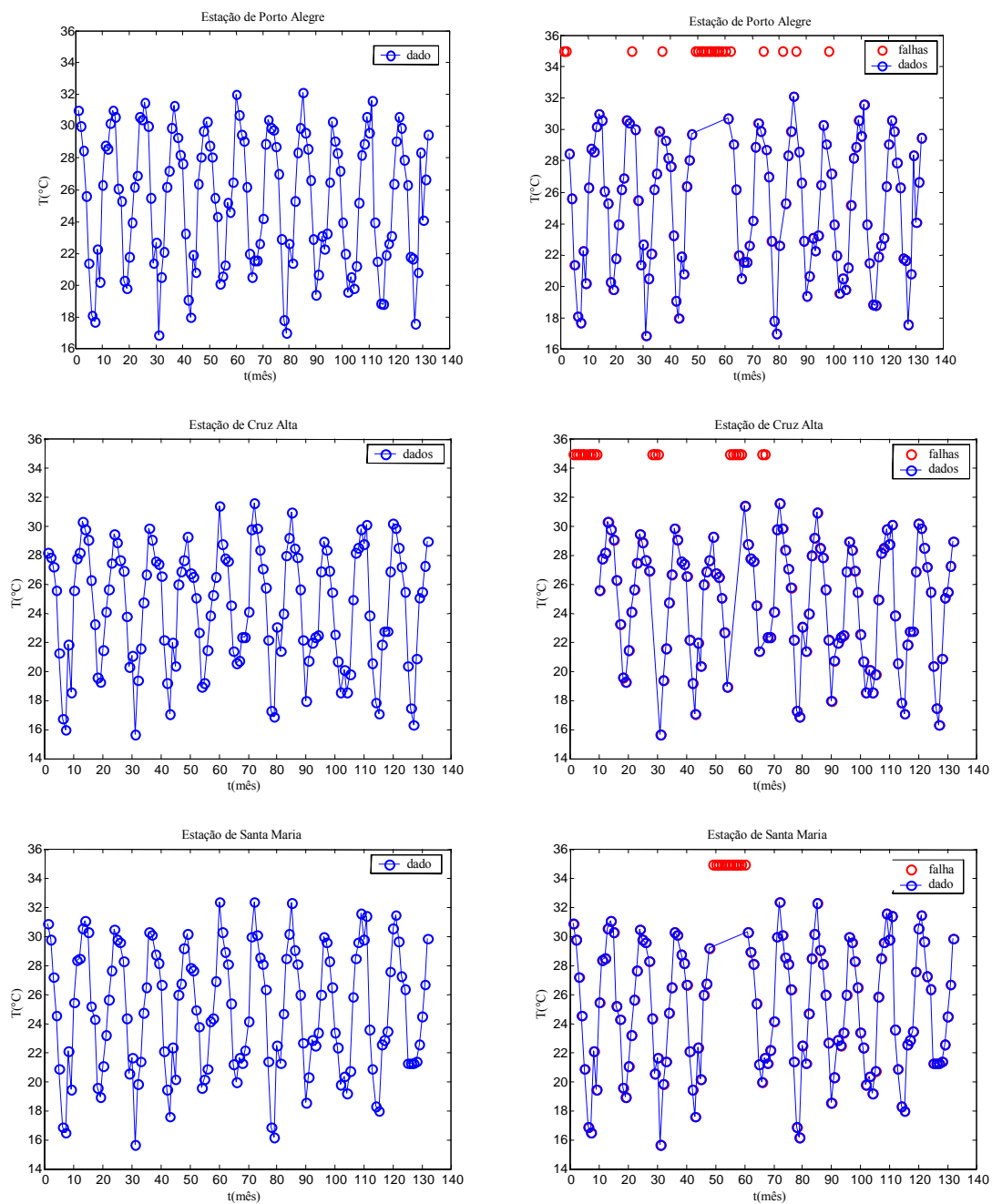


**Figura 5.4** – Séries temporais incompletas da variável de umidade relativa, nas estações de Caxias do Sul, Torres e Bagé, com dados faltantes em suas médias mensais e estão representados em vermelho como mostram os gráficos.

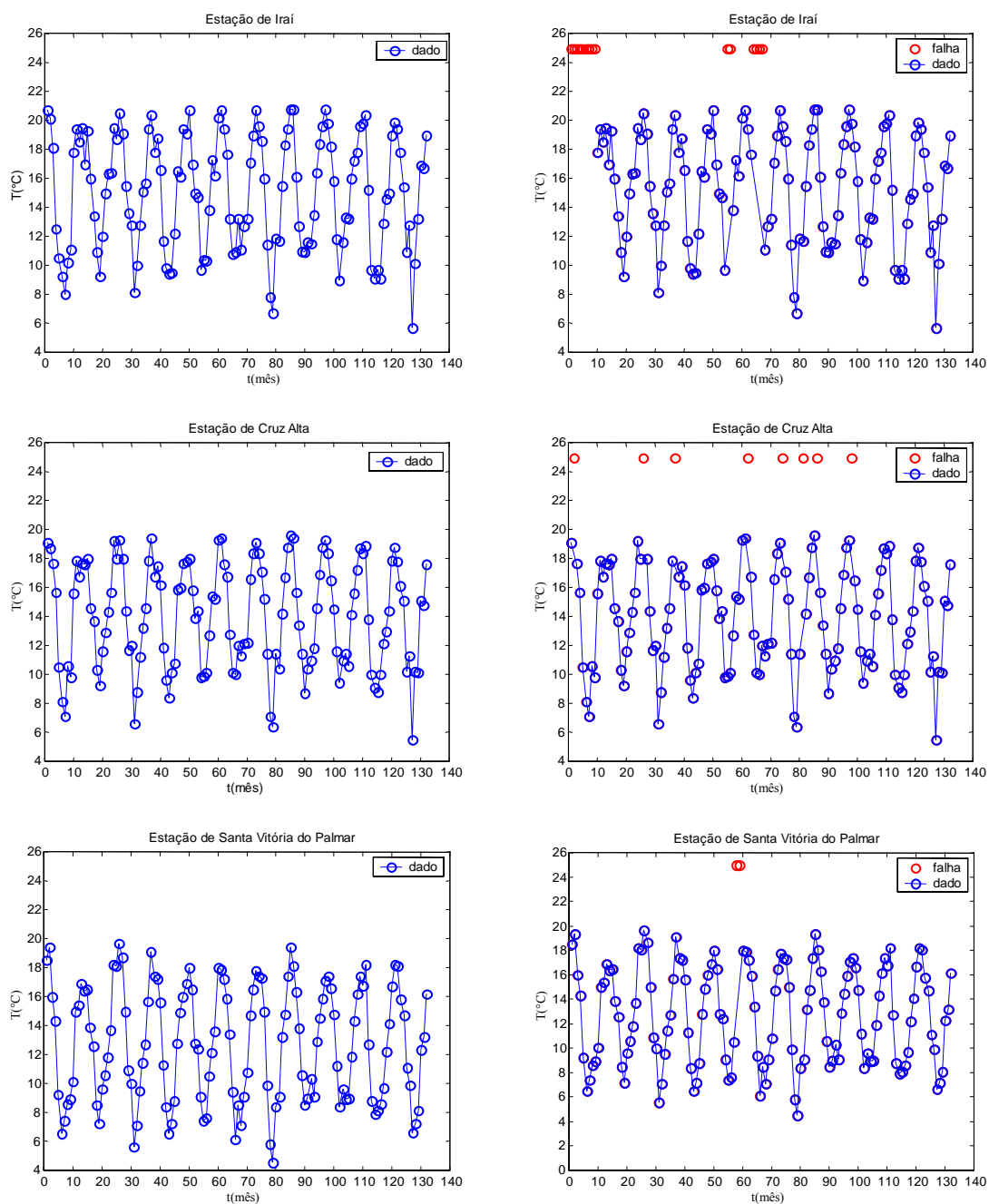


**Figura 5.5** – Séries temporais incompletas da variável de precipitação, nas estações de São Luis Gonzaga e Caxias do Sul, estas estações contém dados faltantes em suas médias mensais que estão representados em vermelho como mostram os gráficos.

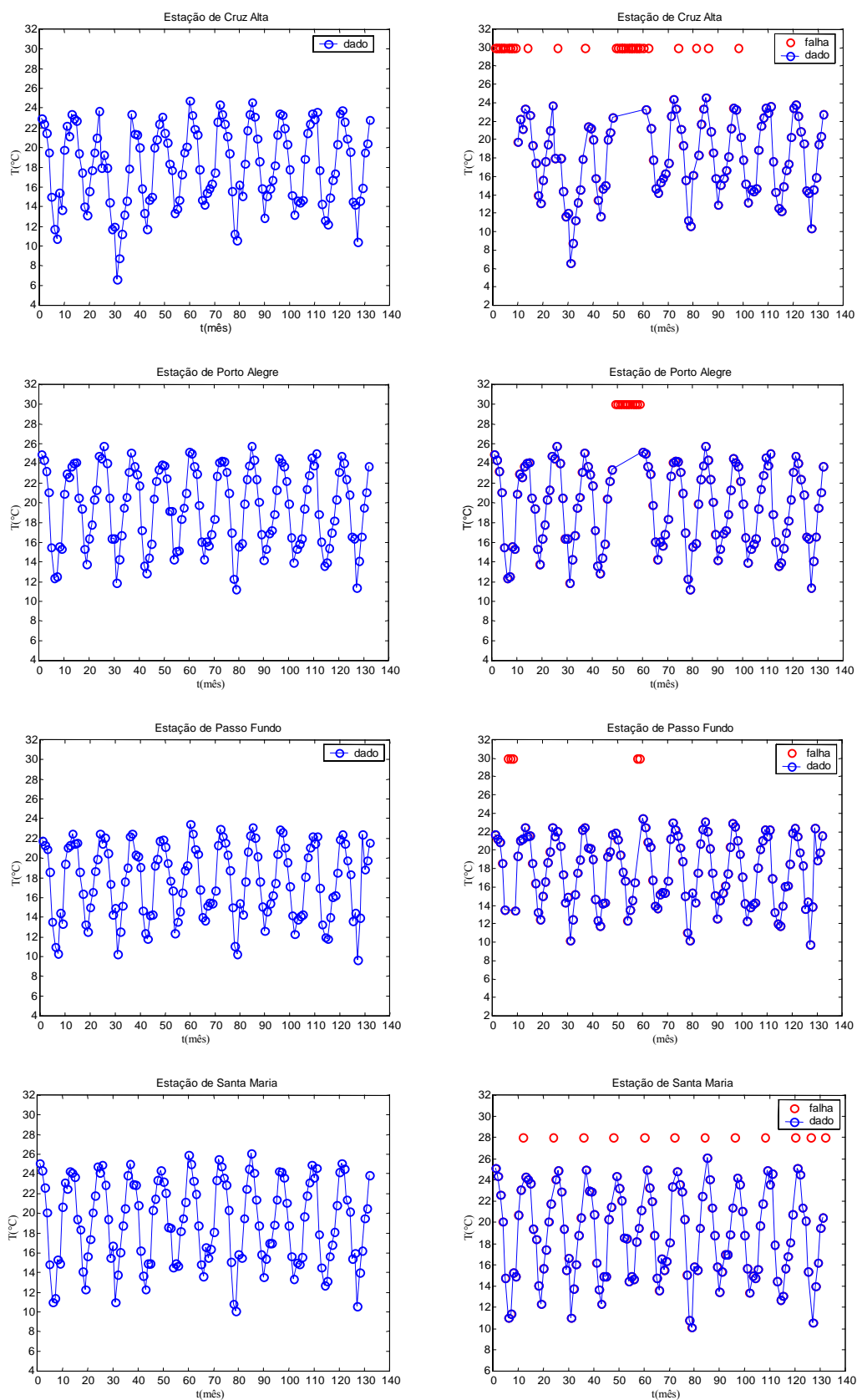
Agora serão mostradas as séries temporais de alguma das estações estudadas, das quais foram simuladas falhas artificiais, para posteriormente testar a validade dos métodos apresentados ao longo do trabalho, juntamente com sua série completa.



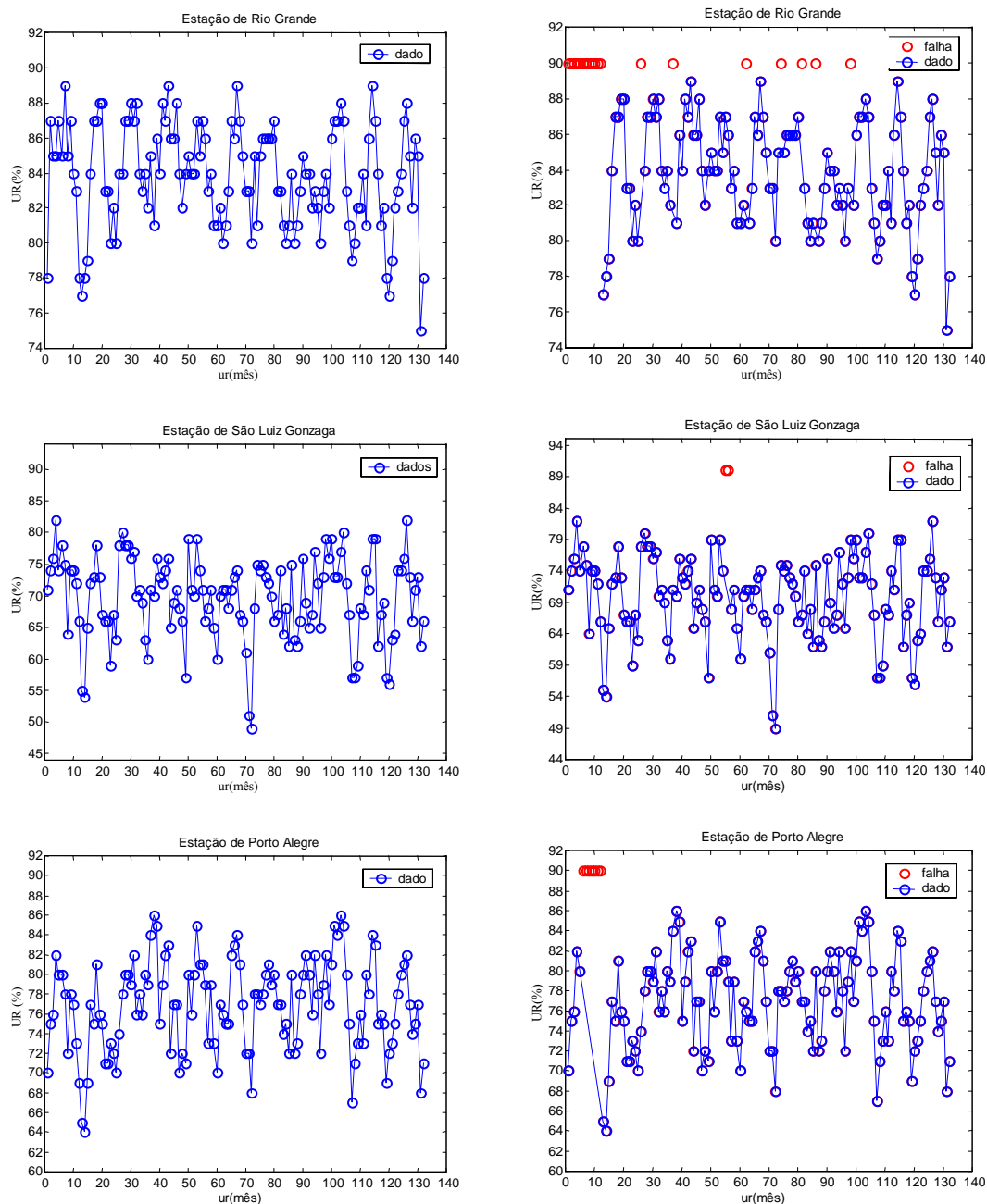
**Figura 5.6** – Séries temporais completas da variável de temperatura máxima na estação de Porto Alegre, Cruz Alta e Santa Maria, e ao lado a mesma série temporal com respectivas falhas artificiais.



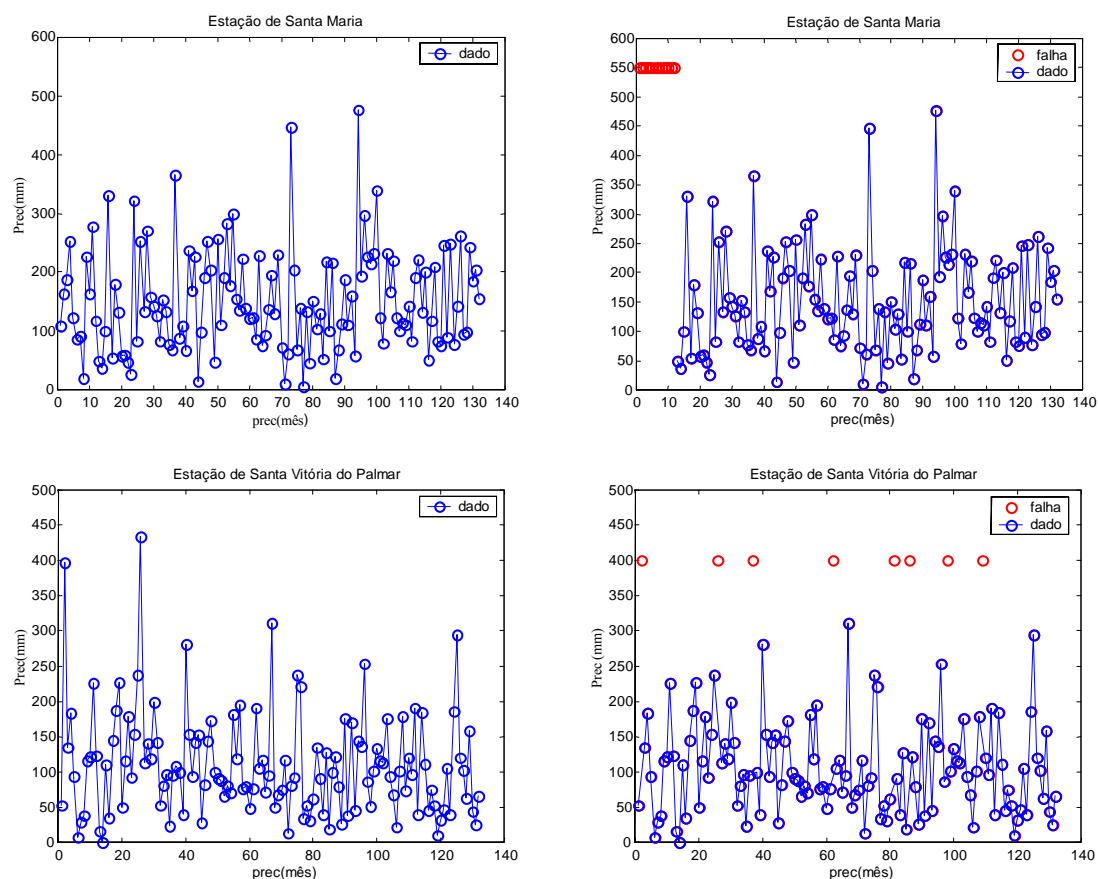
**Figura 5.7** – Séries temporais completas da variável de temperatura mínima nas estações de Irai, Cruz Alta e Santa Vitória do Palmar, e ao lado a mesma série temporal com respectivas falhas artificiais.



**Figura 5.8** – Séries temporais completas da variável de temperatura média nas estações de Cruz Alta, Porto Alegre, Passo Fundo e Santa Maria e ao lado a mesma série temporal com respectivas falhas artificiais.



**Figura 5.9** – Séries temporais completas da variável de umidade relativa nas estações de Rio Grande, São Luis Gonzaga e Porto Alegre e ao lado a mesma série temporal com respectivas falhas artificiais.



**Figura 5.10** – Séries temporais completas da variável de precipitação nas estações de Santa Maria e Santa Vitória do Palmar e ao lado a mesma série temporal com respectivas falhas artificiais.

Para a aplicação dos métodos propostos no decorrer do trabalho, primeiramente obteve-se os coeficientes de correlação entre as estações, para estabelecer o grau de relação linear existente entre as estações.

A matriz de correlação é constituída pelos coeficientes de correlação calculados pela equação (4.2.1). Observa-se nas tabelas 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4 e 5.1.5, que as matrizes apresentam um bom coeficiente de correlação, na maioria das variáveis. Entretanto, para a aplicação dos métodos foram usadas as estações com maior coeficiente de correlação.

**Tabela 5.1.1** – Matriz de correlação da variável temperatura máxima, nas estações(Est) de Bagé(Bg.), Caxias do Sul(C.S.), Cruz Alta(C.A.), Encruzilhada do Sul(E.S.), Irai(Ia.), Passo Fundo(P.F.), Pelotas(Pel.), Porto Alegre(POA), Rio Grande(R.G.), Santa Maria(S.M.), Santa Vitória do Palmar(S.V.), São L. Gonzaga(S.G.) e Torres(Tr.).

[illegible]

**Tabela 5.1.2** – Matriz de correlação da variável temperatura mínima, nas estações(Est) de Bagé(Bg.), Caxias do Sul(C.S.), Cruz Alta(C.A), Encruzilhada do Sul(E.S.), Iraí(Ia.), Passo Fundo(P.F.), Pelotas(Pel.), Porto Alegre(POA), Rio Grande(R.G.), Santa Maria(S.M.), Santa Vitória do Palmar(S.V.), São L. Gonzaga(S.G.) e Torres(Tr).

[illegible]

**Tabela 5.1.3** – Matriz de correlação da variável temperatura média, nas estações(Est) de Bagé(Bg.), Caxias do Sul(C.S.), Cruz Alta(C.A.), Encruzilhada do Sul(E.S.), Iraí(Ia.), Passo Fundo(P.F.), Pelotas(Pel.), Porto Alegre(POA), Rio Grande(R.G.), Santa Maria(S.M.), Santa Vitória do Palmar(S.V.), São L. Gonzaga(S.G.) e Torres(Tr).

[illegible]

**Tabela 5.1.4** – Matriz de correlação da variável umidade relativa, nas estações(Est) de Bagé(Bg.), Caxias do Sul(C.S.), Cruz Alta(C.A), Encruzilhada do Sul(E.S.), Iraí(Ia.), Passo Fundo(P.F.), Pelotas(Pel.), Porto Alegre(POA), Rio Grande(R.G.), Santa Maria(S.M.), Santa Vitória do Palmar(S.V.), São L. Gonzaga(S.G.) e Torres(Tr.).

[illegible]



**Tabela 5.1.5** – Matriz de correlação da variável precipitação, nas estações(Est) de Bagé(Bg.), Caxias do Sul(C.S.), Cruz Alta(C.A.), Encruzilhada do Sul(E.S.), Irai(Ia.), Passo Fundo(P.F.), Pelotas(Pel), Porto Alegre(POA), Rio Grande(R.G.), Santa Maria(S.M.), Santa Vitória do Palmar(S.V.), São L. Gonzaga(S. G.) e Torres(Tr.).

Est.	Bg.	C.S.	C.A.	E.S.	Ia.	P. F.	Pel.	POA	R.G.	S.M.	S.V.	S.G.	Tr.
Bg.	1,00	0,35	0,39	0,65	0,27	0,24	0,75	0,48	0,68	0,59	0,46	0,43	0,14
C.S.		1,00	0,65	0,60	0,60	0,70	0,40	0,66	0,33	0,66	0,20	0,49	0,49
C.A.			1,00	0,59	0,76	0,83	0,39	0,50	0,31	0,69	0,14	0,83	0,36
E.S.				1,00	0,49	0,48	0,62	0,67	0,51	0,79	0,30	0,56	0,35
Ia.					1,00	0,77	0,38	0,38	0,25	0,57	0,01	0,68	0,49
P.F.						1,00	0,27	0,46	0,21	0,61	-0,00	0,69	0,42
Pel.							1,00	0,52	0,86	0,52	0,53	0,45	0,28
POA								1,00	0,46	0,63	0,28	0,38	0,37
R.G.									1,00	0,38	0,59	0,37	0,19
S.M.										1,00	0,21	0,73	0,42
S.V.											1,00	0,17	0,05
S.G.												1,00	0,32
Tr.													1,00

Com os coeficientes de correlação calculados, foi determinado o grau de relação das estações. Quanto maior o coeficiente de correlação da estação escolhida em relação às outras estações, mais forte é a correlação entre elas, portanto para aplicação dos métodos de preenchimento de falhas, são usadas as estações que possuem maior coeficiente de correlação com a serie incompleta.

## 5.2 ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Primeiramente foi aplicado o método de regressão linear múltipla, em que se obtém o modelo matemático (4.4.1), pelo método de mínimos quadrados. Nas tabelas 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.3 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando, na variável temperatura máxima, a aplicação do modelo matemático obtido por mínimos quadrados e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.2.1** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Porto Alegre na variável temperatura máxima com vinte e um dados faltantes, equação geral:  $YPT_{max_{POA}} = 1,25 + 0,79XT_{max_{PF}} + 0,23XT_{max_{RG}} - 0,24XT_{max_{CA}} + 0,24XT_{max_{SM}} - 0,22XT_{max_{SG}} + 0,16XT_{max_{Bg}} + 0,09XT_{max_{Pel}}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, seu erro médio e erro percentual.

Ano	Mês	Dd. previsto (°C)	Dd. real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	31,0	31,0	0,0	0,0
1990	Fev	29,3	30,0	0,7	2,3
1992	Fev	30,5	31,5	1,0	3,2
1993	Jan	30,6	31,3	0,7	2,2
1994	Jan	29,6	30,3	0,7	2,3
1994	Fev	28,5	28,8	0,3	1,0
1994	Mar	28,1	28,1	0,0	0,0
1994	Abr	25,4	25,5	0,1	0,4
1994	Mai	24,2	24,3	0,1	0,4
1994	Jun	19,6	20,1	0,5	2,5
1994	Jul	20,1	20,6	0,5	2,4
1994	Ago	21,7	21,3	0,4	1,9
1994	Set	24,5	25,2	0,7	2,8
1994	Out	24,6	24,6	0,0	0,0
1994	Nov	26,7	26,5	0,2	0,8
1994	Dez	31,6	32,0	0,4	1,3
1995	Fev	28,6	29,5	0,9	3,1
1996	Fev	29,5	29,8	0,3	1,0
1996	Set	20,7	21,4	0,7	3,3
1997	Fev	28,5	29,6	1,1	3,7
1998	Fev	28,1	28,3	0,2	0,7

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,1°C e o mínimo 0,0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 3,7%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma sequência de falhas foi feito o preenchimento de ano inteiro (1994), o que apresentou como resultados 0% a 2,8%.

**Tabela 5.2.2** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Cruz Alta na variável temperatura máxima, com dezenove dados faltantes, equação geral:  $YPT_{max_{CA}} = -0,66 + 0,45XT_{max_{SLG}} + 0,57XT_{max_{PF}} + 0,24XT_{max_{RG}} - 0,12XT_{max_{SV}} - 0,12XT_{max_{POA}}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão stepwise, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, seu erro médio e erro percentual.

Ano	Mês	Dd. previsto (°C)	Dd. real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	28,3	28,2	0,1	0,3
1990	Fev	28,1	27,9	0,2	0,7
1990	Mar	27,8	27,2	0,6	2,2
1990	Abr	24,3	25,6	1,3	5,1
1990	Mai	20,2	21,3	1,1	5,2
1990	Jun	16,7	16,8	0,1	0,6
1990	Jul	16,1	16,0	0,1	0,6
1990	Ago	21,7	21,9	0,2	0,9
1990	Set	19,2	18,6	0,6	3,2
1992	Abr	24,0	23,8	0,2	0,8
1992	Mai	20,2	20,3	0,1	0,5
1992	Jun	20,6	21,1	0,5	2,4
1994	Jul	19,5	19,2	0,3	1,6
1994	Ago	21,8	21,5	0,3	1,4
1994	Set	23,8	23,9	0,1	0,4
1994	Out	25,3	25,3	0,0	0,0
1994	Nov	26,3	26,5	0,2	0,7
1995	Jun	20,7	20,6	0,1	0,5
1995	Jul	21,2	20,8	0,4	1,9

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,3°C e o mínimo 0,0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 5,2%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma seqüência de falhas foi feito o preenchimento de meio ano (1990), o que apresentou como resultados 0,3% a 5,2%.

**5.2.3** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Santa Maria, variável temperatura máxima, com doze dados faltantes, equação geral:  $YPT_{max_{SM}} = -0,28 + 0,54XT_{max_{SLG}} + 0,42XT_{max_{POA}} + 0,17XT_{max_{Bg}} - 0,17XT_{max_{PF}}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	30,8	30,2	0,6	2,0
1994	Fev	27,7	27,9	0,2	0,7
1994	Mar	27,7	27,7	0,0	0,0
1994	Abr	25,6	25,0	0,6	2,4
1994	Mai	23,4	23,8	0,4	1,7
1994	Jun	19,7	19,6	0,1	0,5
1994	Jul	19,8	20,2	0,4	2,0
1994	Ago	21,1	20,9	0,2	1,0
1994	Set	24,2	24,2	0,0	0,0
1994	Out	24,2	24,4	0,2	0,8
1994	Nov	26,6	27,0	0,4	1,5
1994	Dez	31,9	32,4	0,5	1,5

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 0,6°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 5,2%.

Nas tabelas 5.2.4 e 5.2.5 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura mínima a aplicação do modelo matemático obtido por mínimos quadrados e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.2.4** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Irai na variável temperatura mínima com quinze dados faltantes, equação geral:  $YPTmin_I = -0,52 + 1,04XTmin_{CA} + 0,53XTmin_{POA} - 0,60XTmin_E - 0,02XTmin_{RG} + 0,05XTmin_P + 0,15XTmin_{SM} + 0,12X_{SV}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	20,3	20,7	0,4	1,9
1990	Fev	19,8	20,1	0,3	1,5
1990	Mar	19,1	18,1	1,0	5,5
1990	Abr	17,1	12,5	4,6	36,8
1990	Mai	11,1	10,5	0,6	5,7
1990	Jun	8,2	9,2	1,0	10,9
1990	Jul	7,6	8,0	0,4	5,0
1990	Ago	10,8	10,2	0,6	5,9
1990	Set	11,0	11,1	0,1	0,9
1994	Jul	11,1	10,4	0,7	6,7
1994	Ago	11,2	10,3	0,9	8,7
1995	Abr	13,1	13,2	0,1	0,8
1995	Mai	10,5	10,8	0,3	2,8
1995	Jun	10,8	10,9	0,1	0,9
1995	Jul	13,0	13,2	0,2	1,5

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4,6°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 36,8% e 0,8%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma sequência de falhas foi feito o preenchimento de nove meses do ano de (1990), o que apresentou como resultados 0,9% a 36,8%.

**Tabela 5.2.5** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Irai na variável temperatura mínima com quinze dados faltantes, equação geral:  $YPTmin_I = -0,52 + 1,04XTmin_{CA} + 0,53XTmin_{POA} - 0,60XTmin_E - 0,02XTmin_{RG} + 0,05XTmin_P + 0,15XTmin_{SM} + 0,12X_{SV}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Fev	19,6	18,7	0,9	4,8
1992	Fev	19,6	19,3	0,3	1,5
1993	Jan	19,6	19,4	0,2	1,0
1995	Fev	18	17,6	0,4	2,3
1996	Fev	18,2	18,4	0,2	1,1
1996	Set	10,6	10,4	0,2	1,9
1997	Fev	19	19,4	0,4	2,1
1998	Fev	18,6	18,4	0,2	1,1

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 0,9°C e o mínimo 0,2°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 4,8% e 1,0%. Neste caso o método foi aplicado em anos diferentes, mas as falhas ocorreram varias vezes no mês de fevereiro, o que apresentou como resultados erros de 0,2°C a 0,9°C.

Nas tabelas 5.2.6, 5.2.7, 5.2.8 e 5.2.9 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura média a aplicação do modelo matemático obtido por mínimos quadrados e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.2.6** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Cruz Alta na variável temperatura média com vinte e nove dados faltantes, equação geral:  $YPTmed_{CA} = -1,93 + 0,96XTmed_{SLG}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dado real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	22,8	23,0	0,2	0,9
1990	Fev	22,0	22,4	0,4	1,8
1990	Mar	21,1	21,5	0,4	1,9
1990	Abr	18,1	19,5	1,4	7,2
1990	Mai	13,7	15,0	1,3	8,7
1990	Jun	10,8	11,7	0,9	7,7
1990	Jul	10,3	10,7	0,4	3,7
1990	Ago	14,4	15,4	1,0	6,5
1990	Set	13,3	13,7	0,4	2,9
1991	Fev	23,0	23,0	0,0	0,0
1992	Fev	22,3	19,3	3,0	15,5
1993	Jan	23,2	23,4	0,2	0,8
1994	Jan	23,4	23,1	0,3	1,3
1994	Fev	20,7	21,5	0,8	3,7
1994	Mar	20,0	20,5	0,5	2,4
1994	Abr	18,2	18,4	0,2	1,1
1994	Mai	17,0	17,7	0,7	4,0
1994	Jun	13,3	13,4	0,1	0,7
1994	Jul	13,4	13,8	0,4	2,9
1994	Ago	14,4	14,7	0,3	2,0
1994	Set	16,8	17,3	0,5	2,9
1994	Out	19,2	19,5	0,3	1,5
1994	Nov	19,8	20,1	0,3	1,5
1994	Dez	24,3	24,8	0,5	2,0
1995	Fev	21,4	21,9	0,5	2,3
1996	Fev	21,9	22,4	0,5	2,2
1996	Set	15,0	15,1	0,1	0,7
1997	Fev	22,2	23,1	0,9	3,9
1998	Fev	21,5	22,0	0,5	2,3

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 3,0°C e o mínimo 0,0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 15,5%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma seqüência de falhas foi feito o preenchimento do ano (1994), o que apresentou como resultados erros percentuais de 0,7% a 4,0%.

**Tabela 5.2.7** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Porto Alegre na variável temperatura média com onze dados faltantes, equação geral:  $YPTmed_{POA} = 2,34 + 0,49XTmed_{SM} + 0,40XTmed_{SV} + 0,16XTmed_{PF} - 0,09XTmed_{SG}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dado real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	23,9	23,9	0,0	0,0
1994	Fev	23,7	23,8	0,1	0,4
1994	Mar	22,4	22,5	0,1	0,4
1994	Abr	19,3	19,2	0,1	0,5
1994	Mai	18,7	19,2	0,5	2,6
1994	Jun	15,0	14,3	0,7	4,9
1994	Jul	14,7	15,1	0,4	2,6
1994	Ago	14,9	15,2	0,3	2,0
1994	Set	18,0	18,4	0,4	2,2
1994	Out	19,3	19,5	0,2	1,0
1994	Nov	21,1	21,0	0,1	0,5

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 0,7°C e o mínimo 0,0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 4,9%.

**Tabela 5.2.8** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Passo Fundo na variável temperatura média com cinco dados faltantes, equação geral:  $YTmed_{PF} = -1,75 + 0,58XTmed_{SG} + 0,69XTmed_{POA} - 0,36XTmed_{SV}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jun	10,7	11,0	0,3	2,7
1990	Jul	10,4	10,3	0,1	1,0
1990	Ago	14,3	14,4	0,1	0,7
1994	Out	18,7	18,8	0,1	0,5
1994	Nov	19,3	19,3	0,0	0,0

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 0,3°C e o mínimo 0,0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 2,7%.



**Tabela 5.2.9** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Santa Maria na variável temperatura média com doze dados faltantes, equação geral:  $YPTmed_{SM} = -2,08 + 0,50XTmed_{SG} + 0,55XTmed_{POA}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, e seus erros médio e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Dez	22,5	22,5	0,0	0,0
1991	Dez	24,6	24,8	0,2	0,8
1992	Dez	23,5	23,9	0,4	1,7
1993	Dez	23,2	23,4	0,2	0,8
1994	Dez	25,4	25,9	0,5	1,9
1995	Dez	24,8	25,5	0,7	2,7
1996	Dez	23,8	24,5	0,7	2,9
1997	Dez	24,3	24,3	0,0	0,0
1998	Dez	23,1	23,1	0,0	0,0
1999	Dez	23,7	24,2	0,5	2,1
2000	Jun	15,1	16,0	0,9	5,6
2000	Dez	23,3	23,9	0,6	2,5

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 0,9°C e o mínimo 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 5,6%.

Nas tabelas 5.2.10 e 5.2.11 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável umidade relativa à aplicação do modelo matemático obtido por mínimos quadrados e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.2.10** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Rio Grande, na variável umidade relativa com dezenove dados faltantes, equação geral:  $YPUR_{RG} = 34,45 + 0,49XUR_{SV} + 0,16XUR_{POA} - 0,11XUR_{SM} + 0,08XUR_{Ia}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dado previsto (%)	Dado real (%)	Erro médio (%)	Erro %
1990	Jan	79	78	1	1,3
1990	Fev	84	87	3	3,4
1990	Mar	85	85	0	0,0
1990	Abr	87	85	2	2,4
1990	Mai	86	87	1	1,1
1990	Jun	85	85	0	0,0
1990	Jul	87	89	2	2,2
1990	Ago	84	85	1	1,2
1990	Set	86	87	1	1,1
1990	Out	85	84	1	1,2
1990	Nov	83	83	0	0,0
1990	Dez	81	78	3	3,8
1992	Fev	87	84	3	3,6
1993	Jan	83	85	2	2,4
1995	Fev	82	80	2	2,5
1996	Fev	81	81	0	0,0
1996	Set	84	83	1	1,2
1997	Fev	82	84	2	2,4
1998	Fev	84	84	0	0,0

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 3,0% e o mínimo 0% (a umidade relativa tem como unidade de medida a taxa percentual). Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 3,8%.

**Tabela 5.2.11** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Porto Alegre, na variável umidade relativa com sete dados faltantes, equação geral:  $YPU_{rPOA} = 0,61 + 0,38XU_{rE} + 0,52XU_{rRG} + 0,19XU_{rI} - 0,06XU_{rCA} + 0,20XU_{rSM} - 0,18XU_{rSV} - 0,1XU_{rSG}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (%)	Dd real (%)	Erro médio (%)	Erro %
1990	Jun	81	80	1	1,2
1990	Jul	80	78	2	2,6
1990	Ago	75	72	3	4,2
1990	Set	81	78	3	3,8
1990	Out	77	77	0	0,0
1990	Nov	76	73	3	4,1
1990	Dez	71	69	2	2,9

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 3,0% e o mínimo 0% (a umidade relativa tem como unidade de medida a taxa percentual). Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 4,2%.

Nas tabelas 5.2.12 e 5.2.13, estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável precipitação a aplicação do modelo matemático obtido por mínimos quadrados e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.2.12** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Santa Maria, na variável precipitação com doze dados faltantes, equação geral:  $YPP_{SM} = -4,05 + 0,66XP_E + 0,28XP_{PF} + 0,16XP_{POA}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão *stepwise*, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto(mm)	Dd real (mm)	Erro médio(mm)	Erro %
1990	Jan	108,8	109,2	0,4	0,4
1990	Fev	132,1	164,0	31,9	19,4
1990	Mar	219,5	188,1	31,4	16,7
1990	Abr	187,7	253,1	65,4	25,8
1990	Mai	153,7	123,4	30,3	24,5
1990	Jun	106,5	86,0	20,5	23,8
1990	Jul	73,6	92,2	18,6	20,2
1990	Ago	24,1	19,3	4,8	24,9
1990	Set	276,8	226,5	50,3	22,2
1990	Out	268,7	163,7	105,0	64,1
1990	Nov	274,4	278,1	3,7	1,3
1990	Dez	121,5	117,6	3,9	3,3

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 105,0mm e o mínimo 0,4mm. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,4% e 64,1%.

**Tabela 5.2.13** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Bagé, na variável precipitação com oito dados faltantes, equação geral:  $YPP_B = 3,42 + 0,55XP_P + 0,31XP_E + 0,14XP_{SV} + 0,26XP_{SM} - 0,11XP_{PF} - 0,14XP_{POA}$ , onde foi usada para a seleção de preditores a análise de regressão stepwise, que compõem o modelo matemático para a previsão dos dados, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (mm)	Dd real (mm)	Erro médio (mm)	Erro %
1990	Fev	299,6	460,4	160,8	34,9
1992	Fev	320,5	182,5	138,0	75,6
1993	Jan	267,7	304,7	37,0	12,1
1995	Fev	158,1	162,3	4,2	2,6
1996	Set	78,0	70,9	7,1	10,0
1997	Fev	260,2	308,1	47,9	15,5
1998	Fev	241,1	223,9	17,2	7,7
1999	Jan	131,6	61,7	69,9	113,3

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 160,8mm e o mínimo 4,2mm. Em termos percentuais eles ficaram entre 2,6% e 113,3%.

### 5.3 ANÁLISE PELO MÉTODO DE MÉDIA SIMPLES

Aplicaremos agora o método de média simples, em que se utilizou a expressão (4.3.1), também serão simuladas falhas em estações com dados completos, onde é usada a estação com falhas criadas para calcular a média, os dados utilizados são os anos existentes em cada mês, e com essa média é determinado o dado. Nas tabelas 5.3.1, 5.3.2 e 5.3.3 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura máxima a aplicação do método de média simples e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.3.1** – Aplicação do método de média simples na estação de Porto Alegre na variável temperatura máxima com vinte e um dados faltantes e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	30,4	31,0	0,6	1,9
1990	Fev	29,9	30,0	0,1	0,3
1992	Fev	29,5	31,5	2,0	6,3
1993	Jan	30,4	31,3	0,9	2,9
1994	Jan	30,4	30,3	0,1	0,3
1994	Fev	29,9	28,8	1,1	3,8
1994	Mar	29	28,1	0,9	3,2
1994	Abr	25,9	25,5	0,4	1,6
1994	Mai	22,4	24,3	1,9	7,8
1994	Jun	19,8	20,1	0,3	1,5
1994	Jul	18,9	20,6	1,7	8,2
1994	Ago	21,6	21,3	0,3	1,4
1994	Set	22,7	25,2	2,5	9,9
1994	Out	25,0	24,6	0,4	1,6
1994	Nov	27,6	26,5	1,1	4,2
1994	Dez	29,7	32,0	2,3	7,2
1995	Fev	29,9	29,5	0,4	1,4
1996	Fev	29,9	29,8	0,1	0,3
1996	Set	22,7	21,4	1,3	6,1
1997	Fev	29,9	29,6	0,3	1,0
1998	Fev	29,9	28,3	1,6	5,6

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 2,5°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,3% e 9,9%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma sequência de falhas foi feito o preenchimento do ano (1994), o que apresentou como resultados erros percentuais de 0,3% a 9,9 %.

**Tabela 5.3.2** – Aplicação do método de média simples na estação de Cruz Alta na variável temperatura máxima, com dezenove dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	28,3	28,2	0,1	0,3
1990	Fev	28,1	27,9	0,2	0,7
1990	Mar	27,8	27,2	0,6	2,2
1990	Abr	24,3	25,6	1,3	5,1
1990	Mai	20,2	21,3	1,1	5,2
1990	Jun	16,7	16,8	0,1	0,6
1990	Jul	16,1	16,0	0,1	0,6
1990	Ago	21,7	21,9	0,2	0,9
1990	Set	19,2	18,6	0,6	3,2
1992	Abr	24	23,8	0,2	0,8
1992	Mai	20,2	20,3	0,1	0,5
1992	Jun	20,6	21,1	0,5	2,4
1994	Jul	19,5	19,2	0,3	1,6
1994	Ago	21,8	21,5	0,3	1,4
1994	Set	23,8	23,9	0,1	0,4
1994	Out	25,3	25,3	0,0	0,0
1994	Nov	26,3	26,5	0,2	0,7
1995	Jun	20,7	20,6	0,1	0,5
1995	Jul	21,2	20,8	0,4	1,9

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,3°C e o mínimo 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 5,2%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma sequência de falhas foi feito o preenchimento de meio ano (1990), o que apresentou como resultados 0,3% a 5,2%.

**Tabela 5.3.3** – Aplicação do método de média simples na estação de Santa Maria, variável temperatura máxima, com doze dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	30,7	30,2	0,5	1,7
1994	Fev	29,4	27,9	1,5	5,4
1994	Mar	28,3	27,7	0,6	2,2
1994	Abr	25,2	25,0	0,2	0,8
1994	Mai	21,8	23,8	2,0	8,4
1994	Jun	19,3	19,6	0,3	1,5
1994	Jul	18,7	20,2	1,5	7,4
1994	Ago	21,5	20,9	0,6	2,9
1994	Set	21,7	24,2	2,5	10,3
1994	Out	24,8	24,4	0,4	1,6
1994	Nov	27,7	27,0	0,7	2,6
1994	Dez	30,1	32,4	2,3	7,1

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 2,5°C e o mínimo 0,2°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,8% e 10,3%.

Nas tabelas 5.3.4 e 5.3.5, estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura mínima a aplicação do método de média simples a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.3.4** – Aplicação do método de média simples na estação de Irai na variável temperatura mínima com quinze dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro%
1990	Jan	20,0	20,7	0,7	3,4
1990	Fev	19,5	20,1	0,6	3,0
1990	Mar	18,3	18,1	0,2	1,1
1990	Abr	15,3	12,5	2,8	22,4
1990	Mai	12,0	10,5	1,5	14,3
1990	Jun	10,3	9,2	1,1	12,0
1990	Jul	9,0	8,0	1,0	12,5
1990	Ago	10,9	10,2	0,7	6,9
1990	Set	13,1	11,1	2,0	18,0
1994	Jul	9,0	10,4	1,4	13,5
1994	Ago	10,9	10,3	0,6	5,8
1995	Abr	15,3	13,2	2,1	15,9
1995	Mai	12,0	10,8	1,2	11,1
1995	Jun	10,3	10,9	0,6	5,5
1995	Jul	9,0	13,2	4,2	31,8

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4,2°C e o mínimo 0,2°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 31,8% e 1,1%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma sequência de falhas foi feito o preenchimento de nove meses do ano de (1990), o que apresentou como resultados 1,1% a 22,4%.

**Tabela 5.3.5** – Aplicação do método de média simples na estação de Cruz Alta na variável temperatura mínima com oito dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Fev	17,7	18,7	1,0	5,3
1992	Fev	17,7	19,3	1,6	8,3
1993	Jan	18,7	19,4	0,7	3,6
1995	Fev	17,7	17,6	0,1	0,6
1996	Fev	17,7	18,4	0,7	3,8
1996	Set	11,4	10,4	1,0	9,6
1997	Fev	17,7	19,4	1,7	8,8

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,7°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,6% e 9,6%.



Nas tabelas 5.3.6, 5.3.7, 5.3.8 e 5.3.9 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura média a aplicação do método de média simples a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.3.6** – Aplicação do método de média simples na estação de Cruz Alta na variável temperatura média com vinte e nove dados faltantes, e calcularam-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	22,9	23,0	0,1	0,4
1990	Fev	22,3	22,4	0,1	0,4
1990	Mar	21,1	21,5	0,4	1,9
1990	Abr	18,3	19,5	1,2	6,2
1990	Mai	15,0	15,0	0,0	0,0
1990	Jun	13,2	11,7	1,5	12,8
1990	Jul	12,2	10,7	1,5	14,0
1990	Ago	14,5	15,4	0,9	5,8
1990	Set	15,5	13,7	1,8	13,1
1991	Fev	22,3	23,0	0,7	3,0
1992	Fev	22,3	19,3	3,0	15,5
1993	Jan	22,9	23,4	0,5	2,1
1994	Jan	22,9	23,1	0,2	0,9
1994	Fev	22,3	21,5	0,8	3,7
1994	Mar	21,1	20,5	0,6	2,9
1994	Abr	18,3	18,4	0,1	0,5
1994	Mai	15,0	17,7	2,7	15,3
1994	Jun	13,2	13,4	0,2	1,5
1994	Jul	12,2	13,8	1,6	11,6
1994	Ago	14,5	14,7	0,2	1,4
1994	Set	15,5	17,3	1,8	10,4
1994	Out	18,2	19,5	1,3	6,7
1994	Nov	20,6	20,1	0,5	2,5
1994	Dez	22,5	24,8	2,3	9,3
1995	Fev	22,3	21,9	0,4	1,8
1996	Fev	22,3	22,4	0,1	0,4
1996	Set	15,5	15,1	0,4	2,6
1997	Fev	22,3	23,1	0,8	3,5
1998	Fev	22,3	22,0	0,3	1,4

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 3,0°C e o mínimo 0,0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 15,5%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma seqüência de falhas foi feito o preenchimento do ano (1994), o que apresentou como resultados erros percentuais de 0,5% a 15,3%.

**Tabela 5.3.7** – Aplicação do método de média simples na estação de Porto Alegre na variável temperatura média com onze dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro%
1994	Jan	24,7	23,9	0,8	3,3
1994	Fev	24,2	23,8	0,4	1,7
1994	Mar	23,2	22,5	0,7	3,1
1994	Abr	20,4	19,2	1,2	6,2
1994	Mai	16,8	19,2	2,4	12,5
1994	Jun	14,2	14,3	0,1	0,7
1994	Jul	13,4	15,1	1,7	11,3
1994	Ago	15,4	15,2	0,2	1,3
1994	Set	16,5	18,4	1,9	10,3
1994	Out	19,5	19,5	0,0	0,0
1994	Nov	21,6	21,0	0,6	2,9

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 2,4°C e o mínimo 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 12,5%.

**Tabela 5.3.8** – Aplicação do método de media simples na estação de Passo Fundo na variável temperatura média com cinco dados faltantes, e calculou-se seu erro.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jun	12,9	11,0	1,9	17,3
1990	Jul	12,3	10,3	2,0	19,4
1990	Ago	14,5	14,4	0,1	0,7
1994	Out	18,0	18,8	0,8	4,3
1994	Nov	20,1	19,3	0,8	4,1

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 2,0°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,7% e 19,4%.

**Tabela 5.3.9** – Aplicação do método de média simples na estação de Santa Maria na variável temperatura média com doze dados faltantes, e calcularam-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Dez	24,1	22,5	1,6	7,1
1991	Dez	23,0	24,8	1,8	7,3
1992	Dez	22,3	23,9	1,6	6,7
1993	Dez	23,2	23,4	0,2	0,8
1994	Dez	22,8	25,9	3,1	12,0
1995	Dez	24,2	25,5	1,3	5,1
1996	Dez	23,6	24,5	0,9	3,7
1997	Dez	23,7	24,3	0,6	2,5
1998	Dez	23,0	23,1	0,1	0,4
1999	Dez	22,8	24,2	1,4	5,8
2000	Jun	13,0	16,0	3,0	18,7
2000	Dez	22,8	23,9	1,1	4,6

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 3,1°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,4% e 12,0%.

Nas tabelas 5.3.10 e 5.3.11 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável umidade relativa à aplicação do método de média simples.

**Tabela 5.3.10** – Aplicação do método de média simples na estação de Rio Grande, na variável umidade relativa com dezenove dados faltantes, e calcularam-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (%)	Dado real (%)	Erro médio (%)	Erro %
1990	Jan	81	78	3	3,8
1990	Fev	82	87	5	5,7
1990	Mar	83	85	2	2,4
1990	Abr	84	85	1	1,2
1990	Mai	86	87	1	1,1
1990	Jun	87	85	2	2,4
1990	Jul	87	89	2	2,2
1990	Ago	86	85	1	1,2
1990	Set	84	87	3	3,4
1990	Out	83	84	1	1,2
1990	Nov	81	83	2	2,4
1990	Dez	80	78	2	2,6
1992	Fev	82	84	2	2,4
1993	Jan	81	85	4	4,7
1995	Fev	82	80	2	2,5
1996	Fev	82	81	1	1,2
1996	Set	84	83	1	1,2
1997	Fev	82	84	2	2,4
1998	Fev	82	84	2	2,4

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 5% e o mínimo 1% (a umidade relativa tem como unidade de medida a taxa percentual). Em termos percentuais eles ficaram entre 1,2% e 5,7%.

**Tabela 5.3.11** – Aplicação do método de regressão linear múltipla na estação de Porto Alegre, na variável umidade relativa com sete dados faltantes, e calcularam-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (%)	Dd real (%)	Erro médio (%)	Erro %
1990	Jun	82	80	2	2,5
1990	Jul	81	78	3	3,8
1990	Ago	78	72	6	8,3
1990	Set	76	78	2	2,6
1990	Out	76	77	1	1,3
1990	Nov	72	73	1	1,4
1990	Dez	72	69	3	4,3

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 6% e o mínimo 1%(a unidade relativa tem como unidade de medida a taxa percentual). Em termos percentuais eles ficaram entre 1,3% e 8,3%.

Nas tabelas 5.3.12 e 5.3.13, estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável precipitação a aplicação do método de média simples.

**Tabela 5.3.12** – Aplicação do método de média simples na estação de Santa Maria, na variável precipitação com doze dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto(mm)	Dd real (mm)	Erro médio (mm)	Erro %
1990	Jan	179,9	109,2	70,7	64,7
1990	Fev	158,7	164,0	5,3	3,2
1990	Mar	133,3	188,1	54,8	29,1
1990	Abr	175,1	253,1	78,0	30,8
1990	Mai	143,2	123,4	19,8	16,0
1990	Jun	159,8	86,0	73,8	85,8
1990	Jul	166,2	92,2	74,0	80,3
1990	Ago	107,0	19,3	87,7	454,4
1990	Set	142,0	226,5	84,5	37,3
1990	Out	179,3	163,7	15,6	9,5
1990	Nov	113,9	278,1	164,2	59,0
1990	Dez	163,7	117,6	46,1	39,2

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 164,2mm e o mínimo 5,3mm. Em termos percentuais eles ficaram entre 3,2% e 454,4%.

**Tabela 5.3.13** – Aplicação do método de média simples na estação de Bagé, na variável precipitação com oito dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto(mm)	Dd real (mm)	Erro médio (mm)	Erro %
1990	Fev	92,8	460,4	367,6	79,8
1992	Fev	92,8	182,5	89,7	49,1
1993	Jan	109,9	304,7	194,8	63,9
1995	Fev	92,8	162,3	69,5	42,8
1996	Set	99,6	70,9	28,7	40,5
1997	Fev	92,8	308,1	215,3	69,9
1998	Fev	92,8	223,9	131,1	58,5
1999	Jan	109,9	61,7	48,2	78,1

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 367,6mm e o mínimo 28,7mm. Em termos percentuais eles ficaram entre 40,5% e 79,8%.

## 5.4 ANÁLISE PELO MÉTODO DE STEURER

Aplicaremos agora o método de Steurer, em que se utilizou a expressão (4.5.1), também serão simuladas falhas em estações com dados completos. Nas tabelas 5.4.1, 5.4.2 e 5.4.3 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura máxima a aplicação do método de Steurer e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.4.1** – Aplicação do método de Steurer na estação de Porto Alegre na variável temperatura máxima com vinte e um dados faltantes e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro%
1990	Jan	29,4	31,0	1,6	5,2
1990	Fev	30,0	30,0	0,0	0,0
1992	Fev	30,4	31,5	1,1	3,5
1993	Jan	30,1	31,3	1,2	3,8
1994	Jan	30,2	30,3	0,1	0,3
1994	Fev	28,5	28,8	0,3	1,0
1994	Mar	28,4	28,1	0,3	1,1
1994	Abr	25,8	25,5	0,3	1,2
1994	Mai	23,7	24,3	0,6	2,5
1994	Jun	19,8	20,1	0,3	1,5
1994	Jul	19,4	20,6	1,2	5,8
1994	Ago	21,7	21,3	0,4	1,9
1994	Set	23,7	25,2	1,5	6,0
1994	Out	25,2	24,6	0,6	2,4
1994	Nov	26,6	26,5	0,1	0,4
1994	Dez	31,3	32,0	0,7	2,2
1995	Fev	29,3	29,5	0,2	0,7
1996	Fev	30,6	29,8	0,8	2,7
1996	Set	22,2	21,4	0,8	3,7
1997	Fev	30,3	29,6	0,7	2,4
1998	Fev	29,1	28,3	0,8	2,8

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,6°C e o mínimo 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 6,0%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma sequência de falhas foi feito o preenchimento do ano (1994), o que apresentou como resultados erros percentuais de 0,3% a 6,0 %.

**Tabela 5.4.2** - Aplicação do método de Steurer na estação de Cruz Alta na variável temperatura máxima, com dezenove dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro%
1990	Jan	28,4	28,2	0,2	0,7
1990	Fev	28,2	27,9	0,3	1,1
1990	Mar	27,3	27,2	0,1	0,4
1990	Abr	24,7	25,6	0,9	3,5
1990	Mai	20,8	21,3	0,5	2,3
1990	Jun	16,8	16,8	0,0	0,0
1990	Jul	16,8	16,0	0,8	5,0
1990	Ago	21,8	21,9	0,1	0,5
1990	Set	20,6	18,6	2,0	10,7
1992	Abr	24,4	23,8	0,6	2,5
1992	Mai	20,6	20,3	0,3	1,5
1992	Jun	19,9	21,1	1,2	5,7
1994	Jul	18,5	19,2	0,7	3,6
1994	Ago	21,3	21,5	0,2	0,9
1994	Set	23,3	23,9	0,6	2,5
1994	Out	22,2	25,3	3,1	12,2
1994	Nov	26,7	26,5	0,2	0,7
1995	Jun	19,4	20,6	1,2	5,8
1995	Jul	19,3	20,8	1,5	7,2

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 3,1°C e o mínimo 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 12,2%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma seqüência de falhas foi feito o preenchimento de meio ano (1990), o que apresentou como resultados 0% a 10,7%.

**Tabela 5.4.3** – Aplicação do método de Steurer na estação de Santa Maria, variável temperatura máxima, com doze dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	30,8	30,2	0,6	2,0
1994	Fev	28,0	27,9	0,1	0,4
1994	Mar	27,8	27,7	0,1	0,4
1994	Abr	25,4	25,0	0,4	1,6
1994	Mai	23,0	23,8	0,8	3,4
1994	Jun	19,5	19,6	0,1	0,5
1994	Jul	19,4	20,2	0,8	4,0
1994	Ago	21,4	20,9	0,5	2,4
1994	Set	22,7	24,2	1,5	6,2
1994	Out	25,1	24,4	0,7	2,9
1994	Nov	26,7	27,0	0,3	1,1
1994	Dez	31,9	32,4	0,5	1,5

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,5°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,4% e 6,2%.

Nas tabelas 5.4.4 e 5.4.5 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura mínima a aplicação da adaptação do método de Steurer e a partir deste a previsão dos dados.



**Tabela 5.4.4** – Aplicação do método de Steurer na estação de Irai na variável temperatura mínima com quinze dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	20,3	20,7	0,4	1,9
1990	Fev	20,1	20,1	0,0	0,0
1990	Mar	18,8	18,1	0,7	3,9
1990	Abr	16,6	12,5	4,1	32,8
1990	Mai	11,0	10,5	0,5	4,8
1990	Jun	9,0	9,2	0,2	2,2
1990	Jul	8,3	8,0	0,3	3,7
1990	Ago	10,9	10,2	0,7	6,9
1990	Set	11,5	11,1	0,4	3,6
1994	Jul	9,7	10,4	0,7	6,7
1994	Ago	10,6	10,3	0,3	2,9
1995	Abr	13,9	13,2	0,7	5,3
1995	Mai	11,3	10,8	0,5	4,6
1995	Jun	10,4	10,9	0,5	4,6
1995	Jul	10,5	13,2	2,7	20,4

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4,1°C e o mínimo 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 20,4%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma sequência de falhas foi feito o preenchimento de nove meses do ano de (1990), o que apresentou como resultados erros percentuais de 0% a 32,8%.

**Tabela 5.4.5** – Aplicação do método de Steurer na estação de Cruz Alta na variável temperatura mínima com oito dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Fev	18,8	18,7	0,1	0,5
1992	Fev	19,5	19,3	0,2	1,0
1993	Jan	19,9	19,4	0,5	2,6
1995	Fev	17,2	17,6	0,4	2,3
1996	Fev	17,7	18,4	0,7	3,8
1996	Set	11,3	10,4	0,9	8,7
1997	Fev	18,4	19,4	1,0	3,7
1998	Fev	18,1	18,4	0,3	1,6

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,0°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,5% e 8,7%. Neste caso o método foi aplicado em anos diferentes, mas as falhas ocorreram várias vezes no mês de fevereiro, o que apresentou como resultados erros percentuais de 0,5% a 3,8%.

Nas tabelas 5.4.6 e 5.4.7, estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura média a aplicação do método de Steurer e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.4.6** – Aplicação do método de Steurer na estação de Cruz Alta na variável temperatura média com vinte e nove dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro%
1990	Jan	22,4	23,0	0,6	2,6
1990	Fev	22,6	22,4	0,2	0,9
1990	Mar	21,4	21,5	0,1	0,5
1990	Abr	18,9	19,5	0,6	3,1
1990	Mai	14,1	15,0	0,9	6,0
1990	Jun	11,6	11,7	0,1	0,8
1990	Jul	11,4	10,7	0,7	3,7
1990	Ago	14,5	15,4	0,9	5,8
1990	Set	14,2	13,7	0,5	3,6
1991	Fev	23,0	23,0	0,0	0,0
1992	Fev	23,5	19,3	4,2	21,8
1993	Jan	23,2	23,4	0,2	0,8
1994	Jan	22,5	23,1	0,6	2,6
1994	Fev	21,3	21,5	0,2	0,9
1994	Mar	20,4	20,5	0,1	0,5
1994	Abr	18,0	18,4	0,4	2,2
1994	Mai	16,9	17,7	0,8	4,5
1994	Jun	13,3	13,4	0,1	0,7
1994	Jul	13,0	13,8	0,8	5,8
1994	Ago	14,3	14,7	0,4	2,7
1994	Set	16,6	17,3	0,7	4,0
1994	Out	18,8	19,5	0,7	3,6
1994	Nov	20,0	20,1	0,1	0,5
1994	Dez	24,2	24,8	0,6	2,4
1995	Fev	21,5	21,9	0,4	1,8
1996	Fev	22,3	22,4	0,1	0,4
1996	Set	14,9	15,1	0,2	1,3
1997	Fev	23,0	23,1	0,1	0,4
1998	Fev	21,8	22,0	0,2	0,9

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4,2°C e o mínimo 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 21,8%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma sequência de falhas foi feito o preenchimento do ano (1994), o que apresentou como resultados erros percentuais de 0,5% a 5,8%.

**Tabela 5.4.7** – Aplicação do método de Steurer na estação de Porto Alegre na variável temperatura média com onze dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	24,3	23,9	0,4	1,7
1994	Fev	23,2	23,8	0,6	2,5
1994	Mar	22,7	22,5	0,2	0,9
1994	Abr	19,9	19,2	0,7	3,6
1994	Mai	18,5	19,2	0,7	3,6
1994	Jun	14,8	14,3	0,5	3,5
1994	Jul	14,0	15,1	1,1	7,3
1994	Ago	14,9	15,2	0,3	2,0
1994	Set	18,1	18,4	0,3	1,6
1994	Out	19,8	19,5	0,3	1,5
1994	Nov	21,1	21,0	0,1	0,5

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,1°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,5% e 7,3%.

Nas tabelas 5.4.8, 5.4.9 e 5.4.10 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável umidade relativa à aplicação do método de Steurer.

**Tabela 5.4.8** – Aplicação do método de Steurer na estação de Rio Grande, na variável umidade relativa com dezenove dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (%)	Dd real (%)	Erro médio (%)	Erro %
1990	Jan	80	78	2	2,6
1990	Fev	82	87	5	5,7
1990	Mar	84	85	1	1,2
1990	Abr	85	85	0	0,0
1990	Mai	87	87	0	0,0
1990	Jun	86	85	1	1,2
1990	Jul	86	89	3	3,4
1990	Ago	85	85	0	0,0
1990	Set	85	87	2	2,3
1990	Out	84	84	0	0,0
1990	Nov	82	83	1	1,2
1990	Dez	80	78	2	2,6
1992	Fev	83	84	1	1,2
1993	Jan	82	85	3	3,5
1995	Fev	82	80	2	2,5
1996	Fev	82	81	1	1,2
1996	Set	84	83	1	1,2
1997	Fev	82	84	2	2,4
1998	Fev	83	84	1	1,2

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 5% e o mínimo 0% (a umidade relativa tem como unidade de medida a taxa percentual). Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 5,7%.

**Tabela 5.4.9** – Aplicação da adaptação do método de Steurer na estação de Porto Alegre, na variável umidade relativa com sete dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (%)	Dd real (%)	Erro médio (%)	Erro %
1990	Jun	83	80	3	3,7
1990	Jul	81	78	3	3,8
1990	Ago	77	72	5	6,9
1990	Set	77	78	1	1,3
1990	Out	77	77	0	0,0
1990	Nov	74	73	1	1,4
1990	Dez	73	69	4	5,8

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 5% e o mínimo 0% (a umidade relativa tem como unidade de medida a taxa percentual). Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 6,9%.

## 5.5 ANÁLISE PELO MÉTODO DE MÉDIA DE TRÊS ESTAÇÕES

Aplicaremos agora o método média de três estações, em que se utilizou a expressão (4.3.1), também serão simuladas falhas em estações com dados completos. Agora para previsão do dado faltante foram escolhidas três estações com o maior coeficiente de correlação entre elas, e com dados de mesmo mês e ano calculou-se a média e obteve-se o dado faltante.

Nas tabelas 5.5.1, 5.5.2 e 5.5.3 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura máxima a aplicação do método média de três estações e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.5.1** – Aplicação do método média de três estações na estação de Porto Alegre na variável temperatura máxima com vinte e um dados faltantes e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	29,0	31,0	2,0	6,4
1990	Fev	28,1	30,0	1,9	6,3
1992	Fev	28,4	31,5	3,1	9,8
1993	Jan	29,0	31,3	2,3	7,2
1994	Jan	28,9	30,3	1,4	4,6
1994	Fev	26,8	28,8	2,0	6,9
1994	Mar	26,4	28,1	1,7	6,0
1994	Abr	24,1	25,5	1,4	5,5
1994	Mai	22,5	24,3	1,8	7,4
1994	Jun	18,1	20,1	2,0	10,0
1994	Jul	18,8	20,6	1,8	8,7
1994	Ago	20,4	21,3	0,9	4,2
1994	Set	23,1	25,2	2,1	8,3
1994	Out	23,8	24,6	0,8	3,2
1994	Nov	25,6	26,5	0,9	3,4
1994	Dez	30,9	32,0	1,1	3,4
1995	Fev	27,5	29,5	2,0	6,8
1996	Fev	27,9	29,8	1,9	6,4
1996	Set	20,1	21,4	1,3	6,1
1997	Fev	27,8	29,6	1,8	6,1
1998	Fev	27,0	28,3	1,3	4,6

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 3,1°C e o mínimo 0,8°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 3,2% e 10,0%.

**Tabela 5.5.2** – Aplicação do método média de três estações na estação de Cruz Alta na variável temperatura máxima, com dezenove dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	29,1	28,2	0,9	3,2
1990	Fev	28,5	27,9	0,6	2,1
1990	Mar	27,5	27,2	0,3	1,1
1990	Abr	24,2	25,6	1,4	7,2
1990	Mai	20,2	21,3	1,1	5,2
1990	Jun	16,7	16,8	0,1	0,6
1990	Jul	16,3	16,0	0,3	1,9
1990	Ago	21,8	21,9	0,1	0,5
1990	Set	19,2	18,6	0,6	3,2
1992	Abr	23,8	23,8	0,0	0,0
1992	Mai	20,0	20,3	0,3	1,5
1992	Jun	20,6	21,1	0,5	2,4
1994	Jul	19,2	19,2	0,0	0,0
1994	Ago	21,2	21,5	0,3	3,2
1994	Set	23,7	23,9	0,2	0,8
1994	Out	25,0	25,3	0,3	1,2
1994	Nov	26,2	26,5	0,3	1,1
1995	Jun	20,0	20,6	0,6	2,9
1995	Jul	20,7	20,8	0,1	0,5

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,4°C e o mínimo 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 7,2%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma seqüência de falhas foi feito o preenchimento de meio ano (1990), o que apresentou como resultados 0,5% a 7,2%.

**Tabela 5.5.3** – Aplicação do método média de três estações na estação de Santa Maria, variável temperatura máxima, com doze dados faltantes, e calcularam-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	29,0	30,2	1,2	4,0
1994	Fev	26,7	27,9	1,2	4,3
1994	Mar	26,4	27,7	1,3	4,7
1994	Abr	24,2	25,0	0,8	3,2
1994	Mai	22,3	23,8	1,5	6,3
1994	Jun	18,1	19,6	1,5	7,6
1994	Jul	18,3	20,2	1,9	9,4
1994	Ago	20,0	20,9	0,9	4,3
1994	Set	22,9	24,2	1,3	5,4
1994	Out	23,7	24,4	0,7	2,9
1994	Nov	25,7	27,0	1,3	4,8
1994	Dez	31,2	32,4	1,2	3,7

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,7°C e o mínimo 0,7°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 2,9% e 9,4%.

Nas tabelas 5.5.4 e 5.5.5, estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura mínima a aplicação do método de média de três estações e a partir deste a previsão dos dados.



**Tabela 5.5.4** – Aplicação do método média de três estações na estação de Irai na variável temperatura mínima com quinze dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	20,1	20,7	0,6	2,9
1990	Fev	19,9	20,1	0,2	1,0
1990	Mar	18,9	18,1	0,8	4,4
1990	Abr	16,9	12,5	4,4	35,2
1990	Mai	11,2	10,5	0,7	6,7
1990	Jun	8,6	9,2	0,6	6,5
1990	Jul	8,2	8,0	0,2	2,5
1990	Ago	11,3	10,2	1,1	10,8
1990	Set	10,7	11,1	0,4	3,6
1994	Jul	11,2	10,4	0,8	7,7
1994	Ago	11,1	10,3	0,8	7,8
1995	Abr	14,4	13,2	1,2	9,1
1995	Mai	11,6	10,8	0,8	7,4
1995	Jun	10,7	10,9	0,2	1,8
1995	Jul	12,8	13,2	0,4	3,0

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4,4°C e o mínimo 0,2°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 1,0% e 35,2%.

**Tabela 5.5.5** – Aplicação do método média de três estações na estação de Cruz Alta na variável temperatura mínima com oito dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Fev	19,3	18,7	0,9	4,8
1992	Fev	20,1	19,3	0,8	4,1
1993	Jan	20,1	19,4	0,7	3,6
1995	Fev	18,1	17,6	0,5	2,8
1996	Fev	18,4	18,4	0	0,0
1996	Set	10,5	10,4	0,1	1,0
1997	Fev	18,9	19,4	0,5	2,6
1998	Fev	18,8	18,4	0,4	2,2

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 0,9°C e o mínimo 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,6% e 9,6%.

Nas tabelas 5.5.6, 5.5.7, 5.5.8 e 5.5.9 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável temperatura média a aplicação do método média de três estações a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.5.6** – Aplicação do método média de três estações na estação de Cruz Alta na variável temperatura média com vinte e nove dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jan	24,2	23,0	1,2	5,2
1990	Fev	23,5	22,4	1,1	4,9
1990	Mar	22,5	21,5	1,0	4,6
1990	Abr	19,9	19,5	0,4	2,0
1990	Mai	14,9	15,0	0,1	0,7
1990	Jun	11,8	11,7	0,1	0,8
1990	Jul	11,5	10,7	0,8	7,5
1990	Ago	15,6	15,4	0,2	1,3
1990	Set	14,7	13,7	1,0	7,3
1991	Fev	23,9	23,0	0,9	3,9
1992	Fev	24,1	19,3	4,8	24,9
1993	Jan	24,6	23,4	1,2	5,1
1994	Jan	24,2	23,1	1,1	4,8
1994	Fev	22,7	21,5	1,2	5,6
1994	Mar	21,5	20,5	1,0	4,9
1994	Abr	19,1	18,4	0,7	3,8
1994	Mai	18,3	17,7	0,6	3,4
1994	Jun	14,3	13,4	0,9	6,7
1994	Jul	14,8	13,8	1,0	7,2
1994	Ago	15,4	14,7	0,7	4,8
1994	Set	18,1	17,3	0,8	4,6
1994	Out	20,1	19,5	0,6	3,1
1994	Nov	21,0	20,1	0,9	4,5
1994	Dez	25,6	24,8	0,8	3,2
1995	Fev	22,8	21,9	0,9	4,1
1996	Fev	23,3	22,4	0,9	4,0
1996	Set	15,8	15,1	0,7	4,6
1997	Fev	23,8	23,1	0,7	3,0
1998	Fev	23,0	22,0	1,0	4,5

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4,8°C e o mínimo 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,7% e 24,9%. Para analisar o desempenho do método quando aplicado a uma sequência de falhas foi feito o preenchimento do ano (1994), o que apresentou como resultados erros percentuais de 3,1% a 7,2%.

**Tabela 5.5.7** – Aplicação do método média de três estações na estação de Porto Alegre na variável temperatura média com onze dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	22,8	23,9	1,1	4,6
1994	Fev	22,3	23,8	1,5	6,3
1994	Mar	21,3	22,5	1,2	5,3
1994	Abr	18,1	19,2	1,1	5,7
1994	Mai	17,7	19,2	1,5	7,8
1994	Jun	13,3	14,3	1,0	7,0
1994	Jul	13,2	15,1	1,9	12,6
1994	Ago	13,5	15,2	1,7	11,2
1994	Set	16,8	18,4	1,6	8,7
1994	Out	18,2	19,5	1,3	6,7
1994	Nov	20,0	21,0	1,0	4,8

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,9°C e o mínimo 1,0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 4,6% e 12,6%.

**Tabela 5.5.8** – Aplicação do método média de três estações na estação de Passo Fundo na variável temperatura média com cinco dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Jun	11,5	11,0	0,5	4,5
1990	Jul	11,5	10,3	1,2	11,7
1990	Ago	15,5	14,4	1,1	7,6
1994	Out	19,6	18,8	0,8	4,3
1994	Nov	20,9	19,3	1,6	8,3

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,6°C e o mínimo 0,5°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 4,3% e 11,7%.

**Tabela 5.5.9** – Aplicação do método média de três estações na estação de Santa Maria na variável temperatura média com doze dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1990	Dez	22,2	22,5	0,3	1,3
1991	Dez	24,3	24,8	0,5	2,0
1992	Dez	23,0	23,9	0,9	3,8
1993	Dez	22,9	23,4	0,5	2,1
1994	Dez	25,1	25,9	0,8	3,1
1995	Dez	24,3	25,5	1,2	4,7
1996	Dez	23,6	24,5	0,9	3,7
1997	Dez	23,6	24,3	0,7	2,9
1998	Dez	22,8	23,1	0,3	1,3
1999	Dez	23,4	24,2	0,8	3,3
2000	Jun	15,4	16,0	0,6	3,7
2000	Dez	23,2	23,9	0,7	2,9

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 1,2°C e o mínimo 0,3°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 1,3% e 4,7%.

Nas tabelas 5.5.10 e 5.5.11 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável umidade relativa à aplicação do método média de três estações e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.5.10** – Aplicação do método média de três estações na estação de Rio Grande, na variável umidade relativa com dezenove dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (%)	Dd real (%)	Erro médio (%)	Erro %
1990	Jan	71	78	7	9,0
1990	Fev	81	87	6	6,9
1990	Mar	81	85	4	4,7
1990	Abr	83	85	2	2,4
1990	Mai	83	87	4	4,6
1990	Jun	81	85	4	4,7
1990	Jul	82	89	7	7,9
1990	Ago	78	85	7	8,2
1990	Set	83	87	4	4,6
1990	Out	82	84	2	2,4
1990	Nov	78	83	5	6,0
1990	Dez	74	78	4	5,1
1992	Fev	81	84	3	3,6
1993	Jan	80	85	5	5,9
1995	Fev	77	80	3	3,8
1996	Fev	78	81	3	3,7
1996	Set	79	83	4	4,8
1997	Fev	80	84	4	4,8
1998	Fev	81	84	3	3,6

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 7% e o mínimo 2% (a umidade relativa tem como unidade de medida a taxa percentual). Em termos percentuais eles ficaram entre 2,4% e 9,0%.

**Tabela 5.5.11** – Aplicação do método média de três estações na estação de Porto Alegre, na variável umidade relativa com sete dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (%)	Dd real (%)	Erro médio (%)	Erro %
1990	Jun	84	80	4	5,0
1990	Jul	78	78	0	0,0
1990	Ago	74	72	2	2,8
1990	Set	81	78	3	3,8
1990	Out	78	77	1	1,3
1990	Nov	76	73	3	4,1
1990	Dez	71	69	2	2,9

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4% e o mínimo 0%(a unidade relativa tem como unidade de medida a taxa percentual). Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 5,0%.

Nas tabelas 5.5.12 e 5.5.13, estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável precipitação a aplicação da adaptação do método média de três estações e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.5.12** – Aplicação do método média de três estações na estação de Santa Maria, na variável precipitação com doze dados faltantes, e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (mm)	Dd real (mm)	Erro médio (mm)	Erro %
1990	Jan	81,3	109,2	27,9	25,5
1990	Fev	214,4	164,0	50,4	30,7
1990	Mar	178,0	188,1	10,1	5,4
1990	Abr	139,7	253,1	113,4	44,8
1990	Mai	65,6	123,4	57,8	46,8
1990	Jun	58,3	86,0	27,7	32,2
1990	Jul	54,5	92,2	37,7	40,9
1990	Ago	25,8	19,3	6,5	33,7
1990	Set	208,2	226,5	18,3	8,1
1990	Out	186,6	163,7	22,9	14,0
1990	Nov	227,9	278,1	50,2	18,1
1990	Dez	142,4	117,6	24,8	21,1

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 113,4mm e o mínimo 10,1mm. Em termos percentuais eles ficaram entre 5,4% e 46,8%.

**Tabela 5.5.13** – Aplicação do método média de três estações na estação de Bagé, na variável precipitação com oito dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (mm)	Dd real (mm)	Erro médio (mm)	Erro %
1990	Fev	333,6	460,4	126,8	27,5
1992	Fev	236,7	182,5	54,2	29,7
1993	Jan	208,5	304,7	96,2	31,6
1995	Fev	119,5	162,3	42,8	26,4
1996	Set	71,6	70,9	0,7	1,0
1997	Fev	226,2	308,1	81,9	26,6
1998	Fev	214,3	223,9	9,6	4,3
1999	Jan	113,1	61,7	51,4	83,3

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 126,8mm e o mínimo 0,7mm. Em termos percentuais eles ficaram entre 1,0% e 83,3%.

## 5.6 ANÁLISE PELO MÉTODO DE PROPORÇÃO NORMAL

Aplicaremos agora o método de proporção normal, em que se utilizou a expressão (4.6.1), também serão simuladas falhas em estações com dados completos. Nas tabelas 5.5.1 e 5.5.2 estão algumas das estações trabalhadas, mostrando na variável precipitação a aplicação do método de proporção normal e a partir deste a previsão dos dados.

**Tabela 5.6.1** – Aplicação do método de proporção normal na estação de Santa Maria, na variável precipitação com doze dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (mm)	Dd real (mm)	Erro médio (mm)	Erro %
1990	Jan	157,4	109,2	48,2	44,1
1990	Fev	158,9	164,0	5,1	3,1
1990	Mar	144,0	188,1	44,1	23,5
1990	Abr	73,0	253,1	180,1	71,2
1990	Mai	80,9	123,4	42,5	34,5
1990	Jun	74,3	86,0	11,7	13,6
1990	Jul	79,1	92,2	13,1	14,2
1990	Ago	143,2	19,3	123,9	641,8
1990	Set	85,9	226,5	140,6	62,1
1990	Out	98,8	163,7	64,9	39,7
1990	Nov	106,3	278,1	171,8	61,8
1990	Dez	99,9	117,6	17,7	15,1

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 180,1mm e o mínimo 5,1mm. Em termos percentuais eles ficaram entre 3,1% e 641,8%.

**Tabela 5.6.2** – Aplicação do método de proporção normal na estação de Bagé, na variável precipitação com oito dados faltantes, e seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (mm)	Dd real (mm)	Erro médio(mm)	Erro %
1990	Fev	67,4	460,4	393,0	85,4
1992	Fev	67,4	182,5	115,1	63,1
1993	Jan	121,9	304,7	182,8	60,0
1995	Fev	67,4	162,3	94,9	58,5
1996	Set	96,2	70,9	25,3	35,7
1997	Fev	67,4	308,1	240,7	78,1
1998	Fev	67,4	223,9	156,5	69,9
1999	Jan	121,9	61,7	60,2	97,6

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 393,0mm e o mínimo 25,3mm. Em termos percentuais eles ficaram entre 35,7% e 97,6%.

## 5.7 ANÁLISE HARMÔNICA

Aplicou-se o método de Análise Harmônica, onde foram calculados os coeficientes de Fourier com os dados disponíveis de forma a se substituir a função considerada periódica através da equação (4.7.1).



**Tabela 5.7.1** – Aplicação do método de análise harmônica na estação de Santa Maria temperatura máxima com doze dados faltantes, onde foi feita a previsão dos dados e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	30,5	30,9	0,4	1,3
1994	Fev	29,8	29,8	0,0	0,0
1994	Mar	27,7	27,2	0,5	1,8
1994	Abr	24,4	24,6	0,2	0,8
1994	Mai	20,4	20,9	0,5	2,4
1994	Jun	17,5	16,9	0,6	3,6
1994	Jul	17,3	16,5	0,8	4,8
1994	Ago	19,5	22,1	2,6	11,8
1994	Set	22,2	19,5	2,7	13,8
1994	Out	24,8	25,5	0,7	2,7
1994	Nov	27,3	28,4	1,1	3,9
1994	Dez	29,5	28,5	1,0	3,5

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 2,7°C e o mínimo é 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 13,8%.

**Tabela 5.7.2** – Aplicação do método de análise harmônica na estação de São Luis Gonzaga temperatura máxima com doze dados faltantes, onde foi feita a previsão dos dados e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	31,6	33,6	2,0	6,0
1994	Fev	31,6	29,2	2,4	8,1
1994	Mar	29,6	29,7	0,1	0,5
1994	Abr	25,8	28,0	2,1	7,5
1994	Mai	21,8	24,7	2,9	11,8
1994	Jun	19,2	21,2	2,0	9,5
1994	Jul	19,2	21,4	2,2	10,4
1994	Ago	21,4	23,5	2,1	8,8
1994	Set	24,5	25,9	1,4	5,4
1994	Out	27,2	27,9	0,7	2,4
1994	Nov	29,5	28,9	0,6	2,1
1994	Dez	31,6	34,0	2,4	7,1

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 2,9°C e o mínimo é 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,5% e 11,8%.

**Tabela 5.7.3** – Aplicação do método de análise harmônica na estação de Cruz Alta temperatura máxima com doze dados faltantes, onde foi feita a previsão dos dados e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	26,2	29,3	3,1	10,7
1994	Fev	26,1	26,8	0,7	2,6
1994	Mar	26,0	26,5	0,5	1,9
1994	Abr	24,9	25,1	0,2	0,9
1994	Mai	22,7	22,7	0,0	0,2
1994	Jun	20,8	19,0	1,8	9,5
1994	Jul	20,7	19,2	1,5	7,6
1994	Ago	21,8	21,5	0,3	1,2
1994	Set	23,0	23,9	0,9	3,6
1994	Out	24,3	25,3	1,0	3,9
1994	Nov	25,8	26,5	0,7	2,8
1994	Dez	26,9	31,4	4,5	14,4

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4,5°C e o mínimo é 0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0% e 14,4%.

**Tabela 5.7.4** – Aplicação do método de análise harmônica na estação de Porto Alegre temperatura máxima com doze dados faltantes, onde foi feita a previsão dos dados e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio (°C)	Erro %
1994	Jan	28,0	30,3	2,3	7,5
1994	Fev	27,9	28,8	0,9	3,3
1994	Mar	27,0	28,1	1,1	4,0
1994	Abr	25,3	25,5	0,2	0,6
1994	Mai	23,4	24,3	0,9	3,9
1994	Jun	22,0	20,1	1,9	9,2
1994	Jul	21,8	20,6	1,2	5,9
1994	Ago	22,7	21,3	1,4	6,8
1994	Set	24,1	25,2	1,1	4,5
1994	Out	25,4	24,6	0,8	3,3
1994	Nov	26,6	26,5	0,1	0,5
1994	Dez	27,5	32,0	4,5	14,1

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4,5°C e o mínimo é 0,1°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 0,5% e 14,1%.

**Tabela 5.7.5** – Aplicação do método de análise harmônica na estação de Passo Fundo temperatura máxima com doze dados faltantes, onde foi feita a previsão dos dados e calculou-se seus erros médios e percentuais.

Ano	Mês	Dd previsto (°C)	Dd real (°C)	Erro médio(°C)	Erro %
1994	Jan	25,1	28,1	2,9	10,3
1994	Fev	25,1	26,1	1,0	3,8
1994	Mar	24,3	25,8	1,5	5,9
1994	Abr	22,3	23,9	1,6	6,8
1994	Mai	20,2	21,9	1,7	7,8
1994	Jun	19,8	17,9	1,9	10,4
1994	Jul	21,4	18,8	2,6	13,6
1994	Ago	23,7	21,5	2,2	10,3
1994	Set	25,5	23,1	2,4	10,5
1994	Out	26,4	24,2	2,2	8,9
1994	Nov	26,3	25,1	1,2	4,8
1994	Dez	25,4	29,8	4,4	14,7

Uma análise dos erros apresentados mostra que o valor máximo é 4,4°C e o mínimo é 1,0°C. Em termos percentuais eles ficaram entre 3,8% e 14,7%.

## 5.8 ANÁLISE DO ERRO MÉDIO QUADRÁTICO

Agora mostraremos nas tabelas a seguir os erros médios quadráticos de todas as estações estudadas que estão determinadas pela equação (4.8.2), na aplicação dos métodos de: análise de regressão múltipla, média simples, método de Steurer, média de três estações, proporção normal e análise harmônica, nas variáveis de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa e precipitação.

O erro médio quadrático é uma medida do desvio padrão dos valores calculados em relação aos valores originais. O erro RSM é estimado tomando-se uma amostra dos valores calculados e comparando-a com seus valores reais. As diferenças entre elas são então elevadas ao quadrado e somadas. A soma é então dividida pelo número de medidas, para que se obtenha a média cuja raiz quadrada fornece uma medida característica de erro na mesma unidade das medidas originais.

**Tabela 5.8.1** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos Métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Maria, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Passo Fundo.

Variável temperatura máxima com 21 falhas					
método/estação	POA	SM	CA	SLG	PF
<b>ARM</b>	0,56	1,08	0,54	0,65	0,35
<b>MS</b>	1,23	1,17	1,11	1,34	0,98
<b>MStr</b>	0,65	0,59	1,56	0,82	1,49
<b>MTE</b>	1,69	0,75	0,39	2,82	0,66

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura máxima obteve-se que o melhor método para as estações de Porto Alegre, São Luis Gonzaga e Passo Fundo foi o método de análise de regressão múltipla, mas para a estação de Santa Maria o melhor foi o método de Steurer e para a estação de Cruz Alta o melhor método foi o de média de três estações.

**Tabela 5.8.2** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr), Média de Três Estações(MTE) e análise harmônica, aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Maria, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Passo Fundo.

Variável temperatura máxima com 12 falhas					
método/estação	POA	SM	CA	SLG	PF
<b>ARM</b>	0,38	0,36	0,45	0,58	0,39
<b>MS</b>	1,37	1,35	1,18	1,30	1,01
<b>MStr</b>	0,67	0,54	0,35	0,55	0,41
<b>MTE</b>	1,49	1,23	0,27	2,91	2,05
<b>AH</b>	1,40	1,24	1,30	1,70	2,10

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura máxima obteve-se que o melhor método para as estações de Porto Alegre, Santa Maria e Passo Fundo o melhor método foi o de análise de regressão múltipla, para a estação de Cruz Alta o melhor método foi o de média de três estações, porém também foram obtidos bons resultados no método de Steurer. Na estação de São Luis Gonzaga o melhor resultado foi do método de Steurer.

**Tabela 5.8.3** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Vitória do Palmar, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Bagé.

<b>Variável temperatura máxima com 19 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SVP</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>	<b>Bg</b>
<b>ARM</b>	0,79	0,99	0,48	0,62	1,11
<b>MS</b>	1,55	1,27	1,66	1,59	1,63
<b>MStr</b>	0,87	1,11	0,76	0,93	1,59
<b>MTE</b>	1,67	1,20	0,42	2,56	0,68

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura máxima obteve-se que o melhor método para as estações de Porto Alegre, Santa Vitória do Palmar e São Luis Gonzaga foi o de análise de regressão múltipla, mas para a estação de Cruz Alta e Bagé o melhor método foi o de média de três estações, porém analisando o resultado da estação de Cruz Alta e comparando com os resultado das outras estações em relação ao método de regressão múltipla foi a estação com melhor erro quadrático, podendo-se constatar que o método de regressão múltipla também obteve bons resultados na estação de Cruz Alta.

**Tabela 5.8.4** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Vitória do Palmar, Cruz Alta, São Luis Gonzaga.

<b>Variável temperatura mínima com 8 falhas</b>				
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SVP</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>
<b>ARM</b>	0,46	0,77	0,28	0,19
<b>MS</b>	1,26	1,25	1,06	1,10
<b>MStr</b>	0,62	0,37	0,54	0,42
<b>MTE</b>	1,7	0,91	0,49	2,07

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura mínima obteve-se que o melhor método para as estações de Porto Alegre, Cruz Alta e São Luis Gonzaga foi o de análise de regressão múltipla, para a estação de Santa Vitória do Palmar o melhor foi o método de Steurer.

**Tabela 5.8.5** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Irai e São Luis Gonzaga.

<b>Variável temperatura mínima com 15 falhas</b>			
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>Ia</b>	<b>SLG</b>
<b>ARM</b>	0,57	1,31	0,33
<b>MS</b>	1,51	1,71	1,60
<b>MStr</b>	0,64	0,85	0,59
<b>MTE</b>	1,41	0,87	2,29

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura mínima obteve-se que nas estações de Porto Alegre e São Luis Gonzaga o melhor método foi o de análise de regressão múltipla, mas para a estação de Irai o melhor método foi o de Steurer.

**Tabela 5.8.6** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Maria, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Passo Fundo.

<b>Variável temperatura média com 29 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SM</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>	<b>PF</b>
<b>ARM</b>	0,34	0,31	0,81	0,43	0,34
<b>MS</b>	1,04	1,14	1,20	1,08	1,12
<b>MStr</b>	0,39	0,56	0,53	0,48	0,54
<b>MTE</b>	0,65	1,98	0,94	0,41	2,37

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura média obteve-se que nas estações de Porto Alegre, Santa Maria e Passo Fundo o melhor método foi o de análise de regressão múltipla, mas para a estação de Cruz Alta o melhor método foi o de Steurer, já na estação de São Luis Gonzaga o melhor resultado foi obtido pelo método de média de três estações, porém nesta mesma estação o método de análise de regressão múltipla também apresentou bons resultados.

**Tabela 5.8.7** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, São Luis Gonzaga, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Santa Maria.

<b>Variável temperatura média com 21 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SVP</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>	<b>SM</b>
<b>ARM</b>	0,32	0,74	0,47	0,52	0,47
<b>MS</b>	1,24	0,94	1,86	1,37	1,57
<b>MStr</b>	0,81	0,55	0,93	0,71	0,65
<b>MTE</b>	0,62	1,92	1,21	1,74	0,49

Analizando os resultados das estações, na variável de temperatura média obteve-se que nas estações de Porto Alegre, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Santa Maria o melhor método foi o de análise de regressão múltipla, e na estação de Santa Vitória do Palmar o método que apresentou melhor resultado foi o de Steurer, porém na estação de Santa Maria o método de média de três estações também apresentou bons resultados.

**Tabela 5.8.8** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Vitória do Palmar, Passo Fundo, São Luis Gonzaga e Santa Maria.

<b>Variável temperatura média com 11 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SVP</b>	<b>PF</b>	<b>SLG</b>	<b>SM</b>
<b>ARM</b>	0,33	0,80	0,39	0,50	0,38
<b>MS</b>	1,18	0,89	1,0	1,18	1,36
<b>MStr</b>	0,47	0,47	0,51	0,53	0,57
<b>MTE</b>	1,34	1,1	1,44	2,13	2,6

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura média obteve-se que nas estações de Porto Alegre, Passo Fundo, São Luis Gonzaga e Santa Maria o melhor método foi o de análise de regressão múltipla, e para a estação de Santa Vitória do Palmar o melhor é o método de Steurer.

**Tabela 5.8.9** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Encruzilhada do Sul, Pelotas, Rio Grande, Porto Alegre e Santa Maria.

<b>Variável umidade relativa com 7 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>ES</b>	<b>Pel</b>	<b>RG</b>	<b>POA</b>	<b>SM</b>
<b>ARM</b>	2,95	2,75	2,07	2,27	3,84
<b>MS</b>	4,17	4,70	3,25	3,02	4,81
<b>MStr</b>	2,71	3,14	0,63	2,14	3,43
<b>MTE</b>	3,57	2,43	4,71	2,14	2,28

Analizando os resultados das estações na variável de umidade relativa obteve-se que nas estações de Encruzilhada do Sul, Rio Grande e Porto Alegre o melhor método foi o do método de Steurer, mas para as estações de Pelotas, Porto Alegre e Santa Maria o melhor método é o de média de três estações, sendo que Porto Alegre obteve os mesmos resultados nos dois métodos.

**Tabela 5.8.10** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), Proporção Normal(PN) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Encruzilhada do Sul, Pelotas, Bagé, Santa Vitória do Palmar e Porto Alegre.

<b>Variável precipitação com 8 falhas</b>				
<b>método/estação</b>	<b>ES</b>	<b>Bg</b>	<b>SVP</b>	<b>POA</b>
<b>ARM</b>	82,82	82,02	113,78	61,76
<b>MS</b>	87,80	143,11	111,34	26,82
<b>PN</b>	92,12	158,56	196,96	71,09
<b>MTE</b>	46,89	57,95	102,15	87,67

Analizando os resultados das estações na variável de precipitação obteve-se que nas estações de Encruzilhada do Sul, Bagé e Santa Vitória do Palmar o melhor foi o método de média de três estações, mas para a estação de Porto Alegre o melhor foi o método de média simples.



**Tabela 5.8.11** – Nesta tabela estão os resultados dos erros quadráticos dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), Proporção Normal(PN) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Passo Fundo, Pelotas, Rio Grande, Porto Alegre e Santa Maria.

<b>Variável precipitação com 12 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>PF</b>	<b>Pel</b>	<b>RG</b>	<b>POA</b>	<b>SM</b>
<b>ARM</b>	44,67	28,98	37,94	46,65	30,52
<b>MS</b>	79,67	75,77	83,24	70,12	64,54
<b>PN</b>	146,06	96,72	103,81	80,84	71,99
<b>MTE</b>	71,45	28,98	35,45	41,89	37,3

Analizando os resultados das estações na variável de precipitação obteve-se nas estações de Passo Fundo, Porto Alegre e Santa Maria que o melhor foi o método de regressão múltipla, mas na estação de Rio Grande o melhor resultado foi obtido pelo método de média de três estações, sendo que a estação de Pelotas obteve o mesmo resultado nos dois métodos e as outras estações apresentaram melhores resultados nos dois métodos.

## **5.9 ANÁLISE DO ERRO PERCENTUAL**

Agora mostraremos nas tabelas a seguir os erros percentuais de todas as estações estudadas determinado pela equação (4.8.6), na aplicação dos métodos de: análise de regressão múltipla, média simples, Steurer, média de três estações, proporção normal e análise harmônica, nas variáveis de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa e precipitação.

**Tabela 5.9.1** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Maria, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Passo Fundo.

<b>Variável temperatura máxima com 21 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SM</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>	<b>PF</b>
<b>ARM</b>	1,68%	3,92%	1,47%	1,54%	1,14%
<b>MS</b>	3,65%	3,48%	3,57%	4,06%	3,50%
<b>MStr</b>	2,42%	2,25%	6,32%	2,82%	6,98%
<b>MTE</b>	6,24%	2,86%	1,47%	10,42%	4,39%

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura máxima obteve-se que o melhor método para as estações de Porto Alegre, São Luis Gonzaga e Passo Fundo foi o método de análise de regressão múltipla, mas para a estação de Santa Maria o melhor foi o método de Steurer e para a estação de Cruz Alta os resultados obtidos foram iguais para o método de regressão múltipla e para o método de média de três estações constatando-se que os dois métodos apresentaram bons resultados nesta estação.

**Tabela 5.9.2** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), Steurer(MStr), Média de Três Estações(MTE) e Analise Harmônica(AH), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Maria, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Passo Fundo.

<b>Variável temperatura máxima com 12 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SM</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>	<b>PF</b>
<b>ARM</b>	1,23%	1,17%	1,50%	1,41%	1,41%
<b>MS</b>	4,31%	4,29%	3,86%	4,22%	3,85%
<b>MStr</b>	2,67%	2,22%	1,46%	1,99%	1,80%
<b>MTE</b>	5,97%	5,06%	1,10%	10,74%	8,60%
<b>AH</b>	5,29%	4,20%	4,95%	6,63%	8,99%

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura máxima obteve-se que o melhor método para as estações de Porto Alegre, Santa Maria, São Luis Gonzaga e Passo Fundo o melhor método foi o de análise de regressão múltipla, para a estação de Cruz Alta o melhor método foi o de média de três estações, porém também foram obtidos bons resultados no método de Steurer e regressão múltipla.

**Tabela 5.9.3** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Vitória do Palmar, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Bagé.

<b>Variável temperatura máxima com 19 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SVP</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>	<b>BG</b>
<b>ARM</b>	1,86%	4,68%	1,53%	1,71%	3,50%
<b>MS</b>	5,71%	4,97%	6,59%	6,11%	5,49%
<b>MStr</b>	3,67%	5,87%	3,19%	3,80%	7,45%
<b>MTE</b>	7,31%	6,08%	1,87%	10,6%	2,97%

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura máxima obteve-se que o melhor método para as estações de Porto Alegre, Santa Vitória do Palmar, Cruz Alta e São Luis Gonzaga foi o de análise de regressão múltipla, mas para a estação Bagé o melhor método foi o de média de três estações, porém o método de média de três estações também obteve bom resultado na estação de Cruz Alta.

**Tabela 5.9.4** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Vitória do Palmar, Cruz Alta, São Luis Gonzaga.

<b>Variável temperatura mínima com 8 falhas</b>				
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SVP</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>
<b>ARM</b>	2,33%	4,23%	1,98%	0,82%
<b>MS</b>	5,29%	4,77%	5,47%	4,94%
<b>MStr</b>	3,08%	2,03%	3,33%	2,15%
<b>MTE</b>	9,19%	5,87%	2,63%	11,20%

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura mínima obteve-se que o melhor método para as estações de Porto Alegre, Cruz Alta e São Luis Gonzaga foi o de análise de regressão múltipla, para a estação de Santa Vitória do Palmar o melhor foi o método de Steurer.

**Tabela 5.9.5** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Irai e São Luis Gonzaga.

<b>Variável temperatura mínima com 15 falhas</b>			
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>Ia</b>	<b>SLG</b>
<b>ARM</b>	3,45%	6,37%	2,23%
<b>MS</b>	10,57%	11,81%	10,12%
<b>MStr</b>	5,7%	6,78%	4,78%
<b>MTE</b>	11,54%	7,33%	17,33%

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura mínima obteve-se que nas estações de Porto Alegre, São Luis Gonzaga e Irai o melhor método foi o de análise de regressão múltipla, mas para a estação de Irai o método foi o de Steurer também apresentou bom resultado.

**Tabela 5.9.6** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Maria, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Passo Fundo.

<b>Variável temperatura média com 29 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SM</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>	<b>PF</b>
<b>ARM</b>	1,49%	1,40%	3,28%	1,64%	1,63%
<b>MS</b>	4,40%	5,06%	5,23%	4,38%	5,45%
<b>MStr</b>	2,10%	3,36%	4,98%	2,44%	3,37%
<b>MTE</b>	3,45%	9,80%	3,03%	2,23%	13,18%

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura média obteve-se que nas estações de Porto Alegre, Santa Maria, Cruz Alta, São Luiz Gonzaga e Passo Fundo o melhor método foi o de análise de regressão múltipla.

**Tabela 5.9.7** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, São Luis Gonzaga, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Santa Maria.

<b>Variável temperatura média com 21 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SVP</b>	<b>CA</b>	<b>SLG</b>	<b>SM</b>
<b>ARM</b>	1,60%	4,50%	2,03%	2,42%	2,23%
<b>MS</b>	5,85%	5,95%	9,94%	6,48%	7,33%
<b>MStr</b>	4,67%	3,99%	6,70%	3,97%	4,05%
<b>MTE</b>	5,85%	14,25%	8,48%	9,57%	3,11%

Analizando os resultados das estações, na variável de temperatura média obteve-se que nas estações de Porto Alegre, Cruz Alta, São Luis Gonzaga e Santa Maria o melhor método foi o de análise de regressão múltipla, e na estação de Santa Vitória do Palmar o método que apresentou melhor resultado foi o de Steurer.

**Tabela 5.9.8** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples, de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Porto Alegre, Santa Vitória do Palmar, Passo Fundo, São Luis Gonzaga e Santa Maria.

<b>Variável temperatura média com 11 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>POA</b>	<b>SVP</b>	<b>PF</b>	<b>SLG</b>	<b>SM</b>
<b>ARM</b>	1,56%	4,92%	1,68%	2,20%	1,88%
<b>MS</b>	4,85%	4,80%	4,70%	4,91%	5,97%
<b>MStr</b>	2,62%	3,14%	2,73%	2,58%	3,39%
<b>MTE</b>	7,30%	7,50%	8,3%	10,6%	15,98%

Analizando os resultados das estações na variável de temperatura média obteve-se que nas estações de Porto Alegre, Passo Fundo, São Luis Gonzaga e Santa Maria o melhor método foi o de análise de regressão múltipla, e para a estação de Santa Vitória do Palmar o melhor é o método de Steurer, porém São Luis Gonzaga também apresenta um bom resultado no método de Steurer.

**Tabela 5.9.9** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), de Steurer(MStr) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Encruzilhada do Sul, Pelotas, Rio Grande, Porto Alegre e Santa Maria.

<b>Variável umidade relativa com 7 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>ES</b>	<b>Pel</b>	<b>RG</b>	<b>POA</b>	<b>SM</b>
<b>ARM</b>	3,47%	2,92%	2,00%	2,69%	4,36%
<b>MS</b>	4,44%	4,60%	3,20%	3,45%	5,33%
<b>MStr</b>	3,43%	3,77%	2,36%	2,97%	4,56%
<b>MTE</b>	4,56%	2,93%	5,61%	2,83%	2,93%

Analizando os resultados das estações na variável de umidade relativa obteve-se que nas estações de Encruzilhada do Sul e Rio Grande o melhor método foi o de Steurer, mas para as estações de Pelotas, Porto Alegre tanto o resultado do método de média de três estações como o do método de regressão múltipla, na estação de Santa Maria o melhor método foi o de média de três estações.

**Tabela 5.9.10** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), Proporção Normal(PN) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Encruzilhada do Sul, Pelotas, Bagé, Santa Vitória do Palmar e Porto Alegre.

<b>Variável precipitação com 8 falhas</b>				
<b>método/estação</b>	<b>ES</b>	<b>Bg</b>	<b>SVP</b>	<b>POA</b>
<b>ARM</b>	37,13%	33,97%	43,35%	42,79%
<b>MS</b>	46,30%	60,34%	45,05%	21,27%
<b>PN</b>	48,75%	68,52%	80,75%	53,75%
<b>MTE</b>	29,93%	28,79%	90,39%	73,27%

Analizando os resultados das estações na variável de precipitação obteve-se que nas estações de Encruzilhada do Sul e Bagé e o melhor foi o método de média de três estações, mas para a estação de Porto Alegre o melhor foi o método de média simples e para a estação de Santa Vitória do Palmar o melhor método é o de regressão múltipla.

**Tabela 5.9.11** – Nesta tabela estão os resultados dos erros percentuais dos métodos de Análise de Regressão Múltipla(ARM), Média Simples(MS), Proporção Normal(PN) e Média de Três Estações(MTE), aplicados para a previsão de dados nas estações de Passo Fundo, Pelotas, Rio Grande, Porto Alegre e Santa Maria.

<b>Variável precipitação com 12 falhas</b>					
<b>método/estação</b>	<b>PF</b>	<b>Pel</b>	<b>RG</b>	<b>POA</b>	<b>SM</b>
<b>ARM</b>	25,07%	31,09%	24,27%	50,21%	20,56%
<b>MS</b>	58,38%	125,53%	91,18%	95,07%	75,79%
<b>PN</b>	69,23%	215,25%	147,24%	67,37%	85,38%
<b>MTE</b>	33,28%	35,02%	31,88%	37,59%	26,7%

Analizando os resultados das estações na variável de precipitação obteve-se nas estações de Passo Fundo, Pelotas, Rio Grande e Santa Maria que o melhor foi o método de regressão múltipla, mas na estação de Porto Alegre o melhor resultado foi obtido pelo método de media de três estações.

## **6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

### **6.1 CONCLUSÕES**

No estudo dos métodos, para melhor preencher falhas em séries temporais, foi analisado o comportamento de cada método em cada variável, e através do cálculo do erro médio, erro quadrático e do erro percentual, foram analisados os resultados obtidos e constatou-se o melhor método para previsão dos dados, que variam de acordo com a variável utilizada no cálculo.

Na variável de temperatura máxima obteve-se que o método que apresentou melhores resultados nas estações de Porto Alegre, São Luís Gonzaga, Passo Fundo, Santa Maria e Santa Vitória do Palmar é o de regressão múltipla, porém as estações de Santa Maria e São Luís Gonzaga também tiveram bons resultados no método de Steurer, contudo na estação de Cruz Alta e Bagé o melhor método é o de média de três estações.

Na variável temperatura mínima, analisando os resultados, obteve-se que os métodos que apresentaram melhor previsão de dados foram o de análise de regressão múltipla e de Steurer.

Na variável de temperatura média constatou-se que o melhor método para as estações de Porto Alegre, Santa Maria, Passo Fundo, São Luís Gonzaga e Cruz Alta é o de análise de regressão múltipla, porém o método de Steurer e média de três estações também apresentaram bons resultados em algumas estações em paralelo.

Na variável de umidade relativa os métodos que apresentaram melhores resultados foram os métodos de Steurer e o de média de três estações.

Na variável precipitação os melhores resultados foram obtidos pelo método de análise de regressão múltipla, porém o método de média de três estações também demonstrou resultados melhores.

Neste trabalho os métodos testados que apresentaram melhores resultados foram os de análise de regressão múltipla, Steurer e média de três estações.



## **6.2 SUGESTÕES**

Em análises futuras, deve-se explorar mais métodos que obtenham mais precisão no preenchimento de falhas nas variáveis de precipitação e umidade relativa.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENNET, R.J.; R.P.Haining; D.A.Griffith. **The problem of missing data on spatial surfaces**, Ann. Assoc. Amer. Geogr.,v. **74**, 138-156.1984.

DEGAETANO, A.T.; K.L.Eggleston; W.W.Kanapp. **A method to produce serially complete daily maximum and minimum temperature data for the Northeast**, Ithaca, New York, Cornell University, Ithaca, v.93-2, 1-9. mai.1993.

DUARTE, M.L, Reducción. **Del impacto de los datos faltantes en la determinación de promedios mensuales de temperatura**. Revista Meteorológica, v. 21, 53-63. 1996.

EISCHEID, J.K.; C.B.Baker; T.R.Karl; H.F.Diaz. **The quality control of long-term climatological data using objective data analysis**. J. Appl. Meteor., v.34, 2787-2795. 1995.

EISCHEID, J.K.; P.A.Pasteris; H.F.Diaz; M.S.Plantico; N.J.Lott. Creating a Serially Complete, National Daily Time Series of Temperature and Precipitation for the Western United States **J. Appl. Meteor.**, v.39,1580-1591. 2000.

FONSECA, J.S.; MARTINS, G.A.; TOLEDO, G.L. **Estatística Aplicada**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1985. 267p.

HUTH, R.; I.Nemesová. **Estimation of missing daily temperatures**: Can a weather categorization improve its accuracy? J. Climate, v.8, p.1901-1916, 1995.

KEMP, W.P.; D.G.Burnell; D.O.Everson; A.J.Thomson. **Estimating missing daily maximum and minimum temperatures**. J. Climate Appl. Meteor.,v.22, p.1587-1593, 1983.

KRUSCHE, N.; Saraiva, M.B.J.; Reboita, M.S. **Normais Climatológicas Provisórias de Rio Grande, no período de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS**. 1.ed. Rio Grande (RS): FURG, 2002.

MANLY, B.F.J. **Multivariate Statistical Methods**. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1995.

MILONE, G.; ANGELINE, F. **Estatística Aplicada**. São Paulo: Atlas. 1995.

MOSCATI, M.C.L.; Santo C.M.; Giarolla, E.; Pereira, C.S. **Estudo Climatológico sobre a Costa Sul-Sudeste do Brasil**: Organização e tratamento dos dados meteorológicos. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, Rio de Janeiro, 2000. p. 745-751.

PAULHUS, J.L.H.; M.A.Kohler. **Interpolation of missing precipitation records**. Mon. Wea. V. 80, p.129-133.1952

REBOITA, M.S. **Normais Climatológicas Provisórias de Rio Grande, no período de 1991 e 2000**. Rio Grande, 2001. Monografia (Curso de Bacharelado em Geografia), FURG - Fundação Universidade do Rio Grande).

SANTO, C.M.; Moscati M.C.L.; Giarolla, E.; Pereira, C.S. **Estudo Climatológico sobre a Costa Sul-Sudeste do Brasil:** Preenchimento de falhas nas séries temporais de precipitação. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, Rio de Janeiro, 2000. p. 752-759.

SAUCIER, W.J. **Princípios de Análise Meteorológica.** Rio de Janeiro, 1969.

SUGAHARA, S. 2000: **Uma experiência com Modelo Estatístico (MOS) para a previsão da temperatura mínima diária do ar.** Revista Brasileira de Geofísica, v.18, p. 3-12.

SCHLATTER, T.W. **Some experiments with a multivariate objective analysis scheme.** Mon. Wea. V. 103, p. 246-257, 1975.

STRAHLER, A.; STRAHLER, A. **Introducing Physical Geography.** 2.ed. New York, 1997.

PINTO, S.S. **Análise de Componentes Principais de Observações Meteorológicas de Superfície em Rio Grande, RS, no período de 1991 a 2000:** 2001 Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica), FURG- Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande (RS).

TUBELIS, A., **Meteorologia Descritiva:** fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1983.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações.** Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, 1991.

VIEIRA, E.F. **Rio Grande do Sul:** geografia física e vegetação. 1.ed. Porto Alegre: Sagra, 1984.

WICHERN. D.W.; JOHNSON, R.A. **Applied Multivariate Statistical Analysis.** 3.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

YOUNG, K.C. **A three-way model for interpolating monthly precipitation values.** Mon. Wea. v. 120, p. 2561-2569, 1992.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)