

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E DE VERANICOS
NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL POR MEIO DE
TÉCNICAS DE MINERAÇÃO DE DADOS**

RAQUEL STUCCHI BOSCHI

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E DE VERANICOS
NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL POR MEIO DE
TÉCNICAS DE MINERAÇÃO DE DADOS**

Dissertação de Mestrado submetida
à banca examinadora para obtenção
do título de Mestre em Engenharia
Agrícola, na área de concentração
Planejamento e Desenvolvimento
Rural Sustentável.

RAQUEL STUCCHI BOSCHI

Orientador: Stanley Robson de Medeiros Oliveira

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

B65a Boschi, Raquel Stucchi
 Análise da precipitação pluvial e de veranicos no
 estado do Rio Grande do Sul por meio de técnicas de
 mineração de dados / Raquel Stucchi Boschi. --
 Campinas, SP: [s.n.], 2010.

 Orientador: Stanley Robson de Medeiros Oliveira.
 Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

 1. Chuvas. 2. Cluster. 3. Secas. 4. Zonas climáticas.
 I. Oliveira, Stanley Robson de Medeiros. II.
 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
 Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Analysis of rainfall and dry spells in the state of Rio Grande
do Sul through data mining techniques

Palavras-chave em Inglês: Rain, Cluster, Drought , Climatic zones

Área de concentração: Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável

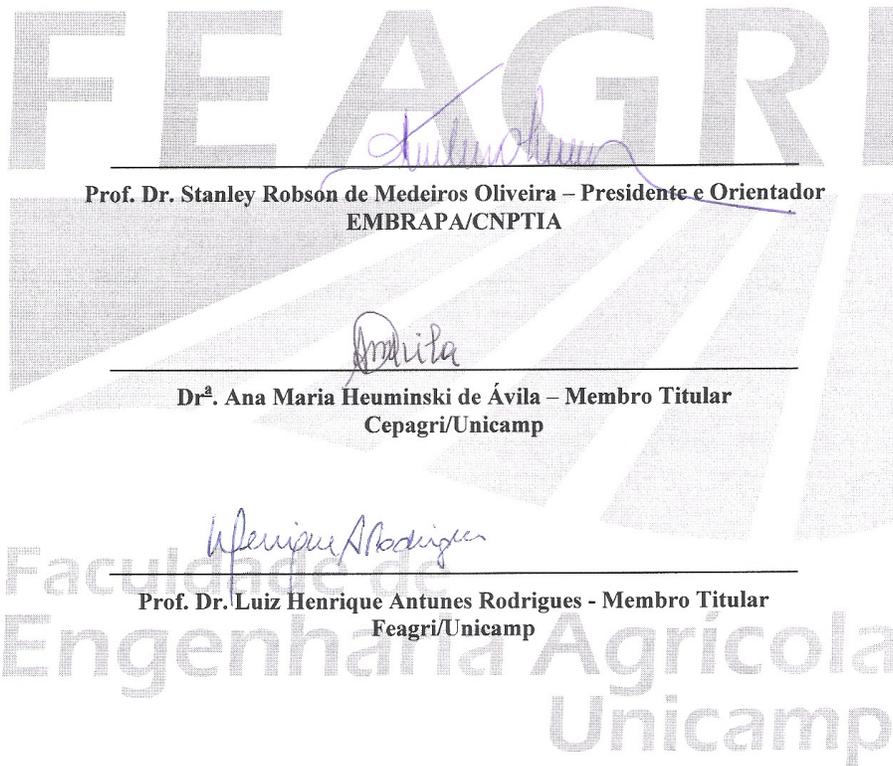
Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Ana Maria Heuminski de Ávila, Luiz Henrique Antunes
Rodrigues

Data da defesa: 22/02/2010

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Raquel Stucchi Boschi**, aprovada pela Comissão Julgadora em 22 de fevereiro de 2010, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Aos meus pais, Angelina e Maximino,
pela imensa devoção e carinho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização da minha dissertação.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador Stanley Robson de Medeiros Oliveira, pelo incentivo e apoio ao longo do trabalho.

Meus agradecimentos de maneira especial, ao pesquisador Eduardo Delgado Assad por toda a colaboração, aprendizado e dedicação.

Aos pesquisadores Ana Maria Heuminsk de Ávila e Giampaolo Queiroz Pellegrino, por toda a ajuda durante o desenvolvimento do trabalho e pelas valiosas sugestões.

Ao professor Luiz Henrique Antunes Rodrigues por todo aprendizado e oportunidade proporcionados durante meu mestrado.

Aos amigos Fernanda Ultremare e Cristiano Amancio por toda paciência, apoio e orientação.

À Faculdade de Engenharia Agrícola pela oportunidade e aprendizado profissional e aos profissionais da Coordenadoria de Pós-Graduação, Ana Paula Montagner, Alexandre D'Ávila e Marta Vechi por todo apoio.

À professora e amiga Maria Leonor C. L. Assad pelo apoio a minha vida profissional e pelos sábios conselhos durante todos esses anos de convívio.

À toda minha família pelo auxílio e incentivo durante todos esses anos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
LISTA DE TABELAS.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Caracterização Climática.....	4
2.2.1 Tarefas de Mineração de Dados.	13
2.2.1.1 Tarefas Preditivas	13
2.2.1.2 Tarefas Descritas	14
2.2.2 Clusterização	15
2.2.2.1 Principais Métodos de Clusterização.....	16
2.2.2.1.1 Método de Particionamento.....	17Z
2.2.2.1.2 Métodos Hierárquicos.....	18
2.2.2.1.3 Métodos baseados em densidade.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Área de estudo	21
3.2. Modelo do Processo	21
3.2.1. Entendimento dos dados.....	21
3.2.2. Preparação dos dados	23
3.2.3. Modelagem	25
3.2.4 Avaliação dos Resultados Obtidos	25
3.3. Análise dos Dados	26
3.3.1 Análise da Precipitação	26
3.3.1.1 Teste de Normalidade.....	26
3.3.1.2 Análise das Médias Anuais, Sazonais e Mensais	27
3.3.1.3 Análise Freqüencial da Precipitação Mensal.....	27
3.3.2 Análise dos Veranicos	28
3.3.2.1 Classes Consideradas.....	29
3.3.2.2 Comparação das Médias Anuais e Sazonais.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4. 1. Análise das Zonas Homogêneas.....	30
4.2. Análise da Precipitação Pluvial	35

4.2.1 Teste de Normalidade.....	37
4.2.2 Análise das Médias.....	38
4.2.2.1 Análise Anual.....	38
4.2.2.1.1 Análise da Distribuição da Precipitação Anual.....	42
4.2.2.2 Análise da Precipitação Pluvial Sazonal.....	47
4.2.2.3 Análise da Precipitação Pluvial Mensal.....	52
4.2.3 Análise Frequencial da Precipitação Pluvial Mensal.....	58
4.2.3.1 Zona A.....	61
4.2.3.2 Zona B.....	62
4.2.3.3 Zona C.....	64
4.2.3.4 Zona D.....	65
4.2.3.5 Zona E.....	66
4.2.3.6 Zona F.....	67
4.3 Análises de Veranico nas Zonas de A-F.....	68
4.3.1 Zona A.....	68
4.3.1.1 Análise Anual.....	68
4.3.1.2 Análise Sazonal.....	69
4.3.2 Zona B.....	71
4.3.2.1 Análise Anual.....	71
4.3.2.2 Análise Sazonal.....	72
4.3.3 Zona C.....	75
4.3.3.1 Análise Anual.....	75
4.3.3.2 Análise Sazonal.....	76
4.3.4 Zona D.....	78
4.3.4.1 Análise Anual.....	78
4.3.4.2 Análise Sazonal.....	79
4.3.5 Zona E.....	81
4.3.5.1 Análise Anual.....	81
4.3.5.2 Análise Sazonal.....	82
4.3.6 Zona F.....	85
4.3.6.1 Análise Anual.....	85
4.3.6.2 Análise Sazonal.....	86
5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXO.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fases da Mineração de Dado segundo o modelo CRISP-DM (CHAPMAN et al. 2000).....	11
Figura 2: Tarefas de Mineração de Dados (adaptado REZENDE et al, 2005).....	13
Figura 3: Estágios do processo de clusterização (JAIN et al., 1999).	16
Figura 4: Métodos hierárquicos divisivos e aglomerativos na clusterização dos objetos (a, b, c, d, e). (adaptado de HAN e KAMBER, 2006).....	19
Figura 5: Distribuição espacial das 79 estações meteorológicas.....	22
Figura 6: Representação esquemática do arquivo de dados com 9 estações e 10 dias de dados.	24
Figura 7: Representação esquemática do arquivo de dados de chuva mensal com 9 estações e 6 meses de dados (jan 1987- jun 1987).	24
Figura 8: Representação esquemática da distribuição do primeiro (Q1), segundo (Q2) e terceiro quartil (Q3).	28
Figura 9: Distribuição espacial dos clusters 0, 1, 2 e 3 para o período de 1987 a 1996.....	31
Figura 10: Distribuição espacial dos clusters para o período de 1997 a 2006.....	31
Figura 11: Distribuição espacial das zonas comuns aos dois decênios (A-F).....	36
Figura 12: Desvios da chuva média anual entre os decênios de 1987-1996 e 1997-2006 para cada uma das zonas.	41
Figura 13: Diferença da chuva acumulada (mm) entre as normais de 1961-1990 e 1931-1960 para o Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: INMET (2009).	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Chuva média anual para os clusters 0, 1, 2 e 3 no período de 1987 a 1996.....	34
Gráfico 2: Chuva média anual para os clusters 0, 1, 2 e 3 no período de 1997 a 2006.....	35
Gráfico 3: Chuva média anual nas zonas A-F entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.	39
Gráfico 4: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona A para o período de 1987 a 2006.	43
Gráfico 5: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona B para o período de 1987 a 2006.	43
Gráfico 6: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona C para o período de 1987 a 2006.	44
Gráfico 7: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona D para o período de 1987 a 2006.	44
Gráfico 8: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona E para o período de 1987 a 2006.	45
Gráfico 9: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona F para o período de 1987 a 2006.	45
Gráfico 10: Precipitação pluviométrica no verão para as zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006.....	50
Gráfico 11: Precipitação pluviométrica no outono para as zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006.....	51
Gráfico 12: Precipitação pluviométrica no inverno para as zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006.....	51
Gráfico 13: Precipitação pluviométrica na primavera para as zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006.....	52
Gráfico 14: Precipitação pluviométrica do mês de janeiro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.	55

Gráfico 15: Precipitação pluviométrica do mês de fevereiro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	56
Gráfico 16: Precipitação pluviométrica do mês de março nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	56
Gráfico 17: Precipitação pluviométrica do mês de abril nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	57
Gráfico 18: Precipitação pluviométrica do mês de maio nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	57
Gráfico 19: Precipitação pluviométrica do mês de junho nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	58
Gráfico 20: Precipitação pluviométrica do mês de julho nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	58
Gráfico 21: Precipitação pluviométrica do mês de agosto nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	59
Gráfico 22: Precipitação pluviométrica do mês de setembro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	59
Gráfico 23: Precipitação pluviométrica do mês de outubro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	60
Gráfico 24: Precipitação pluviométrica do mês de novembro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	60
Gráfico 25: Precipitação pluviométrica do mês de dezembro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.....	61
Gráfico 26: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona A, para o período de 1987 a 1996.....	62
Gráfico 27: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona A, para o período de 1997 a 2006.....	62
Gráfico 28: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona B, para o período de 1987 a 1996.....	63
Gráfico 29: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona B, para o período de 1997 a 2006.....	63
Gráfico 30: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona C, para o período de 1987 a 1996.....	64

Gráfico 31: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona C, para o período de 1997 a 2006.	64
Gráfico 32: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona D, para o período de 1987 a 1996.	65
Gráfico 33: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona D, para o período de 1997 a 2006.	65
Gráfico 34: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona E, para o período de 1987 a 1996.	66
Gráfico 35: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona E, para o período de 1997 a 2006.	66
Gráfico 36: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona F, para o período de 1987 a 1996.	67
Gráfico 37: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona F, para o período de 1997 a 2006.	67
Gráfico 38: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.	69
Gráfico 39: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.	70
Gráfico 40: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.	70
Gráfico 41: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.	71
Gráfico 42: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.	71
Gráfico 43: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.	72
Gráfico 44: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.	73
Gráfico 45: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.	74
Gráfico 46: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e	

de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.	74
Gráfico 47: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.	75
Gráfico 48: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.	76
Gráfico 49: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.	77
Gráfico 50: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.	77
Gráfico 51: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.	78
Gráfico 52: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.	78
Gráfico 53: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.	79
Gráfico 54: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.	80
Gráfico 55: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.	80
Gráfico 56: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.	81
Gráfico 57: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.	81
Gráfico 58: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.	82
Gráfico 59: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.	83
Gráfico 60: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.	84
Gráfico 61: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.	84
Gráfico 62: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de	

1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.	85
Gráfico 63: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.	86
Gráfico 64: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.	87
Gráfico 65: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.	87
Gráfico 66: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.....	88
Gráfico 67: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação das Estações Pluviométricas e cluster correspondente no período de 1987-1996 e no período 1997-2006.....	32
Tabela 2: Número de estações e cluster correspondente nos dois decênios para as zonas de A-F.....	37
Tabela 3: Apresentação dos resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk.....	38
Tabela 4: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann-Whitney para os dados anuais.....	40
Tabela 5: Anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña e sua intensidade no período de 1986 a 2007.....	46
Tabela 6: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o verão.	47
Tabela 7: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o outono.	48
Tabela 8: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o inverno.	49
Tabela 9: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para a primavera.....	49
Tabela 10: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o mês de janeiro.....	53
Tabela 11: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o mês de maio.....	54
Tabela 12: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para os meses de junho e julho.....	54
Tabela 13: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para os meses de outubro, novembro e dezembro.....	55

RESUMO

No atual cenário de aquecimento global, fenômeno ao qual a ocorrência de secas intensas e eventos extremos de chuva está cada vez mais associada, o conhecimento do comportamento da precipitação pluvial é fundamental para um planejamento agrícola adequado. A imprevisibilidade das variações climáticas e a dependência do regime pluviométrico são os principais fatores de risco e insucesso na produção agrícola. A variabilidade temporal da precipitação é apontada como a principal causa das variações dos rendimentos das principais culturas, particularmente no Rio Grande do Sul. Na Região Sul do Brasil, este é o estado mais afetado pelas secas. Esses períodos de estiagens conhecidos como veranicos, são apontados como um dos principais fatores limitantes da produção agrícola, uma vez que, dependendo da sua duração e frequência, podem provocar reduções significativas na produção final das culturas. O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento espaçotemporal da precipitação pluvial e dos veranicos no Rio Grande do Sul, por meio da aplicação de técnicas de mineração de dados. As séries históricas deste estudo foram adquiridas junto à Agência Nacional de Água (ANA), disponíveis no sistema de informações hidrológicas Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). A metodologia utilizada teve como base o modelo CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining). Primeiramente, foram definidas áreas pluviometricamente homogêneas para o decênio 1987-1996 e para o decênio 1997-2006, separadamente. Em seguida, pela sobreposição dos clusters obtidos para os dois períodos, foram definidas seis zonas comuns aos dois decênios, denominadas de A-F. As alterações no volume de precipitação foram avaliadas anual, sazonal e mensalmente nas seis zonas (A-F), e as alterações no número médio de veranicos foram analisadas anual e sazonalmente. A precipitação pluvial anual apresentou um incremento significativo entre os decênios 87-96 e 97-06 em todas as zonas, exceto na zona A. Na análise sazonal não se observou padrão de redução ou incremento. Na análise mensal, destaca-se a redução na precipitação pluvial média do mês de janeiro no segundo decênio, com exceção da zona E. De um modo geral, na análise de veranicos anual, notou-se uma redução no número de veranicos maiores que 15 dias e um aumento no número de veranico de menores de 15 dias. As alterações observadas no número médio de veranicos, nas estações do ano, não apresentaram padrão de redução ou incremento, ocorrendo variações entre classes e períodos.

PALAVRAS-CHAVE: chuva, secas episódicas, clusterização, zonas pluviometricamente homogênea.

ABSTRACT

In the current scenario of global warming, in which the occurrence of droughts and extreme rainfall events are increasingly associated with these phenomena, the understanding of the behavior of rain is crucial to a proper agricultural planning. The unpredictability of climatic variations and dependence on rainfall are the main risk and failure factors in agricultural production. In the case of Rio Grande do Sul, in particular, the temporal variability of precipitation is considered as the main cause of changes in yields of major crops. In southern Brazil, this is the state most affected by droughts. These periods of drought, known as dry spells, are pointed out as one of the main limiting factors for agricultural production, since depending on the duration and frequency, they can cause significant reductions in final yield of crops. The objective of this study is to analyze the spatio-temporal rainfall and dry spells in the state of Rio Grande do Sul, by applying techniques of data mining. The historical series of this study were obtained from the database of the National Water Agency (ANA), available at the system of hydrological information Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). The methodology used was based on the CRISP-DM model (Cross Industry Standard Process for Data Mining). First, homogeneous precipitation areas for the decades 1987-1996 and 1997-2006 were defined separately. Subsequently, by the overlapping of the clusters obtained from both periods, six common areas were defined ranging from A to F. The changes in the volume of precipitation were evaluated annual, seasonal and monthly, while the changes in the average number of dry spells were evaluated annual and seasonally, in the six zones (A-F). The annual rainfall showed a significant increase between the decades 87-96 and 97-06 in all areas, except for the area A. In the seasonal analysis, no pattern either reduction or increase was found, while in the monthly analysis, the results revealed a reduction in the average rainfall for January in the second period, with the exception of the area E. On the other hand, it was observed a reduction in the number of dry spells longer than 15 days and an increase in those under 15 days, in the annual analysis of dry spells,. The seasonal changes in the average number of dry spells did not present any pattern of either reduction or increase, occurring variations according to classes of dry spells and periods.

KEY-WORDS: rain, droughts episodic, clustering, homogeneous rainfall areas.

1. INTRODUÇÃO

As projeções do comportamento climático relatado pelo IPCC AR4 (2007) têm mostrado cenários de secas e eventos extremos de chuva em grandes áreas do planeta. Fato esse atribuído ao aumento da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera, em especial o gás carbônico, produzido principalmente pelo uso de combustíveis fósseis.

Diante desse quadro e da grande demanda por informações de precipitação pluviométrica, justificada pela sua importância na vida terrestre — necessidade de manutenção dos reservatórios de água para abastecimento da população, de geração de energia elétrica e, principalmente, de sua utilização nas atividades de planejamento agrícola — é de fundamental importância o conhecimento de sua distribuição.

Em particular, a variabilidade temporal da precipitação observada no Rio Grande do Sul é apontada como a principal causa nas variações dos rendimentos das principais culturas do estado (BERLATO, 1992).

O Rio Grande do Sul apresenta uma economia tipicamente agrícola, baseada na produção de grãos e na pecuária. O estado é responsável por cerca de 19% da produção nacional de grãos, sendo a soja e o milho as duas maiores culturas do estado, correspondendo a cerca de 61% da produção total de grãos do estado (IBGE, 2009). Esses cultivos são realizados em condições de sequeiro, dependendo, portanto do regime pluviométrico para o seu desenvolvimento. Em contrapartida, o Estado é responsável por aproximadamente 60% da produção de arroz do Brasil (IBGE, 2009), que não apresenta essa mesma dependência, uma vez que é irrigado.

Embora as chuvas no Estado do Rio Grande do Sul sejam bem distribuídas, apresentam uma alta variabilidade interanual, podendo comprometer o rendimento dos cultivos. A dependência do regime pluviométrico associada à imprevisibilidade das variações meteorológicas, relacionadas com a precipitação pluvial, torna esse fenômeno o principal fator de risco e insucesso na produção agrícola sob condições não irrigadas (BERGAMASCHI, 1989; BERLATO, 1992; BERLATO e FONTANA, 1999).

No Sul do Brasil, o Rio Grande do Sul é o estado mais afetado pelas secas. Esses períodos de estiagens conhecidos como veranicos, são apontados como um dos principais fatores limitantes da produção agrícola, uma vez que dependendo da sua duração e frequência, podem ocorrer reduções significativas na produção das culturas (LUCHIARI et al., 1986).

Segundo dados da EMATER-RS (2009), entre os anos de 1987 e 2005 ocorreram nove grandes estiagens, acumulando perdas na ordem de 35 milhões de toneladas. Sendo que, entre os anos de 1992 a 1997, a estiagem foi responsável por 92,6% das perdas de safras de soja, e por 88,4% das perdas de safra do milho.

No período de 1987 a 2005, uma das maiores perdas foi observada na safra 1990/1991, em que a quebra na safra de grãos (milho e soja), totalizou 5,5 milhões de toneladas, o equivalente a aproximadamente 800 milhões de dólares. Com relação à cultura da soja, as perdas foram ao redor de 70%, sendo que o rendimento médio caiu 37,5% em relação a safra anterior (1989/1990), passando de 2.000kg/ha para 750 kg/ha (BERLATO e CORDEIRO, 2005).

A maior estiagem observada entre 1987 e 2005 ocorreu na safra 2004/2005 com perdas na ordem de 8,5 milhões de toneladas de grãos, totalizando em valores um prejuízo na ordem de 1,5 bilhão de dólares (IBGE, 2009). Segundo Berlato e Cordeiro (2005), a precipitação pluvial ocorrida no trimestre dezembro, janeiro e fevereiro do ano de 2005 foi a menor dos últimos 53 anos, sendo que no mês de fevereiro a precipitação pluvial foi de 20% da média histórica.

Diante do exposto, observa-se que o conhecimento do comportamento da precipitação pluvial é fundamental para um planejamento agrícola adequado, visando minimizar as perdas decorrentes de sua ocorrência.

Dentre as técnicas utilizadas para identificar o comportamento de secas episódicas e de chuva, pode-se utilizar a mineração de dados, etapa principal do processo de Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados (Knowledge Discovery in Data Base – KDD), cujo objetivo é encontrar padrões e tendências nesses dados armazenados (HAN e KAMBER, 2006). A escolha das técnicas de mineração de dados apresenta-se como uma alternativa promissora, já que essas técnicas podem ser usadas para transformar dados em informações e conhecimentos que irão subsidiar decisões estratégicas concernentes ao planejamento agrícola.

Em particular, as técnicas de mineração de dados foram usadas, estrategicamente, na segmentação de zonas pluviometricamente homogêneas, por meio de agrupamento de dados (clusterização).

A hipótese científica desse trabalho verificou a viabilidade do uso de agrupamento de dados para subsidiar a análise da precipitação pluvial e de veranicos no Estado do Rio Grande

do Sul, em diferentes granularidades de dados (anual, sazonal e mensal), considerando os clusters gerados como zonas pluviometricamente homogêneas.

O objetivo desse trabalho foi analisar o comportamento espaçotemporal da precipitação pluviométrica e dos veranicos no Estado do Rio Grande do Sul, usando como subsídio técnicas de mineração de dados, sendo que os objetivos específicos foram:

- Identificar zonas pluviometricamente homogêneas para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 por meio da aplicação de técnicas de mineração de dados;
- Definir zonas representativas das mudanças nos volumes de chuva entre os períodos analisados;
- Analisar a variação da precipitação pluvial e de veranicos entre os decênios 1987-1996 e 1997-2006.

Para melhor compreensão do trabalho, o capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica da temática desse trabalho. No item 2.1, tem-se a caracterização do clima da região de estudo, assim como os principais mecanismos atmosféricos que atuam na formação das chuvas. No item 2.2, apresenta-se o processo de descoberta de conhecimento em bases de dados, com noções gerais das tarefas de mineração de dados, em que a ênfase será dada a técnica de agrupamento de dados (clusterização) para definição de zonas pluviometricamente homogêneas.

O capítulo 3 apresenta o material e os métodos utilizados para o desenvolvimento desse trabalho, desde a aquisição dos dados até os procedimentos utilizados nas análises dos resultados.

O capítulo 4 refere-se à exposição e discussão dos resultados obtidos, tanto nas análises da precipitação pluvial (anual, sazonal e mensal), quanto nas análises dos veranicos (anual e sazonal).

Por fim, no capítulo 5 têm-se as conclusões obtidas da análise da precipitação pluvial anual, sazonal e mensal e, também, da análise dos veranicos anual e sazonal, assim como sugestões para realização de trabalhos futuros, como continuação deste trabalho de pesquisa.

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo, será apresentada a caracterização climática do Estado do Rio Grande do Sul, assim como os principais sistemas atmosféricos responsáveis pelas chuvas no Estado. Em seguida, destacam-se os sistemas de tempo associados à variabilidade anual da precipitação pluvial. Por fim, faz-se uma breve análise do comportamento das chuvas diante do cenário de aquecimento global.

Ainda, serão apresentados breves conceitos relativos à mineração de dados, em especial a tarefa de agrupamento de dados.

2.1. Caracterização Climática

O Estado do Rio Grande do Sul situa-se entre os paralelos 27°03'42" e 33°45'09" de latitude Sul e entre os meridianos 49°42'41" e 57°40'57" de longitude Oeste. Faz parte da Região Sul do Brasil, abrangendo uma área de 281.748,538 km², o que corresponde a pouco mais de 3,3% do território brasileiro.

O clima do Estado apresenta dois tipos climáticos conforme a classificação de Köppen: Cfa (clima temperado úmido com verão quente) e Cfb (clima temperado úmido com verão temperado). Isto significa que o Estado situa-se na faixa de clima subtropical úmido ou temperado com distribuição das chuvas bastante uniforme ao longo do ano, não existindo uma estação seca bem definida.

Os totais médios anuais da precipitação pluvial variam de 1200 mm a 1900 mm, podendo ultrapassar os 2000 mm em algumas áreas. Segundo Berlato (1992), a porção sul do estado apresenta valores de precipitação pluvial inferiores à média do estado, que se encontra ao redor de 1550 mm anuais, enquanto a porção norte apresenta valores superiores a esta média. A distribuição sazonal das chuvas é bem uniforme, apresentando em média, 24% no verão, 25% no outono, 25% no inverno e 26% na primavera. Fontana e Almeida (2002) mostraram que o número de dias com precipitação pluvial aumenta no sentido oeste-leste, tanto anual como sazonalmente. Ainda, verificaram uma tendência de incremento em todas as regiões ecoclimáticas, sendo que o incremento é maior na primavera-verão.

2.1.1 Sistemas Atmosféricos Responsáveis pela Ocorrência de Chuvas no Rio Grande do Sul

A climatologia de toda a região Sul é determinada pela dinâmica atmosférica da América do sul. Devido à sua posição latitudinal, a região é atingida pelos principais centros de ação, tanto das latitudes baixas, como das altas. São citados como positivos, os centros de alta pressão subtropicais do Atlântico Norte (anticiclones dos Açores), do Atlântico Sul (Anticiclone do Atlântico Sul), do Pacífico sul (anticiclone do Pacífico) e das altas Polares (Anticiclone Migratório Polar). As Depressões Amazônica e do Chaco são citados como centros de baixa pressão ou negativos (NIMER, 1989).

Segundo Nimer (1989), os principais centros dinâmicos de grande importância na circulação atmosférica do Rio Grande do Sul são os anticiclones permanentes e semi-fixos oceânicos inseridos na zona de altas pressões subtropicais do Hemisfério Sul: a alta do Pacífico e a alta do Atlântico. Estes dois centros de divergência atmosférica constituem as fontes das principais massas de ar tropicais e marítimas. Ambas possuem estruturas e propriedades semelhantes e têm um papel muito importante no quadro da circulação atmosférica do sul do Brasil. No entanto, enquanto o anticiclone do Pacífico é impedido de avançar no continente por conta da barreira imposta pela cordilheira do Andes, o anticiclone do Atlântico, com sentido de divergência do ar anti-horário, adentra frequentemente no interior do Brasil.

Outro centro positivo de ação de grande importância na circulação atmosférica do Rio Grande do Sul é representado pela alta polar, conhecida como anticiclone migratório polar (NIMER, 1989; MONTEIRO, 2001). Tais altas, ao invadirem a região, trazem consigo uma série de tempo instável, da qual a mais importante corrente perturbada que age sobre o Sul do país é a frente polar.

Como centro de ação negativo de grande importância na circulação atmosférica do Rio Grande do Sul, tem-se a baixa do Chaco, região localizada no interior do continente sul-americano (NIMER, 1989).

Os centros de ação positivos representados pelos anticiclones do Atlântico Sul e pelo anticiclone polar, geram as massas de ar de maior influência no Rio Grande do Sul, a Massa Tropical Atlântica e a Massa Polar (MONTEIRO, 1963). Segundo o mesmo autor, a distribuição das chuvas ao longo do ano está intimamente ligada à evolução das massas de ar.

No inverno, a Massa Polar Atlântica avança sobre o continente e encontra-se frequentemente com a Massa Tropical Atlântica. Do choque de duas massas de densidades e temperaturas diferentes, origina-se um sistema frontal. Esses sistemas cruzam o sul brasileiro durante todo o inverno, caracterizando a formação das chuvas durante esse período. Quando acontece o bloqueio na migração das frentes, estas se tornam semiestacionárias. Monteiro e Furtado (1995), ao estudarem o clima do trecho Florianópolis - Porto Alegre verificaram que as altas precipitações registradas no trimestre junho/julho/agosto são devidas às frentes estacionárias.

A partir do mês de novembro, o tempo assume características de verão. Nesse período, tem-se maior atuação da Massa Tropical Atlântica, devido ao enfraquecimento das massas polares e distanciamento do sul brasileiro, dando lugar à invasão das massas tropicais e, conseqüentemente, o continente torna-se mais aquecido e as pressões atmosféricas mais baixas (MONTEIRO e FURTADO, 1995). De atuação mais restrita, o contínuo aquecimento continental favorece a instalação de uma massa quente seca, denominada Massa Tropical Continental.

2.1.2 Sistemas de Tempo e a Variabilidade das Chuvas no Rio Grande do Sul

Diversos sistemas atmosféricos são determinantes do clima no estado; entre os principais, destacam-se os sistemas frontais, responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos anuais do estado, e os complexos convectivos de mesoescala (CCM's).

Os sistemas frontais, cujo deslocamento está associado ao escoamento ondulatório de grande escala, atuam durante todo o ano sobre o Brasil, com maior frequência nas latitudes mais altas (OLIVEIRA, 1986). A intensificação ou dissipação dos mesmos está relacionada com as características atmosféricas sobre o continente. O Rio Grande do Sul faz parte de uma região denominada frontogenética, o que significa que as frentes podem se formar ou intensificar nessa região (NIMER, 1989; SATYAMURTY e MATTOS, 1989). Este fato torna o Estado sujeito a sucessivas entradas frontais, que alcançam a regularidade de uma invasão por semana (NIMER, 1989). A atuação desses sistemas proporciona uma menor amplitude intra-anual da precipitação (SARTORI, 2003). A maior frequência de passagens dos sistemas frontais acontece no período de inverno.

Os CCM's desenvolvem-se na região central da América do Sul, a leste dos Andes,

afetando o sul do Brasil, principalmente na primavera e outono. Estes sistemas formam-se no período noturno, quando apresentam um máximo de convecção, podendo atingir grandes proporções no início da manhã. Os sistemas convectivos são importantes na distribuição da precipitação no noroeste e norte do Estado (GUEDES, 1985).

Um fenômeno de grande escala que afeta a circulação atmosférica da região, provocando anomalias principalmente na precipitação pluvial é o El Niño-Oscilação Sul (ENOS). A variabilidade interanual de precipitação no Rio Grande do Sul é explicada parcialmente pela variabilidade do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) (STUDZINSKI, 1995; PEZZI e CAVALCANTI, 1998; GRIMM et al., 1998; GRIMM e SANT'ANNA, 2000; GRIMM e TEDESCHI, 2004; SILVA, 2001). Este fenômeno é caracterizado por anomalias no padrão de temperatura da superfície do Oceano Pacífico Tropical (parte central e leste da costa da América do Sul) associadas a anomalias no padrão de pressão atmosférica nas regiões de Darwin (norte da Austrália) e Taiti, alterando o padrão de circulação atmosférica.

O ENOS possui duas fases: uma quente (El Niño) e outra fria (La Niña), possuindo um componente de natureza oceânica e outro de natureza atmosférica. O El Niño é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas da região oriental do Oceano Pacífico Tropical (Temperatura da Superfície do Mar – TSM), juntamente com a ocorrência de pressões atmosféricas abaixo do normal na região de Taiti e acima na região de Darwin (Índice de Oscilação Sul – IOS). No fenômeno La Niña (fase fria) ocorre o comportamento contrário dos dois componentes. A fase quente (El Niño) é responsável por precipitação pluvial acima da média, enquanto a fase fria determina precipitação pluvial abaixo da média, principalmente na primavera e verão (RAO e HADA, 1990; FONTANA e BERLATO, 1996; CUNHA, 1999; PUCHALSKI et al., 2001).

O período de maior influência do fenômeno é de outubro a dezembro, e em menor intensidade de abril a maio (FONTANA e BERLATO, 1997; CUNHA et al., 2001). Os primeiros autores ainda verificaram que na fase quente do fenômeno os maiores volumes de chuva foram registrados na porção norte do estado, enquanto que na fase fria a porção oeste foi a mais afetada. Grimm e Sant'anna (2000) verificaram que as duas fases do fenômeno ENOS provocam significativas alterações nos volumes de chuva mensal e sazonal em toda a região Sul do Brasil, sendo a primavera a estação mais afetada. Durante anos de El Niño esta estação apresenta maiores volumes de chuva, enquanto que em anos de La Niña as primaveras

são mais secas. Segundo Rosa et al. (2004), de um modo geral no Sul do Brasil o fenômeno El Niño tende a favorecer as culturas de verão e prejudicar as de inverno. Nos anos de La Niña ocorre o inverso, os impactos são positivos para as culturas de inverno e negativos para as culturas de verão.

Berlato et al. (2005) e Fontana e Berlato (1996) constataram que em ano de El Niño, tem-se um ganho na produtividade do milho, enquanto em anos de La Niña ocorre queda na produtividade. Berlato et al. (2005), ainda, constataram que os índices de maior associação com a produtividade do milho são as anomalias TSM (Temperatura da Superfície do Mar) e IOS (Índice de Oscilação Sul), sendo que na maioria dos casos, águas quentes no Oceano Pacífico equatorial central e Oscilação Sul negativa determinam ganhos na produtividade do milho.

Analisando a relação entre o fenômeno ENOS e a variabilidade nos rendimentos da cultura da soja, Berlato e Fontana (1999) constataram que os anos de maiores rendimentos, dentro do período estudado (1913-1994), coincidem com anos de El Niño. Constataram, ainda, que os ganhos com o El Niño são maiores que as perdas com a La Niña, uma vez que as grandes estiagens que ocorreram no período estudado não estiveram relacionadas com a fase fria do fenômeno.

O El Niño pode ser prejudicial às culturas de primavera-verão, quando ocorre o repique do fenômeno no outono do segundo ano do evento, principalmente quando os meses de abril e maio apresentarem altos índices pluviométricos, prejudicando a maturação e a colheita (BERLATO e FONTANA, 1999).

Nos anos de El Niño a probabilidade da precipitação pluvial superar a mediana dos anos neutros é de 75%, enquanto que em anos de La Niña a probabilidade da precipitação pluvial ser menor que a mediana é de 75% (BERLATO et al., 2005). Essa é a causa dos ganhos no rendimento tanto na cultura do milho, como na da soja, pois mesmo em anos neutros o volume de chuva é insuficiente para atingir a demanda hídrica necessária para altas produções dessas culturas.

Com relação aos benefícios da La Niña para as culturas de inverno, Cunha (1999) mostra que para o trigo no Brasil, especialmente na região sul, no período de 1920 a 1997, 61% dos episódios de El Niño produziram desvios negativos no rendimento. Já durante os eventos La Niña, os desvios foram positivos em 73%.

Portanto, de uma maneira geral, os diversos fenômenos atmosféricos afetam o Estado do Rio Grande do Sul de modos diferentes, sendo a influência, às vezes benéfica — com ganhos em escala e escopo produtivo (maior número de cultivos e ganhos de produtividade) — e outras, maléfica — com quebras ou perdas de resultado.

2.1.3 Considerações sobre Precipitação Pluvial no Atual Cenário de Aquecimento Global

Inúmeros são os esforços na tentativa de avaliar as variações dos elementos climáticos, sejam elas de ordem natural ou mesmo por consequência da intervenção humana no meio ambiente.

Trabalhos recentes apontam coerentes mudanças na temperatura e precipitação em grande parte do Globo, especialmente durante os últimos 40-50 anos (FRICH et al., 2002; HAYLOCK et al., 2006; ALEXANDER et al., 2006). Alexander et al. (2006), com base em 5.948 estações de precipitação pluvial, mostraram tendência de aumento da precipitação pluvial tanto em totais como em índices derivados, como chuvas intensas, em grande parte das regiões continentais. Haylock et al. (2006) observaram um aumento na intensidade e frequência de dias com chuva intensa na região Sudeste da América do Sul entre o período de 1960 a 2000. Este resultado está de acordo com o trabalho de Groisman et al. (2004), que identificaram tendências positivas de aumentos sistemáticos de chuva e de extremos de chuva na região subtropical, no Sul e no Nordeste do Brasil.

No que diz respeito ao Rio Grande do Sul, alguns trabalhos apresentam possíveis pistas de mudanças no comportamento da precipitação pluvial. Viana et al. (2006), observaram um incremento na precipitação anual em torno de 8%, ao estudarem o comportamento espaçotemporal da precipitação no Rio Grande do Sul entre 1945-1974 e 1975-2004 em 24 estações meteorológicas. Ao comparar a normal climatológica de 1931-60 com 1961-90, Ávila (1994) notou que, em praticamente todo o Estado do Rio Grande do Sul a segunda é superior à primeira, sendo que em 5 das 27 estações estudadas esse aumento foi estatisticamente significativo a 5%. Brandão e Lucena (2002) estudaram a tendência do clima no centro-sul do Brasil entre os períodos compreendidos pelas normais climatológicas 1931-1960 e 1961-1990, e identificaram aumento na média da precipitação pluvial anual em todas as regiões. Particularmente no Rio Grande do Sul, esse aumento foi observado em mais de 70% das estações, variando em média até 200 mm.

Em recente trabalho elaborado pela CDP/INMET (2009), em que se comparam as diferenças entre as normais de 1931-60 e 1961-90, também se observam alterações nos volumes de chuva em quase toda região Sul do Brasil, sendo que em grande parte do território rio-grandense ocorrem desvios positivos, indicando aumento nos volumes de chuva.

Particularmente no Brasil, no atual cenário de mudanças climáticas, os modelos globais do IPCC AR4 (2007), apontam modificações no regime e distribuição das chuvas, porém ainda com um alto grau de incerteza.

Com relação à chuva no Sul do país, estes modelos indicam um aumento da precipitação ao redor de 5 a 10% até o final do século XXI, em relação ao volume atual, com especial atenção para um aumento no número de eventos extremos. Recentes estudos (MARENGO, 2007; TEBALDI et al., 2006) sugerem, de fato, que os possíveis cenários de aumento de chuva no Sul do Brasil, projetados até finais do século XXI, poderiam ser na forma de eventos extremos de chuva mais intensos e frequentes. Segundo as projeções de extremos relatadas no IPCC AR4 (MEEHL et al., 2007; TEBALDI et al., 2006), um aumento na frequência de extremos de chuva é observado em todo o país, especialmente no Oeste da Amazônia, no Sul e Sudeste do país. Estudos anteriores ao IPCC AR4 já apontavam para um aumento da precipitação na região Sul do Brasil, especificamente na bacia do Paraná - Prata, desde 1950, com tendências similares em outros países do Sudeste da América do Sul.

Todas essas mudanças, portanto, não podem ser negligenciadas, uma vez que fornecem subsídios para o aprimoramento de estudos no sentido de explicar essas variações.

Dada a potencialidade da mineração de dados em extrair conhecimento embutido em grandes bases de dados, essa técnica torna-se promissora para tal tipo de análise.

2.2 Mineração de Dados – Breves Conceitos

Mineração de dados, também referida muitas vezes como “Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados”, em inglês Knowledge Discovery in Databases - KDD, é uma subdisciplina de ciência da computação visando à interpretação automática de grandes séries de dados (KRIEGEL et al., 2007).

Nas últimas décadas, essa técnica tem se destacado devido, principalmente, à lacuna existente entre a geração e a análise de dados. Como resultado, o meio acadêmico, a indústria e até mesmo os indivíduos têm que enfrentar o desafio de lidar com séries de dados, cujo

volume impossibilita a análise manual (KRIEGEL et al., 2007).

Segundo Carvalho (2001) e Witten e Frank (2005), pode-se citar como responsáveis por esse processo o advento de tecnologias ligadas à internet, possibilitando a geração e transmissão de grandes volumes de dados; os avanços na área de banco de dados, permitindo a integração e organização de dados de diversas fontes; a competição empresarial exigindo técnicas mais modernas na tomada de decisão, assim como as instituições de pesquisa com volumes de dados cada vez maiores.

Para Fayyad et al. (1996), a mineração de dados representa uma parte do processo de descoberta de conhecimento (KDD), sendo responsável pela extração de padrões válidos, novos, potencialmente úteis e compreensíveis embutidos em grandes volumes de dados, por meio da aplicação de algoritmos específicos.

De acordo com Chapman et al. (2000), o processo de mineração de dados é composto por seis fases do modelo CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining).

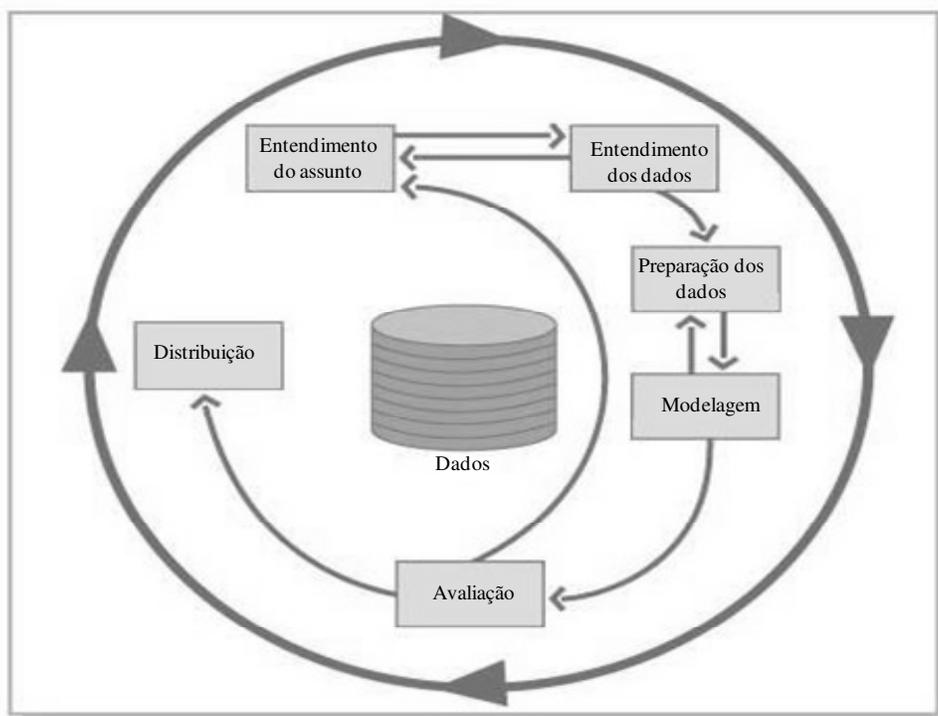


Figura 1: Fases da Mineração de Dado segundo o modelo CRISP-DM (CHAPMAN et al. 2000)

O ciclo externo, na Figura 1, simboliza a natureza cíclica da mineração de dados. O processo não termina uma vez que uma solução é encontrada. As lições aprendidas durante o processo podem gerar novos questionamentos, geralmente mais pertinentes ao assunto.

Processos subseqüentes se beneficiarão das experiências adquiridas nos processo anteriores.

O processo inicia-se com o entendimento do assunto, buscando obter conhecimento sobre seus objetivos e requisitos para defini-lo e convertê-lo em um problema de mineração de dados, traçando-se, então, um plano preliminar designado para alcançar seus objetivos.

A fase dois inicia-se com a coleta e seleção de dados. Em seguida, alguns procedimentos e atividades são aplicados a esses dados, visando identificar problemas de qualidade e detectar subconjuntos interessantes para formalizar hipóteses.

O terceiro passo trata da preparação dos dados (Preparação de Dados), em que todas as atividades são voltadas para a construção do banco de dados no formato adequado para o processo de extração do conhecimento. As tarefas incluem limpeza, transformação, integração e formatação dos dados. É nessa etapa que dados inconsistentes são eliminados.

Na quarta etapa (Modelagem), várias técnicas de modelagem são selecionadas e aplicadas, sendo seus parâmetros selecionados e calibrados para valores ótimos. Geralmente, existem várias técnicas para o mesmo tipo de problema de mineração. Algumas técnicas possuem requerimentos específicos na forma dos dados. Conseqüentemente, voltar para a etapa de preparação de dados é freqüentemente necessário.

A penúltima fase corresponde à avaliação do processo (Avaliação), em que se deve construir um modelo que pareça de alta qualidade, numa perspectiva de análise de dados. Antes de prosseguir é importante avaliar detalhadamente o modelo, e rever os passos executados na sua construção, para certificar-se de que ele alcançará os objetivos propostos. Deve-se ainda, determinar se não há nenhum ponto importante, referente ao assunto, que não tenha sido suficientemente abordado. No fim desta fase, uma decisão sobre o uso dos resultados da mineração deve ser tomada.

Na última fase, tem-se um modelo construído. No entanto, isto geralmente não representa o fim do projeto. Mesmo se o propósito do modelo for aumentar o conhecimento dos dados, o conhecimento adquirido necessitará ser organizado e apresentado de uma maneira que o usuário possa utilizar. Isto geralmente envolve procedimentos de validação com especialistas nos processos de tomada de decisão. Dependendo das exigências, a aplicação do modelo pode ser tão simples quanto à geração de um relatório, ou tão complexa quanto executar processos de mineração de dados repetidamente. Em muitos casos, será o usuário não especialista (não o analista dos dados) que realizará os passos para execução do modelo, por

isso é necessário que ele compreenda que medidas deverão ser tomadas a fim de empregar efetivamente os modelos criados.

2.2.1 Tarefas de Mineração de Dados.

Na mineração de dados, uma tarefa consiste na especificação do que se pretende buscar, que tipo de regularidade ou categoria de padrões interessa encontrar, ou que tipo de padrões poderiam surpreender (AMO, 2004).

De acordo com Rezende et al. (2005), as tarefas podem ser agrupadas em preditivas e descritivas (Figura 2).

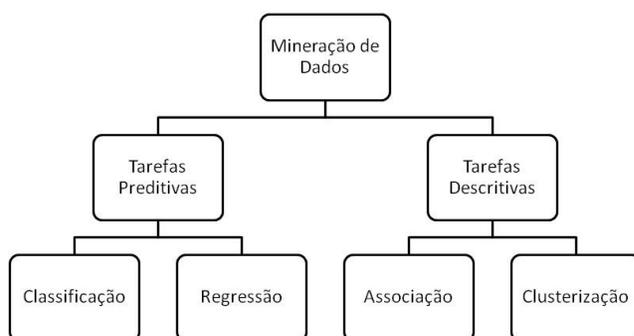


Figura 2: Tarefas de Mineração de Dados (adaptado REZENDE et al., 2005).

2.2.1.1 Tarefas Preditivas

As tarefas preditivas têm como objetivo a construção de modelos, a partir de um determinado conjunto de dados, para posterior predição do comportamento de novos dados. As principais tarefas de predição são classificação e regressão.

A classificação consiste na predição de um valor categórico (atributo-meta), e consiste basicamente na tentativa de definição de modelos, regras, a partir de um conjunto de exemplos pré-classificados corretamente, para posterior classificação de exemplos novos e desconhecidos (REZENDE et al., 2005). A variável de predição pode ser discreta ou categórica. Dentre as técnicas mais utilizadas na classificação, pode-se citar a indução de árvore de decisão. Uma árvore é um modelo gráfico representado por nós e ramos, sendo que os nós intermediários representam os testes de atributos (variáveis independentes), enquanto que os ramos representam os resultados desses testes (HAN e KAMBER, 2006 ; WITTEN e

FRANK, 2005). O nó localizado no extremo superior da árvore representa seu início e é denominado nó-raiz. Já o nó localizado na extremidade inferior é denominado nó-folha e representa o valor de predição do atributo-meta (variável dependente).

Após a construção da árvore, esta pode ser utilizada para classificação de exemplos cuja classe é desconhecida. Para isso, um caminho é traçado a partir do nó-raiz, descendo pelos ramos, até atingir um nó-folha, que representa a classe de predição do exemplo em questão (HAN e KAMBER, 2006).

A regressão é conceitualmente similar à classificação, porém se aplica na predição de um valor contínuo.

2.2.1.2 Tarefas Descritivas

As tarefas descritivas consistem na identificação de padrões inerentes a determinado banco de dados. Os dados desse banco não possuem uma classe especificada. Entre essas tarefas, destacam-se as regras de associação e clusterização (agrupamento de dados).

As regras de associação foram introduzidas por Agrawal et al. (1993), e descrevem a relação entre itens ou produtos de uma base de dados. Diversas são as áreas de aplicação dessa técnica, podendo-se citar, dentre elas pode-se citar a análise de informação médica, o estudo de acesso a computadores e a análise de perfil de compras de clientes. A maioria dos algoritmos para mineração de regras de associação trabalha com banco de dados de transação, sendo que cada transação é composta por um identificador (ID) e uma lista de itens. As regras de associação podem ser representadas pelo formato $X \rightarrow Y$, onde X e Y são definidos por conjunto distintos de atributos. Estas regras basicamente definem a relação existente entre X e Y , expressando o quanto a presença de X , implica a presença de Y . Um exemplo de regra de associação poderia ser “60% dos clientes que compram alface também compram tomate”

Como métricas básicas para a avaliação destas regras, utilizam-se comumente as medidas de suporte e confiança. Dada uma regra $X \rightarrow Y$, o suporte representa a fração das transações que contém ambos, X e Y , enquanto a confiança mede a frequência de itens em Y que aparecem nas transações que contém X . Uma regra é considerada interessante quando ela apresenta um suporte e uma confiança iguais ou superiores ao mínimo estabelecido pelo usuário. Além dessas medidas objetivas, na avaliação de regras é necessário combinar a expectativa do usuário, expressa muitas vezes por medidas subjetivas, com as evidências

encontradas nos dados.

A outra tarefa descritiva refere-se ao agrupamento de dados (clustering ou clusterização), que será descrita na seção seguinte, uma vez que é a tarefa de mineração de dados usada nesta dissertação para a segmentação de zonas pluviometricamente homogêneas no Estado do Rio Grande do Sul.

2.2.2 Clusterização

O processo de agrupamento de objetos em classes similares é denominado clusterização. Esse procedimento é também conhecido como segmentação de dados, pois particiona grandes conjuntos de dados de acordo com a similaridade. É geralmente utilizado como técnica inicial de exploração dos dados, com o objetivo de agrupá-los em um número finito de conjuntos semelhantes, conhecidos como clusters.

Ao contrário da classificação, a clusterização não está relacionada com o aprendizado baseado em exemplos com classe definida. Nesta tarefa os objetos são agrupados baseados no princípio da maximização interclasses e da minimização intraclasse (HAN e KAMBER, 2006). Sendo assim, objetos pertencentes ao mesmo cluster são altamente similares entre si, e amplamente dissimilares em relação a qualquer outro objeto de outros clusters. Nesse processo, não é necessário a identificação dos agrupamentos desejados ou dos atributos que devem ser usados na criação dos clusters.

Geralmente, a execução dessa tarefa é seguida da construção de uma árvore de decisão ou de um conjunto de regras, que permitam alocar novos exemplos no cluster a que ele pertence.

De acordo com Jain e Dubes (citado por JAIN et al., 1999), o processo de clusterização envolve basicamente:

- **Representação dos padrões** (pode incluir extração de atributos e/ou seleção): refere-se à descrição dos atributos (número, tipo e modo). A seleção de atributos refere-se ao processo de identificação do melhor subconjunto a ser usado na clusterização. A extração de atributos trata do uso de uma ou mais transformações nos atributos de entrada para salientar novas características.

- **Definição de uma medida de similaridade apropriada para o domínio de aplicação:** diversas medidas de distância são utilizadas para medida de similaridade entre os

clusters obtidos. Entre as mais comuns, pode-se citar a distância Euclidiana.

- **Clusterização ou agrupamento:** O processo de clusterização pode ser feito pela partição dos dados em grupos, ou pela medida do grau de pertinência de um dado em relação a um conjunto formado.

- **Abstração dos dados:** é o processo de extração de uma representação simples e compacta do conjunto de dados, como por exemplo, a definição dos centróides para cada cluster obtido.

- **Apresentação dos resultados:** visualização dos clusters e compreensão de suas inter-relações.

A Figura 3 representa a sequência dos três primeiros passos, incluindo um *feedback*, em que os dados de saída podem afetar processos anteriores.

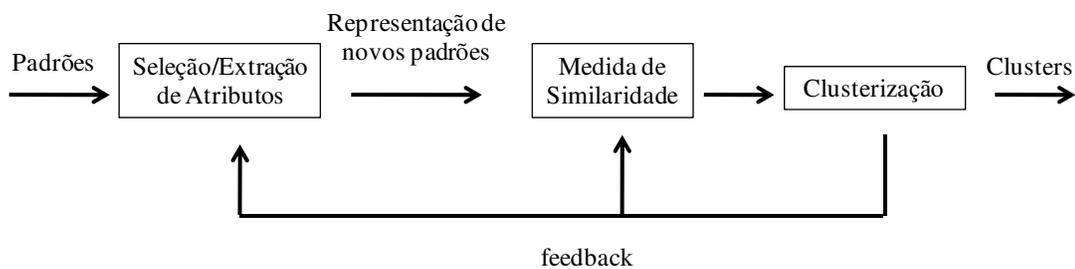


Figura 3: Estágios do processo de clusterização (JAIN et al., 1999).

A definição do número ideal de clusters é uma tarefa subjetiva, que vai depender da necessidade do usuário, assim como de sua experiência e perspicácia.

2.2.2.1 Principais Métodos de Clusterização

Existem diversos métodos para clusterização descritos na literatura. Sua escolha dependerá do tipo de dado a ser analisado, assim como do propósito e da aplicação dessa análise.

Alguns trabalhos envolvem a definição de zonas pluviometricamente homogêneas para o Estado do Rio Grande do Sul, a partir de diferentes métodos. Becker et al. (1992), por meio de um método aglomerativo de hierarquização, delimitaram 4 zonas pluviometricamente homogêneas para o Estado, a partir de dados mensais de precipitação para o período de 1931 a 1960.

Khan e Kim (1998), a partir de dados de precipitação pluvial de 13 estações no período de 1940 a 1993, definiram regiões homogêneas de precipitação pluvial para o Rio Grande Sul por meio do algorítmico de classificação de Lund, com o intuito de estudar as características estatísticas dessa variável.

Marques et al. (2003) utilizaram dados de precipitação relativa mensal de 40 estações pluviométricas do período de 1950 a 1999, definindo com isso sete regiões homogêneas de precipitação pluvial, segundo seu comportamento temporal, por meio da técnica de componentes principais.

Keller et al. (2005) utilizaram dados provenientes de 2341 postos pluviométricos distribuídos por todo o território brasileiro, definindo seis regiões pluviometricamente homogêneas para o Brasil, por meio do método das variâncias mínimas, sendo que posteriormente essas regiões foram subdivididas em sub-regiões. Particularmente, no Estado do Rio Grande do Sul foram identificadas seis zonas.

Abaixo serão descritos os principais métodos de agrupamento de dados.

2.2.2.1.1 Método de Particionamento

Dado um banco de dados contendo n objetos, o método de particionamento divide o conjunto em k partes, correspondentes aos clusters, sendo $k \leq n$. Os grupos obtidos devem conter no mínimo um objeto, e cada objeto deve pertencer a apenas um cluster.

Dado o valor de k , os objetos são alocados nos clusters de acordo com a medida de similaridade adotada, buscando a maximização da distância entre clusters e a minimização da distância entre objetos do mesmo grupo.

De acordo com Han e Kamber (2006), existem inúmeras possibilidades na determinação do elemento que representará o centro do cluster e que, conseqüentemente, servirá como base para o cálculo da medida de distância, tendo-se, como exemplo, o algoritmo k-means.

O k-means é uma técnica na qual os dados são agrupados de acordo com a métrica de distância euclidiana. Primeiramente, o algoritmo seleciona objetos aleatoriamente, de acordo com o número de clusters (k) definido pelo usuário. Estes objetos são representantes dos centróides. Em seguida, k clusters são criados por meio da associação de cada objeto ao centróide mais próximo. Esse passo refere-se ao cálculo da distância entre os elementos.

Posteriormente, calcula-se o valor médio da distância de cada objeto pertencente ao cluster; com isso, novos centróides são selecionados e, conseqüentemente, uma nova distribuição é realizada. Esse processo se repete até a obtenção do melhor conjunto, visando a minimização da distância entre os objetos do mesmo conjunto e a maximização em relação aos outros grupos formados (AMO, 2004; REZENDE et al., 2005).

Este algoritmo possui um bom desempenho quando os clusters são densos e bem separados uns dos outros. Este método é relativamente escalável no processamento de grandes bases de dados, uma vez que o número de clusters gerados é menor que o número total de objetos, assim como é menor que o número de iterações necessárias para formação dos clusters. O método, geralmente, termina em um ótimo local.

Um ponto fraco desse algoritmo é a necessidade de especificação do número de clusters com antecedência, o que pode ser uma desvantagem, uma vez que o número escolhido pode não ser a melhor forma de divisão dos dados.

Este método é sensível a ruídos e outliers, já que todos os objetos pertencentes a um conjunto de dados são agrupados e, assim, um número pequeno de tais dados (outliers) pode influenciar o valor do centróide.

2.2.2.1.2 Métodos Hierárquicos.

Métodos hierárquicos criam uma decomposição hierárquica da base de dados. Esta decomposição pode ser representada por uma árvore que iterativamente divide a base de dados em subconjuntos menores até que cada subconjunto consista de somente um objeto (ESTER et al., 1996).

De acordo com Han e Kamber (2006), os métodos hierárquicos podem ser classificados em aglomerativos ou divisivos, baseado no modo como a decomposição hierárquica é formada, conforme pode ser visto na Figura 4.

O método aglomerativo, também conhecido como abordagem bottom-up, inicia-se com cada objeto formando um cluster separado. Os clusters próximos são agrupados, até que todos os objetos estejam em um único cluster (o nível mais alto da hierarquia), ou até que uma condição de término ocorra.

O método divisivo, também conhecido como abordagem top-down, inicia-se com todos os objetos formando um único cluster. Em cada iteração, o conjunto é dividido em

pequenos clusters, até que cada objeto esteja em um cluster, ou até que uma condição de término ocorra.

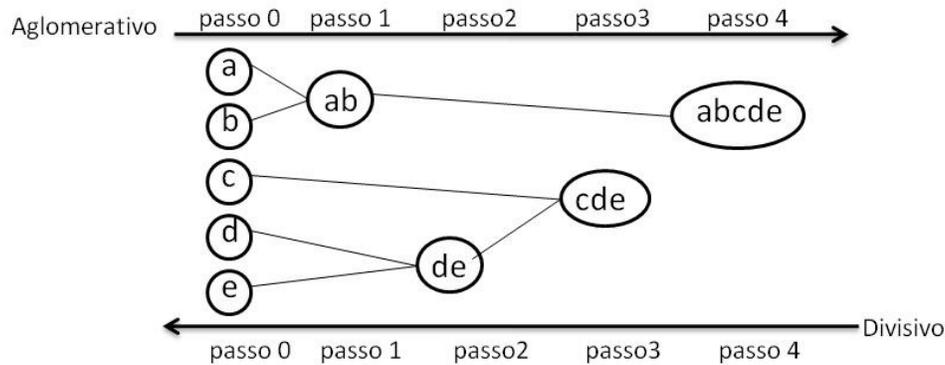


Figura 4: Métodos hierárquicos divisivos e aglomerativos na clusterização dos objetos (a, b, c, d, e). (adaptado de HAN e KAMBER, 2006).

Ao contrário dos algoritmos de particionamento, os hierárquicos não necessitam da definição prévia do número de cluster. Porém, uma condição de término precisa ser definida, para que todos os clusters sejam formados e para que nenhum cluster seja dividido.

Os métodos hierárquicos são prejudicados pelo fato de que uma vez que um passo é executado (divisão ou aglomeração), este não pode ser desfeito, o que pode levar a decisões erradas.

2.2.2.1.3 Métodos baseados em densidade

Esses métodos foram desenvolvidos no intuito de determinarem clusters com forma arbitrária, uma vez que métodos baseados em particionamento encontram dificuldades na sua obtenção.

Baseiam-se na noção de densidade, uma vez que consideram como cluster regiões densa de objetos no espaço, separadas por regiões vizinhas de baixa densidade (ESTER et al., 1996).

De acordo com Han e Kamber (2006), DBSCAN é um algoritmo típico, em que os clusters crescem de acordo com o limiar de densidade. O algoritmo trabalha em base de dados com ruídos, podendo separá-los. Um cluster é definido com um conjunto de pontos densamente conectados, enquanto ruídos representam conjuntos de objetos que não estão

contidos em nenhum cluster.

O algoritmo DBSCAN é aplicável a qualquer base de dados contendo dados de um espaço métrico (ESTER et al., 1996). Para definição dos clusters o algoritmo verifica a vizinhança de cada ponto do banco de dados, começando por um ponto aleatório. Dessa forma, se na vizinhança de determinado ponto “p”, definida por um raio “r”, houver um número mínimo de pontos, um novo cluster é criado, com o ponto “p” como centro. O processo termina quando nenhum novo ponto pode ser adicionado a qualquer cluster.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

A área de estudo compreende o estado do Rio Grande do Sul situado entre os paralelos 27°03'42" e 33°45'09" de latitude Sul e entre os meridianos 49°42'41" e 57°40'57" de longitude Oeste.

3.2. Modelo do Processo

A metodologia visando a descoberta de conhecimento em banco de dados foi dividida em quatro etapas baseadas no modelo CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining), proposto por Chapman et al. (2000).

As etapas foram divididas da seguinte forma: Etapa 1: entendimento dos dados; Etapa 2: preparação dos dados; Etapa 3: modelagem; Etapa 4: avaliação dos resultados obtidos. A seguir segue-se o detalhamento das etapas.

3.2.1. Entendimento dos dados

As séries históricas desse estudo foram adquiridas na base de dados da Agência Nacional de Água (ANA), no sistema de informações hidrológicas Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) (ANA, 2008). Além dos dados de chuva o banco é composto pelo nome, município onde a estação está localizada, posição geográfica (latitude e longitude), ano de início e ano de fim de cada estação pluviométrica.

Optou-se por trabalhar com séries homogêneas e contínuas abrangendo o máximo período amostral possível. Sendo assim, foram selecionadas 79 estações com dados diários de precipitação pluviométrica de 1987 a 2006, cobrindo praticamente todo o estado do Rio Grande do Sul (Figura 5).

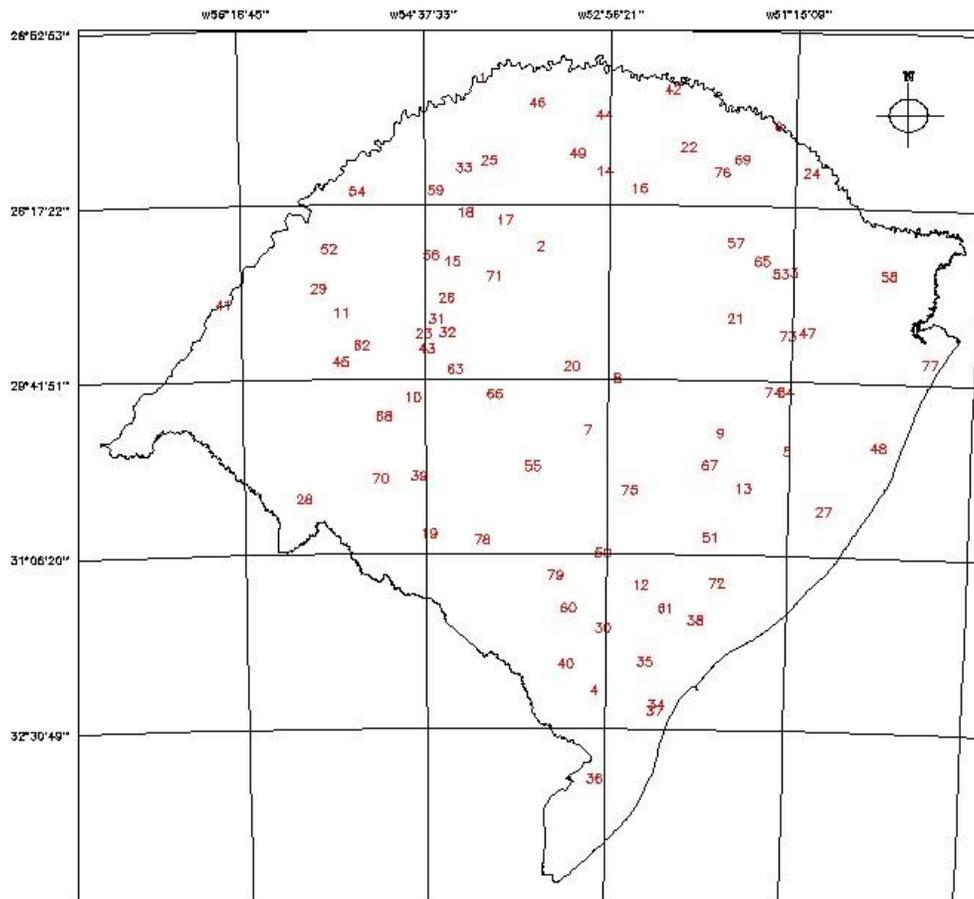


Figura 5: Distribuição espacial das 79 estações meteorológicas.

O anexo 1 apresenta a relação das estações pluviométricas com suas respectivas identificações, município onde a estação está localizada e posição geográfica (latitude e longitude).

As séries históricas adquiridas junto ao sistema de informações hidrológicas (Hidroweb) encontravam-se no formato Access, sendo que cada estação meteorológica correspondia a um arquivo. Esses dados estão disponíveis em formato original (dados bruto) ou consistidos (dados tratados).

Optou-se pela utilização dos dados consistidos uma vez que dados brutos provenientes de estações pluviométricas apresentam problemas devido a erros derivados do próprio processo de coleta e armazenamento. Entre os problemas mais comuns estão os erros de leitura, de transcrição e digitação, os problemas no aparelho de coleta (danificação, obstrução pela vegetação ou problemas mecânicos no registrador Gráfico) e a ausência de dados durante um determinado período.

Os dados consistidos apresentam um maior grau de confiabilidade, fundamental para a realização de diversos estudos de grande importância científica e socioeconômica, dentre eles os relacionados às atividades agrícolas.

A crítica e consistência dos dados foram feitas conforme metodologia proposta pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), baseada no modelo matemático desenvolvido por Holanda e Oliveira (1979). De uma forma geral, o processo se resume em duas críticas feitas a cada total mensal em cada estação, separadamente. Primeiramente, os dados da estação em análise são comparados com os dados de uma ou mais estações vizinhas, denominada estações de apoio. Geralmente, selecionam-se duas estações com base na localização geográfica, período de cobertura e coeficiente de correlação. A partir daí, de acordo com os dados da estação, o programa, baseado em cálculos estatísticos, estabelece intervalos de aceitação sendo que, se o total mensal da estação em análise estiver fora do intervalo de aceitação das estações de apoio selecionadas, o programa recusa este valor e sugere outro, com maior possibilidade de ocorrência. Caso o total mensal da estação em análise fique dentro do intervalo de aceitação de uma das estações de apoio selecionadas para os testes, o valor é aceito. Após o término da primeira crítica, inicia-se a segunda, que terá o mesmo procedimento, porém, utilizando-se a nova série gerada com os valores sugeridos na primeira etapa. Uma vez realizada a consistência em nível mensal, faz-se a compatibilização com os dados diários, eliminando-se aqueles correspondentes a períodos rejeitados.

Além da análise de consistência, fez-se a estimativa da ausência de erros, que expressa uma avaliação da medida de quanto os dados são corretos. No presente trabalho, essa análise foi realizada anualmente, sendo que todas as observações que excederam a média somada a três vezes o desvio padrão foram consideradas erros (MACEDO et al., 2001). Esses erros foram expressos na forma de porcentagem, sendo que em todas as estações analisadas não foram observados valores superiores a 2%, razão pela qual nenhum dado foi descartado.

3.2.2. Preparação dos dados

O conjunto de dados foi construído em formato Excel, sendo os dados de chuva migrados dos arquivos Access formando uma só planilha, composta por 79 linhas representando as estações meteorológicas e 7305 colunas representando os 20 anos de dados diários de precipitação pluviométrica (Figura 6).

Estação	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Alto Uruguai	0	10,2	0	0	0	0	13	0	8,2	2,8
Anderson Clayton	0	10,4	0	0	0	0	0	10,2	52,4	20,6
Antônio Prado	17	0	0	0	0	0	23	13	35,2	0
Arroio Grande	7,2	0	0	0	0	13,3	0,6	6,8	4,9	0
Barra do Ribeiro	10,8	11,2	0	0	0	0	4,4	33	7,2	48,4
Barracão	0	42	0	0	0	0	0	0	16	4
Barro Vermelho	9,4	0,3	0	0	0	0	21	0,2	1,8	0,1
Botucarai	16,2	2,6	0	0	0	12,8	41,5	3,7	11,1	0
Butia	10	0	0	0	0	0	12,4	9	13,3	0

•
•
•

Figura 6: Representação esquemática do arquivo de dados com 9 estações e 10 dias de dados.

A partir dos dados de precipitação pluviométrica diária construiu-se um banco com dados de chuva mensal, com a finalidade de agrupar as estações em zonas pluviometricamente homogêneas (Figura 7).

Estação	jan1987	fev1987	mar1987	abr1987	maio1987	jun 1987
Alto Uruguai	182,4	179,1	77	209,5	69,7	114,1
Anderson Clayton	217,4	125,5	45,4	437,7	205,4	98,2
Antônio Prado	155,8	187	29,8	232	227,6	99,4
Arroio Grande	46,9	79,5	161,1	192,7	154,4	20
Barra do Ribeiro	178,6	83,5	125,6	95,2	207,2	87,9
Barracão	178,3	197,6	49,6	285,8	308,8	211,4
Barro Vermelho	109,2	114,5	124,2	199,9	156,1	78
Botucarai	218	107,5	171,3	193,9	143,7	109,6
Butia	92,3	185,9	147,2	133,6	179,3	105,2

•
•
•

Figura 7: Representação esquemática do arquivo de dados de chuva mensal com 9 estações e 6 meses de dados (jan 1987- jun 1987).

O conjunto de dados mensais foi dividido em dois conjuntos distintos, a partir da divisão da série histórica em períodos de 10 anos. O primeiro refere-se ao período de 1987 a 1996, e o segundo ao período de 1997 a 2006. Em ambas as séries, a disposição dos dias nas colunas e das estações nas linhas foi organizada com o intuito de subsidiar a geração de agrupamentos de estações conforme o comportamento das chuvas. Apenas os dados de chuva foram levados em consideração para obtenção dos clusters, não havendo a necessidade de dados de localização geográfica.

Em geral, as técnicas de clusterização supõem a normalização dos dados, etapa essencial quando se utiliza atributos com diferentes ordens de grandeza. No presente trabalho, esta etapa não foi necessária, pois o único atributo considerado foi a precipitação pluviométrica mensal.

3.2.3. Modelagem

O programa computacional utilizado para as análises foi o Weka® (WITTEN e FRANK, 2005), na versão 3.5. Weka é um ambiente de software usado em problemas de descoberta de conhecimento, composto de uma coleção de algoritmos nas áreas de aprendizado de máquina e mineração de dados. É um software livre que está disponível sob licença GNU (General Public License).

A clusterização foi a tarefa empregada para obtenção das zonas homogêneas para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006. Sendo assim, os clusters definidos para o primeiro decênio são independentes daqueles definidos para o segundo decênio.

O algoritmo utilizado nas análises foi o k-means. O k-means é uma técnica na qual os dados são agrupados de acordo com a métrica de distância euclidiana. O processo fundamenta-se na partição das observações em k-clusters, em que cada observação pertence ao cluster com média mais próxima. Utilizou-se valores de k de 3 a 7 na tentativa de obtenção do número de clusters mais condizente com a realidade dos dados. A escolha desse intervalo se deu com base em trabalhos relacionados à obtenção de zonas homogêneas de precipitação pluvial em que o Estado do Rio Grande do Sul estava envolvido. Maiores detalhes podem ser vistos em Becker et al. (1992), Khan e Kim (1998), Marques et al. (2003) e Keller et al. (2005).

Os clusters obtidos foram espacializados em ambiente Spring (CAMARA et al., 1996) para melhor visualização dos resultados.

3.2.4 Avaliação dos Clusters

O número de clusters foi definido com base nos resultados obtidos para as duas séries (1987 a 1996 e 1997 a 2006), por meio da geração de mapas contendo as estações pluviométricas e seus respectivos clusters, assim como, por meio da análise da chuva média anual.

Nesta etapa do processo de descoberta do conhecimento, a participação de especialistas do domínio de aplicação foi fundamental para a escolha do melhor número de zonas homogêneas.

3.3. Análise dos Dados

Com o intuito de avaliar as alterações ocorridas na precipitação pluvial (incremento ou redução) entre os decênios 1987-1996 e 1997-2006, a partir da sobreposição dos clusters obtidos no primeiro e segundo períodos, foram definidas zonas fixas ou permanentes nos dois períodos. Este procedimento fez-se necessário uma vez que os clusters gerados para o primeiro decênio são independentes dos clusters gerados para o segundo decênio. Possíveis mudanças ocorridas no número médio de veranicos também foram analisadas dentro dessas zonas.

Esses fenômenos foram analisados em diferentes resoluções temporais, visando um melhor detalhamento das mudanças ocorridas. As análises serão descritas a seguir.

3.3.1 Análise da Precipitação

A variação da precipitação entre os decênios 1987-1996 e 1997-2006 foi analisada com os dados em três diferentes granularidades.

A primeira refere-se à escala anual, e é de grande importância uma vez que o regime pluviométrico de determinada região é definido com base nos totais anuais. A escala intermediária trata da variação no volume de chuva durante as estações do ano.

E, por fim, a análise mensal — fundamental na observação de como a precipitação pluvial está distribuída ao longo do ano — pois fornece subsídios para determinação de períodos críticos predominantes em determinada região, seja por excesso ou escassez de chuva, visando à redução de danos causados por conta dessas flutuações.

3.3.1.1 Teste de Normalidade

A verificação da normalidade foi feita tanto por inspeção gráfica, por meio da construção de histogramas e Q-Q plots (método gráfico para comparar duas distribuições de probabilidade traçando seus quantis), quanto pela aplicação do Teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO e WILK, 1965). A preocupação com a normalidade deve-se ao fato de esta ser a pressuposição básica para aplicação do tradicional Teste “t” de Student para comparação de

médias entre duas variáveis.

3.3.1.2 Análise das Médias Anuais, Sazonais e Mensais

Em primeiro lugar verificou-se a variação da precipitação média anual em cada zona entre o primeiro decênio (1987-1996) e o segundo decênio (1997-2006). A variabilidade da chuva foi calculada pela diferença entre a precipitação média do período de 1987 a 1996 e a do período de 1997 a 2006.

Verificou-se, ainda, a distribuição das chuvas ao longo dos anos em relação à média do primeiro decênio.

Na segunda análise, verificou-se a variabilidade da precipitação média sazonal em cada zona entre o primeiro decênio (1987-1996) e o segundo decênio (1997- 2006). Calculou-se a precipitação média acumulada para cada estação do ano nas diferentes zonas para as duas séries, sendo que a variabilidade foi analisada pela diferença entre a precipitação média do período de 1997 a 2006 e a do período de 1987 a 1996.

Na última análise, verificou-se a variabilidade da precipitação média mensal em cada zona entre o primeiro decênio (1987-1996) e o segundo decênio (1997- 2006). A chuva média mensal foi calculada a partir dos dados diários, sendo sua variabilidade analisada por meio da diferença de volume entre o primeiro e o segundo decênio para cada zona representativa das mudanças.

Para todas as granularidades analisadas (anual, sazonal e mensal), avaliou-se a significância estatística da variação nas médias por meio da aplicação do Teste Mann-Whitney a 5%.

3.3.1.3 Análise Freqüencial da Precipitação Mensal

Com o objetivo de verificar possíveis alterações na distribuição das chuvas ao longo dos meses, fez-se a análise freqüencial para períodos mensais. Esta análise foi baseada nos quartis inferior, mediano e superior, assim divididos:

- Quartil Inferior (Q25): caracteriza anos secos. Nesta representação, 75% dos anos apresentaram valores acima do valor calculado e 25% dos anos apresentaram valores abaixo do calculado;

- Quartil Mediano (Q50): caracteriza anos normais. Nesta representação, 50% dos anos apresentaram valores acima do valor calculado e 50% dos anos apresentaram valores abaixo do calculado;
- Quartil Superior (Q75): caracteriza anos chuvosos. Nesta representação, 25% dos anos apresentaram valores acima do valor calculado e 75% dos anos apresentaram valores abaixo do calculado.

A Figura 8 apresenta de forma esquemática a distribuição dos quartis graficamente e em forma de boxplot.

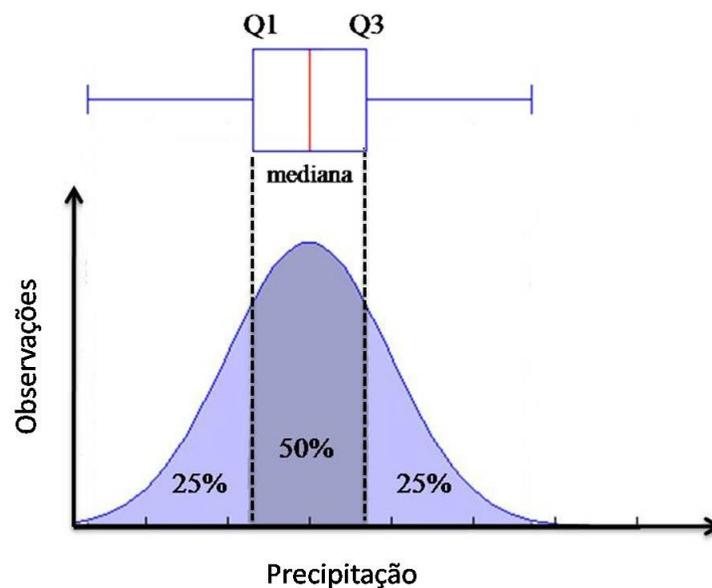


Figura 8: Representação esquemática da distribuição do primeiro (Q1), segundo (Q2) e terceiro quartil (Q3).

As alterações foram verificadas por meio da comparação dos Gráficos gerados para as duas séries.

3.3.2 Análise dos Veranicos

A análise da variação do número médio de veranicos dentro de cada zona, entre os decênios 1987-1996 e 1997-2006 foi feita anual e sazonalmente. A análise anual visa à observação do comportamento desse fenômeno de um modo geral. Já o detalhamento sazonal permitirá a observação do comportamento dos veranicos (aumento ou redução) durante períodos importantes para as atividades agrícolas.

3.3.2.1 Classes Consideradas

O fenômeno dos veranicos pode ser definido como períodos de curta estiagem durante a estação chuvosa, que geralmente causam danos à agricultura. Essas secas episódicas começam a mostrar seus efeitos aproximadamente cinco dias após a última chuva, sendo que sua ocorrência durante o período de emergência e de floração/enchimento de grãos causa efeitos negativos à agricultura (ASSAD e CASTRO, 1991).

Visando à quantificação desse fenômeno, considerou-se como veranico períodos consecutivos com precipitação pluviométrica menor que 1 mm, sendo definidas quatro classes representativas da duração dessas secas episódicas: 6 a 10 dias, 11 a 15 dias, 16 a 20 dias, 21 a 25 dias. A oferta energética que ocorre na região, associada à evapotranspiração potencial, que atinge níveis de 4 a 5 mm/dia, especialmente no período da primavera-verão, faz com que valores inferiores a 1 mm sejam rapidamente evaporados. Dessa forma, chuvas com volumes inferiores a 1 mm não são aproveitada pelas plantas, mantendo com isso o efeito do veranico.

3.3.2.2 Comparação das Médias Anuais e Sazonais

A primeira análise diz respeito ao cálculo dos veranicos por ano para as duas séries, para cada zona. Para isso foram utilizados como base os dados diários de precipitação pluviométrica, calculando-se a partir deles o número de veranicos, por classe, para o primeiro e segundo decênios. Em seguida, calculou-se o número médio de veranicos por estação pluviométrica para os dois períodos considerados, sendo que as possíveis mudanças no comportamento desse fenômeno dentro de cada zona foram observadas devido a acréscimos ou reduções nessa média.

Assim como para os dados de precipitação pluvial, a segunda análise trata do cálculo de veranicos por estação do ano. A partir dos dados diários de precipitação pluvial calcularam-se os veranicos por estação do ano para cada classe definida para todas as zonas.

Possíveis variações no comportamento desse fenômeno dentro de cada zona foram observadas devido a acréscimos ou reduções na média de veranicos por estação pluviométrica.

As médias anuais e sazonais foram avaliadas estatisticamente por meio da aplicação do Teste Mann-Whitney a 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. 1. Análise das Zonas Homogêneas

As zonas homogêneas foram definidas com base no comportamento (similaridades) da precipitação pluviométrica. No intuito de verificar possíveis alterações no comportamento dessa variável, entre os decênios de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006, definiram-se zonas a partir da precipitação pluvial mensal do primeiro período e zonas a partir da precipitação pluvial mensal do segundo período.

As estações pluviométricas foram agrupadas formando de três a sete zonas homogêneas, no intuito de verificar a distribuição mais condizente com o comportamento das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul.

Optou-se pela divisão do Estado em quatro regiões pluviometricamente homogêneas. A escolha foi baseada em consultas a especialistas da área, assim como na verificação de mudança na forma de organização das estações de um período para outro. Este fato chamou a atenção para estudos futuros, com o objetivo de explicar a variação nos volumes de precipitação entre os decênios.

Para o primeiro decênio, as zonas foram denominadas cluster 0, cluster 1, cluster 2 e cluster 3, e para o segundo decênio, foram denominadas cluster 4, cluster 5, cluster 6 e cluster 7. Na figura 9, pode-se observar a distribuição dos clusters para o período de 1987 a 1996; e na Figura 10, pode-se observar a distribuição dos clusters para o período de 1997 a 2006. A Tabela 1 apresenta a relação das estações pluviométricas componentes de cada cluster para o primeiro (1987-1996) e segundo decênio (1997-2006).

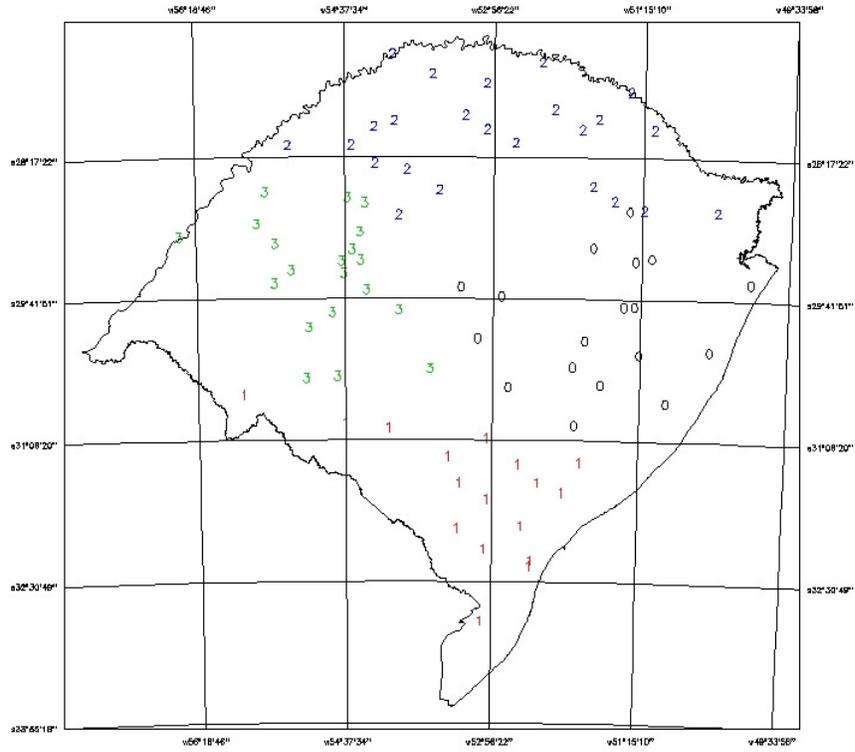


Figura 9: Distribuição espacial dos clusters 0, 1, 2 e 3 para o período de 1987 a 1996.

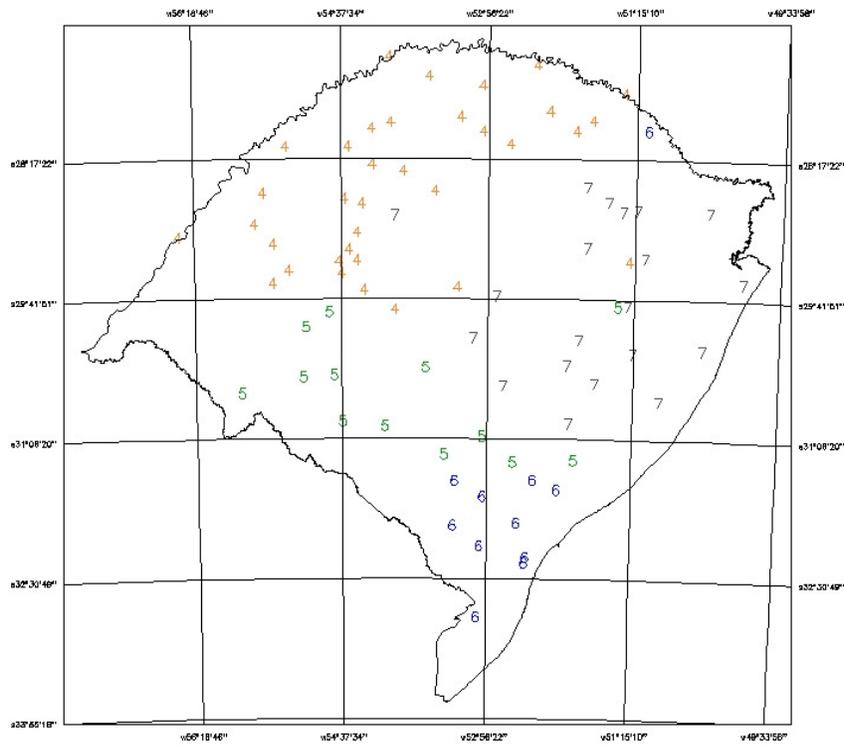


Figura 10: Distribuição espacial dos clusters para o período de 1997 a 2006.

Tabela 1: Relação das Estações Pluviométricas e cluster correspondente no período de 1987-1996 e no período 1997-2006.

Nº	Estação	Cluster 1987-1996	Cluster 1997-2006
2	ANDERSON CLAYTON	0	4
3	ANTÔNIO PRADO	0	7
7	BARRO VERMELHO	0	7
8	BOTUCARAI	0	7
9	BUTIA	0	7
14	CHAPADA	0	4
16	COLÔNIA XADREZ	0	4
18	CONDOR	0	4
20	DONA FRANCISCA	0	4
21	ENCANTADO	0	7
31	FLORIDA	0	4
32	FURNAS DO SEGREDO	0	4
33	GIRUA	0	4
35	GRANJA CORONEL PEDRO OSORIO	0	6
36	GRANJA OSORIO	0	6
42	ITATIBA DO SUL	0	4
44	LIBERATO SALZANO	0	4
46	MIRÁGUAI	0	4
53	PASSO DO PRATA	0	7
60	PINHEIRO MACHADO	0	6
62	PONTE DO MIRACATU	0	4
64	PORTO GARIBALDI	0	7
76	TAPEJARA	0	4
78	TORQUATO SEVERO	0	5
10	CACEQUI	1	5
12	CANGUÇU	1	5
19	DOM PEDRITO	1	5
23	ERNESTO ALVES	1	4
30	FERRARIA	1	6
38	GRANJA SÃO PEDRO	1	6
39	GRANJA UMBU	1	5
41	ITAQUI	1	4
48	PALMARES DO SUL	1	7
50	PASSO DA CAPELA	1	5
51	PASSO DO MENDONÇA	1	7
63	PONTE TOROPI II	1	4
68	SAICA	1	5
70	SANTA RITA	1	5

72	SÃO LOURENÇO DO SUL	1	5
75	SERRA DOS PEDROSAS	1	7
79	TORRINHAS	1	5
5	BARRA DO RIBEIRO	2	7
11	CACHOEIRA SANTA CECÍLIA	2	4
15	COIMBRA	2	4
25	ESQUINA ARAUJO	2	4
26	ESQUINA DOS LIMA	2	4
27	FAZENDA DA BOA VISTA	2	7
28	FAZENDA ENCERRA	2	5
29	FAZENDA SANTA CECÍLIA	2	4
37	GRANJA SANTA MARIA	2	6
43	JAGUARI	2	4
45	MANOEL VIANA	2	4
52	PASSO DO NOVO	2	4
54	PASSO DO SARMENTO	2	4
56	PASSO MAJOR ZEFERINO	2	4
59	PASSO VIOLA	2	4
65	PRATA	2	7
66	QUEVEDOS	2	4
74	SAPUCAIA DO SUL	2	5
1	ALTO URUGUAI	3	4
4	ARROIO GRANDE	3	6
6	BARRACÃO	3	4
13	CERRO GRANDE	3	7
17	CONCEIÇÃO	3	4
22	EREBANGO	3	4
24	ESMERALDA	3	6
34	GRANJA CERRITO	3	6
40	HERVAL	3	6
47	NOVA PALMIRA	3	7
49	PALMEIRA DAS MISSÕES	3	4
55	PASSO DOS FREIRES	3	5
57	PASSO MIGLIAVACA	3	7
58	PASSO TAINHAS	3	7
61	PONTE CORDEIRO DE FARIAS	3	6
67	QUITERIA	3	7
69	SANANDUVA	3	4
71	SÃO BERNARDO	3	7
73	SÃO VENDELINO	3	4
77	TERRA DE ARÉIA	3	7

Observando-se as Figuras 9 e 10, nota-se uma alteração na forma de organização espacial das estações do primeiro para o segundo período.

No primeiro decênio (1987-1996), a região norte do Estado é caracterizada essencialmente pelo cluster 2, que contém 24 estações. Com 20 estações, o cluster 3 se localiza na porção centro-oeste do Estado. Nesse mesmo período, o cluster 0 se localiza na região centro-leste com 18 estações, enquanto o cluster 1 localizado na região sul contém 17 estações.

O Gráfico 1 apresenta os valores da chuva média anual para os clusters 0, 1, 2 e 3 no período de 1987 a 1996. Pode-se perceber que o cluster 2, localizado na porção norte do Estado, apresentou os maiores volumes de chuva, sendo a média anual igual a 1837 mm. Os menores volumes foram encontrados na região sul do Estado, onde está localizado o cluster 1 com chuva média anual em torno de 1358 mm. Os volumes encontrados para os clusters 0 e 3 apresentaram pouca variação, com valores intermediários aos encontrados nas regiões norte e sul do Estado. A média da precipitação anual foi de 1563 mm para o cluster 3 e de 1527 mm para o cluster 0.

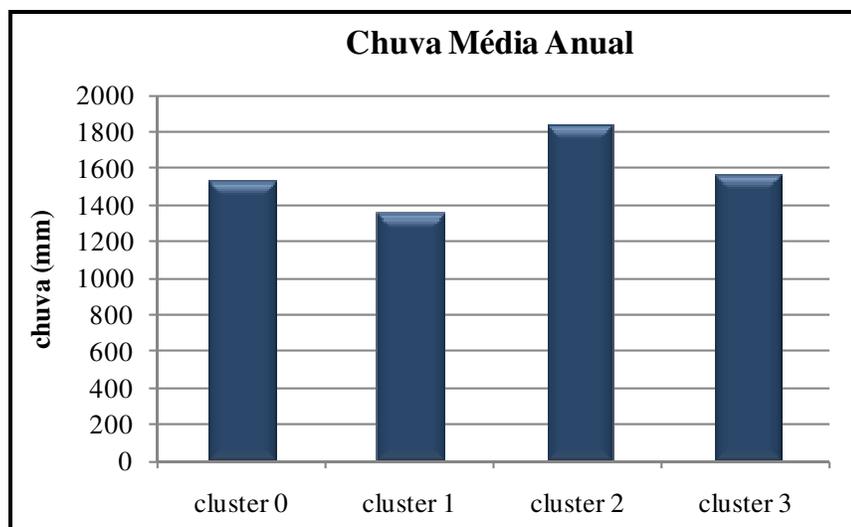


Gráfico 1: Chuva média anual para os clusters 0, 1, 2 e 3 no período de 1987 a 1996.

No segundo decênio (1997-2006), a maioria das estações do norte do Estado e parte das estações da região noroeste se localiza no cluster 4, que apresenta 35 estações (contidas anteriormente nos cluster 2 e 3). A região sudoeste apresenta grande parte das estações contidas no cluster 5, que possui 13 estações. Parte dessas estações pertencem, no primeiro

período, aos clusters 3 e 1. A região centro-leste é caracterizada principalmente pelo cluster 7, totalizando 20 estações. No decênio anterior, parte dessas estações pertenciam aos clusters 2 e 0. No extremo sul do estado encontram-se as 11 estações que fazem parte do cluster 6 e que, em sua totalidade pertenciam ao cluster 1 no período de 1987 a 1996.

O Gráfico 2 apresenta a chuva média anual para os clusters 4, 5, 6 e 7. Pode-se observar que o cluster 4, abrangendo o norte do Estado e parte da região noroeste, apresentou o maior volume de chuva no período de 1997 a 2006, com média anual em torno de 1845 mm. Os menores volumes foram encontrados ao sul do Estado, onde está localizado o cluster 6 com chuva média anual em torno de 1538 mm.

Por fim, apresentando valores intermediários aos clusters 4 e 6, o cluster 7, localizado na região centro-leste, e o cluster 5, localizado a sudoeste, apresentaram média anual em torno de 1661 e 1630 mm, respectivamente.

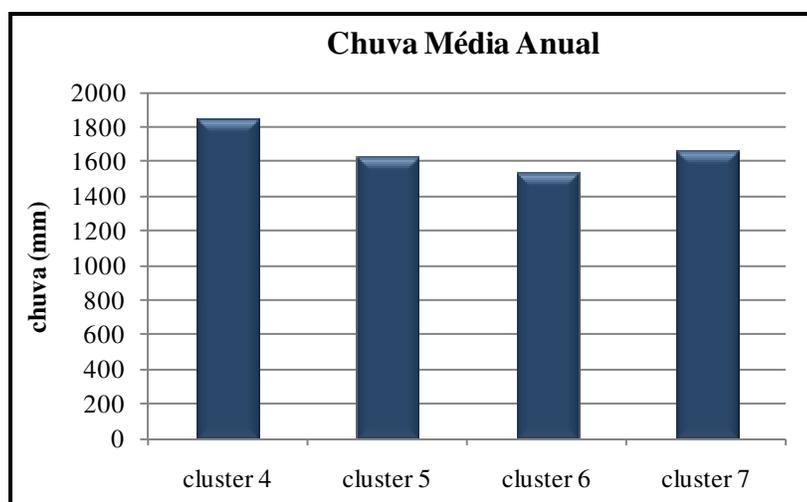


Gráfico 2: Chuva média anual para os clusters 0, 1, 2 e 3 no período de 1997 a 2006.

A delimitação de zonas pluviometricamente homogêneas para o Estado do Rio Grande do Sul pode ser observada em diversos trabalhos, tais como, Becker et al. (1992), Khan e Kim (1998), Marques et al. (2003), Keller et al. (2005).

4.2. Análise da Precipitação Pluvial

Com a finalidade de avaliar as alterações ocorridas na precipitação pluvial (incremento ou redução) entre os decênios de 1987 a 1996 e 1997 a 2006, definiu-se, a partir

da sobreposição dos clusters do primeiro período e do segundo, zonas representativas das regiões comuns aos dois decênios. A partir dessa sobreposição entre clusters, verificou-se a existência de seis zonas comuns, denominadas de A-F (Figura 11). A zona A está localizada ao Norte do Estado e representa a mudança do cluster 2 para o cluster 4. As zonas B e C, localizadas no noroeste do Rio Grande do Sul, representam a mudança do cluster 3 para o cluster 4 e para o cluster 5, respectivamente. Localizada a sudoeste, a zona D representa a mudança do cluster 1 para o cluster 5. No extremo sul encontra-se a zona E, que representa a mudança do cluster 1 para o cluster 6. E por fim, a zona F a leste representa a mudança do cluster 0 para o cluster 7.

A Tabela 2 apresenta o número de estações pluviométricas em cada uma dessas seis zonas, assim como o cluster ao qual as estações pertenciam no primeiro e no segundo decênio.

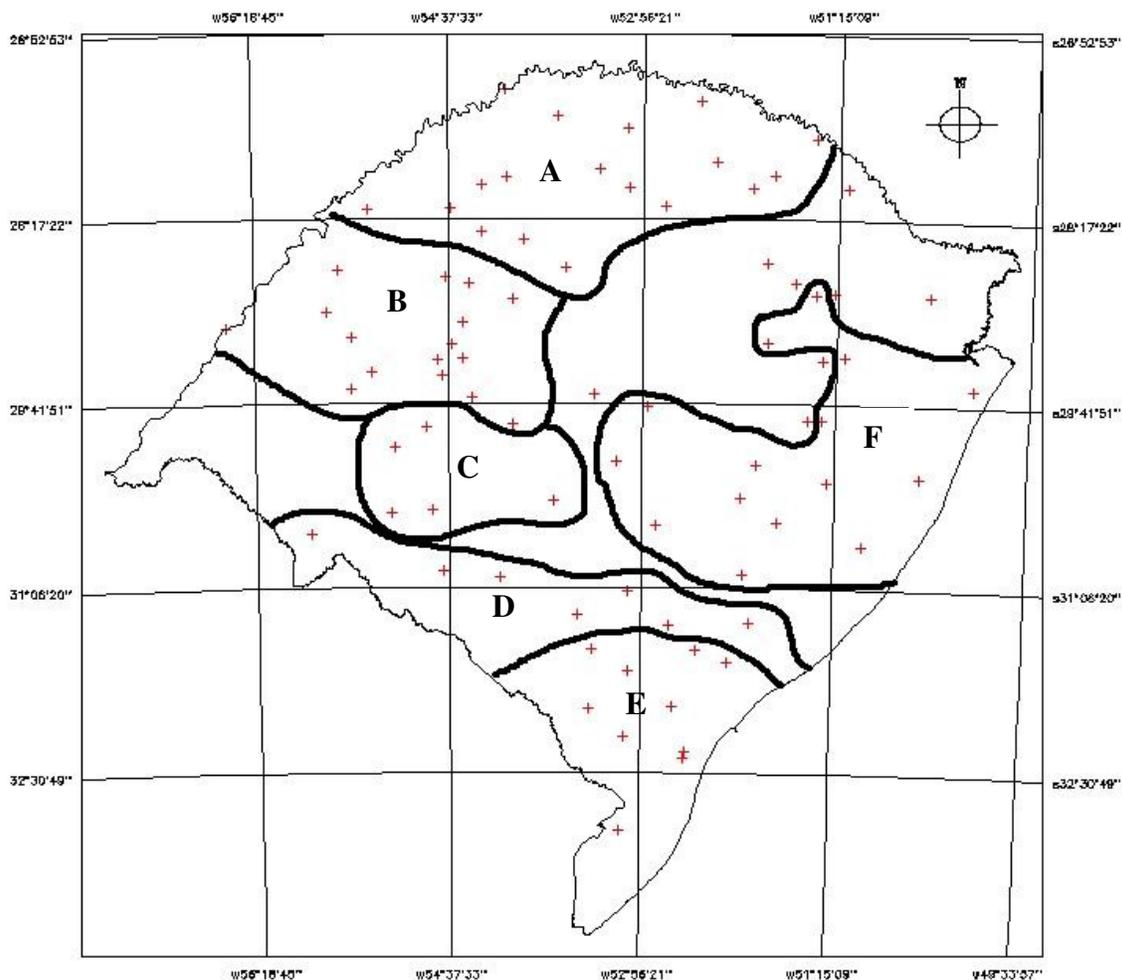


Figura 11: Distribuição espacial das zonas comuns aos dois decênios (A-F).

Tabela 2: Número de estações e cluster correspondente nos dois decênios para as zonas de A-F.

Zona	Nº de Estações	Cluster 1987-1996	Cluster 1997-2006
A	18	2	4
B	15	3	4
C	5	3	5
D	7	1	5
E	10	1	6
F	15	0	7

Nas próximas seções serão analisadas as possíveis mudanças na precipitação pluvial anual, mensal e sazonal entre os decênios de 1987 a 1996 e 1997 a 2006, assim como a variação no número de veranicos, nas zonas de A-F.

4.2.1 Teste de Normalidade

A normalidade foi rejeitada para todas as granularidades na maior parte das zonas. Na Tabela 3 observam-se os valores do Teste de Shapiro-Wilk referentes à análise anual para cada uma das zonas nos dois períodos analisados. No anexo 2 estão apresentados os histogramas com a distribuição das chuvas de todas as zonas, assim como os Q-Q plots para análise anual. Estes gráficos foram construídos objetivando a inspeção visual da distribuição das chuvas.

Ambas as abordagens, tanto gráfica como por meio da aplicação de um teste estatístico, levaram à conclusão que, nesse caso, a aplicação de um teste não paramétrico seria mais adequado. Sendo assim, optou-se pelo Teste de Mann-Whitney para comparação das médias de todas as análises (anual, sazonal e mensal).

Tabela 3: Apresentação dos resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

Zona	W	p-value
A1	0.9801	0.01132
A2	0.9768	0.004244
B1	0.9775	0.01440
B2	0.9808	0.03435
C1	0.9694	0.2197*
C2	0.9542	0.05103*
D1	0.9698	0.08826*
D2	0.9472	0.005191
E1	0.9861	0.3803*
E2	0.9366	0.0001210
F1	0.9876	0.2006*
F2	0.9791	0.02220

*significativos a 5%

4.2.2 Análise das Médias

4.2.2.1 Análise Anual

Analisando-se a precipitação média anual, dentro das zonas de A-F, entre as duas séries, verificou-se que todas as zonas apresentaram desvios positivos em relação ao primeiro período (1987 a 1996).

No Gráfico 3, pode-se observar o aumento da chuva média anual em todas as zonas, em relação aos períodos analisados.

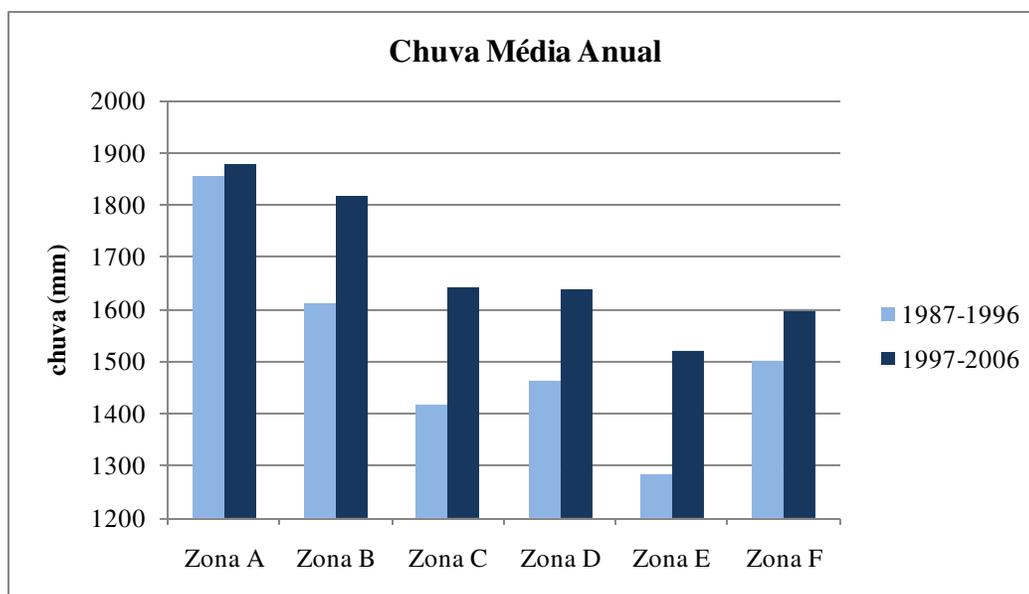


Gráfico 3: Chuva média anual nas zonas A-F entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

Como pode ser observado no Gráfico 3, a zona A, localizada na porção Norte do Estado, apresentou os maiores volumes de chuva, sendo a média anual do período de 1987 a 1996 igual a 1856 mm, passando para 1877 mm no decênio seguinte (1997 a 2006).

Os menores volumes de chuva foram encontrados na região sul do Estado, onde está localizada a zona E, sendo que no período de 1987 a 1996 a chuva média anual foi de 1283 mm, passando para 1521 mm no decênio seguinte, correspondendo a um aumento em torno de 18,6% (238 mm).

As zonas C e D apresentaram volume de precipitação média anual bem próximo, em ambos os decênios. No primeiro período, a média da precipitação anual foi de 1419 mm para a zona C e de 1464 mm para a zona D, sendo que no decênio seguinte, a zona C passa a ter um volume médio de 1642 mm e a zona D de 1638 mm. Os acréscimos correspondem a 15,7% para a zona C e 12% para a zona D, que correspondem a 223 e 174 mm, respectivamente.

A zona B, localizada a noroeste do Estado, apresentou o segundo maior volume de chuvas, com valores de precipitação média anual em torno de 1611 mm no primeiro decênio e 1816 mm no segundo decênio. Essa variação representa um aumento de aproximadamente 13% nos volumes médios anuais, o que equivale a 205 mm.

Por fim, na zona F, localizada a leste do Estado, a precipitação média anual foi de 1502 mm no período de 1987 a 1996, passando para 1595 mm no decênio seguinte, o que equivale a um aumento em torno de 6%, correspondendo a 93 mm.

Os desvios na precipitação média anual foram significativos a 5% para todas as zonas, exceto a zona A, de acordo com resultados obtidos pela aplicação do Teste de Mann-Whitney (Tabela 4).

Tabela 4: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann-Whitney para os dados anuais.

Zona	Desvio (mm)	P-valor
A	21.2	0.857
B	205	0*
C	222.9	0.018*
D	173.9	0.038*
E	237.8	0*
F	93.2	0.041*

*significativos a 5%

A Figura 12 apresenta a espacialização dos desvios em milímetros encontrados para cada uma das zonas. A Figura 13 apresenta o mapa com os desvios encontrados para a região sul do Brasil, pela diferença da chuva acumulada entre as normais de 1961-1990 e 1931-1960 (INMET, 2009). Comparando-se as figuras, notam-se algumas similaridades, como por exemplo, o não incremento na região norte e os acréscimos nas regiões oeste e leste do Estado.

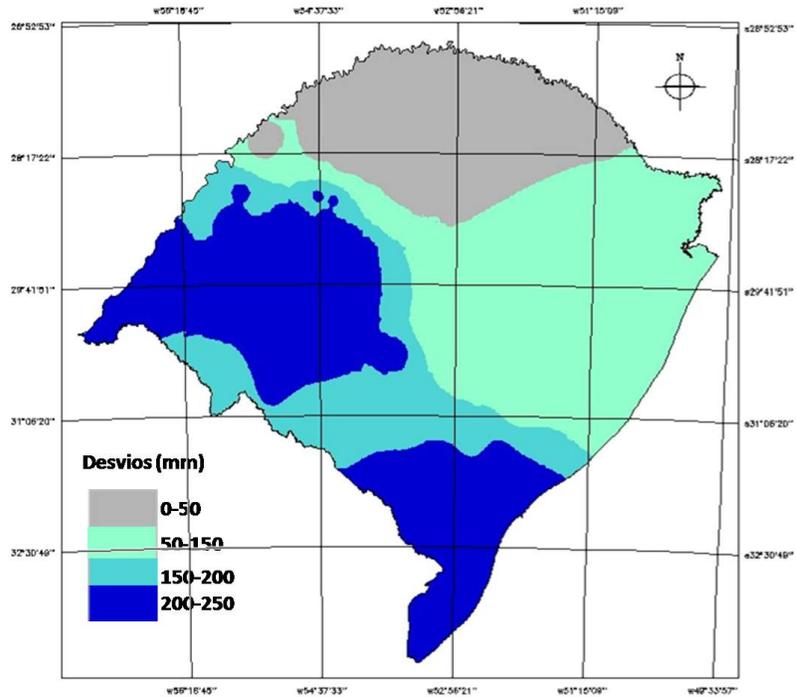


Figura 12: Desvios da chuva média anual entre os decênios de 1987-1996 e 1997-2006 para cada uma das zonas.

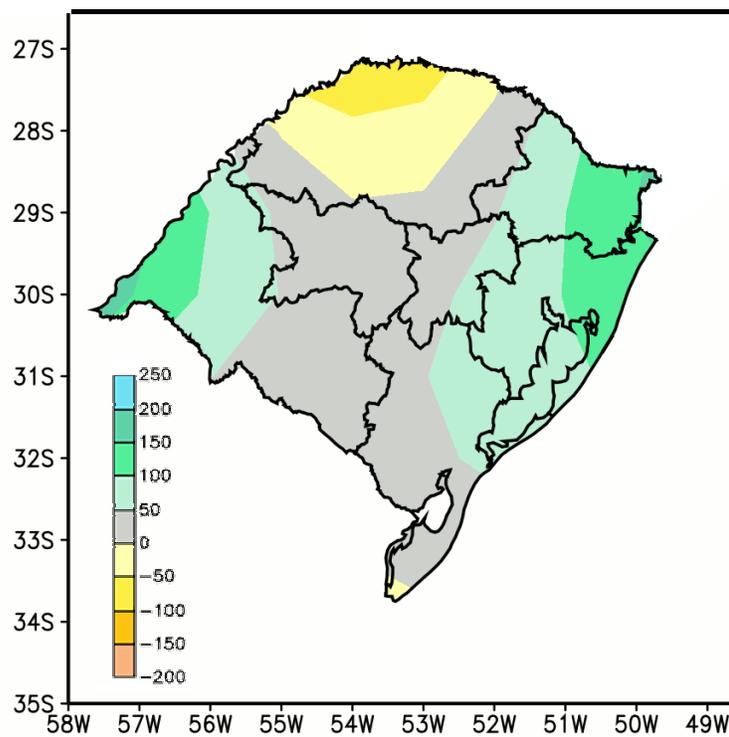


Figura 13: Diferença da chuva acumulada (mm) entre as normais de 1961-1990 e 1931-1960 para o Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: INMET (2009).

Ávila (1994) ao comparar as normais climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990 também encontrou diferenças significativas na precipitação pluviométrica do Rio Grande do Sul de um período para outro, sendo que a normal do segundo período superou a do primeiro em praticamente todo o Estado. Viana et al. (2006), ao estudarem o comportamento espaçotemporal da precipitação no Rio Grande do Sul entre 1945-1974 e 1975-2004, em 24 estações meteorológicas, observou um incremento na precipitação anual ao redor de 8%. De fato, tem-se observado recentemente na América do Sul, especialmente na região sudeste que inclui a região Sul do Brasil, incremento na precipitação pluvial (HAYLOCK et al., 2006; BARROS et al., 2008).

4.2.2.1.1 Análise da Distribuição da Precipitação Anual

Embora se tenha observado um incremento na precipitação pluvial em todas as zonas, menos pronunciado na zona A, ao analisar a distribuição das chuvas ao longo dos anos, verificou-se que nos últimos três anos houve uma forte redução nos volumes de chuva em todas as zonas. De acordo com análise apresentada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2009), a estiagem ocorrida entre dezembro de 2004 e fevereiro de 2005 foi considerada forte e o volume de chuva ficou abaixo da normal climatológica.

Neste período, no qual se encontra a safra 2004/2005 também foram obtidas as menores produtividades. As safras das culturas de soja e milho, quando comparadas à safra anterior, obtiveram quebra de aproximadamente 80 e 60% de produtividade respectivamente. Trigo e feijão apresentaram menores reduções, em torno de 22 e 27%, respectivamente.

Por outro lado, no ano de 2002 se observaram os maiores volumes de chuva, especialmente na zona A, região onde se concentram as maiores produções de soja do Estado. Segundo dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2009), as maiores produtividades de soja observadas na safra de 2002/2003 estão fortemente relacionadas a esse aumento de chuva.

Diante disso, pode-se inferir através dos Gráficos 4, 5, 6, 7, 8 e 9 que mostram a distribuição da precipitação pluvial média para as zonas A, B, C, D, E e F, respectivamente, que o segundo período (1997-2006) apresentou picos mais intensos de chuva, tanto para mais (acima da média), quanto para menos (abaixo da média).

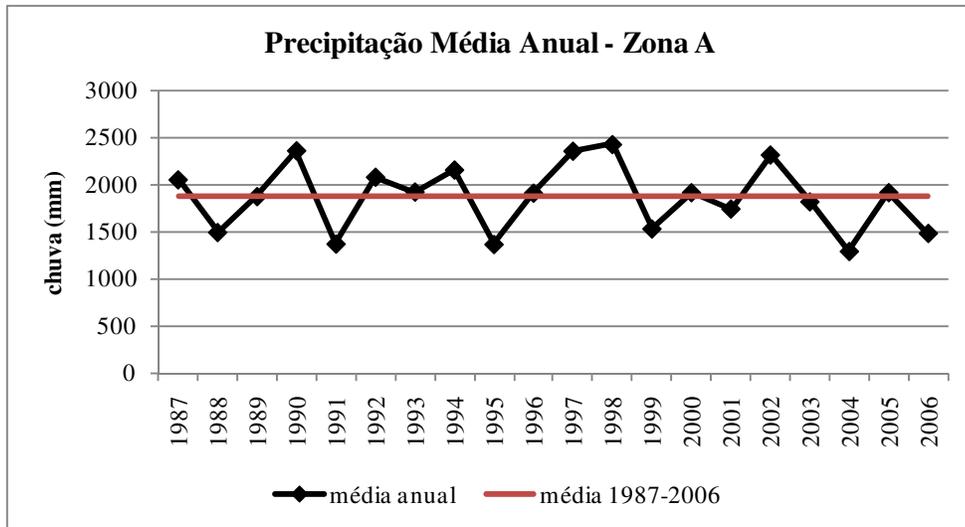


Gráfico 4: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona A para o período de 1987 a 2006.

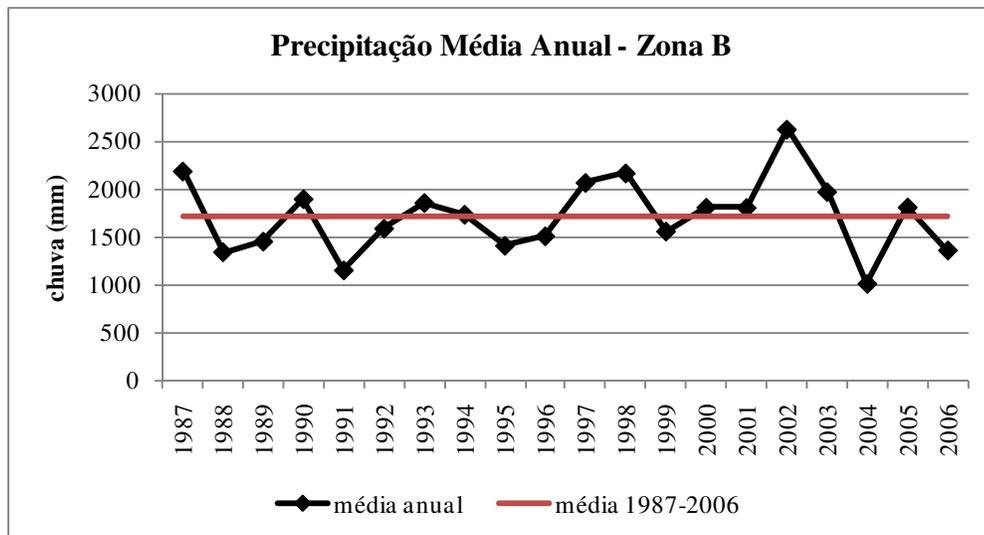


Gráfico 5: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona B para o período de 1987 a 2006.

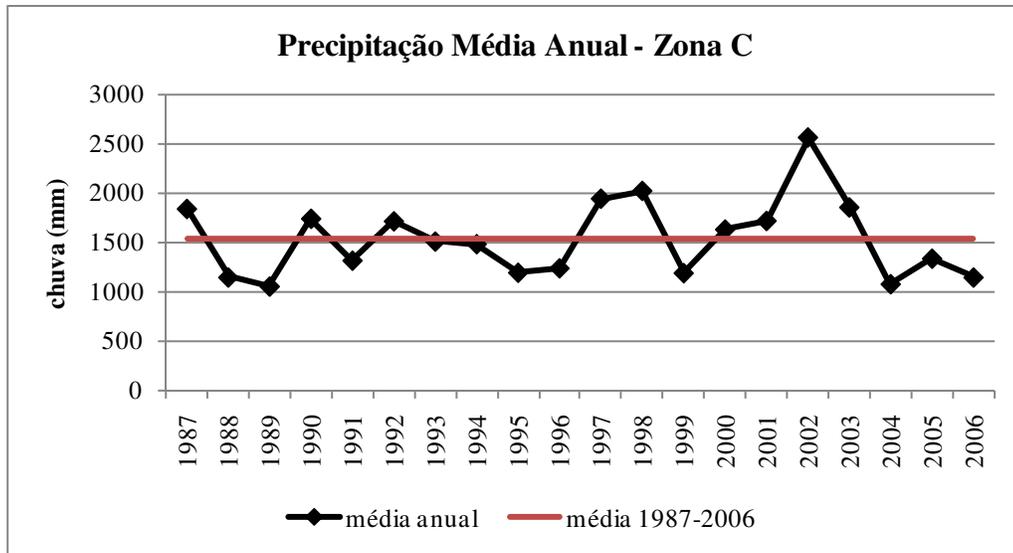


Gráfico 6: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona C para o período de 1987 a 2006.

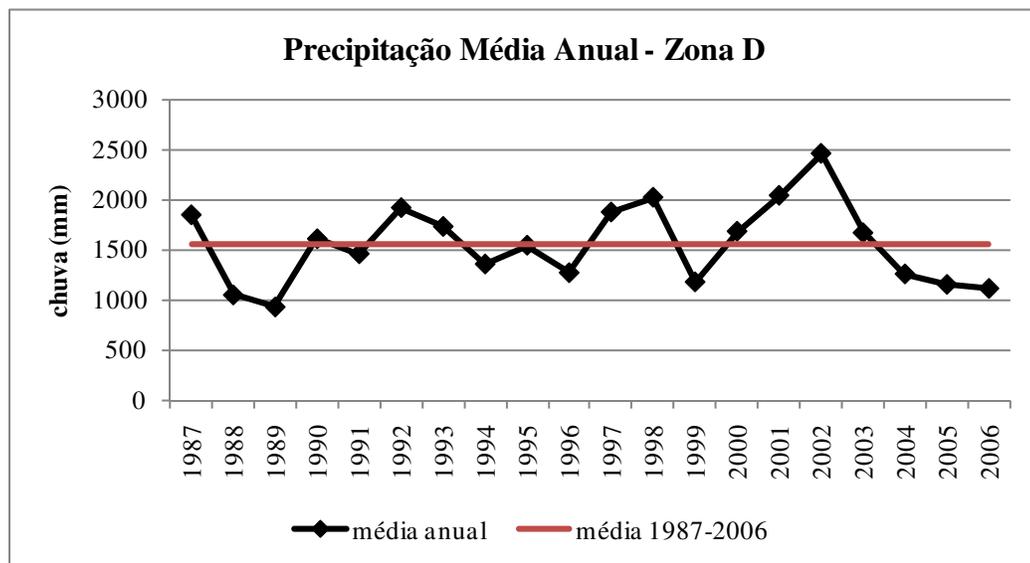


Gráfico 7: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona D para o período de 1987 a 2006.

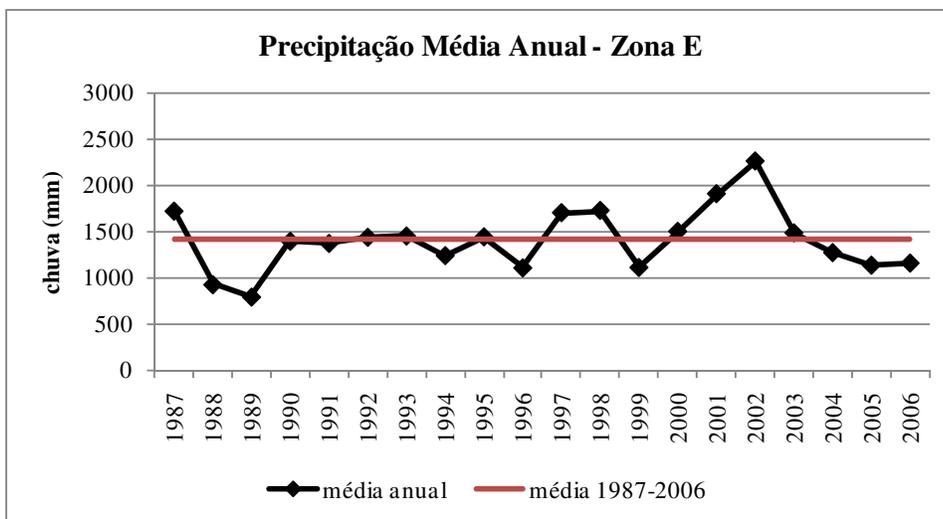


Gráfico 8: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona E para o período de 1987 a 2006.

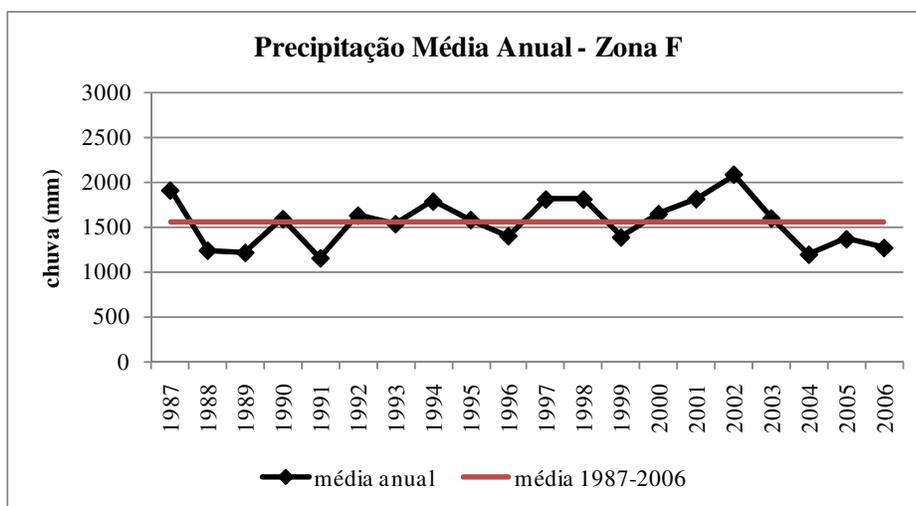


Gráfico 9: Distribuição da precipitação pluviométrica anual na zona F para o período de 1987 a 2006.

Ao analisar os Gráficos, nota-se que os períodos de extremos positivos de precipitação estão, na maior parte das vezes, associados à ocorrência do fenômeno El Niño, como por exemplo, os picos observados nos anos de 1987, 1990, 1997, 1998 e 2002. Os maiores valores ocorreram durante o ano de 2002, com média superior a 2000 mm em todas as zonas.

No entanto, períodos de extremos negativos significativos nem sempre são associados

à ocorrência do fenômeno La Niña, como por exemplo, o ano de 1991, que durante a ocorrência de um El Niño de intensidade forte, os valores de precipitação das zonas A, B e F foram em torno de 25% inferiores em relação ao valor da média do período de 1987 a 1996.

O mesmo ocorreu durante o El Niño 2004/2005 de intensidade fraca. No ano de 2004 observaram-se índices de pluviosidade abaixo da média na maior parte das zonas, sendo que a queda foi mais acentuada na zona B, seguida pelas zonas A, C, F e D com uma redução na ordem de 37%, 30%, 25%, 20% e 15%, respectivamente.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Nery et al. (1997), que ao analisarem os valores médios extremos das precipitações mensais e anuais da região, observaram que todas as flutuações interanuais mais significativas da precipitação estiveram associadas com as fases extremas da Oscilação Sul, e que a seca nesta região nem sempre está associada com o fenômeno La Niña.

De acordo com Ropelewski e Halpert (1987) a fase quente do fenômeno ENOS está associada à ocorrência de precipitação acima do normal, enquanto a fase fria está associada com volumes abaixo do normal.

Finalmente, nos dois decênios em questão predominou a ocorrência do fenômeno El Niño, ocorrendo em 9 anos no período de 1987 a 1996 e em 8 anos no período de 1997 a 2006. O número de eventos de La Niña foi igual a 4 anos nos dois decênios (Tabela 5).

Tabela 5: Anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña e sua intensidade no período de 1986 a 2007.

Ano	Episódio	Intensidade
1986-1988	El Niño	Moderada
1988-1989	La Niña	Forte
1990-1993	El Niño	Forte
1994-1995	El Niño	Fraca
1995-1996	La Niña	Moderada
1997-1998	El Niño	Forte
1998-2001	La Niña	Moderada
2002-2003	El Niño	Moderada
2004-2005	El Niño	Fraca
2006-2007	El Niño	Fraca

Fonte: CPTEC/INPE. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>.

4.2.2.2 Análise da Precipitação Pluvial Sazonal

Os resultados das análises da precipitação pluviométrica sazonal estão apresentados nos Gráficos 10, 11, 12 e 13. Analisando a precipitação média sazonal das duas séries, nas seis zonas (A-F), verificou-se que os desvios na precipitação comportam-se de maneira diferente em cada zona.

• Verão

Observa-se que a precipitação registrada no verão sofreu um incremento nas zonas B, C, e E de aproximadamente 3%, 4,4% e 12%, respectivamente, o que representa aproximadamente 12, 16 e 38 mm em cada zona. Por outro lado, na zona A observou-se uma redução em torno de 6,5% (32 mm). A zona D apresentou uma redução de 17 mm, enquanto na zona F a redução foi de 5 mm. Apenas nas zonas A e D as mudanças foram estatisticamente significativas, segundo o Teste de Mann-Whitney (Tabela 6).

Tabela 6: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o verão.

Zona	Desvio (mm)	p-valor
A	-32,0	0.014*
B	12,2	0.4074
C	16,0	0.1313
D	-17,3	0.028*
E	38,0	0.522
F	-5,0	0.446

*significativos a 5%

O verão é o período mais crítico do calendário agrícola do Rio Grande do Sul. Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro são os meses mais quentes do ano, sendo a época em que as principais culturas de primavera-verão estão na fase de floração e enchimento de grãos, com a maior necessidade de água e máxima sensibilidade ao déficit hídrico. Durante a primavera e verão, o Rio Grande do Sul apresenta grande demanda evaporativa da atmosfera e, conseqüentemente, sofre regularmente de deficiências hídricas, mesmo em períodos climatológicos normais.

Diante disso, constata-se que incrementos na precipitação pluvial durante esse período são altamente benéficos para garantia de bons rendimentos. Por outro lado, ressalta-se que é na zona A que se concentram as maiores produções de grãos do Estado. Uma queda do nível de chuva pode representar uma maior limitação dos rendimentos dessas culturas.

• Outono

No outono, o maior desvio positivo ocorreu na zona E com valores de aproximadamente 35% (112 mm), seguidos pelas zonas D, F, B e C com 21, 13, 8 e 4% respectivamente, ou, 80, 42, 36 e 16 mm. A zona A apresentou uma redução em torno de 4%, o que representa 18 mm. Observando-se a Tabela 7, nota-se que nas zonas D, E e F o desvio positivo na precipitação pluvial foi significativo estatisticamente a 5%.

Tabela 7: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o outono.

Zona	Desvio (mm)	p-valor
A	-17,4	0.786
B	36,2	0.054
C	15,8	0.476
D	79,6	0.005*
E	112,4	0*
F	41,6	0.004*

*significativos a 5%

Normalmente é nessa estação que ocorre a maturação e colheita das principais lavouras de grãos do estado, quando as necessidades hídricas se reduzem substancialmente. Dessa maneira, precipitações muito intensas no final do ciclo dessas culturas podem prejudicar o volume final da produção.

• Inverno

No inverno os maiores incrementos foram observados na zona C (14% - 41 mm) seguida pela zona E (9,5% - 31mm) e por último a zona D (7% - 24,6mm). Na zona A observou-se uma redução em torno de 5% (22 mm). Nas zonas B e F foram observadas alterações não relevantes nos volumes de chuva durante esse período. Observando-se a Tabela 8, nota-se que nas zonas C e E o desvio positivo na precipitação pluvial foi significativo estatisticamente a 5%.

Tabela 8: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o inverno.

Zona	Desvio (mm)	p-valor
A	-21,6	0.154
B	-0,4	0.168
C	41	0.027*
D	24,6	0.087
E	30,9	0.045*
F	-4,3	0.725

*significativos a 5%

Para as culturas de inverno, que representam apenas 10% da produção total de grãos do estado, um aumento da precipitação pode favorecer o rendimento desses cultivos. Assim como as demais culturas, as de inverno se concentram na região da zona A, que apresentou decréscimo nos totais pluviométricos, podendo indicar um possível desfavorecimento no estabelecimento dessas culturas.

• Primavera

A primavera foi a estação em que todas as zonas apresentaram desvios positivos, ou seja, incremento na precipitação pluviométrica. Os maiores foram observados na zona B com valores de aproximadamente 34% (142 mm), seguidos pelas zonas C e A, com 32 e 15% respectivamente, ou, 117 mm e 76,5 mm. As zonas D, E e F apresentaram um incremento em torno de 15%, o que corresponde a 60, 44 e 56 mm, respectivamente.

De acordo com os resultados obtidos pela aplicação do Teste de Mann-Whitney — Tabela 9 —, os desvios na precipitação média, durante essa estação, foram significativos a 5% para todas as zonas.

Tabela 9: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para a primavera.

Zona	Desvio (mm)	p-valor
A	76,4	0.003*
B	142	0*
C	117,3	0*
D	58,9	0.011*
E	43,6	0.039*
F	56,1	0*

*significativos a 5%

Para algumas culturas, como o milho e a soja, tanto o excesso quanto a falta de água no período de germinação são prejudiciais ao seu estabelecimento, conforme Salinas et al. (1989, citado por FARIA et al., 2000). Particularmente no caso da soja, excessos hídricos durante esse estágio são mais limitantes que déficits. Dado que no estado do Rio Grande do Sul, os volumes de chuva ocorridos durante esta fase são insuficientes para atender as necessidades das culturas de sequeiro (milho e soja), um aumento nos volumes de chuva, como observados em todas as zonas, pode beneficiar o desenvolvimento vegetativo dessas lavouras.

Por outro lado, aumentos de chuvas no início da primavera podem se mostrar prejudiciais para as culturas de inverno, pois nesse período essas culturas se encontram na fase de maturação e colheita.

Estes resultados estão de acordo com Viana et al. (2006) que, ao estudarem o comportamento espaçotemporal da precipitação no Rio Grande do Sul entre 1945-1974 e 1975-2004, em 24 estações meteorológicas, observaram que os maiores incrementos na precipitação ocorreram nas estações de transição (primavera e outono). Os autores encontraram, para todo o Estado, desvios médios de aproximadamente 9% na primavera e 17% no outono. No presente trabalho, os desvios médios encontrados na primavera foram de 20% e no outono de 13%.

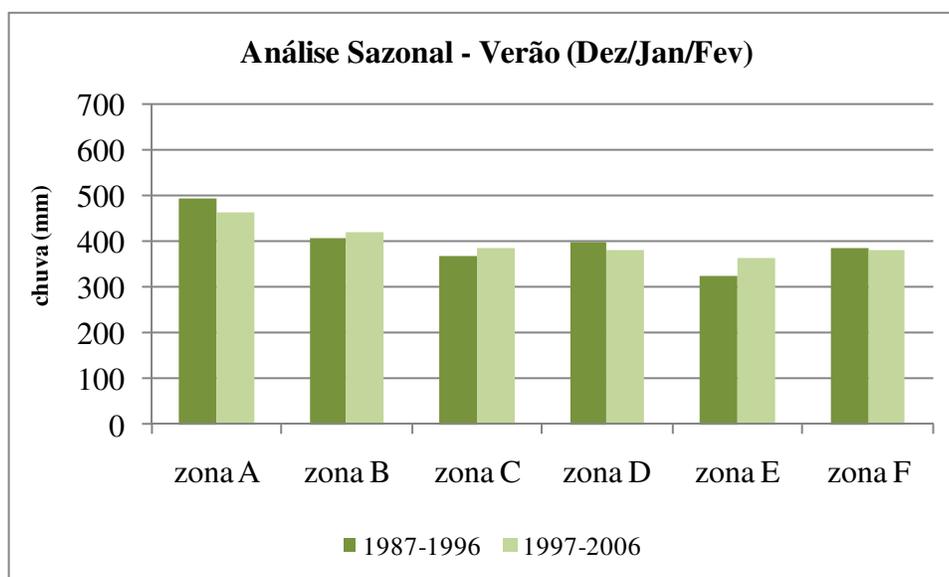


Gráfico 10: Precipitação pluviométrica no verão para as zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006.

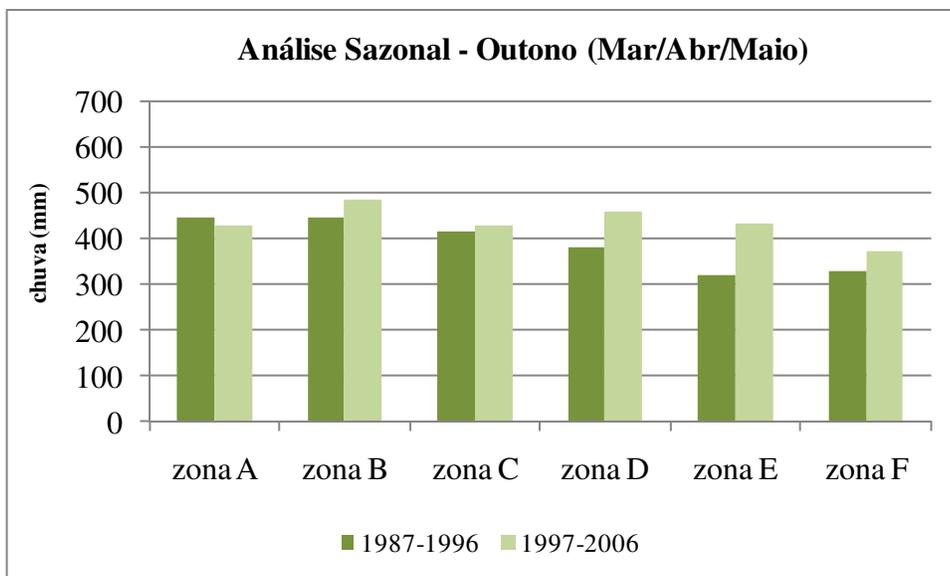


Gráfico 11: Precipitação pluviométrica no outono para as zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006.

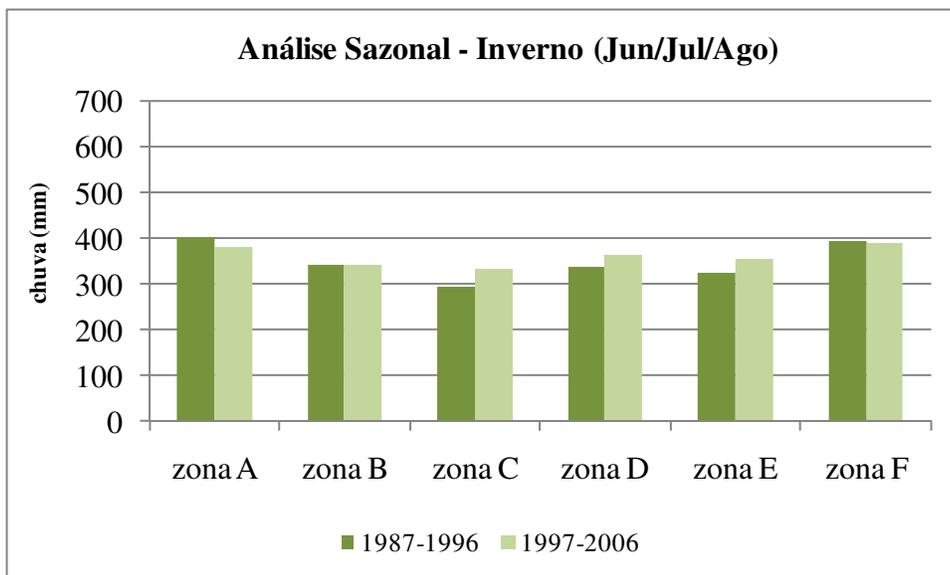


Gráfico 12: Precipitação pluviométrica no inverno para as zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006.

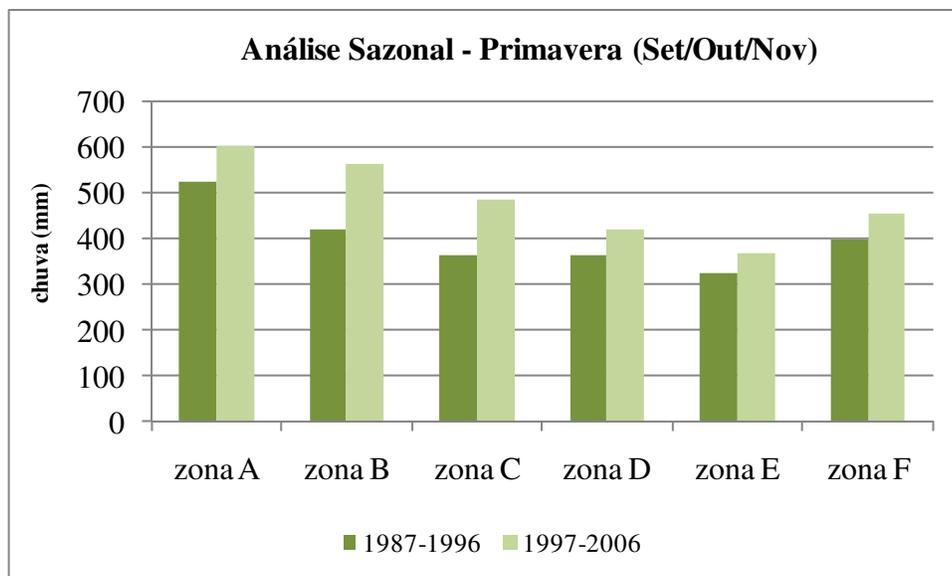


Gráfico 13: Precipitação pluviométrica na primavera para as zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006.

4.2.2.3 Análise da Precipitação Pluvial Mensal

Embora a análise sazonal tenha apresentado cenários de alterações (acréscimo ou redução) no volume da chuva entre os períodos analisados para as 6 zonas (A-F), o detalhamento mensal é um instrumento importante para o planejamento das atividades agrícolas. Os resultados das análises da precipitação pluviométrica mensal estão apresentados nos Gráficos 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25.

Os meses mais importantes na agricultura do Estado são aqueles relativos ao verão e inverno, por coincidirem com as fases fenológicas em que um adequado fornecimento de água é fundamental para a garantia de bons rendimentos. Além disso, nesses períodos é realizado o cultivo dos principais grãos do Estado, tais como soja e milho no verão e o trigo no inverno. Dessa forma, embora todos os meses estejam apresentados nos gráficos, o detalhamento dos resultados se concentrará nos meses relativos ao inverno e verão.

Ao comparar os dados de precipitação média mensal das duas séries (Gráficos 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25), verifica-se uma redução nos volumes de chuva durante o mês de janeiro em todas as zonas. A zona C apresentou a maior queda em termos percentuais (27,5%) e a segunda maior queda em termos absolutos (39 mm), ocorrendo o inverso na zona A, com uma redução percentual de aproximadamente 23%, o que representa

em termos absolutos uma queda 45 mm. Em terceiro lugar está a zona D com uma queda em torno de 25% (35,6 mm). As zonas B e F apresentaram redução em torno de 16%, o que representa 26 e 22 mm respectivamente. Observando-se a Tabela 10, nota-se que os desvios no mês de janeiro foram significativos a 5% para todas as zonas, exceto a zona E.

Tabela 10: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o mês de janeiro.

Zona	Desvio (mm)	p-valor
A	-45	0*
B	-26.4	0.001*
C	-39.1	0.032*
D	-35.6	0.04*
E	-1.9	0.836
F	-22.7	0.014*

*significativos a 5%

Dado que o mês de janeiro coincide com a fase de floração e enchimento de grãos, importante período para a obtenção de bons rendimentos nas culturas não irrigadas do Estado, e que as zonas A e B são os locais onde se concentram as maiores plantações de grãos no Rio Grande do Sul, é possível que a redução ocorrida no mês de janeiro tenha prejudicado o início da floração e enchimento de grãos das lavouras da porção norte e noroeste do Rio Grande do Sul, propiciando possíveis perdas de produtividade. Este fato somado aos baixos volumes de chuva ocorridos durante o mês de fevereiro — também coincidente com a fase de floração e enchimento de grãos — com valores em torno de 135 mm para a zona A e 144 mm para a zona B, representa mais uma possível fonte de perda, principalmente para a cultura da soja, que segundo Berlato e Fontana (1999), necessita de aproximadamente 220 mm de chuva entre os meses de dezembro e março, para garantia de bons rendimentos.

No mês de maio, com exceção da zona A, em todas as demais zonas observou-se um incremento no volume de chuva durante esse período, o que representa um ponto positivo para o cultivo de cereais de inverno nessas regiões, particularmente, nas zonas D e E onde o aumento foi em torno de 51 e 75%, respectivamente, representando os maiores volumes de chuva ocorridos no Estado no mês de maio (Tabela 11).

Tabela 11: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para o mês de maio.

Zona	Desvio (mm)	p-valor
A	-26.1	0.482
B	13.4	0.224
C	31.6	0.009*
D	53.5	0*
E	63.3	0*
F	29.1	0*

*significativos a 5%

Durante o mês de junho também foram observados, nessas duas zonas (D e E), incrementos de aproximadamente 50%, o que representa 50 e 43 mm, respectivamente. Como pode ser observado na Tabela 13, nesse mês ocorreu diferença estatisticamente significativa em todas as zonas, exceto a zona F.

O decréscimo de chuva observado no mês de julho, especialmente nas zonas A e B, pode representar uma possível fonte de perda de produtividade para os cultivos de inverno, como por exemplo, o trigo. Esses decréscimos foram significativos a 5% segundo resultados apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para os meses de junho e julho.

	Junho		Julho	
Zona	Desvio (mm)	p-valor	Desvio (mm)	p-valor
A	-10.4	0.009*	-33.9	0.025*
B	20.4	0.003*	-33.7	0.03*
C	46.5	0*	-17.3	0.986
D	49.1	0*	-41.5	0.323
E	43.1	0*	-36.8	0.22
F	-0.6	0.951	-9.8	0.72

*significativos a 5%

No mês de outubro todas as zonas apresentaram elevações nos índices pluviométricos, no entanto apenas nas zonas A, B, C e F esse desvio foi estatisticamente significativo a 5%, como pode ser observado na Tabela 14. Em especial nas zonas A, B e C os desvios foram de aproximadamente 35, 75 e 43%, equivalentes a 74, 108 e 55 mm. No mês de novembro também se observam desvios significativos nas zonas A, B e C, sendo que em

dezembro incrementos significativos na precipitação ocorrem nas zonas A, B e E.

Este aumento pode ter favorecido o plantio dos cultivos de primavera-verão nessas regiões.

Tabela 13: Apresentação dos resultados da análise estatística de Mann Whitney para os meses de outubro, novembro e dezembro.

Zona	Outubro		Novembro		Dezembro	
	Desvio (mm)	p-valor	Desvio (mm)	p-valor	Desvio (mm)	p-valor
A	73.5	0*	23.5	0.019*	31.3	0.008*
B	107.8	0*	24.1	0.001*	54.2	0*
C	54.8	0.004*	42.9	0.001*	47	0.079
D	7.4	0.381	8.5	0.071	29.2	0.472
E	8.8	0.141	-11.4	0.194	46.7	0*
F	36.3	0.001*	11.5	0.087	21.8	0.112

*significativos a 5%

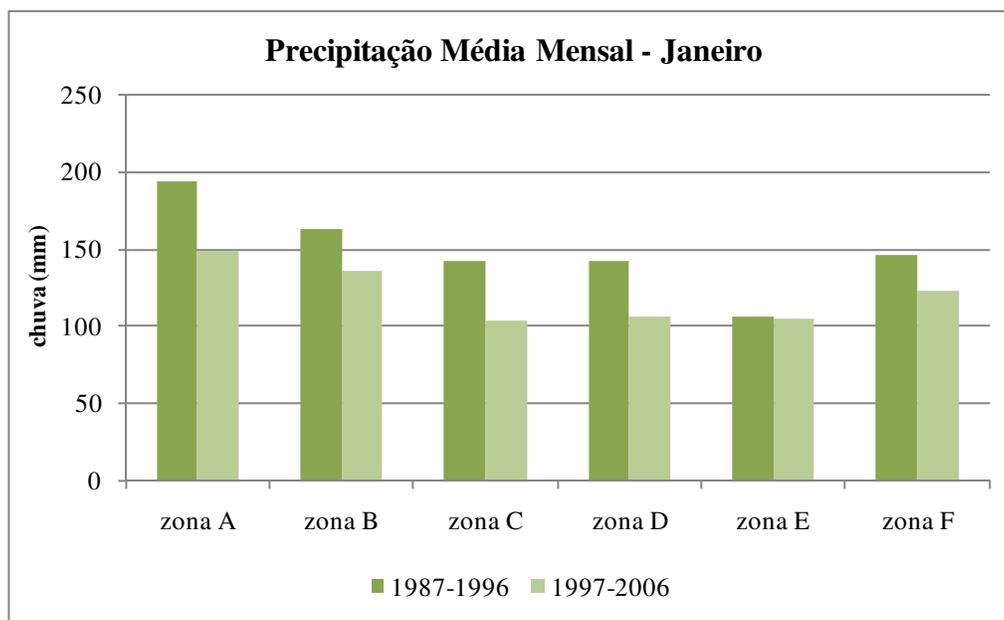


Gráfico 14: Precipitação pluviométrica do mês de janeiro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

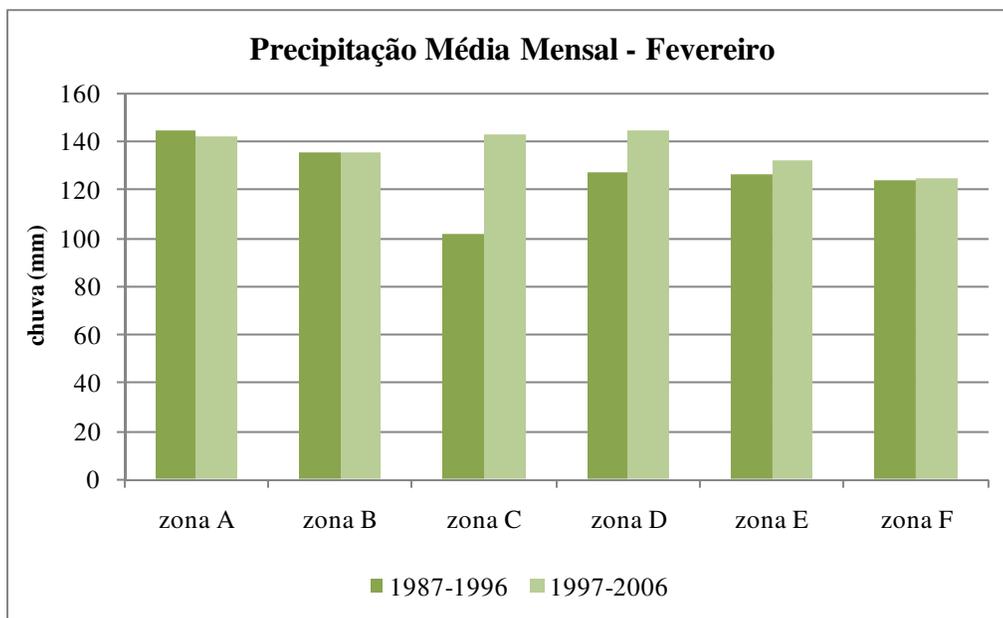


Gráfico 15: Precipitação pluviométrica do mês de fevereiro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

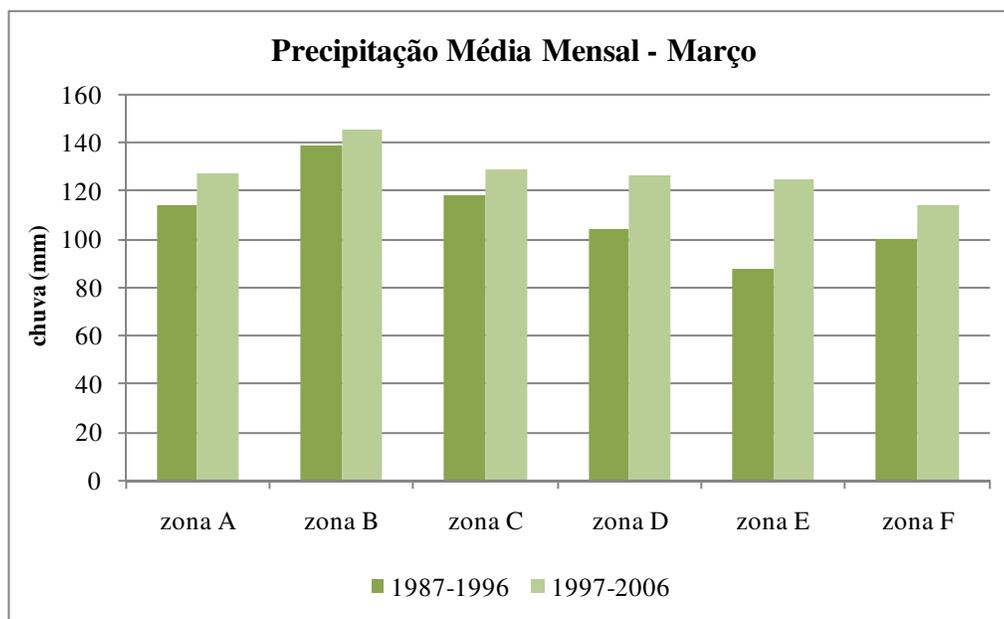


Gráfico 16: Precipitação pluviométrica do mês de março nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

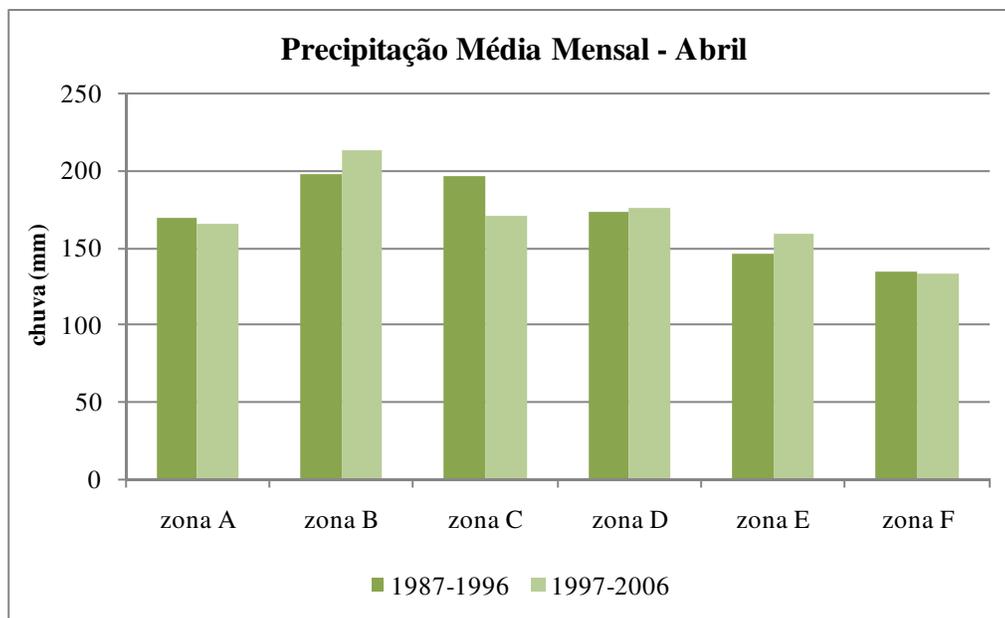


Gráfico 17: Precipitação pluviométrica do mês de abril nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

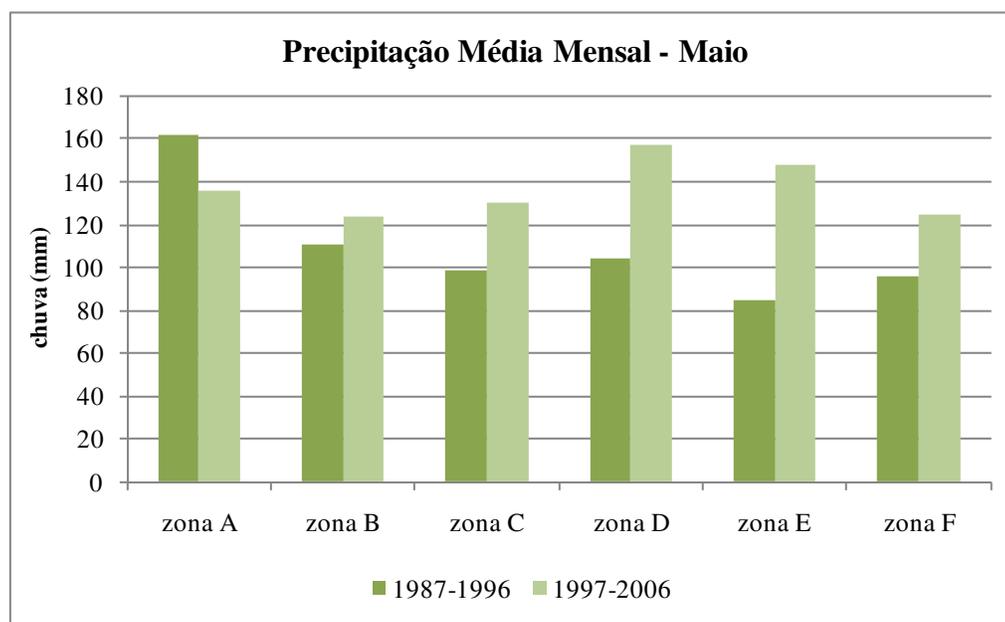


Gráfico 18: Precipitação pluviométrica do mês de maio nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

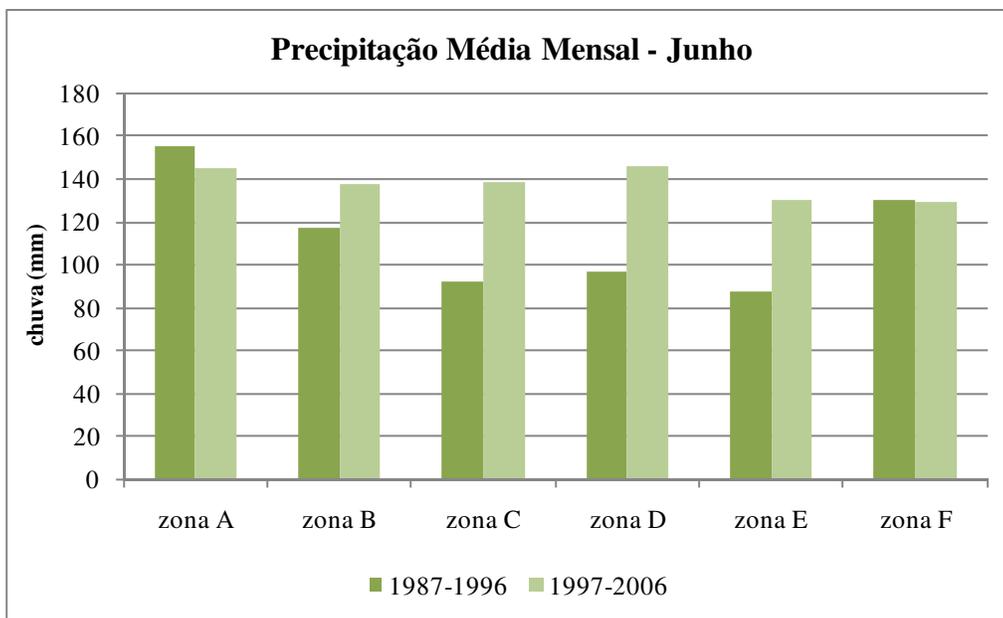


Gráfico 19: Precipitação pluviométrica do mês de junho nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

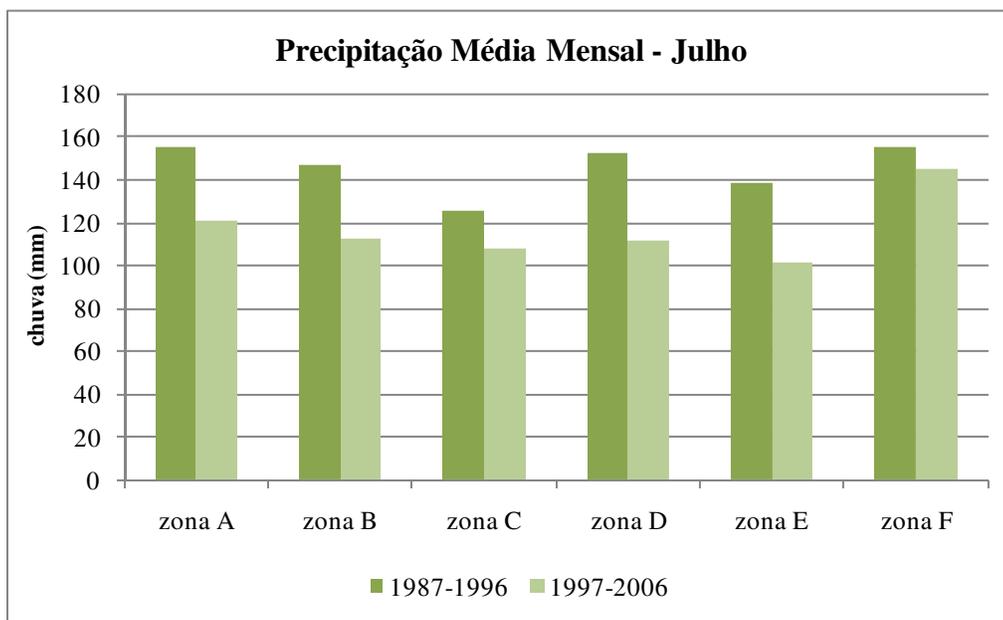


Gráfico 20: Precipitação pluviométrica do mês de julho nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

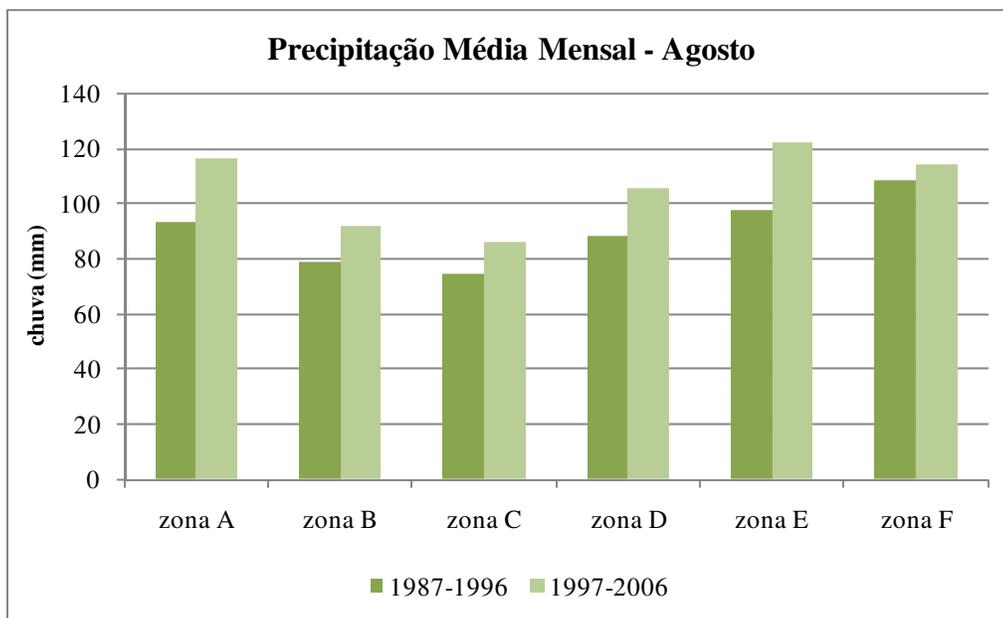


Gráfico 21: Precipitação pluviométrica do mês de agosto nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

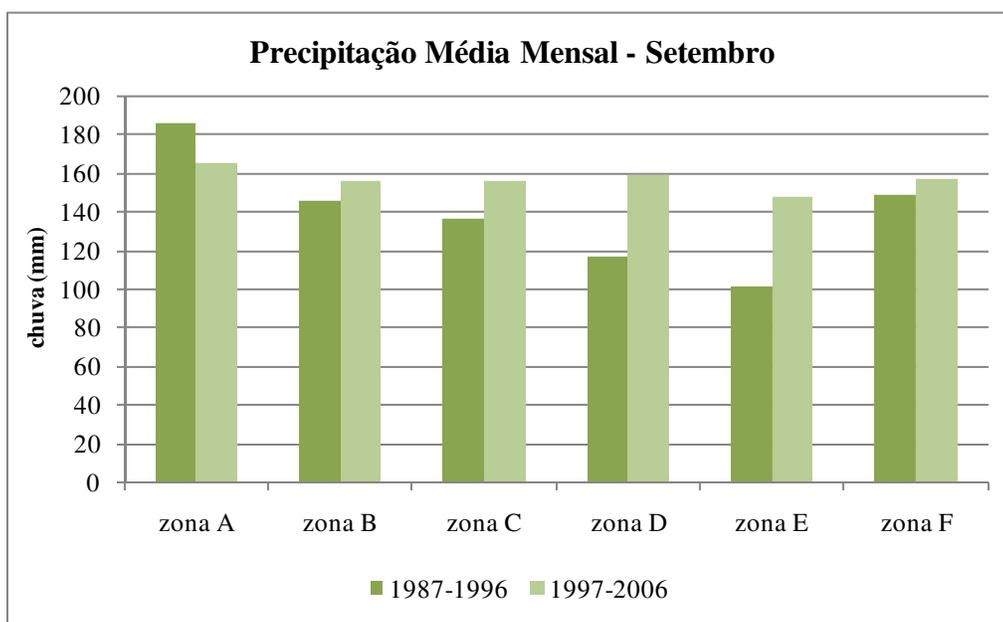


Gráfico 22: Precipitação pluviométrica do mês de setembro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

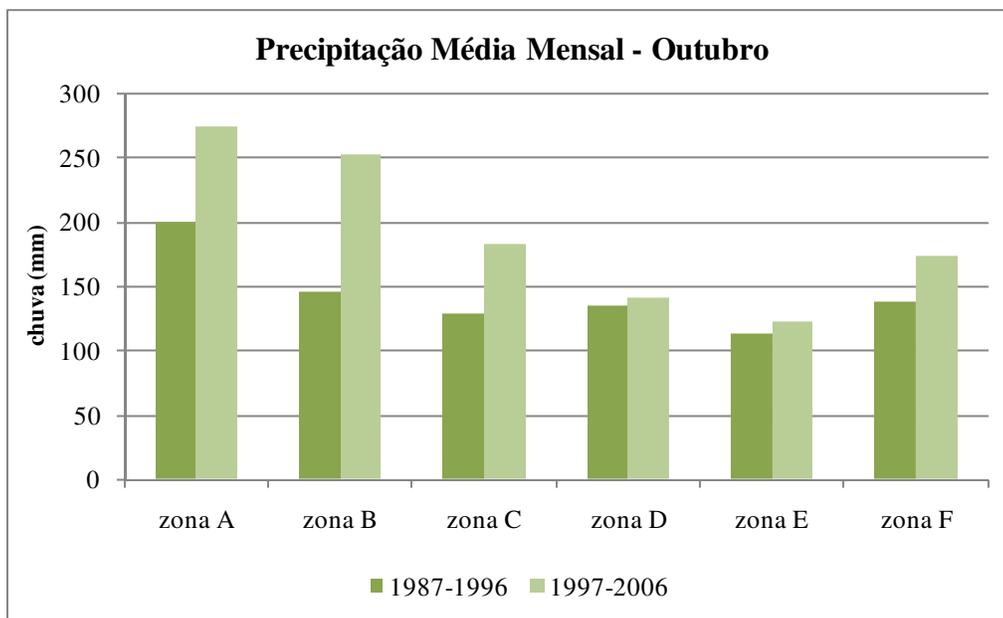


Gráfico 23: Precipitação pluviométrica do mês de outubro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

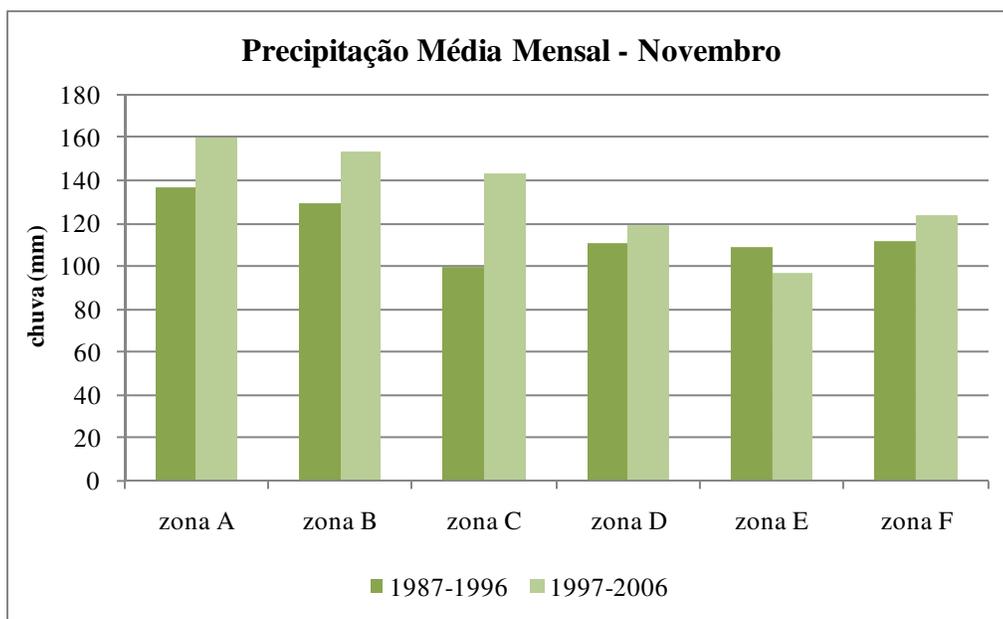


Gráfico 24: Precipitação pluviométrica do mês de novembro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

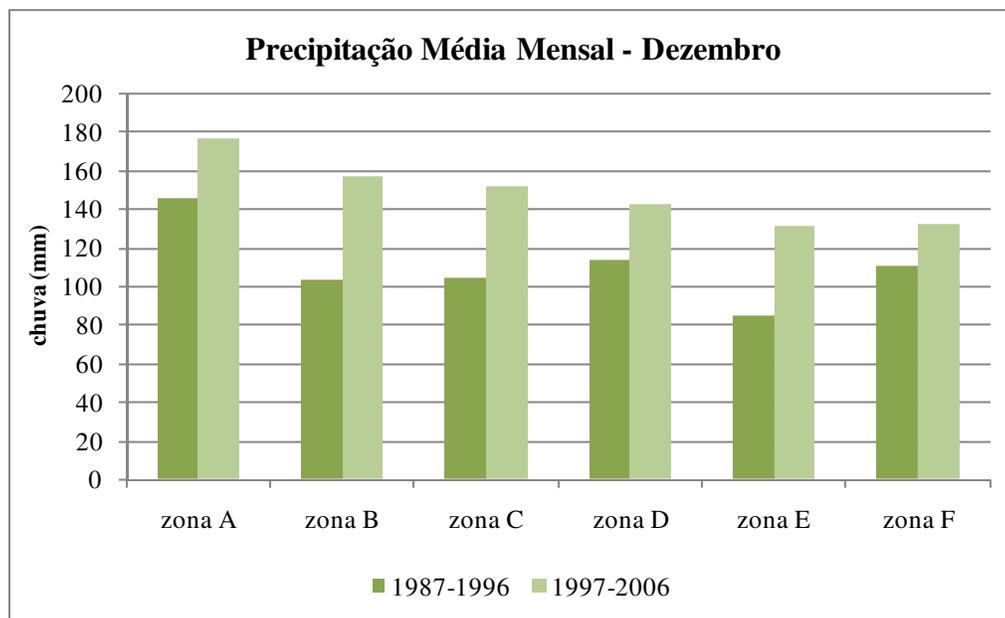


Gráfico 25: Precipitação pluviométrica do mês de dezembro nas zonas A-F para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006.

4.2.3 Análise Frequencial da Precipitação Pluvial Mensal

Na análise frequencial da precipitação pluvial mensal observou-se a distribuição das chuvas ao longo dos meses, para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006, para anos normais (mediana – Q50), anos secos (quartil inferior – Q25) e anos chuvosos (quartil superior – Q75) nas 6 zonas de A-F.

4.2.3.1 Zona A

Comparando-se os Gráficos 26 e 27, verifica-se uma maior homogeneidade entre os meses no segundo período, a despeito da queda observada em janeiro e do pico em outubro, em anos chuvosos, normais e secos. Em janeiro observa-se uma redução nos volumes de chuva. Assim como ressaltado anteriormente, quedas nos volumes de precipitação nesse mês podem acarretar em perdas na produtividade dos principais cultivos de primavera-verão do Estado, particularmente o da soja, para o qual o déficit hídrico resulta em reduções nos rendimentos.

Nota-se, ainda, que nos meses de maio a julho, no segundo decênio, as curvas se apresentaram mais suaves, representando um fornecimento hídrico mais homogêneo.

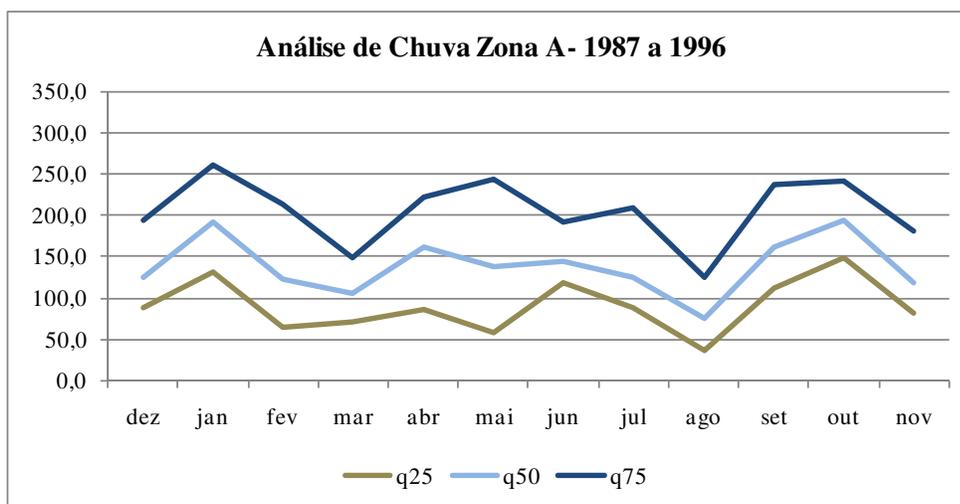


Gráfico 26: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona A, para o período de 1987 a 1996.

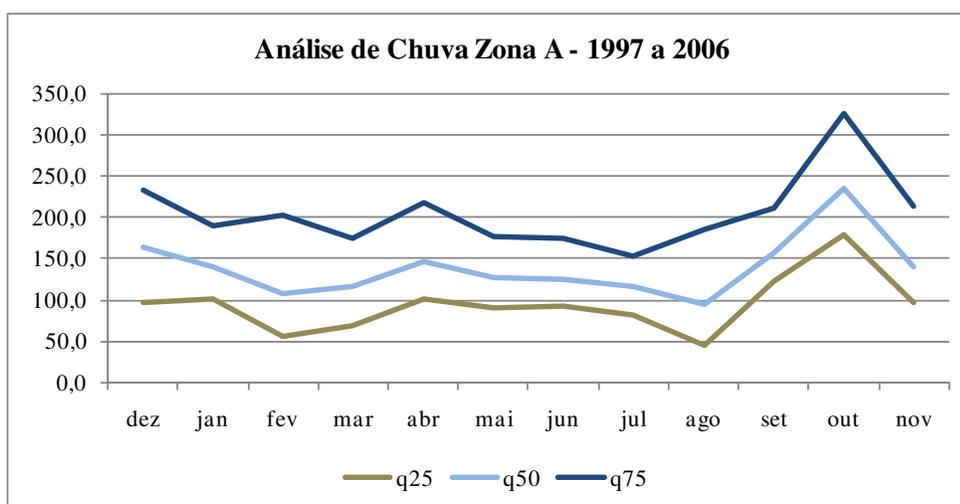


Gráfico 27: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona A, para o período de 1997 a 2006.

4.2.3.2 Zona B

De acordo com os Gráficos 28 e 29, os dois períodos apresentaram picos extremos de chuva em todas as curvas nos meses de abril e agosto, sendo o primeiro mês positivo e o segundo negativo.

Nos meses do verão, as curvas do segundo decênio se apresentaram mais homogêneas,

havendo pico de queda em janeiro para os anos chuvosos, o que pode representar desfavorecimento à agricultura. Nos meses de inverno, os volumes de chuva se apresentaram maiores no segundo período para os meses de maio e junho em anos secos e normais, e menores no mês de julho. Para os anos chuvosos, houve aumento no mês de maio em relação ao primeiro período e queda nos outros dois meses. O aumento da chuva nesta estação é importante para os cultivos de inverno.

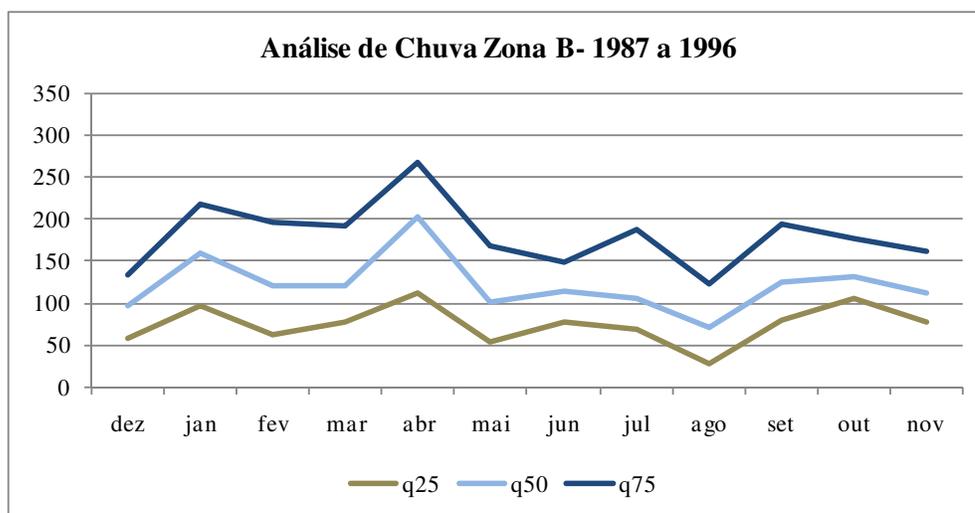


Gráfico 28: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona B, para o período de 1987 a 1996.

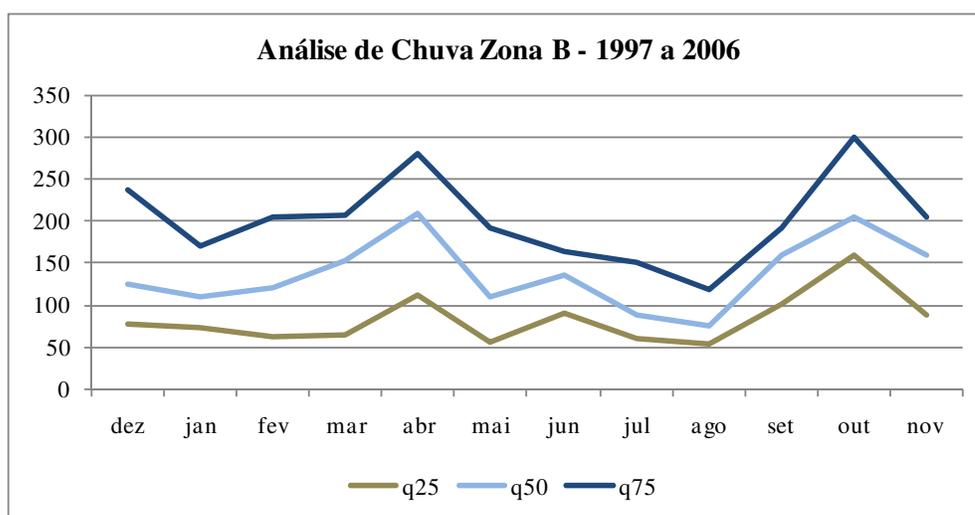


Gráfico 29: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona B, para o período de 1997 a 2006.

4.2.3.3 Zona C

Nesta zona, de acordo com os Gráficos 30 e 31, observou-se uma inversão dos picos de chuva nos meses de verão, com especial atenção para o mês de janeiro em anos chuvosos. Este tipo de alteração pode ser prejudicial para as culturas de plantio nos meses de novembro e dezembro.

No inverno, a inflexão em maio abriu espaço para o surgimento de um pico positivo no mês de junho para o segundo período. Pode-se dizer, ainda, que passou a haver uma maior homogeneidade no mês de julho.

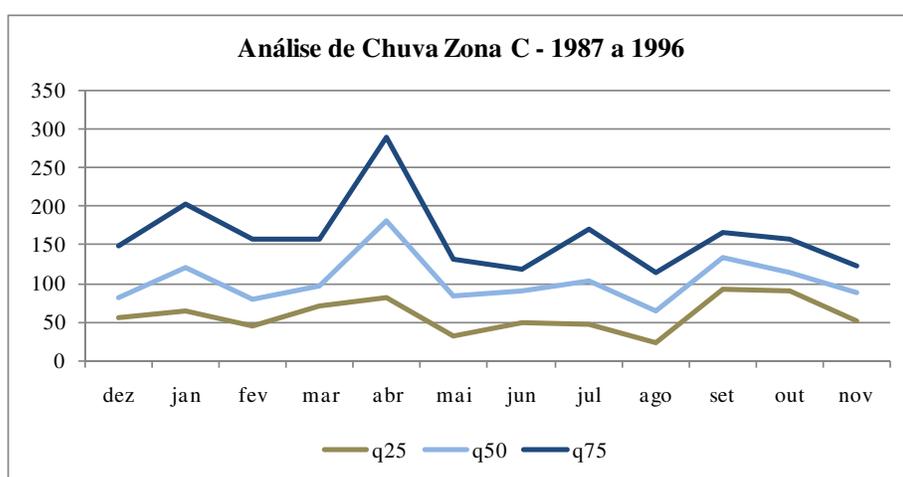


Gráfico 30: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona C, para o período de 1987 a 1996.

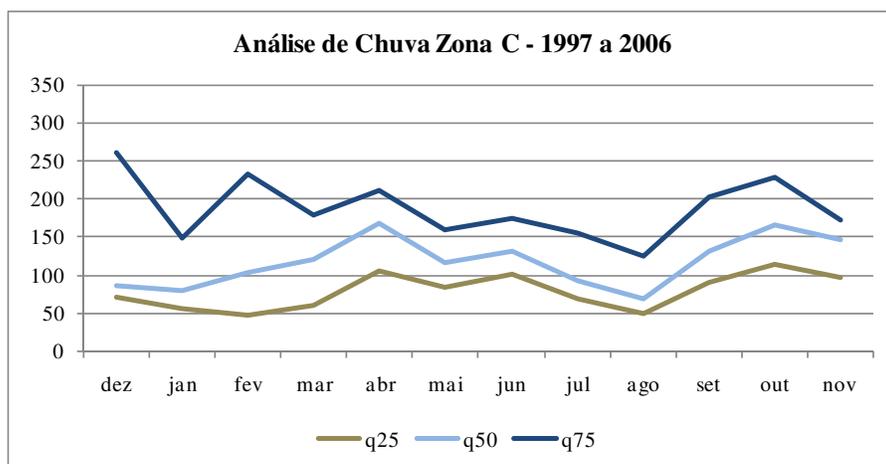


Gráfico 31: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona C, para o período de 1997 a 2006.

4.2.3.4 Zona D

Comparando-se os Gráficos 32 e 33, nota-se que o mês de janeiro, na zona D, foi marcado por desvios negativos em todas as curvas, especialmente em anos chuvosos. Esta alteração nas curvas pode ser considerada a pior para os cultivos de verão, quando comparada aos aumentos observados em dezembro e fevereiro, por exemplo. No inverno, houve um aumento na homogeneidade volumétrica da chuva (diminuição de picos), com todas as curvas apresentando comportamento decrescente entre maio e junho, no segundo decênio.

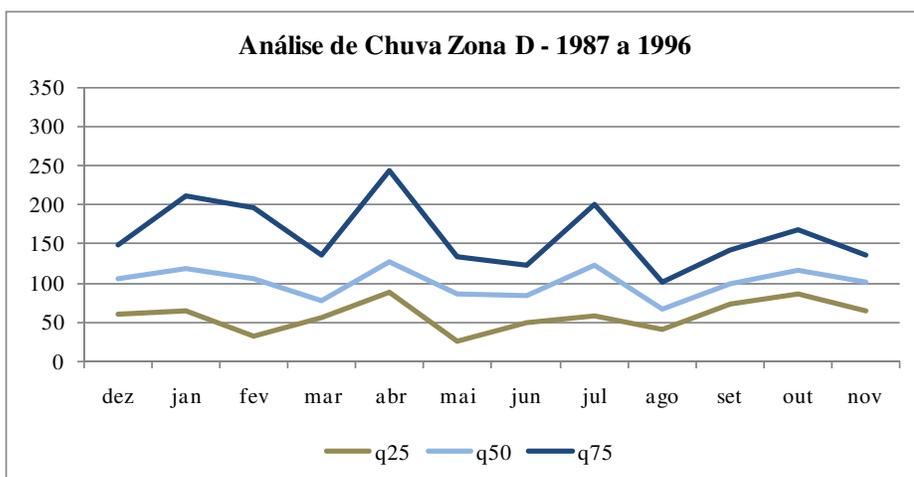


Gráfico 32: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona D, para o período de 1987 a 1996.

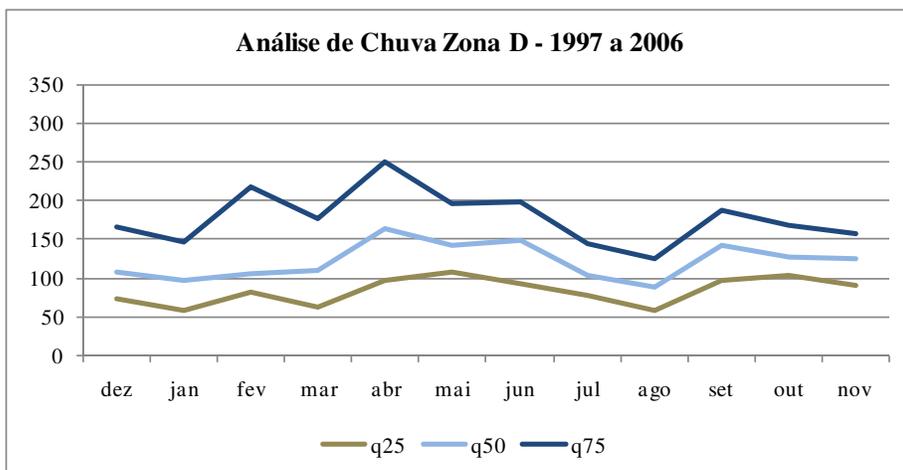


Gráfico 33: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona D, para o período de 1997 a 2006.

4.2.3.5 Zona E

As curvas desta zona apresentaram substancial elevação no mês de abril nos dois períodos, consequência do aumento de chuva neste mês quando comparado a março (Gráficos 34 e 35). Em julho, as curvas, marcadas por picos positivos no primeiro decênio (em menor grau em anos secos), sofreram alteração na declividade, passando a apresentar pico de queda.

No entanto, de uma maneira geral, as curvas se mostraram mais homogêneas no segundo decênio, mas com elevação no volume de chuva para quase todos os meses tanto em anos seco como em anos normais e chuvosos.

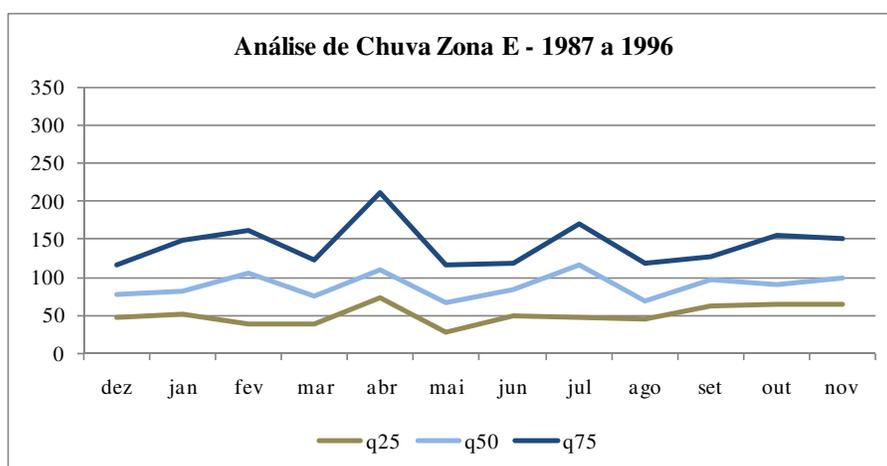


Gráfico 34: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona E, para o período de 1987 a 1996.

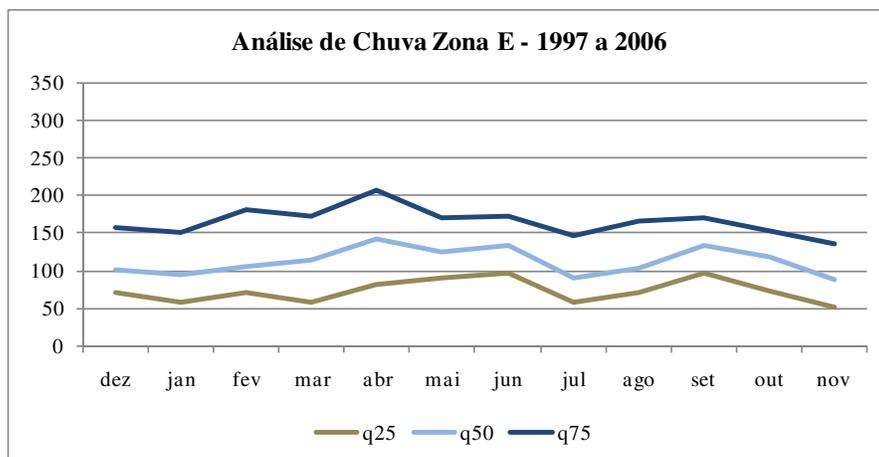


Gráfico 35: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona E, para o período de 1997 a 2006.

4.2.3.6 Zona F

Na zona F, as curvas de volume de chuva para os anos secos, normais e chuvosos se mostraram expressivamente mais homogêneas no segundo período do que no primeiro (Gráficos 36 e 37). Mantiveram-se os picos de julho e agosto, embora com menor intensidade e o pico de setembro se deslocou para outubro. Em janeiro, por outro lado, a despeito da maior regularidade pluviométrica, houve diminuição no volume de chuva e possível piora nas condições de cultivo para as plantações de verão.

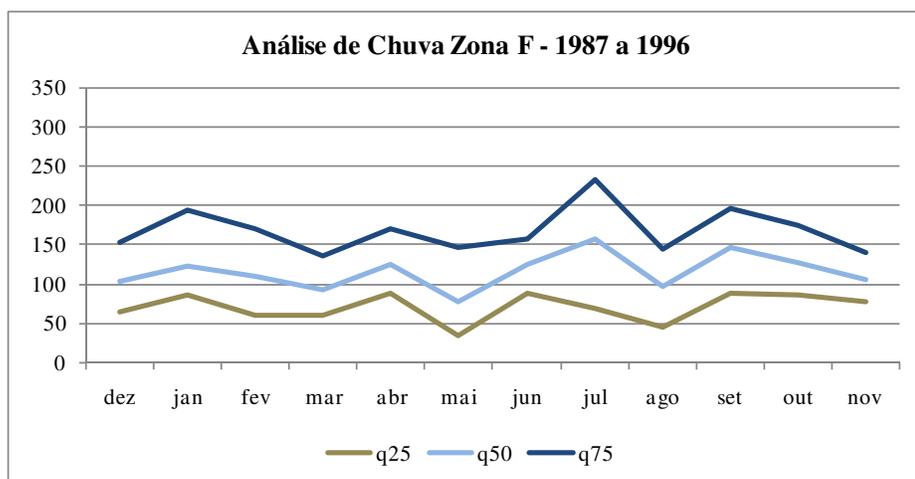


Gráfico 36: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona F, para o período de 1987 a 1996.

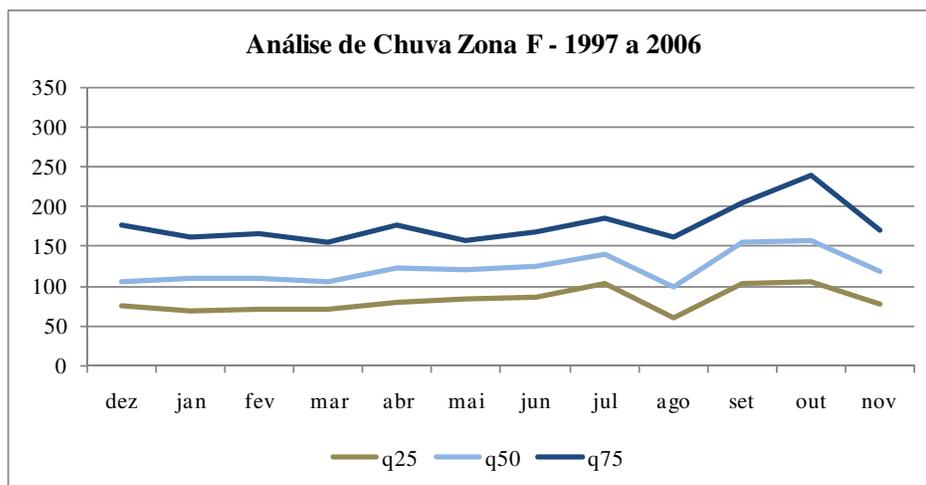


Gráfico 37: Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para anos secos (Q25), anos normais (MEDIANA) e anos chuvoso (Q75) na zona F, para o período de 1997 a 2006.

4.3 Análises de Veranico nas Zonas de A-F

Foi realizada a contagem de veranicos com diferentes durações para períodos anuais e sazonais. A partir desses dados verificou-se a variação no número médio de veranicos por estação pluviométrica nas zonas de A–F para os decênios 1987-1996 e 1997-2006, para cada uma das quatro classes de veranicos definidas (6 a 10 dias, 11 a 15 dias, 16 a 20 dias e 21 a 25 dias). Essas classes são representativas da duração dessas secas episódicas.

De um modo geral, ao analisar anualmente os dados, nota-se uma redução no número de veranicos de maior duração (maior que 15 dias) e um aumento no número de veranico de menor duração (menor que 15 dias) em todas as zonas.

Este fato sugere um possível aumento na frequência de ocorrência de veranicos menores no segundo período, o que para agricultura pode significar comprometimento de rendimento, uma vez que períodos consecutivos sem chuva com intervalo de ocorrência, cada vez menor, pode prejudicar o desenvolvimento das plantas. Por outro lado, a redução dos veranicos com maior duração, representa uma redução nos extremos de seca durante o segundo período analisado.

Com relação à análise sazonal, tem-se que as principais quebras ocorridas na agricultura são consequência do período de estiagem ocorrido no inverno e verão, pois esses períodos coincidem com fases fenológicas em que um adequado fornecimento de água é fundamental na garantia de bons rendimentos. Dessa maneira, o estudo das zonas se concentrará nestas estações. No entanto, os Gráficos dos desvios para o outono e primavera também serão apresentados.

A comparação das médias de veranicos entre os períodos analisados foi feita por meio da aplicação do Teste de Mann-Whitney, a fim de observar a significância estatística dos desvios encontrados. A seguir seguem as análises em cada uma das zonas.

4.3.1 Zona A

4.3.1.1 Análise Anual

O Gráfico 38 apresenta os desvios no número médio de veranicos por estação pluviométrica da região onde está localizada a zona A.

Observa-se um desvio positivo na classe 6 a 10 dias em que os veranicos passaram de 117 (desvio padrão de 11,07) para 123 (desvio padrão de 8,2) veranicos em média por estação

pluvial. Por outro lado, nessa região nota-se uma redução nos veranicos maiores que 11 dias, especialmente os veranicos com duração entre 16 e 20 dias, que no primeiro período ocorriam em média 10 por estação com desvio padrão de 4,4, passando a ocorrer 8 no decênio seguinte, com desvio padrão de 2,6.

Ao comparar a média de veranicos por ano nos dois decênios estudados, verifica-se que os desvios encontrados para a zona A não foram estatisticamente significativos a 5%.

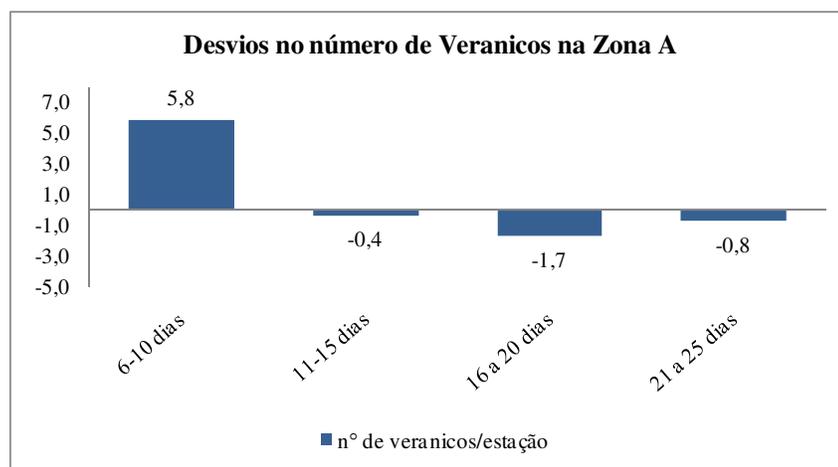


Gráfico 38: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.

4.3.1.2 Análise Sazonal

Os Gráficos de 39 a 42 apresentam os desvios no número de veranicos, ocorridos na zona A, no inverno, outono, primavera e verão, respectivamente. As principais alterações puderam ser observadas no inverno e no verão, períodos críticos para a agricultura gaúcha.

No inverno houve aumento na frequência de ocorrência dos veranicos com duração menor que 15 dias, em contraposição a uma redução dos períodos secos de longa duração (acima de 16 dias). No entanto, apenas o desvio positivo na classe 6 a 10 dias, e o desvio negativo na classe 16 a 20 dias foram estatisticamente significativos. O número médio de veranicos nessa classe passou de 4 para 2 por estação pluvial, e naquela passou de 27 para 33, sugerindo uma redução de eventos extremos de seca durante o inverno.

No verão, os desvios observados não foram estatisticamente significativos a 5%. Mesmo não significativo, o aumento nos veranicos com duração entre 11 e 20 dias pode ter afetado negativamente o rendimento dos cultivos de primavera-verão. No caso da soja, por

exemplo, o plantio se concentra principalmente entre outubro e novembro o que leva a floração e o enchimento de grãos a ocorrerem no verão. Dessa maneira, um aumento como esse na frequência de ocorrência de períodos secos pode ser fatal para a garantia de bons rendimentos. Segundo Berlato e Fontana (2003), nas últimas três décadas, as estatísticas do rendimento da soja apontam para uma frequência de 32% de queda da produção por estiagem.

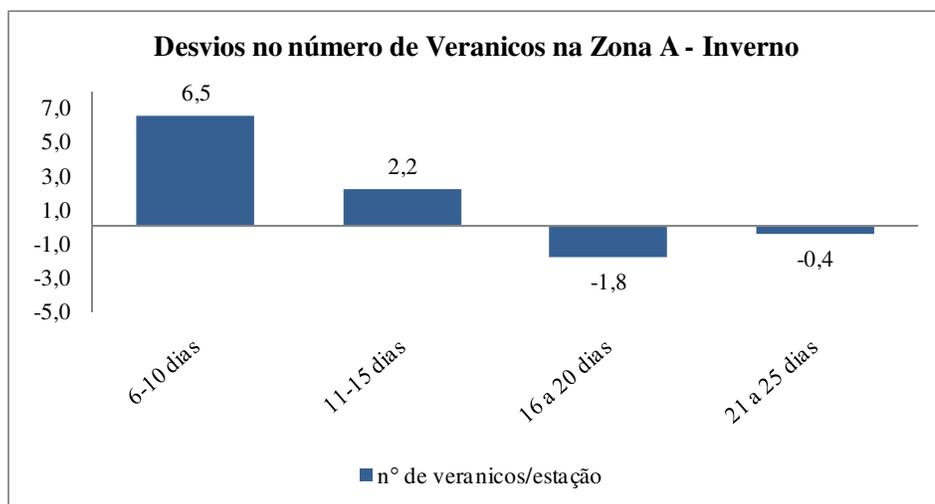


Gráfico 39: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.

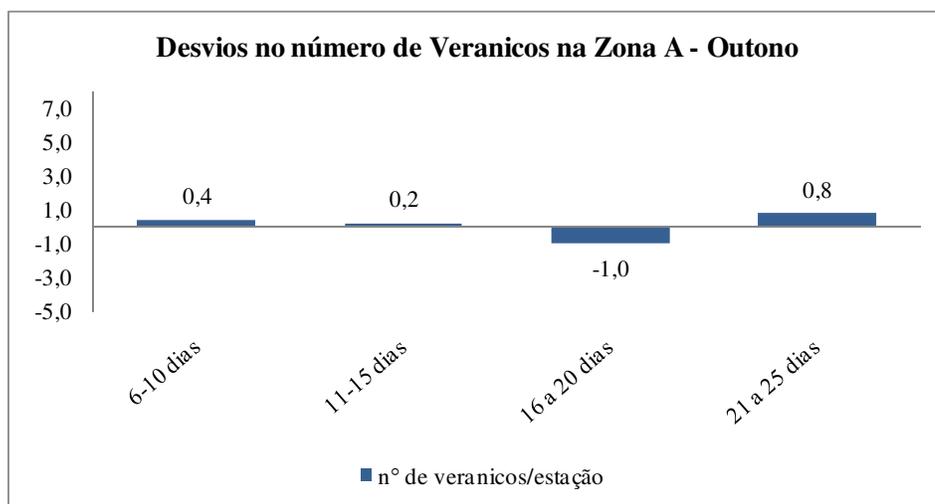


Gráfico 40: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.

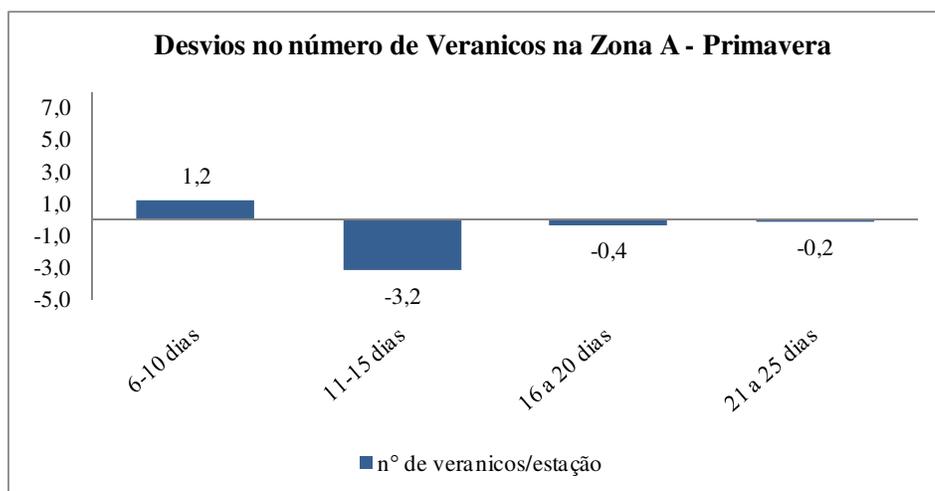


Gráfico 41: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.

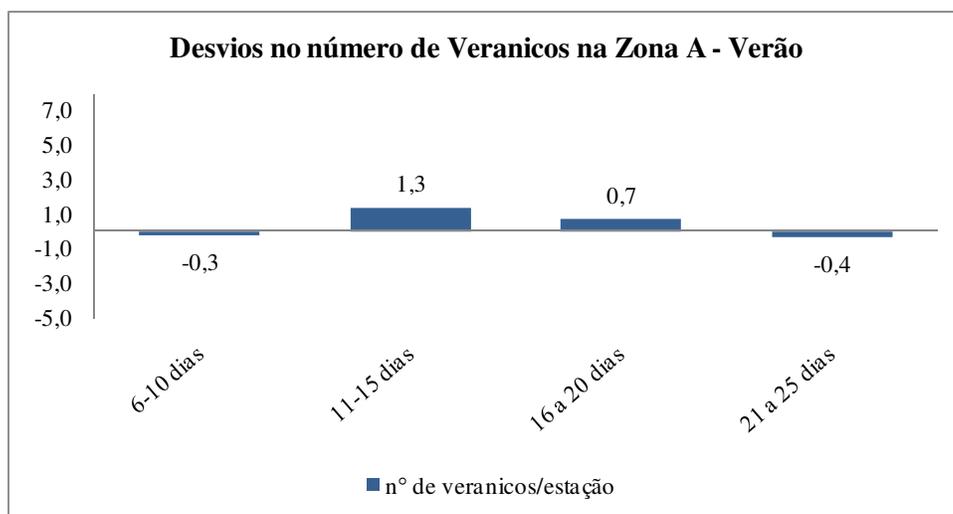


Gráfico 42: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona A, para as 4 classes de veranicos.

4.3.2 Zona B

4.3.2.1 Análise Anual

O Gráfico 43 apresenta os desvios no número de veranicos da região noroeste do Rio Grande do Sul, onde está localizada a zona B.

Observando-se o Gráfico, nota-se que os veranicos com duração entre 6 a 10 dias

apresentaram o maior desvio positivo nessa região, passando de 119 veranicos por estação no primeiro período, para 126 no segundo. Aumentos nesta classe de veranicos podem ser tolerados por alguns cultivos da região, como a soja, que tolerante à deficiência hídrica, consegue escapar de secas de curta duração, com conseqüente florescimento tardio, mas perda de rendimento de grão.

Por outro lado, o número de veranicos de maior duração (21 a 25 dias) apresentou uma redução de 7,5 para 4 em média por estação. Nesta zona se concentram as culturas da soja e milho e a redução dos eventos extremos de seca pode sugerir uma melhora para o plantio desses cultivos.

Nesta zona o desvio observado na classe 21 a 25 dias foi significativo a 5%.

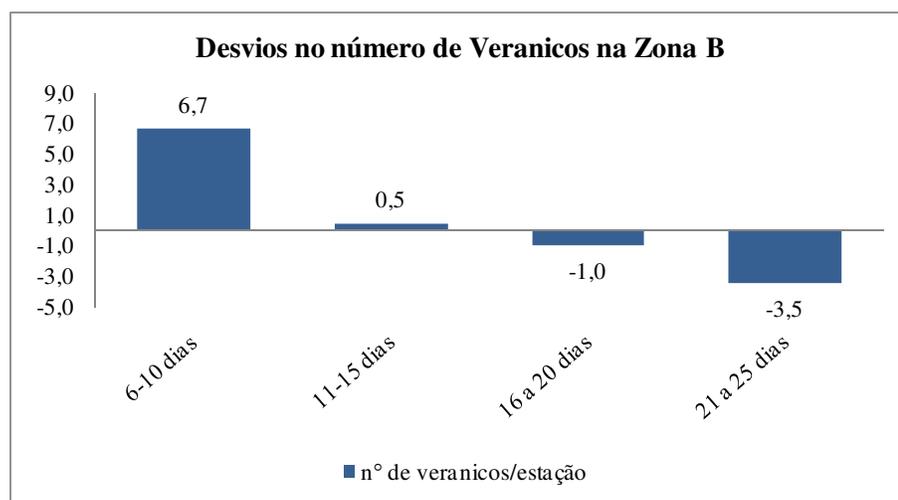


Gráfico 43: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.

4.3.2.2 Análise Sazonal

Os Gráficos de 44 a 47 apresentam os desvios no número de veranicos, ocorridos na zona B, no inverno, outono, primavera e verão, respectivamente.

No inverno, os veranicos com duração menor que 15 dias apresentaram desvios positivos, sendo que na classe 6 a 10 dias foram significativos a 5%. Nesta classe o número médio de veranicos passou de 29 para 34 por estação pluvial, indicando um aumento na frequência de veranicos de curta duração. Embora os veranicos de curta duração (6 a 10 dias)

apresentem menores riscos para a agricultura, é importante salientar que sua ocorrência pode ser concentrada em períodos coincidentes com fases críticas para o desenvolvimento de alguns cultivos, em que um adequado suprimento hídrico é fundamental para garantia de bons rendimentos. Ainda, nessa estação foi observada uma redução na classe 21 a 25 dias, sendo esta também estatisticamente significativa a 5%.

No verão, observam-se desvios positivo na classe 16 a 20 dias indicando uma redução nos períodos de seca representados por esta classe. Este fato pode ter representado um ponto positivo para os cultivos de primavera-verão no segundo decênio, pois como já ressaltado anteriormente, esta estação coincide com as fases de floração e enchimento de grãos.

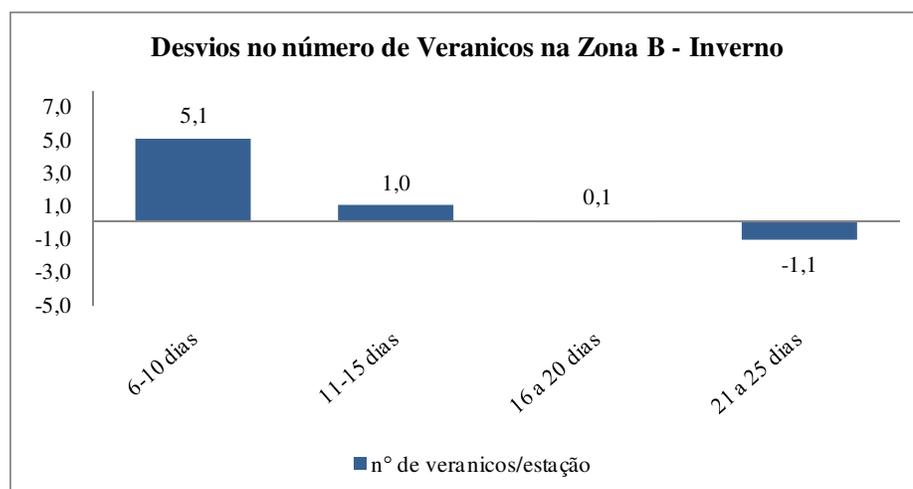


Gráfico 44: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.

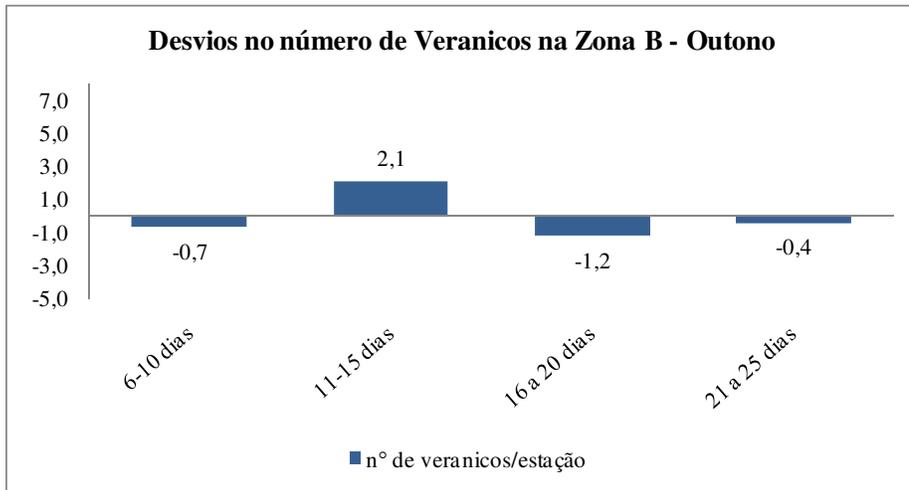


Gráfico 45: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.

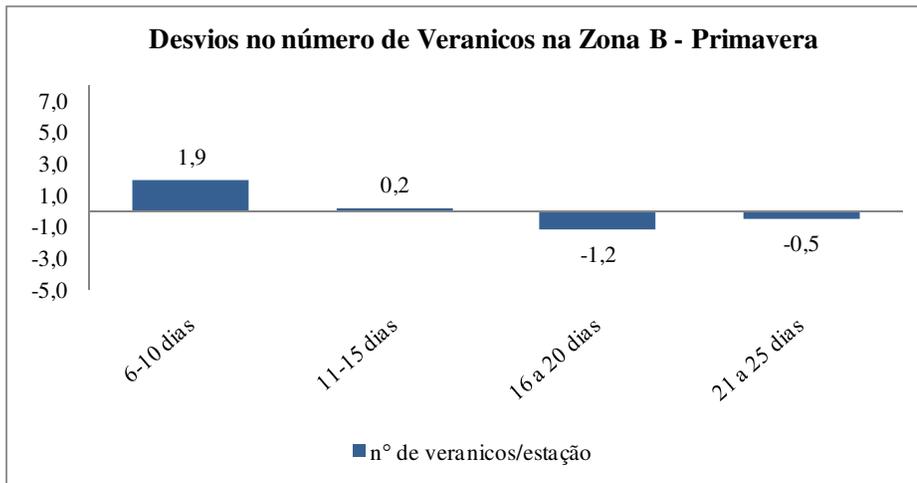


Gráfico 46: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.

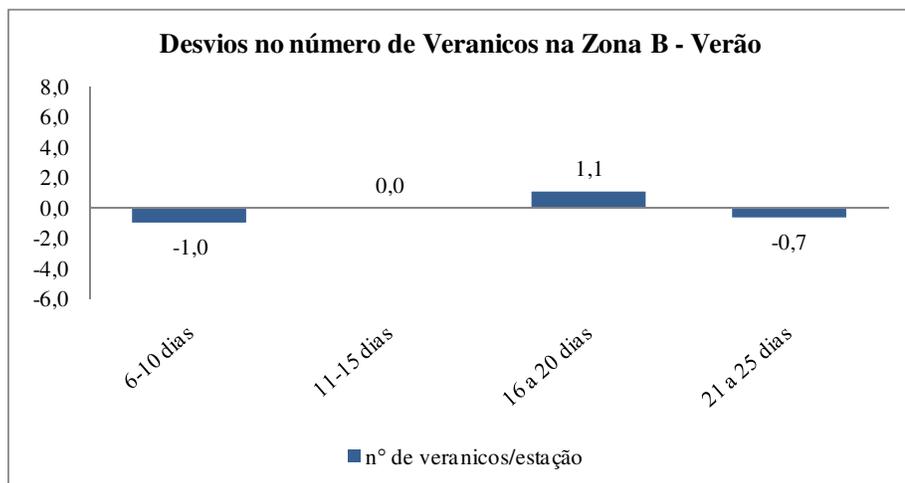


Gráfico 47: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona B, para as 4 classes de veranicos.

4.3.3 Zona C

4.3.3.1 Análise Anual

O Gráfico 48 apresenta os desvios no número de veranicos na região onde está localizada a zona C. Conforme pode ser observado, nessa região ocorreu um aumento no número médio de veranicos por estação pluvial da classe 11 a 15 dias, que passaram de 46,4 para 49,4.

Já os veranicos de maior duração (acima de 16 dias), apresentaram desvios negativos, indicando uma menor frequência de ocorrência no segundo decênio.

Apenas na classe 21 a 25 dias a redução observada foi significativa a 5%, indicando redução nos períodos de secas intensas.

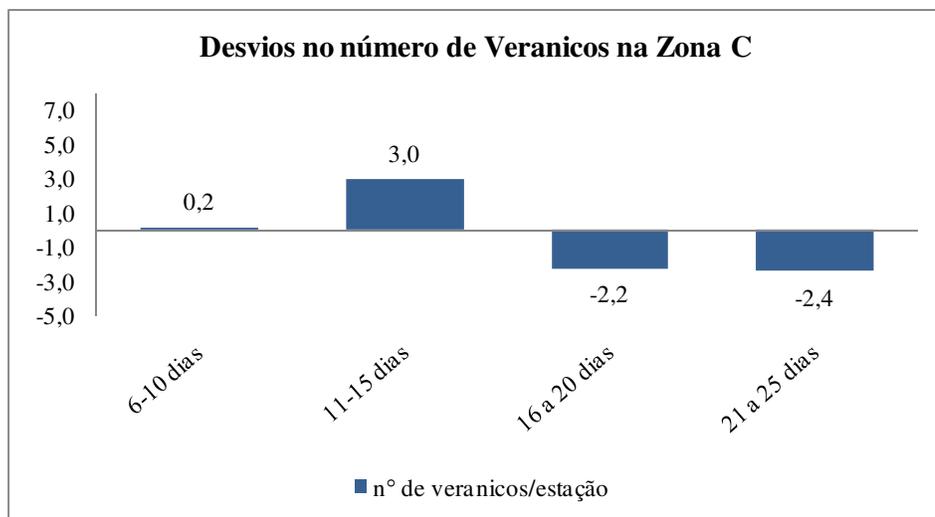


Gráfico 48: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.

4.3.3.2 Análise Sazonal

Os Gráficos de 49 a 52 apresentam os desvios no número de veranicos, ocorridos na zona C, no, inverno, outono, primavera e verão, respectivamente.

Por meio da aplicação do Teste de Mann-Whitney observou-se que no inverno os veranicos com duração entre 11 e 15 dias apresentaram desvios significativos a 5%, indicando aumento na frequência de ocorrência dessa secas episódicas, sendo que o número médio de veranicos por estação pluviométrica passou de 10 para 15 veranicos. Assim como ressaltado anteriormente, aumento de veranicos nessa estação representa uma possível fonte de perda de rendimento dos cereais de inverno.

No verão, embora não significativa estatisticamente, observa-se uma redução nos veranicos com duração entre 6 e 10 dias, que passaram de aproximadamente 27 para 23 veranicos por estação em média. Vale ressaltar que reduções no número de veranicos em épocas coincidentes com as fases fenológicas de floração e enchimento de grãos, são altamente benéficas para garantia de bons rendimentos.

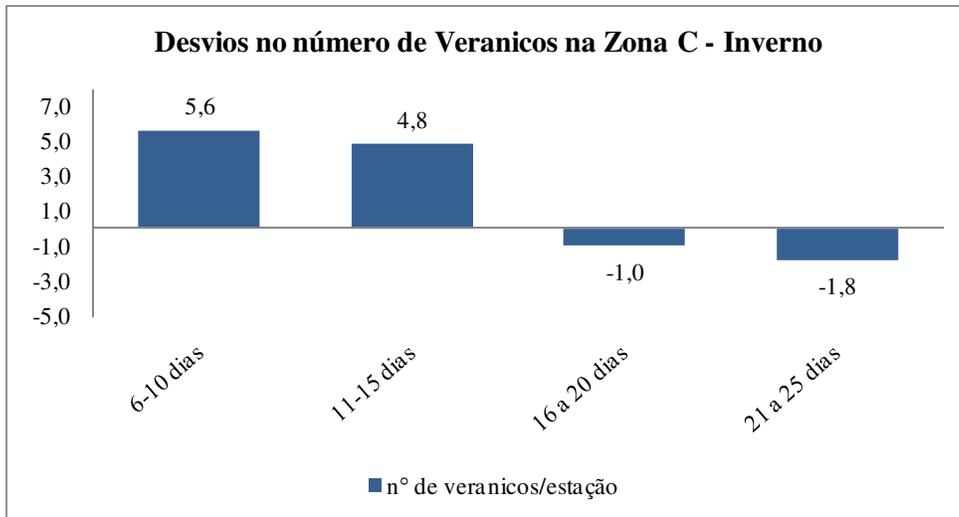


Gráfico 49: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.

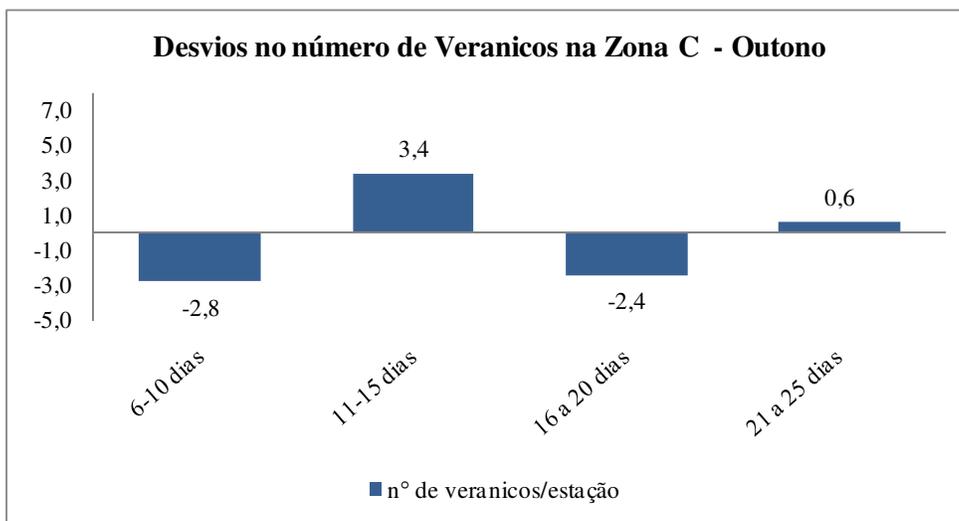


Gráfico 50: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.

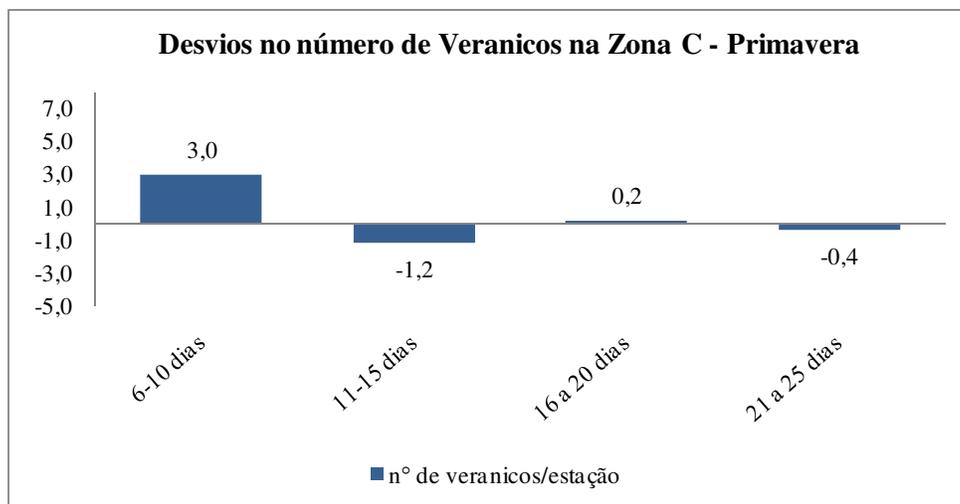


Gráfico 51: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.

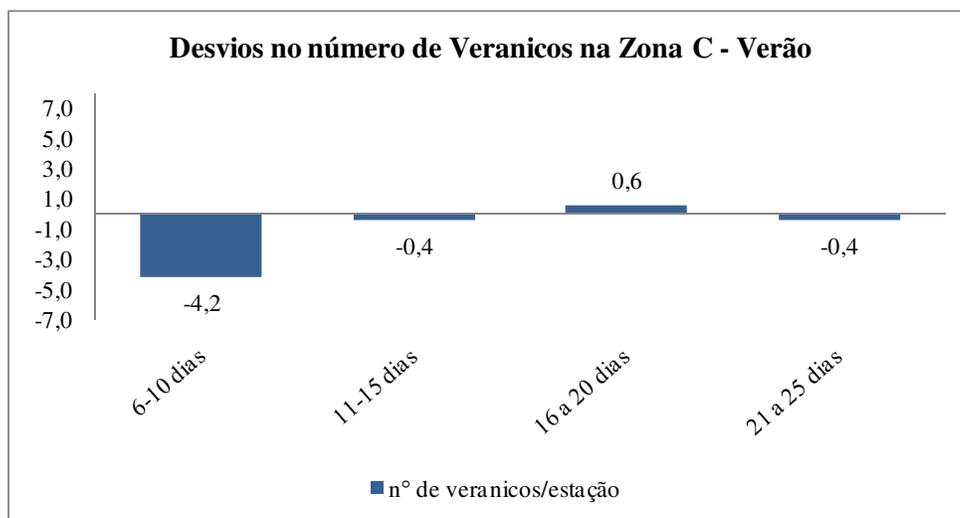


Gráfico 52: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona C, para as 4 classes de veranicos.

4.3.4 Zona D

4.3.4.1 Análise Anual

O Gráfico 53 apresenta os desvios no número de veranicos na região onde está localizada a zona D.

Nota-se que os incrementos observados nessa região ocorreram nos veranicos com

duração de até 15 dias, sendo que o maior desvio foi observado na classe 6 a 10 dias, em que o número médio de veranicos por estação passou de 120 para 124.

Por outro lado, as classes representativas de secas episódicas mais intensas (acima de 16 dias com chuva menor que 1 mm), apresentaram uma redução no número médio por estação, tendo sido observada nessa região a maior redução no número de veranicos com duração de 16 a 20 dias, que passaram de 20 para 11 por estação no segundo decênio, representando uma redução de aproximadamente 50% no número médio de veranicos. A classe 21 a 25 dias também apresentou uma redução de aproximadamente 50% no número médio de veranicos por estação pluviométrica, que passaram de 7,7 para 3,9 no segundo decênio (1997-2006). Em ambas as classes representativas de veranicos maiores, a redução observada foi estatisticamente significativa a 5%.

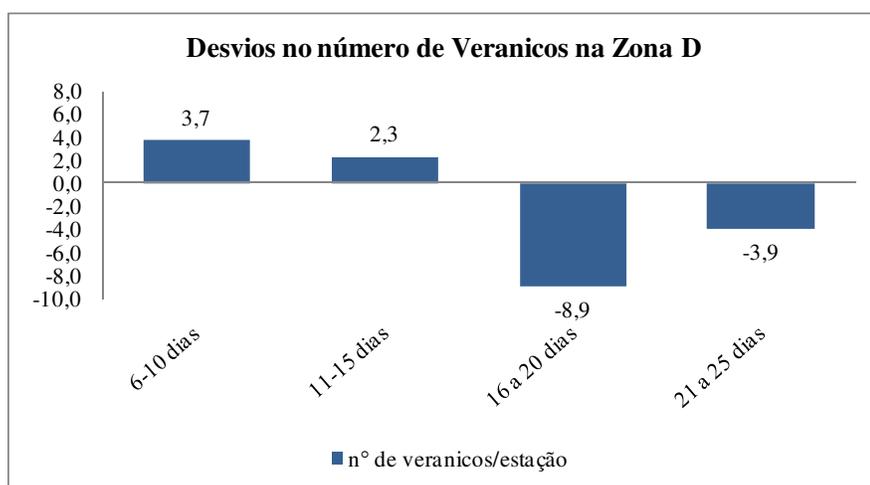


Gráfico 53: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.

4.3.4.2 Análise Sazonal

Os Gráficos 54 a 57 apresentam os desvios no número de veranicos, ocorridos na zona D, no inverno, outono, primavera e verão, respectivamente.

No inverno, observa-se um aumento na frequência de ocorrência de veranicos com duração menor que 15 dias. No entanto, em nenhuma das duas classes representativas desses veranicos, o desvio observado foi estatisticamente significativo a 5%. Em contrapartida, os

veranicos com duração maior que 16 dias apresentaram redução na frequência de ocorrência, sendo que na classe 21 a 25 dias essa redução foi significativa a 5%.

No verão observa-se uma redução nos períodos secos com duração superior a 11 dias. Em nenhuma das classes, porém, esse desvio foi estatisticamente significativo a 5%.

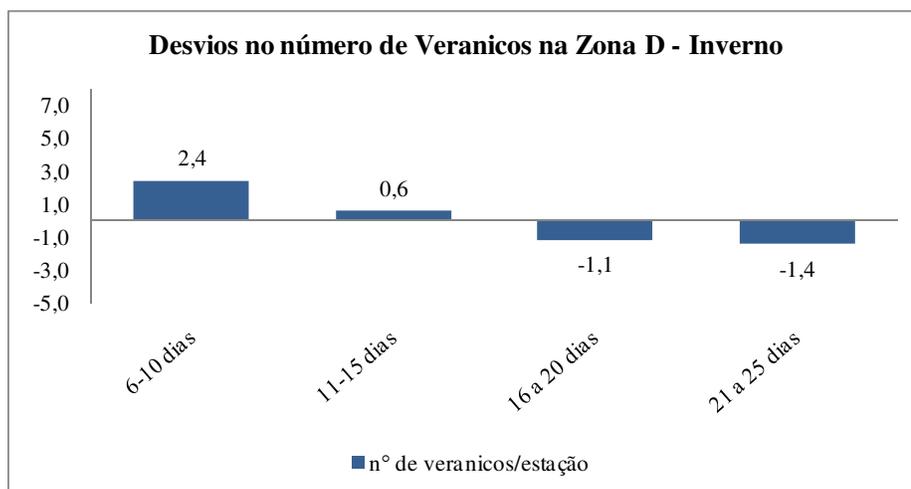


Gráfico 54: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.

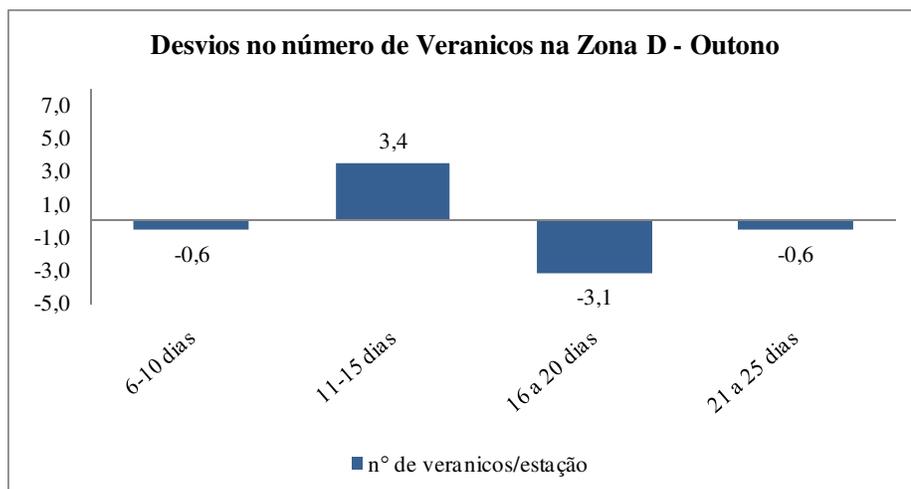


Gráfico 55: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.

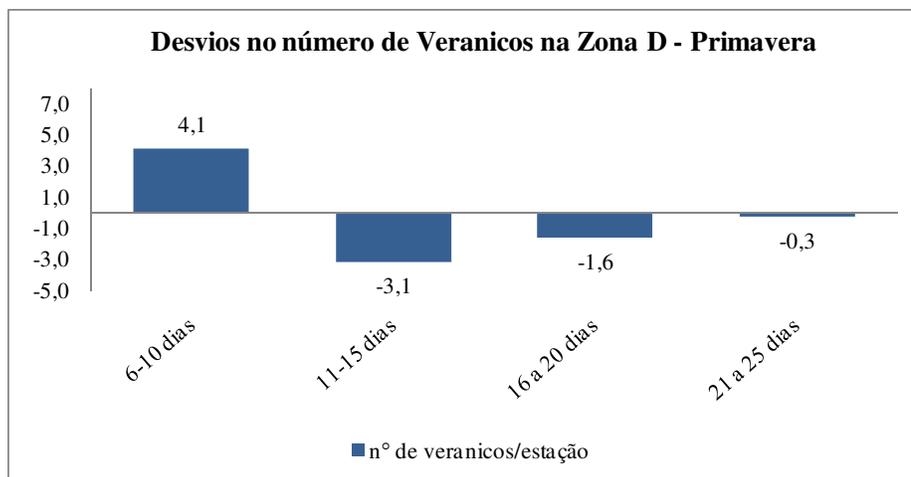


Gráfico 56: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.

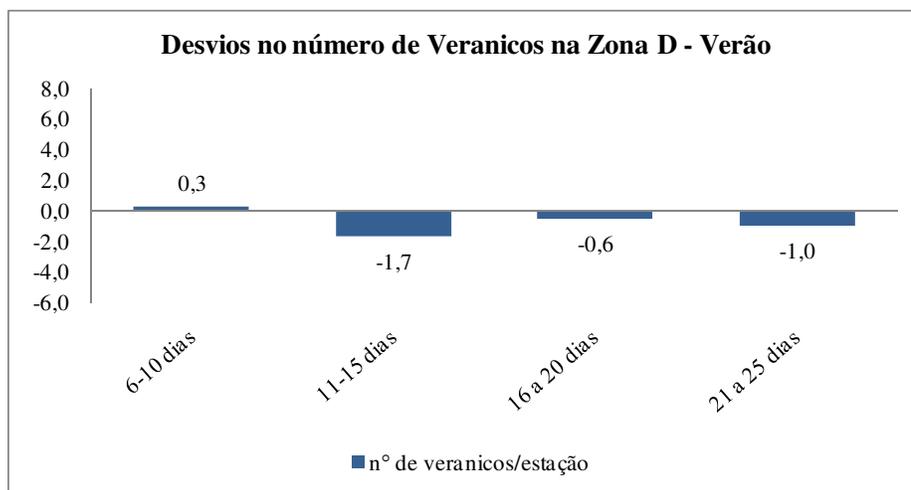


Gráfico 57: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona D, para as 4 classes de veranicos.

4.3.5 Zona E

4.3.5.1 Análise Anual

O Gráfico 58 apresenta os desvios no número de veranicos na região onde está localizada a zona E, extremo sul do Rio Grande do Sul.

Por meio da aplicação do Teste de Mann-Whitney a 5% de significância, observou-se que os desvios ocorridos nas classes 11 a 15, 16 a 20 e 21 a 25 dias foram significativos.

Foi nessa região que se observou o maior aumento no número médio de veranicos da classe 11 a 15 dias, que passaram de 40 para 45 por estação. Por outro lado, as secas episódicas com duração entre 16 e 25 dias, apresentaram reduções, sendo que na classe 16 a 20 dias o número médio de veranicos por estação pluvial passou de 20,3 para 13,3, representando a segunda maior redução nessa classe. Nessa região observou-se a maior redução na classe 21 a 25 dias, que passou de 8 em média, por estação, para 3,2.

A região Sul é de grande importância para a produção pecuária do Estado, apresentando ainda produção significativa de milho, feijão, sorgo, soja, olerícolas e frutíferas. Reduções nas secas extremas possivelmente favoreceram a agricultura na região, no entanto vale ressaltar que o aumento observado na classe 11 a 15 dias pode ter sido uma possível fonte de quebra de rendimento por se tratar de uma classe com maior frequência de ocorrência e que já causa danos à agricultura.

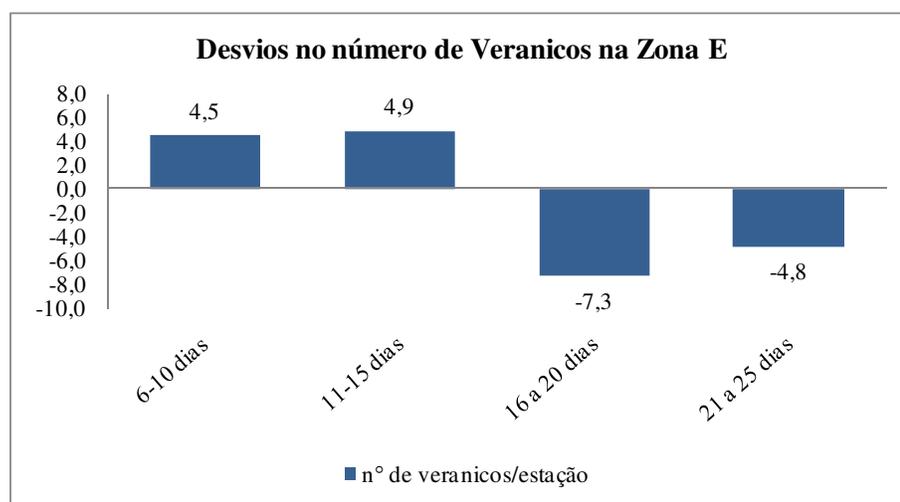


Gráfico 58: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.

4.3.5.2 Análise Sazonal

Os Gráficos de 59 a 62 apresentam os desvios no número de veranicos, ocorridos na zona E, no inverno, outono, primavera e verão, respectivamente.

No inverno, observa-se um aumento na frequência de ocorrência de veranicos com duração menor que 15 dias. Esse aumento foi significativo a 5% na classe 11 a 15 dias, em que

o número médio de veranicos por estação pluvial passou de 10 para 15 no segundo período.

Em contraposição a esse aumento, os veranicos com duração superior a 16 dias apresentaram redução no número médio por estação, sendo esta significativa a 5%. Na classe de 16 a 20 dias o número médio de veranicos passou de 4,8 para 1,4, enquanto que na classe 21 a 25 dias o número médio de veranicos passou de 1,5 para 0,3 por estação pluvial.

No verão, os desvios observados não foram estatisticamente significativos. No entanto, vale ressaltar que a classe 11 a 15 dias apresentou um aumento tanto no verão quanto no inverno, períodos de grande importância para a agricultura do estado por coincidirem com épocas em que um suprimento adequado de água é fundamental para garantia de bons rendimentos.

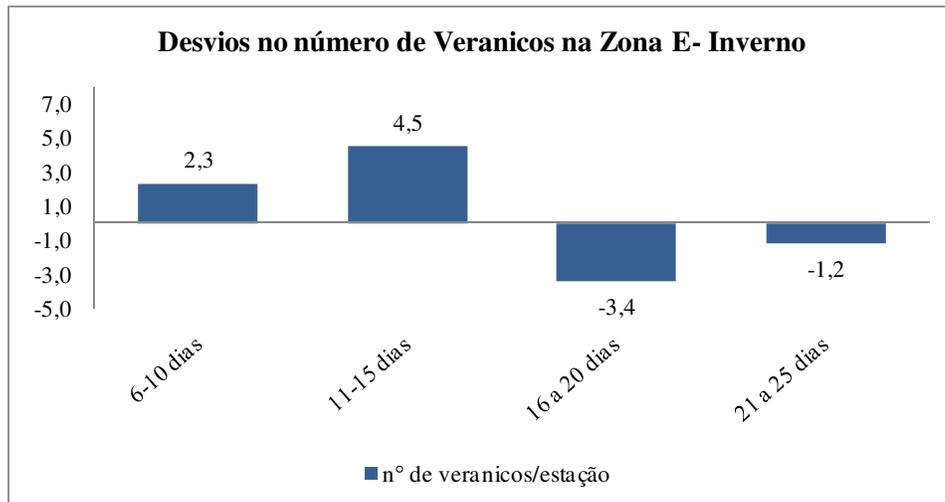


Gráfico 59: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.

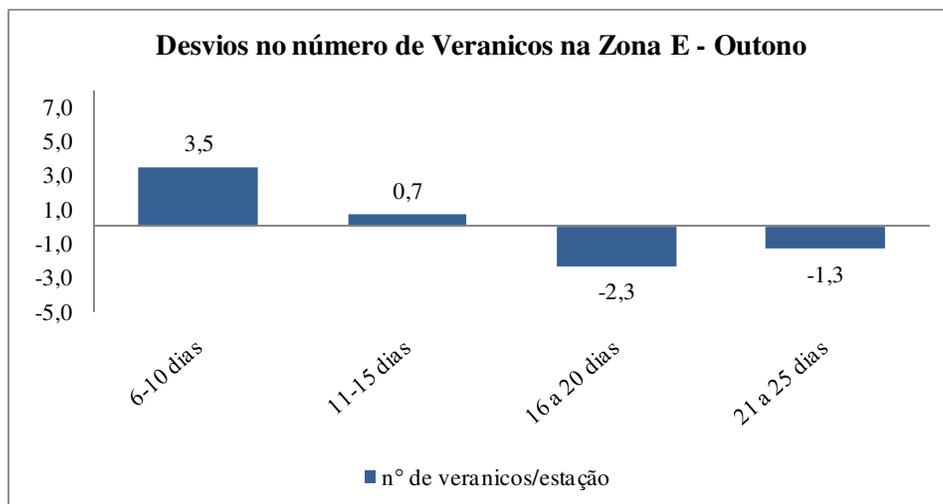


Gráfico 60: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.

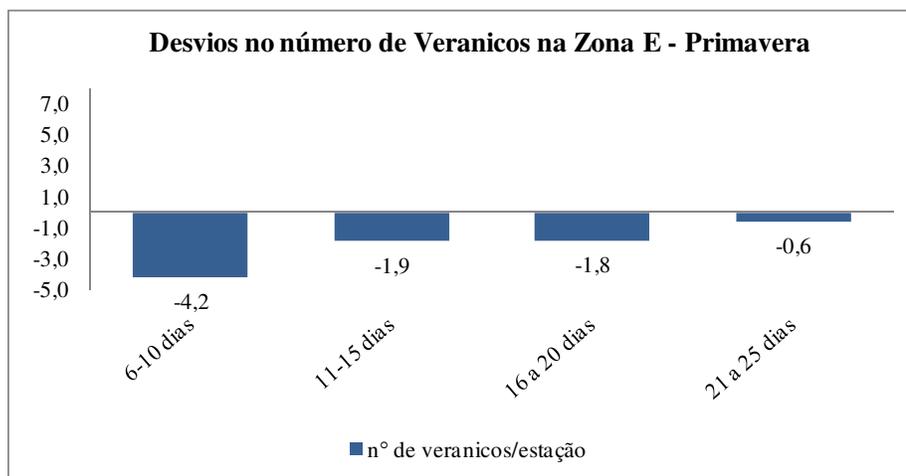


Gráfico 61: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.

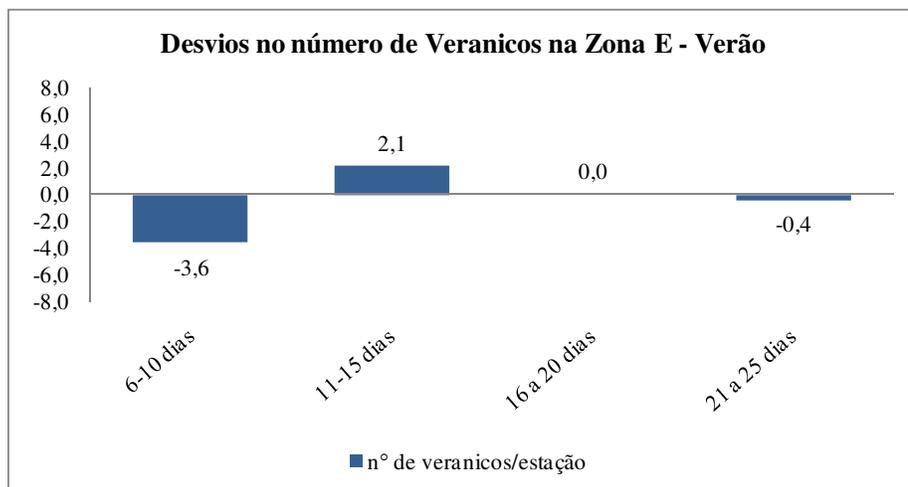


Gráfico 62: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona E, para as 4 classes de veranicos.

4.3.6 Zona F

4.3.6.1 Análise Anual

O Gráfico 59 apresenta os desvios no número de veranicos na região onde está localizada a zona F.

Embora os desvios nessa região não tenham sido significativos a 5%, observa-se um aumento no número de veranicos de menor duração (6 a 15 dias) e uma redução nos veranicos de maior intensidade (superior a 16 dias). Na classe 11 a 15 dias, o número médio de veranicos passou de 37,6 para 41,1 por estação.

Os veranicos com duração entre 16 e 25 dias apresentaram reduções no número médio por estação pluvial. Na classe 16 a 20 dias, o número médio de veranicos por estação pluvial passou de 12,1 para 10, enquanto que na classe 21 a 25 dias passou de 4,3 para 3,2 em média por estação.

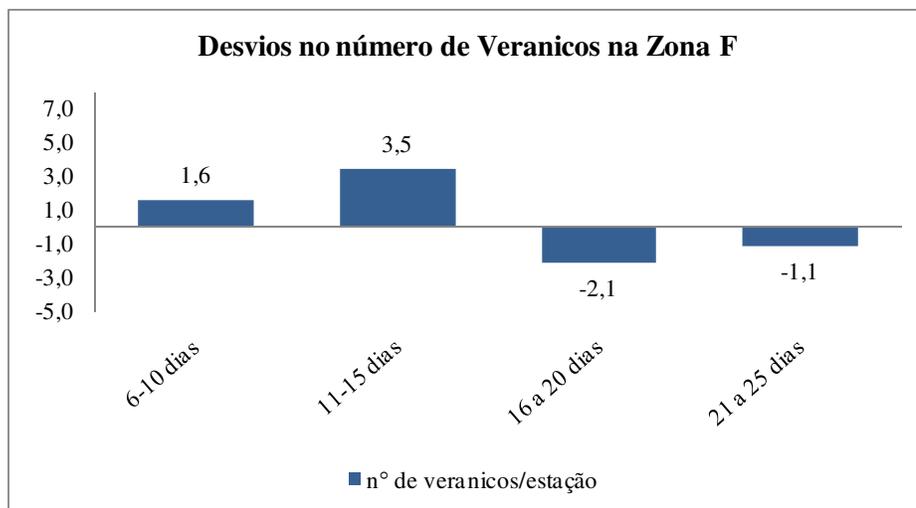


Gráfico 63: Desvio no número de veranicos entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.

4.3.6.2 Análise Sazonal

Os Gráficos de 64 a 67 apresentam os desvios no número de veranicos, ocorridos na zona F, no inverno, outono, primavera e verão, respectivamente.

No inverno, observa-se um aumento na frequência de ocorrência de veranicos com duração menor que 15 dias. No entanto, apenas na classe 6 a 10 dias esse aumento foi significativo a 5%, passando de 26 para 32 o número médio de veranicos por estação pluvial no segundo período. Já os veranicos com duração superior a 15 dias apresentaram uma redução no número médio por estação pluvial, sendo esta estatisticamente significativa em ambas as classes. Isto indica uma redução no número de secas intensas nessa região, durante o decênio 1997-2006.

Comparando-se o número médio de veranicos das quatro classes consideradas, nota-se que no verão, a classe 16 a 20 dias apresentou um aumento significativo a 5%. Aumentos nessa classe durante o verão podem acarretar em menores rendimentos para os cultivos de grãos, principalmente milho e soja.

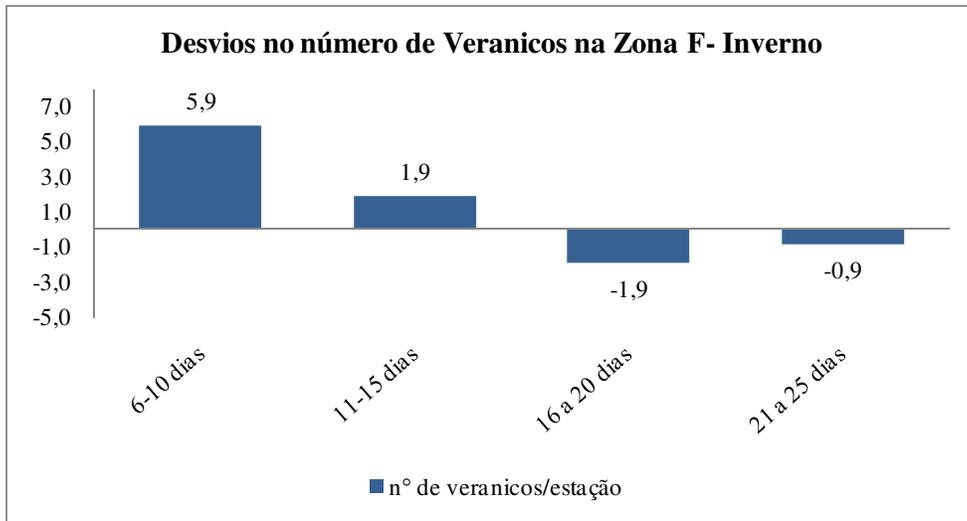


Gráfico 64: Desvio no número de veranicos no inverno entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.

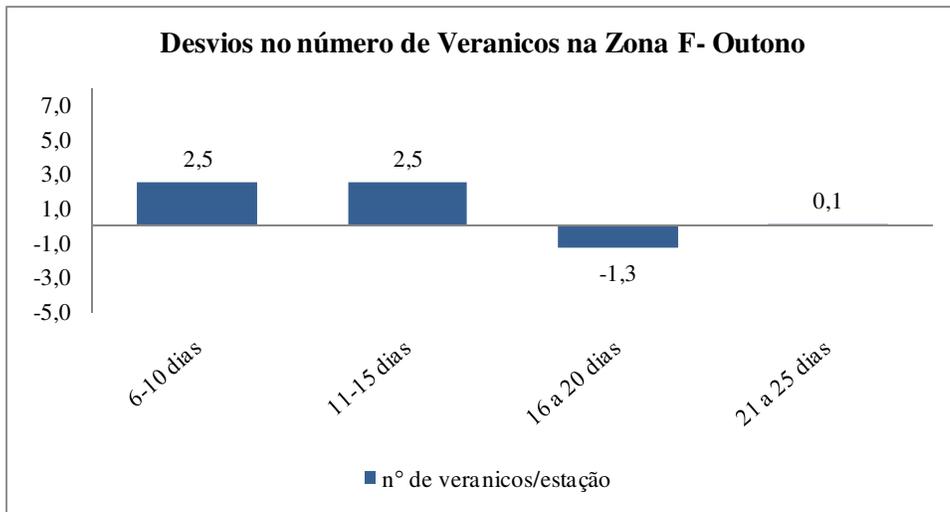


Gráfico 65: Desvio no número de veranicos no outono entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.

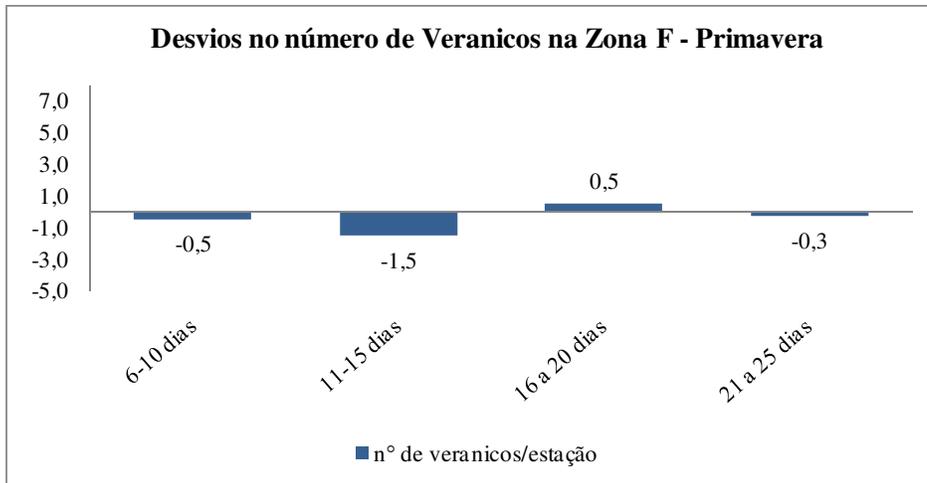


Gráfico 66: Desvio no número de veranicos na primavera entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.

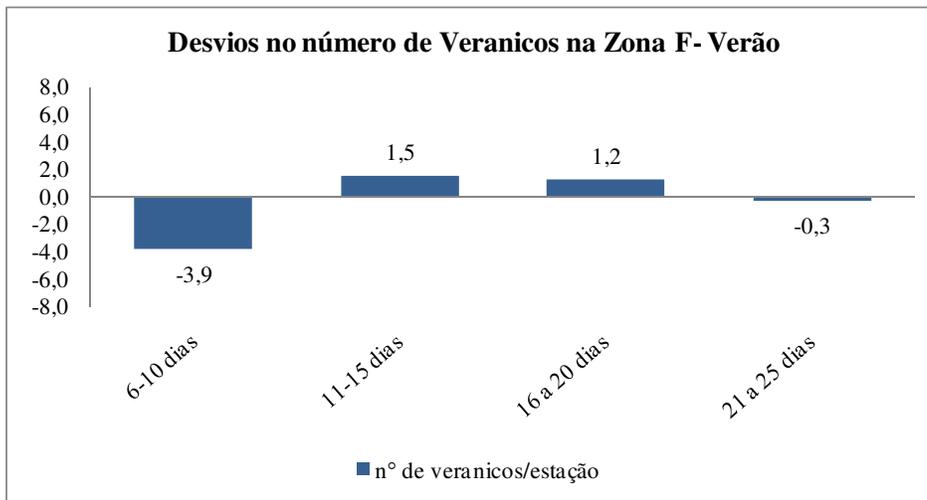


Gráfico 67: Desvio no número de veranicos no verão entre os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006 na zona F, para as 4 classes de veranicos.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O Rio Grande do Sul apresenta uma economia tipicamente agrícola, baseada na produção de grãos e na agropecuária, sendo responsável por aproximadamente 1/5 da produção nacional de grãos (IBGE, 2009). Esses cultivos são realizados em condições de sequeiro, dependendo, portanto do regime pluviométrico para o seu desenvolvimento.

Foram definidas zonas pluviometricamente homogêneas para os períodos de 1987 a 1996 e de 1997 a 2006, por meio da aplicação de técnicas de mineração de dados, com o objetivo de analisar o comportamento espaçotemporal da precipitação pluviométrica e dos veranicos no Estado do Rio Grande do Sul.

A partir da análise de agrupamentos foram definidos quatro clusters para ambos os decênios, sendo observada uma alteração na forma de organização espacial das estações do primeiro para o segundo período, por meio da geração de mapas. A partir da sobreposição desses clusters foram geradas seis zonas (A-F), representativas de todas as possíveis alterações ocorridas nos volumes de chuva entre os decênios analisados.

Na análise da precipitação pluvial, pode-se perceber que todas as zonas apresentaram incrementos significativos nos volumes anuais, exceto a zona A.

No entanto, embora se tenha observado incremento na precipitação anual média entre os dois decênios analisados, ao analisar a distribuição anual da precipitação, notou-se que o segundo período (1997-2006) apresentou picos mais intensos de chuva, tanto para mais (acima da média), quanto para menos (abaixo da média). Os menores volumes foram observados especialmente nos últimos três anos da série (2004, 2005 e 2006).

Verificou-se, ainda, que os períodos de extremos positivos de precipitação estiveram, na maior parte das vezes, associados à ocorrência do fenômeno El Niño. Ao contrário, os períodos de extremos negativos significativos nem sempre estiveram associados à ocorrência do fenômeno La Niña.

Na análise sazonal, as alterações observadas na precipitação pluvial não apresentaram padrão de redução ou incremento, ocorrendo variações entre classes e períodos, com exceção da primavera, em que todas as zonas apresentaram um incremento significativo nos volumes médios de chuva.

Na análise mensal, pode-se perceber que no segundo decênio todas as zonas

apresentaram uma redução significativa na precipitação pluvial média do mês de janeiro, com exceção da zona E.

Nos demais meses as alterações na precipitação não apresentaram a mesma regularidade de janeiro.

Na análise frequencial da precipitação pluviométrica mensal, pode-se observar que de um modo geral, o segundo período apresentou um aumento no volume de chuvas em praticamente todos os meses, para todas as frequências, com exceção do mês de janeiro. Notou-se, ainda, uma suavização das curvas no segundo período, especialmente durante os meses de maio, junho e julho. Picos durante o mês de outubro também foram mais frequentes durante o segundo decênio.

Com relação às variações observadas no número médio de veranicos anualmente, notou-se, de modo geral, uma redução no número de veranicos de maior duração (maior que 15 dias) e um aumento no número de veranicos de menor duração (menor que 15 dias) em todas as zonas. No entanto, na zona A não foram observadas alterações significativas.

As alterações observadas no número médio de veranicos nas estações do ano, não apresentaram padrão de redução ou incremento, ocorrendo variações entre classes e períodos. No verão, apenas a zona F apresentou desvio significativo, mais precisamente houve uma redução no número médio de veranicos na classe 6 a 10 dias, e um aumento na classe 16 a 20 dias.

No inverno, em comparação com o verão, ocorreram maiores variações conforme a zona e classe de veranico.

Sendo assim, conclui-se que a técnica de agrupamento de dados mostrou-se eficiente para análise da precipitação pluvial e de veranicos no Estado no Rio Grande do Sul, o que valida a hipótese científica deste trabalho.

Por fim, como trabalhos futuros sugerem-se:

- Relacionar as mudanças encontradas com dados de produção/produktividade para verificar os reais impactos na agricultura do Estado;
- Analisar séries históricas mais longas, com pelo menos 30 anos de dados diários de precipitação pluvial;
- Acrescentar outras variáveis ao conjunto de dados, tais como temperatura e umidade, para verificar possíveis associações com os fenômenos estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **HIDROWEB**: Dados Hidrológicos. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: jun. de 2008.

AGRAWAL R., IMIELINSKI T., SWAMI A. N. Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases. **SIGMOD**, Washington ,v.22, n.2, p.207-216, jun., 1993.

ALEXANDER, L. V.; ZHANG, X.; PETERSON, T.C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.;TANK, A. M. K.; HAYLOCK, M.; COLLINS, D.; TREWIN, B.; RAHIMZADEH, F. TAGIPOUR, A.; KUMAR, K. R.; REVADEKAR, J.; GRIFFITHS, G.; VINCENT, L.; STEPHENSON, D. B.; BURN, J.; AGUILAR, E.; BRUNET, M.; TAYLOR, M.; NEW, M.; ZHAI, P.; I, M.; VAZQUEZ-AGUIRRE, J. L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 111, n. D5, p.1-22, mar., 2006.

AMO, S. A. **Técnicas de Mineração de Dados**. In: Sociedade Brasileira de Computação, Universidade Federal da Bahia. (Org.). Jornadas de Atualização em Informática. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2004, v. 2, p.195-236.

ASSAD, E. D. ; CASTRO, L. H. . Análise frequencial da pluviometria para a estação de Sete Lagoas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.26, n.3, p.397-402, 1991.

MACEDO, M. A. de.; ASSAD, E. D.; CÂMARA, G.; OLIVEIRA, J. C. de; BARBOSA, A. M. Avaliação de métodos para espacialização de índices de necessidade hídrica das culturas e sua aplicação em zoneamento agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.581-587, dez., 2001.

ÁVILA, A. M. H. **Regime de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo**. Porto Alegre, 1994, 87p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BARROS, V. B.; DOYLE, M. E.; CAMILLONI, I. A. Precipitation Trends in Southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulations. **Theoretical and Applied Climatology**, v.93, n.1-2, p.19-33, 2008

BECKER, C. T; BRAGA, C. C.; CEBALLOS, J. C. Regionalização da precipitação e temperatura no Estado do Rio Grande do Sul a partir da análise de agrupamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBMet, v.1, p. 225-229, 1992.

BERGAMASCHI, H. Variations on the Brazilian soybean production related to the drought occurrences: preliminary analysis. In. WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4, 1989, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Asociación Argentina de la Soja, v.5, p. 2153-2158, 1989.

BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: Bergamaschi, H.; Berlato, M. A.; Fontana, D. C.; Cunha, G. R.; Santos, M. L. V. dos; Farias, J. R. B.; Barni, N. A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**, Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.11-23.

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. Variabilidade climática e agricultura do Rio Grande do Sul. In: Federação dos Clubes de Integração e Troca de Experiência - FEDERACITE (Org.). **As Estiagens e as Perdas na Agricultura: Fenômeno Natural ou Imprevidência?** 1ª ed. Porto Alegre: Ideograf Editora Gráfica, 2005, v. 1, p. 43-59.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C.; Associação entre El Nino Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p. 423-432, maio, 2005.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de**

Agrometeorologia, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, jan., 1999.

BERLATO, M.A.; FONTANA D.C. **El Niño e La Niña**: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul. Aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003, 110 p.

BRANDÃO, A. M. P. M.; LUCENA, A. J. Tendência do clima no Centro-Sul das normais climatológicas. **Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 5, Curitiba, , 2002, CD-Rom.

CAMARA G., SOUZA R. C. M., FREITAS U. M., GARRIDO J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, May-Jun., 1996.

CARVALHO, L. A. V. **Data Mining**: a mineração de dados no marketing, medicina, economia, engenharia e administração. 1. ed. São Paulo: Érica, 2001.

CHAPMAN, P.; CLINTON, J.; KERBER, R.; KHABAZA, T.; REINARTZ, T.; SHEARER, C.; WIRTH, R. **CRISP-DM 1.0**: step-by-step data mining guide. Illinois: SPSS, 2000. 78p.

CUNHA, G. R. da. El Niño - Oscilação do Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.277-284, 1999.

CUNHA, G. R. da; HAAS, J. C.; BERLATO, M. A. Applications of climate forecasting for better decision-making processes in agriculture. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 328 p.

CUNHA, G. R. da. **Lidando com riscos climáticos: clima, sociedade e agricultura**. 1ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. v.1. 400 p.

EMATER/RS. Informações institucionais, técnicas, notícias, projetos, publicações e serviços.

Disponível em: <http://www.emater.tche.br>. Acesso em: mar. 2009.

ESTER, M., KRIEGEL, H. P., SANDER, J., XU, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In: International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96), 2, 1996, Portland. **Proceedings...** AAAI Press. pp. 226–231.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 415-421, 2001.

FAYYAD, U.; PIATETSKI-SHAPIRO, G.; SMYTH, P. From Data Mining to Knowledge Discovery: an overview. In: **Advances In Knowledge Discovery & Data Mining**. Menlo Park: American Association for Artificial Intelligence, 1996. p. 1-34.

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S. Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.135-145, maio, 2002.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Nino Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.127-132, 1997.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Relação entre El Nino Oscilação Sul, precipitação e rendimento do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.1, p. 39-46, 1996.

FRICH, P.; ALEXANDER, L.V.; DELLA-MARTA, P.; GLEASON, G.; HAYLOCK, M.; KLEIN TANK, A. M. G.; PETERSON, T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the century. **Climate Research**, v.19, n.3, p.193-212, jan., 2002.

GRIMM, A. M.; SANT'ANNA, C. L. da S. Influência de fases extremas de Oscilação Sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 200, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2000.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R.G. Influência de eventos el niño e la niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, 2004, Fortaleza. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2004.

GRIMM, A.; FERRAZ, S.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.11, n.11, p. 2863-2880, nov., 1998.

GROISMAN, P.; KNIGHT, R. W.; EASTERLING, D. R.; KARL, T. R.; HEGERL, G. C.; RAZUVAEV, V. N. Trends in intense precipitation in the climate record. **Journal of Climate**, n.18, n.9, p.1326-50, out., 2004.

GUEDES, R. L. **Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a Região Central da América do Sul.** São Paulo, 1985. Dissertação de Mestrado. Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo.

ÁVILA, A. M. H. **Regime de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo.** Porto Alegre, 1994, 87p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining: Concepts and Techniques**, 2 ed. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2006. p. 770.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T.; ABREU DE SOUSA, J. R.; ALVES, L.M., AMBRIZZI, T.; BAEZ, J.; BARBOSA DE BRITO, J. I., BARROS, V. R.; BERLATO, M. A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GRIMM, A. M.; DOS SANTOS, R. J.; KAROLY, D.;

MARENGO, J. A.; MARINO, M.B.; MEIRA, P.R.; MIRANDA, G. C.; MOLION, L.; MUNCUNIL, D. F.; NECHET, D.; ONTANEDA, G.; QUINTANA, J.; RAMIREZ, E.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J. L.; VARILLAS, I. T.; VILLANUEVA, J. G.; VINCENT, L.; YUMICO, M. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v.19, n.8, p. 1490-1512, 2006.

HOLANDA, C.V.M, OLIVEIRA, E. Programa para Homogeneização de Dados – PROHD. In: Simpósio de Hidrologia, 3, 1979, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 810-845, 1979.

INMET: Climatologias (1931-60) (1961-90). Trabalho elaborado pela CDP/INMET, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA**: Agricultura. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: mar. 2009.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGES IPCC, 2007: **Climate Change 2007**: Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Geneva, 2007.

JAIN, A. K.; MURTY, M. N.; FLYNN, P. J. Data Clustering: A Review. **ACM Computing Surveys**, New York, v.31, n.3, p.264-323-97, sep., 1999.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E. D.; LIMA, P. R. S. R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 311-322, 2005.

KHAN, V.; KIM, I. S. A análise de agrupamento pluviométrica nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, CONGRESSO DA FLISMET, 8, 1998, Brasília. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 1998. CL-98002.

KRIEGEL, H. P., BORGWARDT, K. M., KRÖGER, P., PRYAKHIN, A., SCHUBERT, M., ZIMEK, A. Future Trends in data mining. **Data Mining and Knowledge Discovery**, Hingham, v.15, n.1, p.87-97, aug., 2007.

LUCHIARI, JR. A.; RESENDE, M.; RITCHEY, K.D.; FREITAS JR., E.; SOUZA, P.M.I. Manejo do solo e aproveitamento de água. In: GOEDERT, W.J. **Solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1986. p.285-322.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade** - caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. v.1, p.214.

MARQUES, J. R.; BERLATO, M.; FONTANA, D. Regiões homogêneas de precipitação pluvial mensal segundo o comportamento temporal sobre o Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBA, v. 2, p. 1057-1058, 2003.

MEEHL, G. A. et al. Global Climate Projections. In: SOLOMON, S. D. et al. (Ed.) **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom, New York: Cambridge University Press, 2007.

MONTEIRO, C. A. **Geografia Regional do Brasil – Região Sul**. Série Biblioteca Brasileira, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, tomo 1, cap. 3, p. 117-169, 1963.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma

abordagem dinâmica. **Revista do Departamento de Geociências - GEOSUL**, Florianópolis, n. 19/20, p. 117-133, 1995.

NERY, J. T.; MARTINS, M. L. O. F.; VARGAS, M. W. Variabilidade interanual da precipitação do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 49-62, 1997.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª edição, Rio de Janeiro, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989, 422p.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia**. São José dos Campos, 1986, 134p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

PEZZI, L. P; CAVALCANTI, I. F. A. Anomalias de temperatura e precipitação sobre o Brasil durante o inverno de 1995: características atmosféricas e oceânicas. **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo, v. 16, n. 2-3, p. 209-218, nov., 1998.

PUCHALSKI, L. A. ; BERLATO, M. A. ; FONTANA, D. C. . Anomalias da precipitação pluvial de primavera-verão no estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, 2001, Fortaleza. **Anais...** São Paulo : SBA, 2001. v. 01. p.191-192.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristic of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the southern oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 42, n.2, p.81-91, 1990.

REZENDE, S. O.; PUGLIESI, J. B.; MELANDA, E. A.; DE PAULA, M. F. Mineração de Dados. In: REZENDE, S. O. **Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações**. 1ed. São Paulo: Manole, 2005. p. 307-336.

ROPELEWISKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño / Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 115, n.8, p. 1606-1626, 1987.

ROSA, C. M.; CUNHA, G. R.; PASINATO, A.; WARKEN, R. O Fenômeno El Niño – Oscilação Sul e a probabilidade de chuvas no sul do Brasil. In: CUNHA, G. R. da. **Lidando com riscos climáticos: clima, sociedade e agricultura**. 1ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. v.1. p.147-158.

SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Terra livre**, São Paulo, ano 19, vol. 1, n. 20, p.27-49, 2003.

SATYAMURTY, P.; MATTOS, L. F. Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 117, n. 6, p. 1355-1364, Jun. 1989.

SHAPIRO, S., WILK, M. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, v.52, p. 591-611, 1965.

SILVA, I. R. **Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região Sul do Brasil associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico**. São José dos Campos, 2001, 90f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

STUDZINSKI, C. D. **Um estudo da precipitação na Região Sul do Brasil e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e Sul**. São José dos Campos, 1995, 87p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

TEBALDI, C.; HAYHOE, H.; ARBLASTER, J. M.; MEEHL, G. A. Going to the extremes: An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. **Climatic Change**, n.79, n. 3-4, p.185-211, 2006.

VIANA, D. R.; AQUINO, F. E.; MATZENAUER, R. . Comportamento espaçotemporal da precipitação no Rio Grande do Sul entre 1945-1974 e 1975-2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBMET, 2006.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. **Data mining**: Practical machine learning tools and techniques. 2nd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2005. 525p.

ANEXO

Anexo 1: Relação das estações pluviométricas utilizadas.

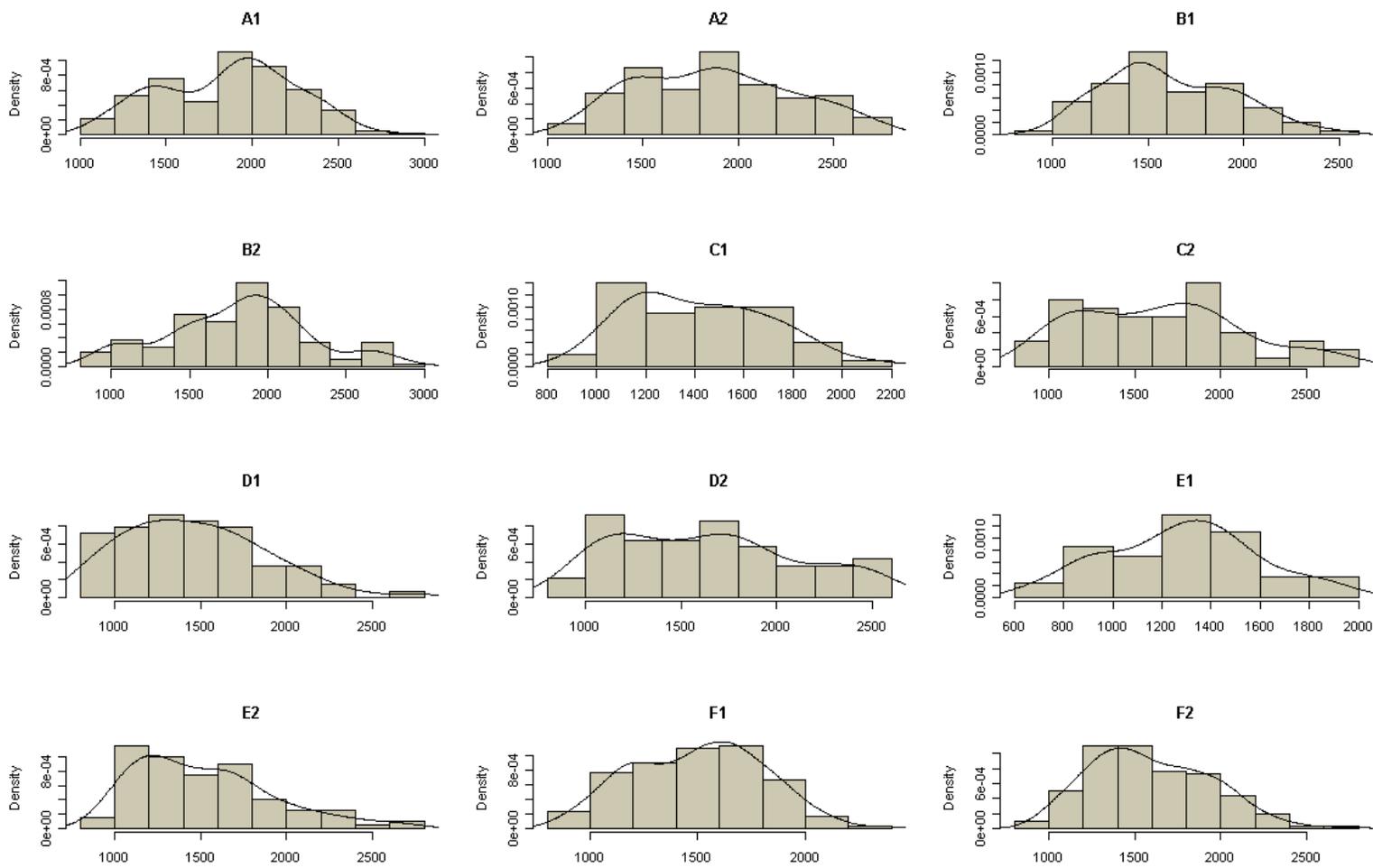
Nº	Estação	Município		Long (GMS)				Lat (GMS)		
1	ALTO URUGUAI	Tiradentes do Sul	o	54	8	3	s	27	18	11
2	ANDERSON CLAYTON	Cruz Alta	o	53	36	16	s	28	39	30
3	ANTÔNIO PRADO	Antonio Prado	o	51	17	0	s	28	51	11
4	ARROIO GRANDE	Arroio Grande	o	53	5	16	s	32	14	11
5	BARRA DO RIBEIRO	Barra do Ribeiro	o	51	18	51	s	30	17	50
6	BARRACÃO	Barracão	o	51	27	24	s	27	40	40
7	BARRO VERMELHO	Cachoeira do Sul	o	53	9	42	s	30	8	26
8	BOTUCARAI	Candelária	o	52	53	38	s	29	43	19
9	BUTIA	Butiá	o	51	56	12	s	30	9	28
10	CACEQUI	Cacequi	o	54	49	24	s	29	52	40
11	CACHOEIRA SANTA CECÍLIA	Itaqui	o	55	28	27	s	29	11	45
12	CANGUÇU	Canguçu	o	52	41	49	s	31	23	27
13	CERRO GRANDE	Cerro Grande do Sul	o	51	45	15	s	30	35	53
14	CHAPADA	Chapada	o	53	3	57	s	28	3	30
15	COIMBRA	São Miguel das Missões	o	54	27	7	s	28	47	16
16	COLÔNIA XADREZ	Coqueiros do Sul	o	52	44	43	s	28	11	17
17	CONCEIÇÃO	Ijuí	o	53	58	14	s	28	27	17
18	CONDOR	Entre Ijuis	o	54	19	55	s	28	23	21
19	DOM PEDRITO	Dom Pedrito	o	54	40	32	s	30	58	41
20	DONA FRANCISCA	Dona Francisca	o	53	21	11	s	29	37	39
21	ENCANTADO	Roca Sales	o	51	51	15	s	29	14	3
22	EREBANGO	Erebango	o	52	18	14	s	27	51	15
23	ERNESTO ALVES	Santiago	o	54	43	0	s	29	22	0

24	ESMERALDA	Esmeralda	o	51	11	0	s	28	3	0
25	ESQUINA ARAUJO	Independência	o	54	6	59	s	27	58	5
26	ESQUINA DOS LIMA	Capão do Cipó	o	54	30	30	s	29	4	40
27	FAZENDA DA BOA VISTA	Lagoa dos Patos	o	51	0	0	s	30	46	18
28	FAZENDA ENCERRA	Santana do Livramento	o	55	50	27	s	30	41	44
29	FAZENDA SANTA CECÍLIA	São Borja	o	55	40	49	s	28	59	42
30	FERRARIA	Piratini	o	53	3	6	s	31	44	11
31	FLORIDA	Santiago	o	54	35	52	s	29	15	5
32	FURNAS DO SEGREDO	Jari	o	54	30	2	s	29	21	32
33	GIRUA	Girua	o	54	20	36	s	28	1	35
34	GRANJA CERRITO	Rio Grande	o	52	32	25	s	32	20	57
35	GRANJA CORONEL PEDRO OSORIO	Arroio Grande	o	52	39	10	s	32	0	20
36	GRANJA OSORIO	Santa Vitoria do Palmar	o	53	7	8	s	32	57	9
37	GRANJA SANTA MARIA	Rio Grande	o	52	33	20	s	32	24	15
38	GRANJA SÃO PEDRO	Pelotas	o	52	10	49	s	31	40	6
39	GRANJA UMBU	Rosário do Sul	o	54	46	13	s	30	30	51
40	HERVAL	Herval	o	53	23	54	s	32	1	40
41	ITAQUI	Itaqui	o	56	33	28	s	29	7	5
42	ITATIBA DO SUL	Itatiba do Sul	o	52	27	15	s	27	23	20
43	JAGUARI	Jaguari	o	54	41	20	s	29	29	25
44	LIBERATO SALZANO	Liberato Salzano	o	53	4	14	s	27	35	53
45	MANOEL VIANA	Manoel Viana	o	55	28	54	s	29	35	26
46	MIRÁGUAI	Miráguaí	o	53	40	54	s	27	30	6
47	NOVA PALMIRA	Caxias do Sul	o	51	11	18	s	29	20	4
48	PALMARES DO SUL	Palmares do Sul	o	50	30	23	s	30	15	11
49	PALMEIRA DAS MISSÕES	Palmeira das Missões	o	53	18	38	s	27	54	47
50	PASSO DA CAPELA	Piratini	o	53	3	15	s	31	8	0
51	PASSO DO MENDONÇA	Cristal	o	52	2	58	s	31	0	1
52	PASSO DO NOVO	São Borja	o	55	34	53	s	28	40	42
53	PASSO DO PRATA	Antonio Prado	o	51	26	44	s	28	52	2

54	PASSO DO SARMENTO	São Nicolau	o	55	19	10	s	28	12	42
55	PASSO DOS FREIRES	Caçapava do Sul	o	53	42	44	s	30	26	7
56	PASSO MAJOR ZEFERINO	São Miguel das Missões	o	54	38	52	s	28	44	0
57	PASSO MIGLIAVACA	Casca	o	51	51	57	s	28	37	12
58	PASSO TAINHAS	Jaquirana	o	50	27	14	s	28	52	0
59	PASSO VIOLA	Guarani das Missões	o	54	36	7	s	28	12	38
60	PINHEIRO MACHADO	Pinheiro Machado	o	53	22	36	s	31	34	39
61	PONTE CORDEIRO DE FARIAS	Pelotas	o	52	27	42	s	31	34	23
62	PONTE DO MIRACATU	São Francisco de Assis	o	55	17	25	s	29	27	32
63	PONTE TOROPI II	São Pedro do Sul	o	54	25	53	s	29	39	11
64	PORTO GARIBALDI	Montenegro	o	51	22	40	s	29	49	1
65	PRATA	Nova Prata	o	51	37	11	s	28	46	6
66	QUEVEDOS	Dilermando de Aguiar	o	54	4	3	s	29	51	6
67	QUITERIA	São Jeronimo	o	52	4	23	s	30	25	9
68	SAICA	Cacequi	o	55	5	31	s	30	1	45
69	SANANDUVA	Sananduva	o	51	48	51	s	27	57	1
70	SANTA RITA	Santana do Livramento	o	55	7	36	s	30	31	59
71	SÃO BERNARDO	Tupancireta	o	54	3	53	s	28	54	19
72	SÃO LOURENÇO DO SUL	São Lourenço do Sul	o	51	59	12	s	31	22	9
73	SÃO VENDELINO	São Vendelino do Sul	o	51	22	15	s	29	21	59
74	SAPUCAIA DO SUL	Triunfo	o	51	29	43	s	29	49	15
75	SERRA DOS PEDROSAS	Encruzilhada do Sul	o	52	48	34	s	30	37	18
76	TAPEJARA	Tapejara	o	51	59	45	s	28	3	24
77	TERRA DE ARÉIA	Terra de Areia	o	50	3	23	s	29	34	19
78	TORQUATO SEVERO	Dom Pedrito	o	54	11	3	s	31	1	42
79	TORRINHAS	Pinheiro Machado	o	53	29	52	s	31	18	51

Anexo 2: Análise do ajuste a normal.

2.1 Histogramas Chuva Anual nas Zonas de A-F para os decênios 87-96 (1) e 97-06 (2).



2.2. Q-Q Plots Chuva Anual nas Zonas de A-F para os decênios 87-96 (1) e 97-06 (2).

