

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

CENTRO POLAR E CLIMÁTICO – INCT DA CRIOSFERA
NOTOS – LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA

IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ESTIAGENS EM
BAGÉ (RS) ENTRE 1961 – 2009

MIRIAN REJANE MACHADO DA SILVA

ORIENTADOR:
PROF. MSc. FRANCISCO ELISEU AQUINO

PORTO ALEGRE, JULHO DE 2010.

Silva, Mirian Rejane Machado da
Identificação da ocorrência de estiagens em Bagé (RS) entre
1961-2009. / Mirian Rejane Machado da Silva - Porto Alegre :
IGEO/UFRGS, 2010.
[66 f]. il.

Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação). - Universidade
Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências.
Departamento de Geografia. Porto Alegre, RS - BR, 2010.
Orientação: Prof. MSc. Francisco Eliseu Aquino.

1. Estiagem. 2. Precipitação pluviométrica. 3. Bagé. 4. Rio
Grande do Sul. I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Miriam Alves CRB 10/1947

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
GEO 01128 – TRABALHO DE GRADUAÇÃO II**

**IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ESTIAGENS EM
BAGÉ (RS) ENTRE 1961 – 2009**

MIRIAN REJANE MACHADO DA SILVA

Monografia apresentada como
requisito obrigatório para a
obtenção do grau de Bacharel em
Geografia nessa Universidade.

Orientador: Prof. MSc. Francisco Eliseu Aquino

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Eliana Lima da Fonseca (UFRGS – Depto. de Geografia)

Prof. MSc. Fernando Pohlmann Livi (UFRGS – Depto. de Geografia)

PORTO ALEGRE, JULHO DE 2010.

*Ao Adalberto, Geógrafo por observação,
por todo o amor, amizade, apoio,
compreensão e paciência.*

*Aos meus pais, Manoel e Adiva,
especialmente, pelo exemplo de vida, amor,
educação e apoio.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço àquele que foi determinante, tanto no ingresso, quanto na conclusão do Curso de Geografia. Agradeço ao Adalberto, meu grande amor e minha maior alegria, que esteve presente em todos os momentos dessa trajetória, que conhece todas as dificuldades, dúvidas e angústias e soube sempre, compreender, confortar, incentivar, apoiar e fazer acontecer, da mesma forma em que compartilhou dos meus conhecimentos geográficos, principalmente climatológicos, olhando às nuvens.

Agradeço imensamente aos meus pais, Manoel e Adiva, que na simplicidade e humildade do dia-a-dia, proporcionaram-me muito mais que a educação escolar, e sim a educação para a vida. Esta monografia é resultado de algo em que eles sempre acreditaram. Por todo o amor, compreensão e apoio, este trabalho é dedicado especialmente a eles. Também agradeço aos meus irmãos, Ademir, Nazaré e Geremias, pelos momentos presentes, bons ou nem tanto, mas que certamente contribuíram para a união da família. Ao meu irmão Nazaré, um obrigado especial, por ter sido ele o meu espelho, a quem eu sempre quis seguir quando criança, e hoje, por estar sempre disposto a me ajudar, nas situações mais diversas, e ainda rir disso.

À minha segunda família, os “Vasconcelos da Silveira”, por todo o apoio recebido ao longo dessa trajetória, pelo acolhimento, amor, amizade, compreensão. Faltam palavras que expressem adequadamente a minha gratidão e felicidade para com eles.

Quanto à realização desse trabalho, tenho muito a agradecer ao meu orientador, Professor Francisco Eliseu Aquino, que aceitou e acreditou no desafio dessa monografia. Mais uma vez e não a última, muito obrigada pela disponibilidade, incentivo, ajuda em todas as dúvidas e questionamentos. Esse foi, certamente, o momento em que a Geografia correu mais forte nas minhas veias, saindo dos livros e ganhando vida. Muito Obrigada.

Ao Professor Jefferson Cardia Simões, pelo aceite inicial de orientação acadêmica e ao acesso e disponibilidade do acervo bibliográfico e da infra-estrutura do então Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas (NUPAC), atual Centro Polar e Climático, do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera, assim como acesso aos recursos do NOTOS - Laboratório de Climatologia, sob a responsabilidade do Prof. Francisco Aquino.

Agradeço aos “bons” professores do Curso de Geografia que proporcionam conhecimento para todos aqueles interessados em absorvê-lo. Em especial, a Profa. Vanda Ueda, “*in memoriam*”, pois foi numa disciplina ministrada por ela que as peças do quebra-cabeça “Geografia” começaram a se encaixar.

À geógrafa Camila Carpenedo Bertolleti, pela ajuda na obtenção dos dados meteorológicos utilizados na elaboração desse trabalho, e a amiga Daniela Mori Viero, pela ajuda imprescindível na etapa de conclusão do mesmo.

Aos colegas e amigos do Instituto de Psicologia da UFRGS, pelo apoio, incentivo e ajuda nos momentos de ausência, tão necessários para a conclusão deste trabalho, em especial, à amiga Hannah Celtan, pela pronta disponibilidade em todos os momentos.

A todos, muito obrigada.

*E desceu a chuva,
correram as torrentes,
sopraram os ventos,
e bateram com ímpeto contra aquela casa;
contudo não caiu,
porque estava fundada sobre a rocha.
Mateus, 7:25.*

RESUMO

As estiagens fazem parte da história do clima do Rio Grande do Sul (RS) e a frequência desse fenômeno não é baixa. O desenvolvimento socioeconômico de uma região pode ser afetado pela falta dos recursos hídricos necessários para as atividades como a agrícolas e uso doméstico. Estudos climáticos têm buscado compreender a dinâmica da distribuição e variabilidade da precipitação pluviométrica, bem como a ocorrência de eventos extremos. O objetivo desse trabalho é investigar a ocorrência de estiagens no município de Bagé, Rio Grande do Sul (RS) entre 1961 e 2009. Bagé ($31^{\circ}19'51''$ S; $54^{\circ}6'25''$ W) situando-se em um dos setores de menor precipitação média anual da região sul do RS, oscilando entre 1300 mm a 1500 mm a^{-1} . A precipitação pluviométrica mensal média é de 118,7 mm e relativamente bem distribuída ao longo do ano. No entanto, identificou-se a presença de uma estação úmida (abril a outubro), e outra propensa à ocorrência de estiagens (novembro a março). A precipitação média anual (1961-2009) é 1425 mm, com tendência de aumento de 7,9 mm a^{-1} . As análises das médias sazonais, anuais, decenais e das anomalias constataram que esse aumento ocorreu a partir da década 1981 – 1990, distribuído no verão (0,44 mm a^{-1}), outono (1,81 mm a^{-1}) e primavera (0,43 mm a^{-1}), e uma diminuição no inverno (-0,04 mm a^{-1}). Para a identificação da ocorrência de estiagens em Bagé, também foi necessário analisar o comportamento médio mensal, sazonal, anual, decenal, e anomalias de precipitação e suas respectivas tendências entre 1961 e 2009. Para a determinação de períodos secos e úmidos, adaptou-se a metodologia de identificação de período secos e úmidos proposto por Birot (1959), adotando-se a relação de 6 mm de precipitação para $1^{\circ}C$ de temperatura. Essa metodologia resultou no Índice Mensal de Estiagem, que possibilitou classificar os meses secos, úmidos, e a ocorrência de estiagens em Bagé. Constatou-se que dos 49 anos estudados, 19 anos foram classificados como secos (38,8%). Também, observou-se a existência de dois períodos distintos, 1961–1983 e 1984–2009, no qual predominou maior concentração de períodos secos no primeiro período. As estiagens estiveram distribuídas nas quatro estações: verão (38 anos); outono (28 anos), primavera (20 anos) e inverno (12 anos). Nas ocorrências de estiagens com o fenômeno ENOS, observou-se que o mesmo esteve presente em 47,5% do total das estiagens identificadas, sendo 21% em anos de El Niño e 28% de La Niña. Os resultados obtidos evidenciam que não houve aumento no número de eventos de estiagens em Bagé, mas sim uma redução dos eventos, e que houve um aumento na precipitação pluviométrica, indicando mudanças no regime de precipitação do município. A Metodologia do Índice Mensal de Estiagem proposta nesse trabalho mostrou-se consistente na identificação dos eventos de estiagem.

Palavras-chaves: Estiagem; Precipitação Pluviométrica; Bagé; Rio Grande do Sul

ABSTRACT

Droughts are part of the history of Rio Grande do Sul (RS), the southernmost state of Brazil, and the frequency of these events is not low. The socioeconomic development of any given region maybe affected by the lack of water resources, which are necessary for activities such as agriculture and domestic usage. Climatic studies have strived to understand the dynamics of pluviometric precipitation distribution and variability, as well as the occurrence of extreme events. The objective of this work is to investigate the occurrence of droughts in the municipality of Bagé, RS, between 1961 and 2009. Situated within one of the southernmost sectors of RS, Bagé (31°19'51" S; 54°6'25" W) presents one of the lowest annual precipitation averages, varying between 1300 mm and 1500 mm a⁻¹. The average monthly pluviometric precipitation is 118.7 mm and is relatively well distributed throughout the year. Despite this fact, there is a presence of a wet season (April to October) and a dry season (November to March). The average annual precipitation (1961-2009) is 1425 mm, with an increasing trend of 7.9 mm a⁻¹. The analysis of the seasonal, annual decimal averages, as well as the anomalies, showed that this increase began in the 80s (1981 – 1990), increasing in summer (0.44 mm a⁻¹), fall (1.81 mm a⁻¹), spring (0.43 mm a⁻¹) and decreasing in winter (-0.04 mm a⁻¹). To identify the occurrence of droughts in Bagé, it was also necessary to analyze the average monthly, seasonal, annual, decadal and anomaly precipitation values, and the respective trends, between 1961 and 2009. By adapting the method developed by Birot (1959) to identify wet and dry periods, it was possible to determine dry and wet periods, considering a standard relation of 6 mm in precipitation for 1°C in temperature. This method resulted in a Monthly Index of Drought, making it possible to classify the dry and wet months, as well as drought events in Bagé. Of the 49 studied years, 19 were classified as dry (38,8%). Also, two distinct periods were identified, 1961–1983 and 1984–2009, prevailing drought events were concentrated in the first period. Droughts were distributed in all four seasons: summer (38 years); fall (28 years); spring (20 years) and winter (12 years). With respect to drought events occurring with ENSO phenomenon, 47,5% of the identified drought events presented ENSO cases, of which 21% were El Niño and 28% were La Niña. The results clearly show that there has not been an increase in the number of drought events in Bagé, but a reduction of events, and that there has been an increase in the pluviometric precipitation, indicating a shift in the municipality's precipitation regime. The Monthly Drought Index Method has shown to be consistent at identifying drought events.

Key words: Drought, Pluviometric Precipitation; Bagé; Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

<i>Capa</i>	<i>i</i>
<i>Folha de rosto</i>	<i>ii</i>
<i>Dedicatória</i>	<i>iii</i>
<i>Agradecimentos</i>	<i>iv</i>
<i>Epígrafe</i>	<i>vi</i>
<i>Resumo</i>	<i>vii</i>
<i>Abstract</i>	<i>viii</i>
<i>Sumário</i>	<i>ix</i>
<i>Lista de figuras</i>	<i>xii</i>
<i>Lista de tabelas</i>	<i>xiii</i>
<i>Lista de gráficos</i>	<i>xiv</i>
<i>Lista de abreviaturas</i>	<i>xv</i>
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	16
1.1 - Apresentação	16
1.2 - Objetivos	17
1.2.1 - Objetivo principal	17
1.2.2 - Metas	17
1.3 - Justificativa	18
1.4 - Localização da área de estudo.....	19
CAPÍTULO 2 – O CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL	22
2.1 - Apresentação	22
2.2 – Caracterização climática do RS	22
2.2.1 – Classificação climática do RS	23
2.3 – A circulação atmosférica no RS	23
2.4 – O clima da Região da Campanha – RS	28
2.5 – El niño e La niña	30

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	32
3.1 - Apresentação	32
3.2 – Conceitos	32
3.2.1 - Clima e Tempo meteorológico	32
3.2.2 – Estiagem e Seca.....	33
3.2.3 – Escassez hídrica	35
3.2.4 - Escala de estudo	36
3.3 - Origem dos dados meteorológicos	37
3.4 - Tratamento estatístico dos dados	38
3.4.1 - Determinação da temperatura média mensal	38
3.4.2 - Determinação da Precipitação pluviométrica média mensal	38
3.4.3 - Determinação da precipitação pluviométrica média sazonal	39
3.4.4 - Determinação da precipitação pluviométrica média anual	39
3.4.5 - Determinação da precipitação pluviométrica média decadal	39
3.5 - Cálculo das anomalias de precipitação	40
3.6 – Determinação de estação propensa à ocorrência de estiagens	40
3.6.1 - Determinação do índice mensal de estiagem	41
3.6.2 - Determinação do índice médio mensal de estiagem	41
3.6.3 - Determinação do índice médio sazonal de estiagem.....	42
3.6.4 – Determinação do índice médio anual de estiagem	42
3.6.5 – Determinação do índice médio decenal de estiagem	42
3.6.6 – Determinação do índice de anomalia	42
3.7 - Comparação com ocorrência de fenômeno ENOS	43
CAPÍTULO 4 - REGIME DE PRECIPITAÇÃO EM BAGÉ	44
4.1 - Apresentação	44
4.2 - Tipos de precipitação	44
4.3 - Comportamento da precipitação pluviométrica média mensal	45
4.4 - Comportamento da precipitação pluviométrica média sazonal	47
4.4.1 - Verão	47
4.4.2 - Outono	49
4.4.3 - Inverno	51
4.4.4 - Primavera.....	52

4.5 - Comportamento da precipitação pluviométrica média anual	53
4.6 - Comportamento da precipitação pluviométrica média decenal	55
4.7 - Anomalias de precipitação pluviométrica.....	55
CAPÍTULO 5 – ESTIAGENS EM BAGÉ – RS	60
5.1 – Apresentação	60
5.2 – Índice mensal de estiagem.....	61
5.3 – Identificação de períodos secos	61
5.3.1 – Análise mensal	61
5.3.2 – Análise sazonal	65
5.3.3 – Análise decenal	67
5.3.4 – Análise anual	67
5.4 – Comparação da ocorrência de estiagens com o fenômeno ENOS.....	70
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	74
6.1 – Considerações finais	74
6.2 – Sugestões de trabalhos futuros	76
REFERÊNCIAS.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização geográfica de Bagé – RS	20
Figura 2	Carta sinóptica mostrando a passagem da Frente Polar sobre RS	25
Figura 3	Centros de Ação de massas de ar que atuam na América do Sul	27
Figura 4	Classificação climática do RS, segundo Araújo (1930).....	28
Figura 5	Regiões ecoclimáticas do RS	29
Figura 6	Fluxograma com a classificação dos tipos de seca e seus impactos	34
Figura 7a	Deficiência hídrica (mm) ocorrida no ano agrícola 1978/79 no RS	63
Figura 7b	Deficiência hídrica (mm) ocorrida no ano agrícola 1985/86 no RS.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Definição dos meses correspondentes às estações do ano.....	39
Tabela 2	Normal de Bagé (1961 - 2009) para temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) e índice de estiagem	47
Tabela 3	Anos com precipitação pluviométrica média acima de 180 mm e percentual (%) acima da média histórica da estação (117,9 mm)	48
Tabela 4	Anos com precipitação média no outono abaixo de 80 mm, entre 1961 - 1979.....	50
Tabela 5	Anos com precipitação média acima de 180 mm e percentual (%) de acréscimo em relação à média mensal no período de 1961-1979 (77,5 mm).....	50
Tabela 6	Períodos menos chuvosos no outono, ocorridos a partir dos anos 80.....	50
Tabela 7	Anos com precipitação pluviométrica média inferior a 80 mm no inverno.....	51
Tabela 8	Variabilidade de precipitação em relação ao ano anterior e desvio percentual (%) em relação à estação (123,8 mm)	52
Tabela 9	Anos com precipitação acumulada anual entre 1500 mm e 1800 mm.....	54
Tabela 10	Anos com precipitação média anual acima de 1800 mm e percentual (%) acima da média histórica do período (1425 mm).....	54
Tabela 11	Anos com precipitação média anual abaixo de 1100 mm e percentual (%) abaixo da média histórica do período (1425 mm).....	55
Tabela 12	Índice mensal de estiagem para Bagé – RS no período entre 1961 e 2009.....	62
Tabela 13	Aplicação do índice mensal de estiagem (mm/°C) na identificação de estiagens.....	64
Tabela 14	Características de anos classificados como secos em Bagé (1961 – 2009).....	71
Tabela 15	Características de anos classificados como úmidos em Bagé (1961 - 2009)...	72
Tabela 16	Ocorrência de estiagens (negrito) com eventos de El niño (vermelho) e La niña (azul)	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Diagrama termopluiométrico para Bagé (1961 - 2009).....	46
Gráfico 2	Precipitação média no verão em Bagé e tendência (1961 - 2009).....	48
Gráfico 3	Precipitação média no outono em Bagé e tendência (1961 - 2009).....	49
Gráfico 4	Precipitação média no inverno em Bagé e tendência (1961 - 2009).....	51
Gráfico 5	Precipitação média na primavera em Bagé e tendência (1961 - 2009).....	53
Gráfico 6	Precipitação média acumulada em Bagé e tendência (1961 - 2009).....	54
Gráfico 7	Precipitação média decenal acumulada em Bagé (1961 - 2009).....	55
Gráfico 8	Distribuição da precipitação média decadal em Bagé (1961 - 2009).....	56
Gráfico 9	Anomalias de precipitação nas estações de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) em Bagé (1961 – 2009).....	58
Gráfico 10	Anomalia de precipitação anual em Bagé (1961 - 2009).....	59
Gráfico 11	Índice mensal de precipitação média em Bagé (1961 - 2009).....	65
Gráfico 12	Distribuição anual da ocorrência de estiagens em Bagé (1961 – 2009).....	66
Gráfico 13	Distribuição mensal da ocorrência de estiagens em Bagé (1961 – 2009).....	66
Gráfico 14	Índice médio sazonal de estiagem em Bagé (1961 – 2009).....	67
Gráfico 15	Índice médio sazonal de estiagem: no verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) em Bagé (1961 – 2009).....	66
Gráfico 16	Distribuição do índice médio decenal de estiagem, por estação do ano, em Bagé (1961 - 2009).....	67
Gráfico 17	Índice médio anual de estiagem em Bagé - RS (1961 - 2009).....	68

LISTA DE ABREVIATURAS

8° DISME	8° Distrito de Meteorologia
AMP	Anticiclone Móvel Polar
AST	Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul
Cfa	Clima Subtropical Úmido com Verão Quente
Cfb	Clima Subtropical Úmido com Verão Brando
cT	Massa de Ar Tropical Continental
ENOS	<i>El Niño</i> Oscilação Sul
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
FP	Frente Polar
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IOS	Índice de Oscilação Sul
mP	Massa de Ar Polar Marítima
mT	Massa de Ar Tropical Marítima
NE	Nordeste
OMM	Organização Meteorológica Mundial
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
SW	Sudoeste
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
W	Oeste

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Apresentação

Esta monografia investigará a ocorrência de estiagens no município de Bagé, Rio Grande do Sul, no período entre 1961 e 2009. Para isso, será apresentado e analisado o comportamento do regime de precipitação do município, sendo, posteriormente, discutida e analisada a pertinência da aplicação da metodologia proposta para a identificação da ocorrência de estiagens.

As estiagens são fenômenos meteorológicos considerados desastres naturais que ocasionam elevados prejuízos a diversos segmentos da economia, afetando diretamente a sociedade. Dentre tais prejuízos, destacam-se a deficiência no fornecimento de água para abastecimento urbano, perdas na agricultura e na indústria. No RS, o risco de estiagem é mais alto no verão e na primavera, devido à alta demanda evaporativa da atmosfera.

Este trabalho está organizado em seis capítulos. **O primeiro capítulo** apresenta o tema, os objetivos, a justificativa e a área de estudo. **No segundo capítulo** é feita breve revisão bibliográfica sobre o clima do RS, abordando os principais sistemas da circulação atmosférica e seus condicionantes. **O terceiro capítulo** se destina a apresentação dos elementos metodológicos que estruturam o trabalho, explicitando aspectos conceituais, dados e procedimentos adotados. **O quarto capítulo** traz a apresentação e discussão do regime de precipitação de Bagé (1961 – 2009). No **quinto capítulo** são apresentados e discutidos os resultados quanto à identificação da ocorrência de estiagens no município e, por fim, o **sexto capítulo** destina-se às principais conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

1.2 – Objetivos

1.2.1 - Objetivo geral

Identificar e analisar a ocorrência de estiagens em Bagé - RS, no período de 1961 a 2009, verificando se está ocorrendo aumento no número dos eventos.

1.2.2 - Metas

- 1) Revisar os principais elementos e fatores condicionantes do clima da região;
- 2) Construir as médias mensais, sazonais, anuais e decenais de temperatura e precipitação pluviométrica entre 1961 e 2009, determinando as anomalias de precipitação para o período;
- 3) Gerar gráficos que permitam verificar o comportamento das médias mensais, sazonais, anuais e decenais de precipitação pluviométrica, assim como as anomalias de precipitação e a determinação de períodos propensos a ocorrência de estiagem;
- 4) Descrever e analisar o regime de precipitação do município, verificando se há tendências que caracterizem o aumento da ocorrência de estiagens.
- 5) Comparar os meses propensos a ocorrência de estiagens com a ocorrência do fenômeno ENOS.

1.3 - Justificativa

A região denominada Metade Sul do RS é atualmente alvo de estudos que visam encontrar possíveis soluções para alavancar o desenvolvimento socioeconômico de municípios que outrora desempenharam importante papel na econômica gaúcha. Atualmente, a Metade Sul se apresenta como uma região em profundo processo de estagnação, inclusive enquadrada em programas de desenvolvimento regional, em âmbito nacional (Ilha *et al.*, 2002; Leivas *et al.*, 2006).

O município de Bagé, pertencente à região da Campanha, localizada na Metade Sul do RS, situa-se dentro de uma das mais baixas faixas de precipitação média anual do Estado, oscilando entre os limites de 1300 mm a 1500 mm (Viana, 2006). Na última década, o município enfrentou problemas de abastecimento de água, sendo a população submetida a períodos de racionamentos com durações variando de três meses (junho a setembro de 2009) até mais de um ano (dezembro de 2005 a junho de 2007). Nos meios de comunicação é veiculada a associação entre a necessidade dos racionamentos de água devido às sucessivas estiagens que atingem o município, baixando o nível dos reservatórios.

As estiagens fazem parte da história do clima do RS e a frequência desse fenômeno meteorológico não é baixa. Na agricultura, por exemplo, nas duas últimas décadas, para cada dez safras o agricultor teve quatro frustradas pela ocorrência de estiagens (Berlato, 2005). Sua ocorrência é sempre causa de preocupação, seja em função do comprometimento dos recursos hídricos para as atividades domésticas da população, como também para as atividades agrícolas. Berghamaschi (1999), afirma que “os períodos secos, associados ou não ao fenômeno La niña, continuam sendo o fator climático de maior impacto negativo na produção agrícola do Estado do Rio Grande do Sul”.

Atualmente, muito se discute sobre a problemática da disponibilidade da água e sua estreita relação com as mudanças climáticas globais. Por outro lado, o desenvolvimento socioeconômico de uma região é afetado diretamente pelo acesso ou não aos recursos hídricos necessários para a utilização no seu setor produtivo ou para a utilização por parte de sua população, proporcionando qualidade de vida aos seus habitantes, melhorando, conseqüentemente, os indicadores sociais daquela região.

Bagé tem recebido incentivos governamentais para seu desenvolvimento agropecuário, além da implementação de alternativas visando à diversificação de sua matriz produtiva (Leivas *et al.*, 2006). No entanto, problemas de ordem ambiental, como as

sucessivas estiagens, podem contribuir para explicar as dificuldades enfrentadas para a retomada de crescimento produtivo da região. Segundo Strahler (1989), a importância do clima como dado geográfico é tão elevada, alcançando tantos aspectos da vida humana, que resulta imprescindível tratá-lo com a devida ênfase. O clima determina em alto grau o tipo de solo e vegetação próprios de uma determinada região e influi, portanto, na utilização da terra e seu destino ao cultivo.

Recentemente, ampliaram-se os estudos climáticos buscando compreender a dinâmica da distribuição e variabilidade da precipitação no território gaúcho, bem como a ocorrência de eventos extremos, principalmente em decorrência das mudanças climáticas globais (Cunha *et al.*, 2004; Ferraz *et al.*, 2006; Viana, 2006).

Considerando a relevância do tema “disponibilidade de água” e ao fato que este recurso natural contribui diretamente para o desenvolvimento de uma região, faz-se necessário estudar o comportamento da precipitação no município objetivando conhecer de que maneira as estiagens possam estar contribuindo para o agravamento do abastecimento de água. Portanto, estudos climáticos que visem o conhecimento e a compreensão do espaço geográfico são importantes para auxiliarem as esferas governamentais na tomada de decisão visando a implantação de políticas públicas, programas de desenvolvimento regional e incentivos orçamentários.

Assim, o presente trabalho pretende efetuar uma análise da ocorrência de estiagens em Bagé, no período compreendido entre 1961 e 2009, a fim de detectar possíveis alterações climáticas, propondo-se a responder o seguinte questionamento: “Está havendo aumento no número de estiagens em Bagé?”

1.4 - Localização da área de estudo

O município de Bagé está localizado no sudoeste do RS, na região da Campanha, tendo como coordenadas geográficas 31°19'51" S e 54°6'25" W, e como limites territoriais os municípios de Caçapava do Sul e Lavras do Sul ao norte; Dom Pedrito e a República Oriental do Uruguai a oeste; Pinheiro Machado, Hulha Negra e Candiota a leste; Herval e a República Oriental do Uruguai ao Sul. Possui 4.096 km² de área territorial, com população estimada em 115.745 habitantes (IBGE, 2009). O núcleo urbano dista 393 km em

relação à capital gaúcha, Porto Alegre, e apenas 60 km da fronteira Brasil-Uruguai. As principais rodovias de acesso são BR-153, BR-293 e BR-290.

Estruturalmente existem duas configurações geológicas dominantes no município: a parte nordeste faz parte do Escudo sul-rio-grandense e a parte mais ao sudoeste integra a Depressão Central, que se estende em torno do Escudo sul-rio-grandense formando uma espécie de foice voltada para o lado sudoeste. As altitudes diminuem na direção NE-SW. A parte nordeste apresenta altitudes atingindo 394 m na região das Palmas, e a parte sudoeste apresenta altitudes na faixa dos 100 m. O relevo na parte nordeste é determinado por uma variação freqüente entre colinas e vales e no sudoeste é mais suave, constituindo-se nas vastas planícies que caracterizam o pampa gaúcho, o qual se estende pelo Uruguai e Argentina (Figura 1).

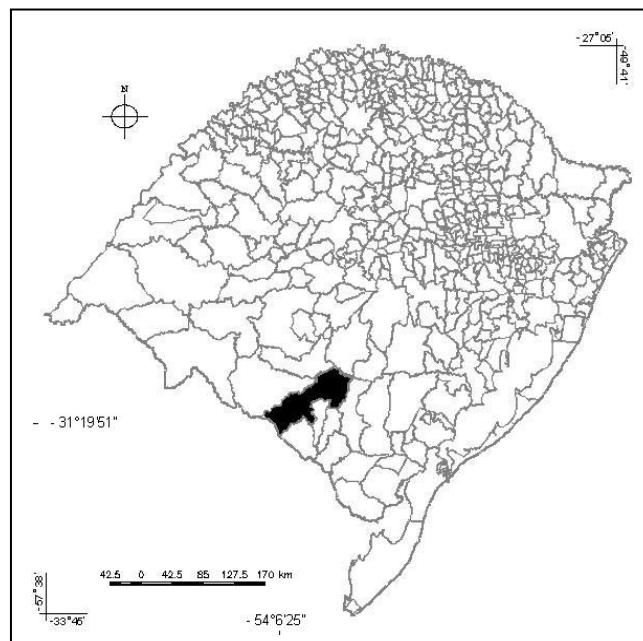


Figura 1 – Localização geográfica de Bagé – RS.
 Fonte: Laboratório de Geotecnologias Aplicadas,
 Departamento de Geografia - UFRGS.

As águas do município são dirigidas para duas Bacias hidrográficas: a leste para a Bacia Hidrográfica do Camaquã – L30 (Região Hidrográfica do Litoral), e a oeste para Bacia Hidrográfica do Rio Negro – U80 (Região Hidrográfica do Uruguai).

Segundo o Plano Diretor de Bagé, a estrutura de abastecimento de água do município é formada por três barragens: Sanga Rasa, Piraysinho e Emergencial. A Barragem Sanga Rasa é a maior reserva, porém, devido à ausência de vertentes, apresenta dificuldades de recuperação do nível de água. A Barragem do Piraysinho apresenta maior estabilidade, sendo provida de boas vertentes, mas sua capacidade não é grande. A Barragem Emergencial, criada a partir de um barramento no Arroio Piraysinho, contribui com 1/3 da água do abastecimento da cidade e sua captação é relativa à vazão do Arroio. Atualmente, estão em andamento os trâmites para a construção da Barragem da Arvorezinha (DAEB).

CAPÍTULO 2

O CLIMA DO RIO GRANDE DO SUL

2.1 – Apresentação

Este capítulo visa contextualizar a dinâmica atmosférica atuante sobre o RS, assim como as principais características climáticas da região da Campanha, onde está localizado o município de Bagé, foco deste trabalho.

O estudo da atmosfera, segundo uma concepção dinâmica, deve levar em conta os mecanismos da circulação geral e os sistemas atmosféricos (as massas de ar e as frentes a elas relacionadas) [Mendonça e Danni-Oliveira, 2007]. Em qualquer região, o clima é determinado pela circulação geral e secundária da atmosfera, resultante do aquecimento diferenciado do globo pela radiação solar (Strahler e Strahler, 2002).

2.2 – Caracterização climática do RS

A caracterização climática de uma determinada região exige a consideração dos diferentes sistemas de circulação atmosférica e de seus principais elementos climáticos (precipitação, temperatura, por exemplo), associado ao estudo das características da superfície: hipsometria, topografia, solos, corpos da água, cobertura vegetal, entre outros (Strahler e Strahler, 2002).

2.2.1 - Classificação climática do RS

Segundo a classificação climática de Köppen, o RS possui o clima do tipo “Cfa”. O grupo climático “C” abrange o clima temperado ou temperado quente e suas principais características são: clima mesotérmico, temperatura média do ar dos três meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C ; temperatura média do mês mais quente $> 10^{\circ}\text{C}$ e estações de verão e inverno bem definidas.

O tipo fundamental “F” se refere à distribuição anual das precipitações, caracterizando clima úmido, com ocorrência de pelo menos 30 mm de precipitação em cada mês do ano e inexistência de estação seca.

Finalmente, o RS é subdividido em dois subgrupos: “Cfa” (verão quente), caracterizada por apresentar temperatura média do ar no mês mais quente superior a 22°C , e “Cfb” (verão temperado), apresentando temperatura média do ar no mês mais quente inferior a 22°C e pelo menos quatro meses superior a 10°C .

As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos rigorosos, com a ocorrência de geada e eventual precipitação de neve. A temperatura média anual oscila entre 16°C e 20°C e os valores médios situam-se entre 20°C e 24°C no verão e 12°C e 16°C no inverno (Nimer, 1990).

Em relação às precipitações, possui distribuição equilibrada nas quatro estações do ano (24% no verão; 25% no outono; 25% no inverno e 26% na primavera), apresentando, porém, deficiência hídrica nos meses do verão (Berlato, 1992). A média anual de precipitação (1945 - 2004) fica em torno de 1613 mm, variando entre 1391 mm (Santa Vitória do Palmar) a 1940 mm (São Luiz Gonzaga). Os totais anuais são maiores na metade norte, ficando acima de 1600 mm, e são inferiores a 1600 mm na metade sul (Viana, 2006).

2.3 - A Circulação Atmosférica no Rio Grande do Sul

A circulação atmosférica é um dos principais elementos formadores do clima, originando-se a partir da diferença no balanço global de radiação associado a outros fatores, como gradiente de pressão, aceleração centrífuga e de *Coriolis*, os quais, inter-relacionados,

vão produzir mecanismos de troca de energia de uma região para outra, proporcionando o movimento atmosférico.

À medida que a temperatura do ar de uma determinada área aumenta, há incremento da energia cinética e, conseqüentemente, aumento da energia do movimento molecular (Strahler, 1989). O ar é um fluido cujas características resultam em expansão volumétrica à medida que a temperatura aumenta. O ar mais quente se torna menos denso e tende a subir, exercendo menor força sobre a superfície, dando lugar ao ar mais frio, mais denso. A força vertical exercida pela atmosfera sobre a superfície terrestre é denominada pressão atmosférica (Pereira *et. al*, 2002). A partir desse movimento são originados os diferentes tipos de massas de ar.

Segundo Ayoade (2002), a circulação atmosférica é classificada segundo três ordens de grandeza, sendo:

- 1) Circulação primária ou circulação geral: resultante de padrões globais de vento e pressão anuais ou com repetição sazonal no globo terrestre;
- 2) Circulação secundária: atuação de anticiclones e sistemas deprecionários, com a atuação de perturbações tropicais (sistemas de curta duração e deslocamento rápido);
- 3) Circulação terciária: ventos locais (brisas marítimas ou terrestres), ondas de sotavento e ventos catabáticos e anabáticos.

A circulação global e a secundária influem diretamente nas condições do tempo meteorológico do RS. Os limites latitudinais nos quais o RS está situado, entre os paralelos 27°04'49" S (extremo norte) e 33°45'03"S (extremo sul), colocam-no numa zona de fronteira climática. Nessa zona (ou faixa) situada entre 30° e 40°, na qual a radiação terrestre passa a ser excedente à solar (Barry e Chorley, 1978), é justamente onde ocorre a transição da zona tropical para a temperada. Além disso, o paralelo 30° representa a passagem das baixas para médias latitudes, caracterizada pela atuação dos anticiclones semipermanentes. Esses sistemas atmosféricos são centros de alta pressão cujas propriedades são reguladas pelas massas de ar.

Segundo a classificação proposta por Strahler (1989), baseada na atuação de massas de ar e a natureza de seus movimentos, o RS está inserido numa zona climática controlada por massas de ar tropical e polar.

De acordo com Barry e Chorley (1978), uma massa de ar é uma grande porção de ar cujas propriedades físicas, em especial a temperatura, umidade e gradiente vertical de temperatura, são mais ou menos uniformes para extensas regiões. Para que o ar possa

apresentar tais características, ele deve permanecer estacionado ou se deslocar muito lentamente sobre uma região geográfica de características homogêneas (Garcia, 1994).

A denominação das massas de ar obedece a critérios como a latitude de origem: Árticas e Antárticas (A), Polares (P), Tropicais (T) e Equatoriais (E); assim como a superfície na qual elas se formam, sendo nos oceanos, as marítimas (m) e nos continentes, as continentais (c). Logo, a temperatura predominante da massa de ar ao atingir uma determinada região pode ser classificada como fria (k) ou quente (w) em relação à temperatura da massa de ar que estiver sendo desalojada (Tubelis e Nascimento, 1980).

Tendo em vista a localização latitudinal, justamente numa faixa de transição, o RS sofre interferências tanto dos sistemas atmosféricos de baixas como de médias e altas latitudes. O encontro desses sistemas atmosféricos, com diferentes características de temperatura e umidade, origina uma descontinuidade (ou depressão) atmosférica denominada como *Frente Polar (FP)*, a qual consiste no principal determinante do regime de precipitação do Estado, principalmente no inverno, ocasionando bruscas variações nas condições meteorológicas (Figura 2) [Monteiro, 1963].

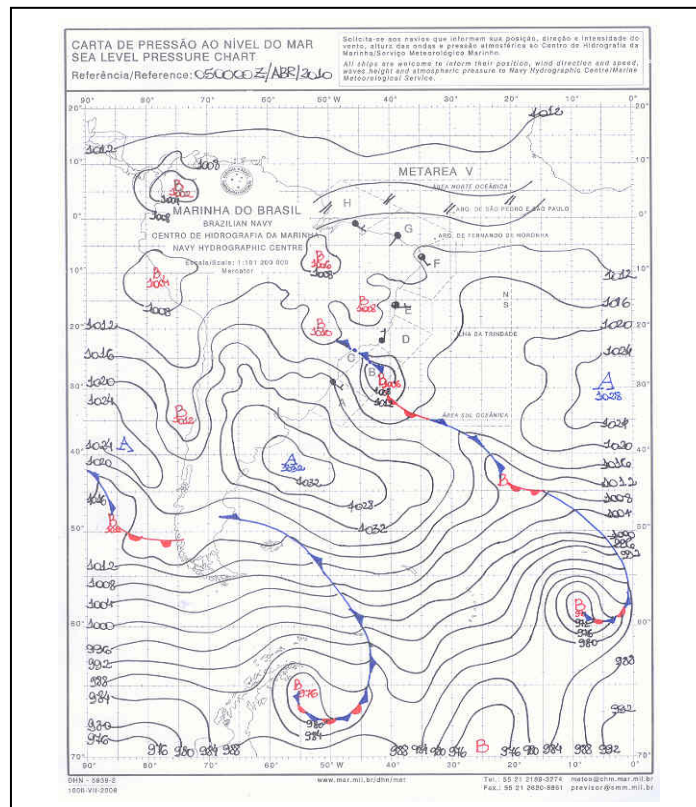


Figura 2 – Carta sinóptica mostrando a passagem da Frente Polar sobre o RS em 07/05/2010. Fonte: DHN.

Segundo Nimer (1977), os dois principais centros de ação que influenciam na configuração do clima sul-rio-grandense são o Anticiclone Móvel Polar (AMP), com deslocamento preferencial de SW-NE, sendo caracterizado por massas de ar frio originadas nas altas latitudes (massa Polar Marítima - mP), proporcionando, após a passagem das frentes frias, tempo estável para a região; e o Anticiclone semipermanente do Atlântico Sul (AST), o qual está localizado no setor central do Atlântico Sul e tem deslocamento sazonal pequeno, predominando no verão sob a influência da massa Tropical Marítima (mT), agindo como barreira ao avanço do AMPs.

A atuação das frentes frias (associadas às altas pressões em superfície e as baixas temperaturas) predomina de abril a setembro no Estado, provocando tempo bom e declínio da temperatura após sua passagem. Porém, antes disso, o encontro dos sistemas frontais é causa de precipitações, influenciando diretamente o regime pluviométrico do RS. Nos demais meses, a entrada de frentes frias são enfraquecidas pela maior atuação da massa de ar tropical oriunda do AST, sendo essa massa de ar caracterizada por elevados valores de temperatura e umidade na superfície. Isso ocorre em função do deslocamento para sul de todo o sistema de circulação atmosférica, devido à maior radiação solar nesta parte do globo.

A subsidência causada pela AST dificulta a formação de nuvens de desenvolvimento vertical. Esse sistema normalmente está associado a tempo estável com temperaturas mais amenas, sobretudo em áreas próximas ao litoral. Dessa forma o RS fica sob a ação predominante da mT, principalmente no verão. A mT se caracteriza como uma parcela de ar com elevados valores de temperatura e umidade na superfície, porém, sofre persistente subsidência causada pelo AST, a qual origina tempo estável com temperaturas amenas principalmente nas áreas próximas ao litoral (Nimer, 1989). Assim, a maior intensidade de precipitação no verão fica restrita a costa leste, no Litoral Norte, pois a umidade absorvida no oceano, aliada a corrente marítima quente, consegue atingir maiores altitudes da Serra do Nordeste, gerando instabilidade e precipitação.

Outro sistema atmosférico que influencia na dinâmica climática do RS, principalmente nos meses quentes, é a Massa Tropical Continental (cT) que se desloca de NW, oriunda da depressão térmica continental denominada Baixa do Chaco, ocasionando fortes elevações da temperatura, além do fenômeno das ondas de calor. Segundo Ferreira (2007), esta baixa é extremamente dinâmica, deslocando-se da região Peru-Acre-Rondônia durante os meses de inverno e nos meses de verão, desloca-se para a região do Chaco argentino. A vortacidade ciclônica destes ventos proporciona geralmente bom tempo, devido à

origem continental, e abaixo destas baixas, existe quase sempre, uma célula anticiclônica que impede a ascendência de correntes convectivas a níveis superiores. Esta baixa se intera com a frente polar e faz alterações no tempo climático de todo o país, causando na região sul verões que apresentam poucas chuvas ou verão “seco” (Figura 3).

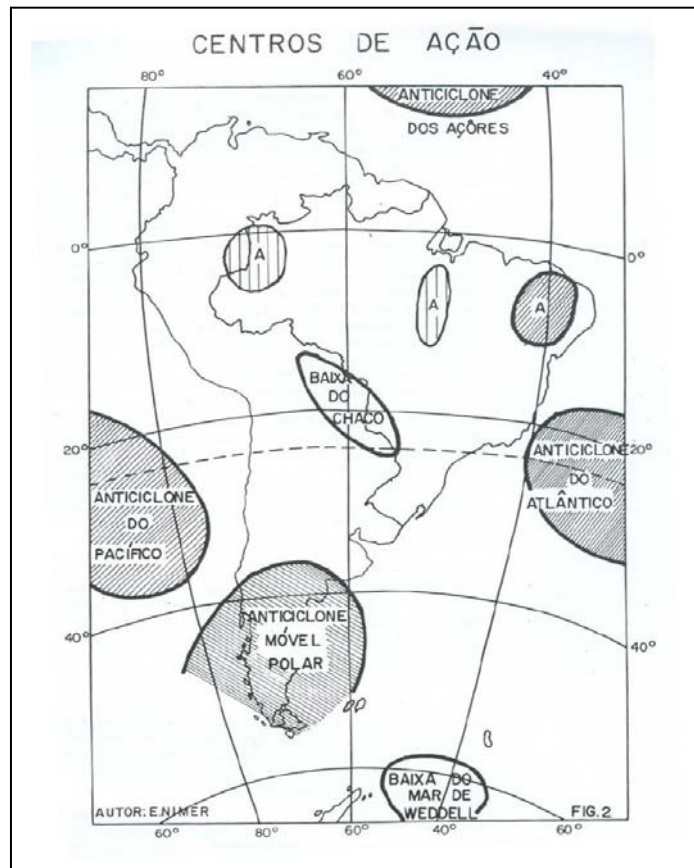


Figura 3 – Centro de ação de massas de ar que atuam na América do Sul. Fonte: Nimer, 1989.

O RS também está sujeito a flutuações na circulação atmosférica que podem provocar estiagens de diferentes níveis de criticidade. De acordo com Monteiro (1963), têm-se registros de anomalias nas precipitações, sendo que ocorrem episódios nos quais a distribuição temporal das precipitações apresentou elevados índices pluviométricos, causando inundações em determinadas regiões, bem como outros anos nos quais se registrou precipitações pluviométricas insuficientes, ocasionando intensas estiagens.

2.4 - O Clima da região da Campanha - RS

Araújo (1930), no seu trabalho intitulado “Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul”, utilizando basicamente dados de hipsometria e continentalidade e/ou maritimidade, classificou o Estado em oito regiões climáticas, dentre as quais a Região da Campanha (Figura 4).

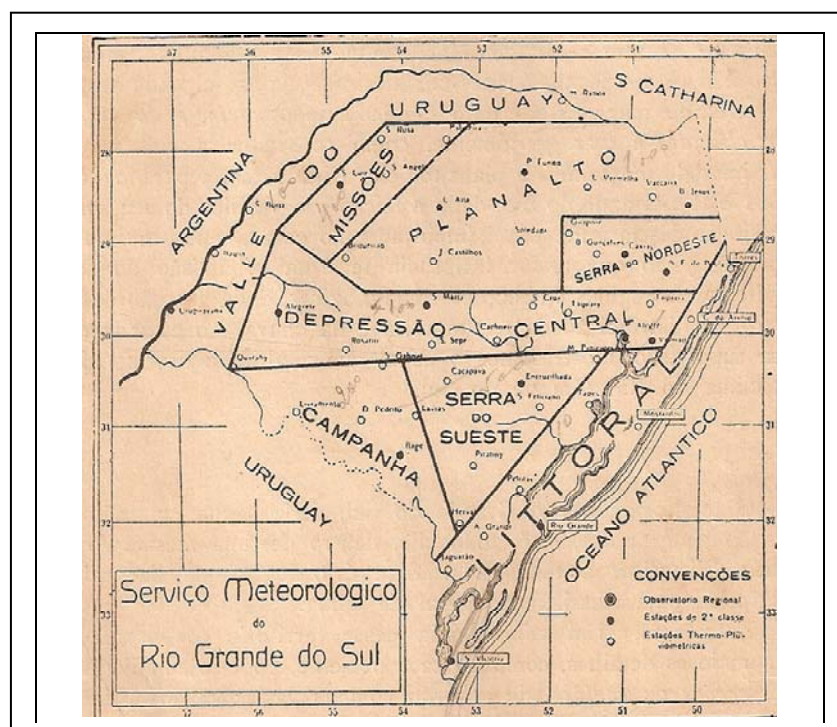


Figura 4 – Classificação climática do RS, segundo Araújo (1930). Fonte: Araújo (1930).

Machado (1950) elaborou uma detalhada análise do clima do RS a partir da classificação efetuada por Araújo (1930) utilizando a primeira série de 30 anos de observações do Estado, na qual a região da Campanha, situada a sudoeste do RS, tem como caracterização o relevo formado por “coxilhas” ou pequenas elevações de terreno e altitude média de 200m; moderadamente quente, com temperatura média anual de 18,1°C, e com valores extremos observados em Dom Pedrito (temperaturas de 42,4°C e -6°C), sendo que as normais anuais de chuva são superiores a 1350 mm e inferiores a 1650 mm, com o número de dias de chuva variando entre 76 e 94. As normais mensais vão de 90 mm a 170 mm e o

regime de chuvas é o outonal, com 27% da precipitação anual. O menor número de trovoadas no estado é verificado na região e a velocidade média geral dos ventos é pouco mais de 2 m/s, predominando os de sudeste, havendo pouca frequência de nevoeiros, mas com ocorrências de geadas relativamente abundantes, de abril a novembro e registros de neve de junho a agosto, sendo mais castigada por ondas de frio do que de calor.

Quanto aos valores excepcionais de precipitação, Machado (1950) destaca que as menores quantidades de precipitação para todo o período estudado, foram 513 mm e 575 mm, em 1917, em Bagé e Dom Pedrito, respectivamente, ambos os municípios localizados na região da Campanha.

Moreno (1961) propôs uma nova classificação aplicando a metodologia de Köppen (1948), na qual dividiu o Estado em sete áreas morfoclimáticas, representando a distribuição do regime de precipitação. De acordo com ele, a região da Campanha concentrava temperaturas elevadas e baixo volume de precipitação, ao inverso de outras regiões, como a Serra do Nordeste.

Recentemente, Maluf e Caiaffo (2001), propuseram uma nova classificação climática, na qual a definição de onze regiões ecoclimáticas foi estabelecida visando identificar regiões com características climáticas diferentes, principalmente a partir de características termopluviométricas, geomorfológicas, uso do solo, entre outras (Figura 5).

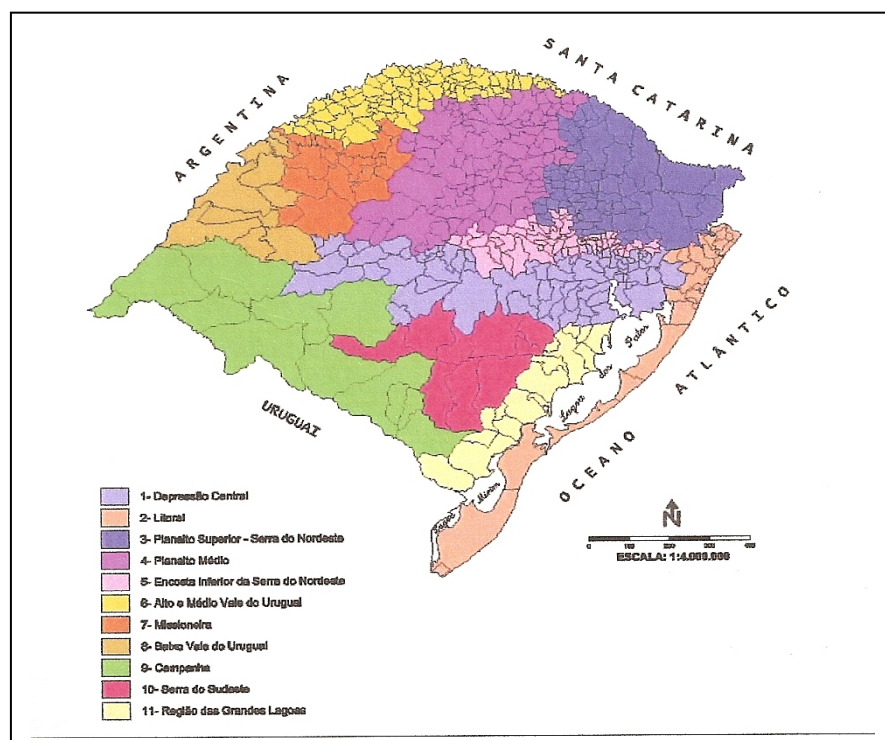


Figura 5 – Regiões ecoclimáticas RS. Fonte: Maluf e Caiaffo (2001).

2.5 - El Niño e La niña

Segundo Berlato e Fontana (2003), El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala que ocorre no Oceano Pacífico tropical, no qual a combinação de dois mecanismos demonstra o vínculo existente entre oceano e atmosfera. O componente oceânico é representado pelo El Niño (EN) e a contrapartida atmosférica pela Oscilação Sul (OS), estando associado a alterações nos padrões normais de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico equatorial, entre a costa oeste da América do Sul (Equador e Peru) e a costa leste da Indonésia.

Originalmente, El Niño designava uma corrente marítima quente para o sul do Pacífico, ao longo da costa do Peru e Equador, que surgia em alguns anos, logo após o Natal, sendo assim denominada pelos pescadores locais em alusão ao Menino Jesus (Oliveira, 1999). Posteriormente, foi associado com variações de temperatura na superfície do mar de forma mais intensa e abrangente, sendo atualmente monitorado principalmente através da Temperatura da Superfície do Mar (TSM).

O componente atmosférico, denominado de Oscilação Sul, expressa a correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste do Oceano Pacífico, sendo também conhecida como “gangorra barométrica”. Quando a pressão atmosférica é alta a leste, usualmente será baixa a oeste e vice-versa (Oliveira, 1999; Berlato e Fontana, 2003). O monitoramento desse componente é feito através do Índice de Oscilação Sul (IOS), que consiste na diferença entre os desvios normalizados de pressão na superfície entre as regiões do Oceano Pacífico: Taiti (Polinésia Francesa) e Darwin (norte da Austrália) [Berlato e Fontana, 2003].

O fenômeno apresenta duas fases extremas: uma quente (“El Niño”), que corresponde ao aquecimento anormal das águas do oceano Pacífico equatorial (IOS negativo), e outra fria (“La Niña”), correspondendo ao resfriamento anormal dessas mesmas águas (IOS positivo) [Jacóbsen, 2002; Gonçalves *et al.* 2004; Berlato e Cordeiro, 2005]. Resumindo, tem-se em caso de El Niño, IOS negativo e anomalia de TSM do oceano Pacífico equatorial positiva (quente), e no caso de La Niña, IOS positivo e a anomalia de TSM na mesma região negativa (frio) [Berlato e Fontana, 2003].

Esses eventos (El Niño e La Niña) provocam variações na circulação termal dos trópicos, afetando significativamente a circulação atmosférica regional e global. Produzem, conseqüentemente, anomalias de temperatura e precipitação pluviométrica em diversas

regiões do mundo (teleconexões) [Mota, 2000; Grimm e Togatlian, 2002; Berlato e Fontana, 2003]. Segundo Oliveira (1999), essas variações podem afetar ecossistemas e atividades humanas, como por exemplo, a agricultura, a geração de energia e a pesca. Porém, nem sempre as influências causadas por esses fenômenos nos diferentes climas serão desfavoráveis (Pereira, *et. al*, 2002).

O RS apresenta forte sinal do El niño/La niña, sendo que a relação encontrada é do tipo quente-úmido/frio-seco. Em anos de El niño ocorre precipitação acima da média climatológica em quase todos os meses do ano (períodos chuvosos), ocorrendo o inverso em anos de La niña, quando as precipitações ficam abaixo da média climatológica na maioria dos meses (períodos secos). O fenômeno tem duração média de 12 a 14 meses, podendo se estender por dois anos ou mais. Tem início em meados de um ano, atingindo seu máximo no final desse primeiro ano e termina em meados do ano seguinte. As épocas mais afetadas são primavera e início do verão do primeiro ano (outubro, novembro e dezembro), e final do outono – início do inverno do segundo ano (abril, maio e junho) [Berlato e Fontana, 2003; Berlato e Cordeiro, 2005; Gonçalves *et. al*, 2004].

Além de influenciar nos totais de precipitação pluviométrica, também se relacionam à sua distribuição. Para Bertato e Fontana (2003), a região do RS com maiores impactos resultantes da influência de eventos de El Niño e La Niña é a noroeste do Estado, onde se concentram as culturas de soja, milho e trigo, as quais, com exceção do arroz, são as maiores produtoras de grãos do RS.

No entanto, esta análise de impacto parece estar associada diretamente à questão econômica, considerando principalmente os rendimentos em termos de safras agrícolas. Conforme Pereira *et. al* (2002) o ENOS é um fenômeno de extrema importância, tanto da perspectiva meteorológica, quanto econômica.

Em termos de efeitos no balanço hídrico, no que refere às variáveis déficits ou excesso hídrico, a metade sul (região menos chuvosa do Estado) pode ser considerada a de maior impacto negativo. Segundo Berlato (1992), a precipitação normal no verão é, em geral, insuficiente para atender às demandas hídricas de culturas dessa estação, principalmente no sul do Estado. No entanto, em anos de La Niña, a ocorrência de deficiências é significativamente maior do que em relação aos anos sem a ocorrência do fenômeno. Para o sudeste da Campanha (Bagé) há uma probabilidade de 75% dos déficits serem maiores do que 100 mm. Já os anos de El niño trazem redução dos déficits hídricos em toda a metade sul do Estado (Berlato e Fontana, 2003).

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1 – Apresentação

O objetivo deste capítulo visa apresentar os aspectos conceituais que nortearam o desenvolvimento deste estudo, a procedência dos dados meteorológicos e os procedimentos metodológicos adotados para a sua realização.

3.2. – Conceitos

3.2.1 - Clima e Tempo meteorológico

Livi (2006) define o clima de uma cidade como o resultado do comportamento regular da rítmica e contínua sucessão de tempos atmosféricos ou meteorológicos que transitam sobre sua superfície por um longo período de tempo, sendo que tempo meteorológico é entendido como uma síntese das condições momentâneas e transitórias dos elementos climáticos, tais como temperatura e umidade do ar, pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade dos ventos, entre outros.

Para Strahler (1989), tempo meteorológico é o estado da atmosfera em um ponto e época determinada, podendo ser descrito em relação a uma única estação de observação ou a uma determinada área em particular da superfície terrestre. O clima, pelo contrário, é a condição característica da atmosfera deduzida de longos períodos de repetidas

observações, incluindo não somente análises dos valores médios, como também desvios em relação às médias (variabilidade) e as probabilidades de repetição de condições particulares de tempo.

Segundo Barry e Carleton (2001), o clima é uma síntese do tempo meteorológico em um intervalo de tempo que possibilite a sua descrição estatística de médio e longo prazo. A Organização Meteorológica Mundial (OMM), com base em princípios estatísticos de tendência do valor médio, estabelece o período mínimo de 30 anos para estudos climáticos, sendo o valor médio desse período denominado de “Normal Climatológica”. Para períodos maiores de dados, denomina-se de “Normal”. Neste trabalho é adotada a definição de clima e tempo meteorológico proposta por Strahler (1989), utilizando-se o período da Normal 1961 – 2009, totalizando 49 anos de dados meteorológicos.

3.2.2 – Estiagem e Seca

Estiagens e secas estão entre os desastres naturais com os maiores períodos de duração, quando comparados a outros tipos, como, por exemplo, enchentes, enxurradas e deslizamentos (Gonçalves, et. al, 2004), sendo também considerado um dos maiores flagelos da agricultura brasileira (Mota *et. al*, 1986). De acordo com Selborne (2001), as secas têm impactos maiores que as enchentes, tendo em vista que são processos demorados, com conseqüências desastrosas que podem ocorrer depois de vários anos.

Conforme a Defesa Civil, desastre natural é “o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais”.

As estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada, na qual ocorre uma queda dos índices pluviométricos para níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica, comprometendo necessariamente as reservas hidrológicas locais e causando prejuízos à agricultura e à pecuária. As estiagens se caracterizam por serem menos intensas que as secas, ocorrendo durante períodos de tempo menores. No entanto, produzem reflexos extremamente importantes sobre a agricultura, por ocorrer com relativa freqüência em áreas mais produtivas e de maior importância econômica que as áreas de seca (BRASIL, 2003).

O glossário do INMET não traz incluso em sua terminologia oficial o termo “estiagem”. Apresenta, para o conceito de “seca”, a definição de “clima excessivamente seco numa região específica, devendo ser suficientemente prolongado para que a falta de água cause sério desequilíbrio hidrológico”.

Em relação ao conceito de “seca”, Campos (1997), observa que existe variações na conceituação de seca conforme a abordagem das diferentes áreas do conhecimento. No entanto, pode-se classificar o fenômeno em três tipos principais (Figura 6):

- Seca climatológica (primeiro estágio): refere-se à precipitação abaixo das normais esperadas;
- Seca edáfica ou agrícola (segundo estágio): refere-se ao déficit de umidade do solo, impossibilitando suprir a demanda das plantas.
- Seca hidrológica (terceiro estágio): refere-se aos níveis de rios e reservatórios abaixo do normal, ocorrendo deficiência nos estoques de água;

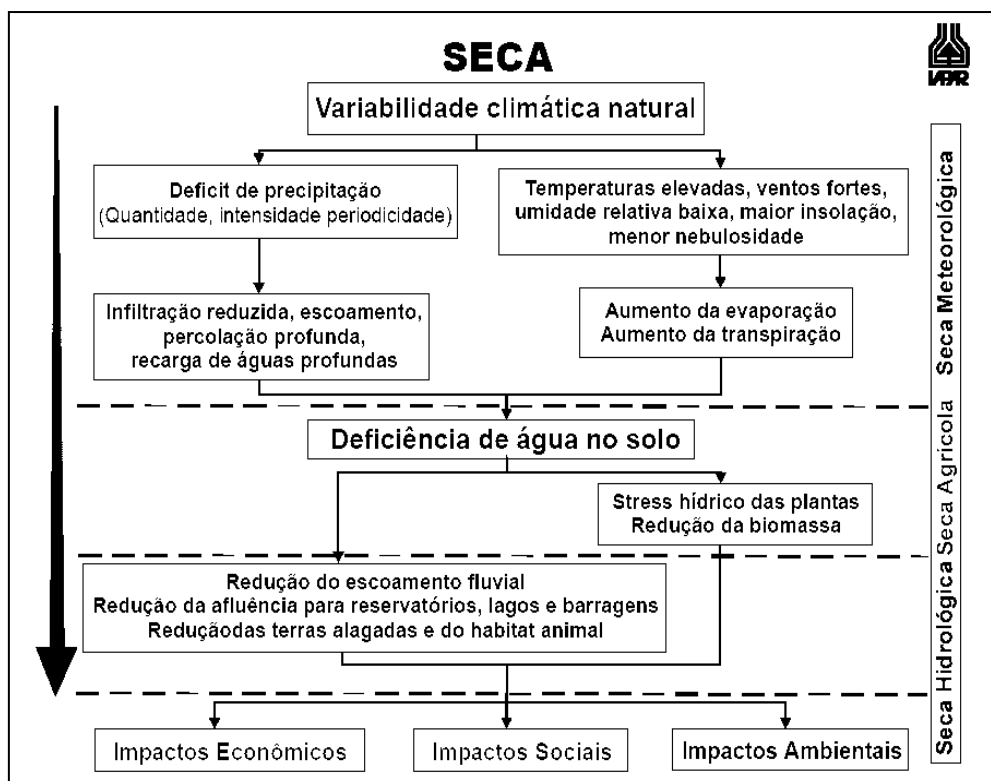


Figura 6 – Fluxograma com a classificação dos tipos de seca e seus impactos.
Fonte: Ferreira (2007).

Comum a todos os tipos de seca é o fato delas se originarem de um déficit de precipitação que resulta em uma baixa disponibilidade hídrica, para a atividade que a requer (CIIAGRO, 2010).

Para a realização deste estudo, foi utilizado o conceito de estiagem a partir da perspectiva climatológica (Campos, 1997), a qual se refere à precipitação abaixo das normais esperadas.

3.2.3 – Escassez hídrica

É necessária uma diferenciação entre os termos relacionados à falta de água na natureza quanto aos conceitos de estiagem e/ou seca e a escassez hídrica.

Segundo Favero (2006), a escassez hídrica pode ser ocasionada pela ocorrência de estiagem e/ou seca, porém, também pode ser criada artificialmente. Neste caso, o desequilíbrio temporário da oferta de água pode ser devido à sobre-exploração de águas profundas e superficiais, a degradação da qualidade da água associada à inadequação do uso do solo ou a capacidade de armazenamento do ecossistema. Além disso, a escassez hídrica não se refere apenas à quantidade, mas também em relação à qualidade da água

Ao contrário, estiagens e secas, embora também se caracterizem como desequilíbrios temporários na disponibilidade de água (mais ou menos duradouro em extensão temporal e espacial), têm causas naturais, ainda que possam ser intensificados pela ação do homem.

O Relatório de Desenvolvimento Humano (UNESCO, 2006) sustenta que a falta de água não é uma decorrência da sua escassez física:

A escassez física de água, definida como quantidade insuficiente de recursos para satisfazer a procura é uma das características inerentes à questão da segurança da água em alguns países. Mas as situações de penúria absoluta ainda são a exceção, e não a regra. A maioria dos países dispõe de água suficiente para satisfazer as necessidades domésticas, industriais, agrícolas e ambientais. O problema está na gestão.

Ferreira (2007) afirma que os locais onde não se aguarda a ocorrência de secas e/ou estiagens, tendem a não estarem preparados com equipamentos adequados, como açudes,

canais de irrigação, reservatórios especiais do governo e particulares, fazendo com que o impacto destes eventos seja mais grave em função da falta de estrutura para enfrentar o problema, do que em razão da intensidade e grau de escassez de água.

Tendo em vista o objetivo deste trabalho, o qual propõe a analisar a ocorrência de estiagens em Bagé a partir da perspectiva climatológica, não será aprofundada a discussão sobre a falta de água (escassez física) versus a escassez hídrica (a partir da perspectiva de disponibilidade como recurso hídrico).

3.2.4 – Escala de estudo

A escala de estudo de todo e qualquer objeto que se quer investigar conduz à delimitação da sua dimensão. A definição da escala do clima impõe-se a todo estudo ligado a esse ramo do conhecimento, uma vez que ele se manifesta em todos os locais do planeta.

A escala climática diz respeito à dimensão ou ordem de grandeza, espacial (extensão) e temporal (duração), segundo o qual os fenômenos são estudados (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007). Os fenômenos atmosféricos ocorrem de forma continuada, havendo influência de uma escala sobre outra (Pereira *et al*, 2002).

Segundo Ayoade (2002), a climatologia considera três níveis de abordagem: macroclimático, mesoclimático e microclimático. Para o estudo em questão, utilizou-se a escala mesoclimática, a qual, segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), possui uma extensão espacial bastante variável, sendo uma unidade intermediária entre a grandeza superior e inferior do clima, comportando, como exemplo, regiões naturais interiores aos continentes.

Para Pereira *et al* (2002), em termos de escala temporal, a radiação solar é o principal elemento controlador de variações, seja em escala diária ou anual, sendo importante ressaltar que as variações que indicam *mudanças climáticas* falam de *tendências* que ocorrem nas condições regionais, num período razoavelmente longo de tempo para uma grande região. Este estudo considera 49 anos de dados meteorológicos, abordando tendências para o período, utilizando, portanto, a escala temporal que permite verificar possíveis mudanças climáticas.

3.3 - Origem dos dados meteorológicos

Para o estudo do comportamento do regime de precipitação no município de Bagé (RS), foram utilizados dados de precipitação pluviométrica e temperatura média ocorridas no período entre 1961 e 2009, totalizando 49 anos.

Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica e temperatura são de fontes indiretas. Os mesmos foram cedidos pela Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) e pelo 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre (8º DISME), órgão do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados foram coletados a partir de duas estações meteorológicas localizadas em Bagé:

a) 1961 a 2007: dados coletados a partir da Estação Meteorológica Convencional do INMET, situada a 31°33' S e 54°11' W, a altitude de 216 m.

b) 2008 – 2009: dados oriundos da Estação Meteorológica Automática, também gerenciada pelo INMET, situada a 31°34'78" S e 54°01'33' W, a altitude de 230 m.

O município de Bagé pode ser considerado privilegiado para estudos climatológicos em comparação a outros municípios do RS, tendo em vista a disponibilidade de dados meteorológicos para um período de 30 anos, tempo mínimo considerado adequado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Os dados utilizados neste trabalho (precipitação pluviométrica e temperatura) não apresentaram falhas de preenchimento no período estudado.

3.4 – Tratamento estatístico dos dados

O tratamento estatístico dos dados foi realizado utilizando a planilha eletrônica Microsoft Office Excel 2003, cujos resultados são apresentados na forma de gráficos e tabelas no corpo do trabalho, seguidos das respectivas análises.

A partir dos dados originais foram determinadas as médias mensais, sazonais, anuais e decenais de precipitação pluviométrica e temperatura, considerando o período 1961 a 2009, além da verificação de anomalias de precipitação e determinação de períodos propensos à ocorrência de estiagens.

3.4.1 – Determinação da temperatura média mensal

Os valores das médias mensais de temperaturas referentes aos anos 1961 a 2005 foram obtidos diretamente da planilha de dados fornecida pela FEPAGRO.

Para os anos 2006, 2007 e os meses janeiro, fevereiro e março de 2008, foram obtidos os dados de temperatura mínima e máxima diária, disponíveis no Banco de Dados mantido pelo INMET. A partir disso, calculou-se a temperatura média diária e, após, a média mensal destes anos. Para o período de abril de 2008 a dezembro de 2009, obtiveram-se os dados de temperatura média mensal através dos Boletins Meteorológicos emitidos pela FEPAGRO.

Finalmente, para a determinação da temperatura média mensal, utilizou-se o somatório dos valores do respectivo mês de todo o período (1961 - 2009), dividido pelo total de anos estudados (49).

3.4.2 Determinação da precipitação pluviométrica média mensal

As médias mensais de precipitação pluviométrica foram calculadas a partir do somatório dos totais acumulados precipitação no respectivo mês, para todo o período (1961 - 2009), dividido pelo total de anos (49).

3.4.3 – Determinação da precipitação pluviométrica média sazonal

Para a determinação das médias sazonais de precipitação pluviométrica foram definidas as estações de verão, outono, inverno e primavera, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Definição dos meses correspondentes às estações do ano.

Estação	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Meses	Dez, Jan, Fev	Mar, Abr, Mai	Jun, Jul, Ago	Set, Out, Nov

As médias sazonais foram calculadas a partir do valor acumulado dos três meses correspondentes a estação, divididos por três (meses da estação) para cada ano do período, sendo ao final, determinado o valor das médias sazonais do período (1961 – 2009).

3.4.4 - Determinação da precipitação pluviométrica média anual

A média anual de precipitação pluviométrica foi obtida através do somatório dos totais de precipitação acumulada anual, para todo o período, dividido pelo total de anos (49).

3.4.5 - Determinação da precipitação pluviométrica média decenal

Para a determinação das médias decenais de precipitação pluviométrica foram definidas cinco décadas, compreendidas da seguinte forma: 1961 a 1970; 1971 a 1980; 1981 a 1990; 1991 a 2000, e 2001 a 2009.

Foram calculadas as médias decenais dos doze meses do ano, e para as estações verão, outono, inverno e primavera (sazonais). Para o cálculo, procedeu-se ao somatório do

valor acumulado mensal dos dez anos de cada década, divididos pelo total de anos da mesma. Cabe ressaltar que o período de 2001 a 2009 é composto por nove anos.

As médias decenais por estação seguiram o mesmo procedimento, porém, fazendo o somatório dos valores médios da estação referentes à década.

3.5 - Cálculo das anomalias de precipitação pluviométrica

Para o cálculo das anomalias de precipitação entre 1961 e 2009, utilizou-se o valor da média mensal de precipitação pluviométrica da estação (verão, outono, inverno e primavera) de cada ano, menos o valor da Normal (1961 – 2009) [Barbieri *et al.*, 2009].

3.6 – Determinação de estação propensa à ocorrência de estiagens

Para a determinação da estação propensa à ocorrência de estiagens, foram efetuadas duas etapas metodológicas. Na primeira etapa, construiu-se o diagrama termopluiométrico para Bagé, utilizando as médias mensais de precipitação pluviométrica e temperatura, e seguindo a metodologia proposta por Birot (1959), que permite a identificação de estação seca para latitudes médias, na qual se utiliza uma escala em que cada quatro milímetros (4 mm) de precipitação correspondem ao intervalo de 1°C de temperatura. Por essa metodologia, não foi possível definir estação seca.

Na segunda etapa, adaptou-se a metodologia de Birot (1959), tendo em vista que a relação de 4 mm de precipitação para 1°C de temperatura não permitiu verificar a existência de estação seca. Desta forma, adotou-se a relação de seis milímetros (6 mm) de precipitação para cada 1°C de temperatura (Smania, 2009). Essa adaptação permitiu a visualização da estação seca, a qual se estende de novembro a março. Tendo em vista que a média mensal de precipitação pluviométrica em Bagé é superior a 60 mm em todos os meses do ano, torna-se incompatível a denominação de “estação seca”. Dessa forma, o período compreendido entre novembro a março foi denominado de “estação propensa a ocorrência de estiagens”.

3.6.1 - Determinação do índice mensal de estiagem

Para a identificação dos meses secos foi necessário conhecer a relação da precipitação pluviométrica e temperatura de todos os meses, anualmente. Para isso, foram utilizados os valores absolutos de precipitação pluviométrica e temperatura média de cada mês, ano a ano, do período (1961 – 2009). Assim, procedeu-se a divisão do valor absoluto da precipitação pluviométrica, de cada mês, pela respectiva média mensal de temperatura, resultando no que se convencionou denominar de “índice mensal de estiagem”.

Salienta-se que esse índice é oriundo da metodologia para a determinação de períodos secos e úmidos de Birot (1959), estando apenas sistematizado mensalmente e anualmente.

A partir disso, aplicou-se a proposta da relação de 4 mm de precipitação pluviométrica para cada 1°C de temperatura, definindo-se como mês seco aquele que apresentasse índice de estiagem abaixo de 4 mm. No entanto, verificou-se que a utilização desse parâmetro não evidenciou claramente anos que são conhecidos no RS pela ocorrência de extensas estiagens, mas apenas alguns meses secos, de modo descontínuo. Esse resultado é coerente com aquele do diagrama de parâmetros 4 mm x 1° C.

Seguindo o parâmetro adotado para o diagrama termopluviométrico, realizou-se novamente o procedimento, utilizando 6 mm de precipitação pluviométrica. Assim, considerou-se mês seco todo aquele com índice mensal de estiagem abaixo de 6 mm para cada 1°C de temperatura.

3.6.2 - Determinação do índice médio mensal de estiagem

O índice médio mensal de estiagem foi calculado a partir do somatório do índice mensal de estiagem, do respectivo mês, para todo o período (1961 - 2009), dividido pelo total de anos (49).

3.6.3 - Determinação do índice médio sazonal de estiagem

Os índices médios sazonais de estiagem foram calculados a partir do somatório dos valores do índice mensal de estiagem dos três meses correspondentes a cada estação (verão, outono, inverno e primavera), divididos por três, para cada ano do período, sendo ao final determinado o valor do índice médio sazonal do período (1961–2009).

3.6.4 – Determinação do índice médio anual de estiagem

O índice médio anual de estiagem foi obtido através do somatório do índice mensal de estiagem para todo o período (1961 – 2009), dividido pelo total de anos (49).

3.6.5 – Determinação do índice médio decenal de estiagem

Foram calculados os índices médios decenais dos doze meses do ano e das estações verão, outono, inverno e primavera (sazonais). Para o cálculo, procedeu-se ao somatório dos valores dos índices mensais dos dez anos de cada década, divididos pelo total de anos da mesma.

Os índices médios decenais, por estação, seguiram o mesmo procedimento, porém, fazendo o somatório dos índices médios da estação referentes à década.

3.6.6 – Determinação do índice de anomalia

Para o cálculo do índice de anomalia entre 1961 e 2009, utilizou-se o valor do índice médio anual de estiagem, de cada ano, menos o valor do índice de estiagem da Normal (1961 – 2009).

3.7 - Comparação com ocorrência do fenômeno ENOS

Para a comparação da ocorrência simultânea de estiagens com o fenômeno ENOS, utilizou-se a Tabela de episódios quentes (El niño) e frios (La niña), do *Climate Prediction Center - National Weather Service – National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), disponível em www.cpc.noaa.gov/products/analysis, em conjunto com a Tabela do Índice Mensal de Precipitação Pluviométrica (obtida neste trabalho).

Os meses secos foram destacados em negrito. Destes, comparou-se com a ocorrência de eventos El niño, destacando as células da planilha com a cor vermelha, e eventos La niña, as células em azul. Posteriormente, procedeu-se ao cálculo percentual da ocorrência de meses de estiagens em relação ao período. Do total de meses de estiagens, calcularam-se os percentuais de meses em que houve ocorrência de El niño e La niña.

CAPÍTULO 4

O REGIME DE PRECIPITAÇÃO DE BAGÉ – RS

4.1 – Apresentação

Neste capítulo é apresentado o comportamento do regime de precipitação de Bagé, no período de 1961 a 2009, sendo o mesmo analisado através de tabelas e gráficos, seguidos das respectivas interpretações. A visualização do recurso gráfico permite a compreensão rápida e objetiva do comportamento da precipitação ao longo dos anos, facilitando a leitura dos dados climáticos.

4.2 – Tipos de Precipitação

Segundo Barry e Chorley (1978), o termo “precipitação” se aplica a todas as formas de água líquidas e sólidas: chuva, neve, granizo, orvalho, névoa, etc., mas, em geral, somente a chuva e a neve contribuem de forma significativa aos totais de precipitação.

Os tipos de precipitação são classificados de acordo com a origem que ocasionou a ascendência do ar, permitindo que a mesma ocorresse. Assim, existem precipitações geradas pela passagem de frentes, por convecção e por efeitos orográficos.

As precipitações frontais são originárias de nuvens formadas a partir do encontro de massas de ar frio e quente. A massa de ar quente e úmida é impulsionada para cima, resfriando-se e condensando, provocando precipitação. Caracterizam-se por apresentar intensidade moderada a fraca, serem de longa duração (dias). São mais frequentes de abril a novembro, quando a atuação da massa polar é mais ativa sobre o RS.

As precipitações convectivas são originadas a partir de correntes convectivas (térmicas) que se resfriam adiabaticamente ao se elevarem, formando nuvens de grande desenvolvimento vertical (cumuliformes). Apresentam grande intensidade e curta duração, podendo ocorrer descargas elétricas, trovoadas, ventos fortes e granizo.

As precipitações orográficas ocorrem em regiões onde o relevo força a subida da massa de ar úmido, equivalendo ao processo de convecção livre, resultando, conseqüentemente, nos mesmos fenômenos atmosféricos.

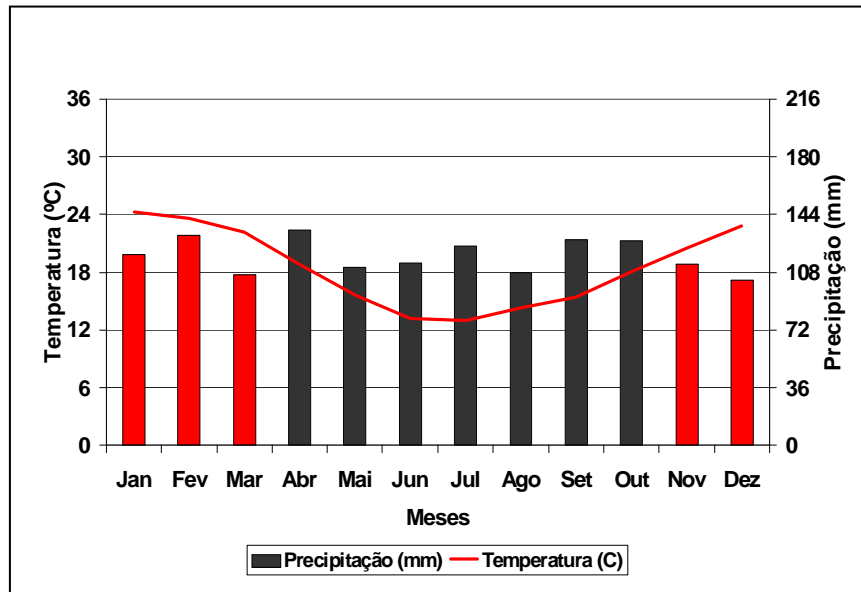
4.3 - Comportamento da precipitação pluviométrica média mensal

A partir da análise da Normal de precipitação pluviométrica no período de 1961 a 2009, Bagé apresenta um regime de precipitação com chuvas bem distribuídas durante todos os meses do ano, havendo, no entanto, a presença de uma estação caracterizada como propensa à ocorrência de estiagens. A média mensal de precipitação para o período é 118,7 mm.

Os meses que se destacam pela maior média de precipitação pluviométrica acumulada são quatro: abril (134,1 mm), no outono; fevereiro (131,3 mm), no verão; setembro e outubro (128,5 mm e 127,0 mm, respectivamente), na primavera. Quanto aos meses com menor média de precipitação acumulada destacam-se: dezembro (103,3 mm), no verão; março (106,7 mm), no outono e agosto (107,7 mm), no inverno.

Segundo a metodologia proposta por Birot (1959), a existência de mês seco fica caracterizada quando a coluna que representa a precipitação média fica abaixo da linha que representa a temperatura média daquele mesmo mês. Por essa interpretação, é possível concluir que Bagé possui uma estação úmida, que se estende de abril a outubro, e outra propensa a ocorrência de estiagens, compreendida entre novembro a março, conforme demonstrado no diagrama termopluiométrico (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Diagrama termopluviométrico para Bagé (1961 - 2009).



Segundo a classificação climática de Köppen, não se pode classificar esse período como estação seca, tendo em vista a ocorrência de precipitação superior a 60 mm em todos os meses do ano. Assim, a partir da metodologia proposta, os meses que apresentarem a relação de precipitação abaixo da linha de temperatura serão denominados como propensos à ocorrência de estiagens, portanto, o período compreendido entre novembro e março é definido como estação propensa à ocorrência de estiagens.

Aplicando a relação da precipitação pluviométrica em razão da temperatura, é obtido o que se denominou de “índice médio mensal de estiagem”, no qual se considerou como propenso a ocorrência de estiagem aqueles com precipitação abaixo de 6 mm. Por essa interpretação, os meses mais úmidos foram junho, julho, agosto e setembro, nos quais se obteve os respectivos índices pluviométricos: 8,56 mm; 9,53 mm; 7,53 mm e 8,29 mm, e os meses identificados como menos úmidos foram: dezembro (4,51 mm), janeiro (4,93 mm) e março (4,81 mm).

Ressalta-se que a estação propensa a ocorrência de estiagens, demonstrada no diagrama termopluviométrico, vai ao encontro de resultados obtidos por Berlato (1992), que utilizando a metodologia do balanço hídrico climático, conclui que o RS apresenta deficiência hídrica nas estações de primavera e verão, devido à maior demanda evaporativa da atmosfera nesse período.

Os resultados oriundos da metodologia utilizada para obtenção do índice médio mensal de estiagem são coerentes com o diagrama termopluviométrico, elaborado a partir das médias mensais, conforme pode ser constatado na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias da Normal (1961 - 2009), para temperatura (°C), precipitação (mm) e índice médio mensal de estiagem (mm/°C).

Mês	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Índice médio mensal de estiagem (mm/°C)
Janeiro	24,2	119,2	4,93
Fevereiro	23,6	131,3	5,56
Março	22,2	106,7	4,81
Abril	18,8	134,1	7,13
Maio	15,7	111,6	7,13
Junho	13,3	113,8	8,56
Julho	13,1	124,8	9,53
Agosto	14,3	107,7	7,53
Setembro	15,5	128,5	8,29
Outubro	18,1	127,5	7,04
Novembro	20,5	113,4	5,53
Dezembro	22,9	103,3	4,51
Anual	18,5	118,5	6,71

Fonte: Temperatura e Precipitação: FEPAGRO e 8º DISME.

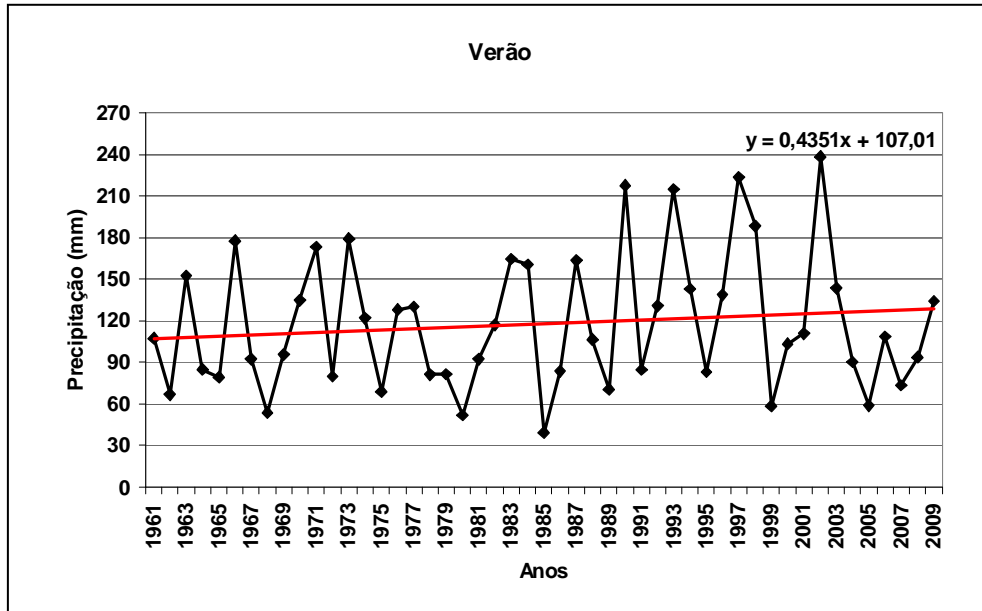
4.4 - Comportamento da precipitação pluviométrica média sazonal

4.4.1 – Verão

A precipitação pluviométrica média da estação no período (1961 – 2009) é 117,9 mm. A linha de tendência apresentou incremento de 0,44 mm ao ano. Observou-se na segunda metade da série histórica (1986 – 2009), aumento na frequência de anos com precipitação pluviométrica acima dos valores médios registrados na primeira metade do período (1961 a 1985). O comportamento da precipitação pluviométrica média na estação de

verão (dezembro, janeiro e fevereiro), e sua linha de tendência para 1961 a 2009 são apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Precipitação média no verão em Bagé e tendência (1961 - 2009).



Analisando os primeiros 25 anos da série histórica (1961 a 1985), verifica-se que os maiores volumes médios de precipitação registrados no verão não ultrapassam 180 mm e sua frequência é bem distribuída. Em contrapartida, a partir da década de noventa, observa-se o registro de cinco anos com precipitação acima de 180 mm (Tabela 3), em um intervalo de doze anos (1990 a 2002).

Tabela 3 - Anos com precipitação pluviométrica média acima de 180 mm e percentual (%) acima da média histórica da estação (117,9 mm).

Ano	1990	1992	1997	1998	2002
mm	217,5	215,0	223,5	188,4	238,1
%	84,4	82,3	89,5	59,8	101,9

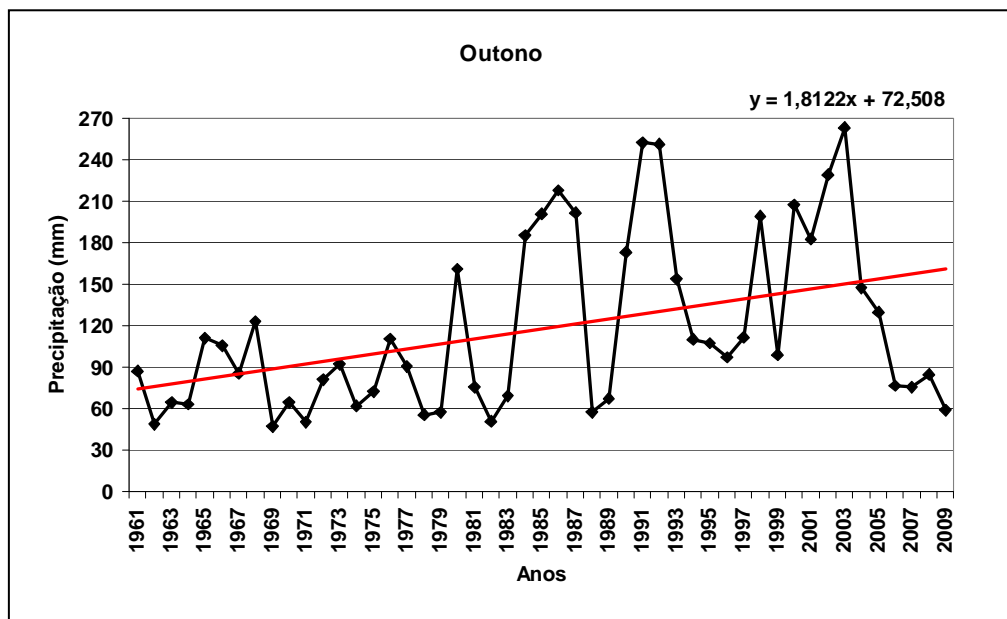
A partir do ano 2003, as médias para o verão voltam a decrescer consideravelmente. Em quatro anos a precipitação média registrada no verão ficou abaixo de

100 mm, sendo que em 2005, ano em que foi registrada uma das mais severas estiagens em Bagé, a média mensal de precipitação da estação foi 58,9 mm.

4.4.2 – Outono

A precipitação pluviométrica média no outono para o período (1961 – 2009) é 117,8 mm, com linha de tendência apresentando incremento de $1,81 \text{ mm a}^{-1}$. Segundo Araújo (1930), o regime de precipitação de Bagé se caracteriza predominantemente por precipitações outonais. É nessa estação que se constatou o maior crescimento de precipitação em comparação a outras estações do ano. O comportamento da precipitação no outono para 1961 a 2009 é verificado através do Gráfico 3.

Gráfico 3 – Precipitação média no outono em Bagé e tendência (1961 - 2009).



Observa-se, a partir de 1980, acentuado incremento de precipitação. Até então os maiores volumes de precipitação são registrados em 1968 (122,86 mm), 1965 (111,26 mm) e 1976 (110,53 mm), prevalecendo acumulados abaixo de 80 mm (Tabela 4). A média de precipitação fica em 77,5 mm para este período (1961 a 1979).

Tabela 4 - Anos com precipitação média no outono abaixo de 80 mm, entre 1961 a 1979.

Ano	1962	1963	1964	1969	1970	1971	1974	1975	1978	1979
mm	48,7	64,4	63,2	46,9	64,6	50,2	61,6	72,5	55,5	57,4

Porém, observou-se nas três últimas décadas, predominância de médias acima de 160 mm, significando um aumento superior a 100% na precipitação em comparação a média do período anterior (Tabela 5).

Tabela 5 - Anos com precipitação média acima de 180 mm e percentual (%) de acréscimo em relação à média mensal no período de 1961 a 1979 (77,5 mm).

Ano	1984	1985	1986	1987	1991	1992	1998	2000	2001	2002	2003
mm	185,4	200,9	218,1	201,8	252,4	251,4	199,3	207,6	182,5	229,4	263,4
%	139	159	181	160	225	223	156	167	135	195	239

Quanto aos anos menos chuvosos ocorridos nas três últimas décadas nesta estação, também apresentaram valores médios superiores aos registrados no período 1961 a 1979. São observados quatro ciclos de precipitação com menor intensidade nas últimas três décadas, conforme Tabela 6.

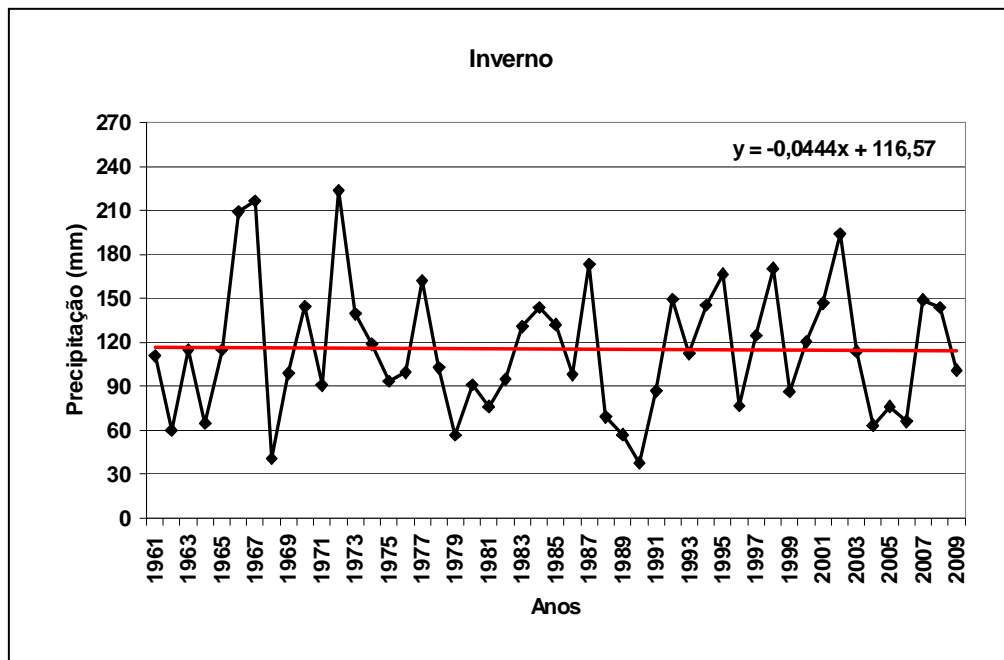
Tabela 6 – Períodos menos chuvosos no outono, ocorridos a partir dos anos 80.

1º ciclo	mm	2º ciclo	mm	3º ciclo	mm	4º ciclo	mm
				1994	110,2	2005	129,7
1981	75,6			1995	107,4	2006	76,8
1982	50,9	1988	57,6	1996	97,1	2007	75,6
1983	69,4	1989	67,3	1997	111,7	2008	84,7
				1999	98,9	2009	59,0

4.4.3 - Inverno

O comportamento da precipitação pluviométrica média no inverno, composto pelos meses junho, julho e agosto, e sua linha de tendência, é verificado no Gráfico 4. A precipitação média da estação para o período é 115,5 mm, apresentando linha de tendência com decréscimo de $0,04 \text{ mm a}^{-1}$.

Gráfico 4 - Precipitação média no inverno em Bagé e tendência (1961 - 2009).



Os maiores acumulados de precipitação foram nos anos 1966 (209,2 mm), 1967 (216,6 mm), 1972 (223,3 mm), 1977 (161,9 mm), 1987 (173,2 mm), 1995 (166,4 mm), 1998 (170,5 mm) e 2002 (193,9 mm). Constatou-se sensível diminuição dos valores acumulados, predominando anos com precipitação média abaixo de 80 mm (Tabela 7).

Tabela 7 – Anos com precipitação pluviométrica média inferior a 80 mm no inverno.

Ano	1962	1964	1968	1979	1981	1988	1989	1990	2004	2005	2006
mm	59,9	65,1	40,6	56,6	76,1	69,3	57,0	37,9	63,4	76,2	66,0

4.4.4 – Primavera

Na primavera foi constatada a maior média de precipitação pluviométrica (123,8 mm) em comparação às demais estações. A estação apresentou tendência de aumento de precipitação, com incremento de $0,43 \text{ mm a}^{-1}$, sendo que as duas maiores médias do período foram registradas na estação, na última década: 2009 (269,2 mm) e 2001 (255,2 mm).

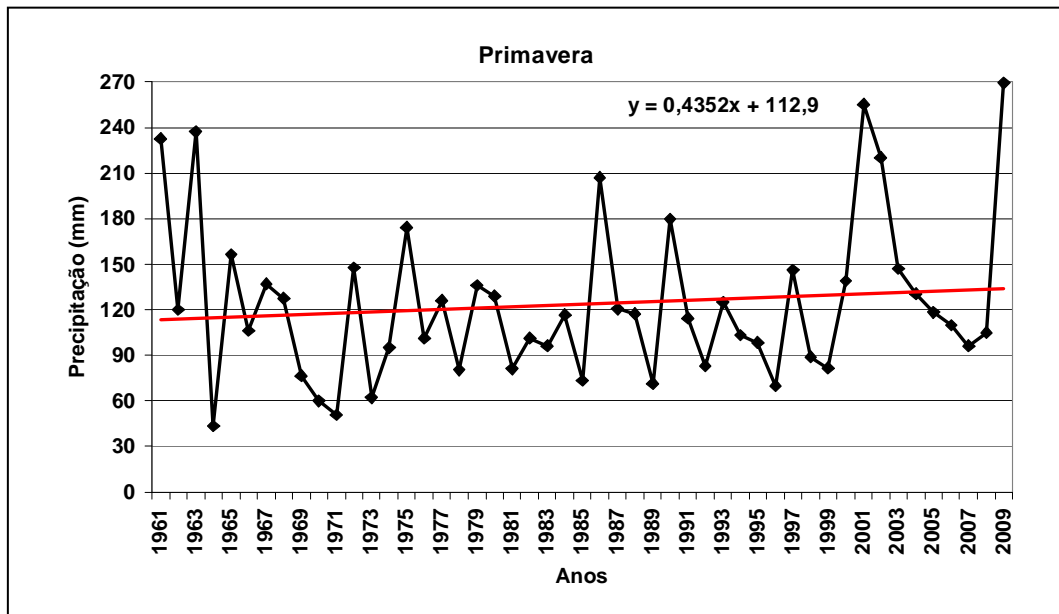
Observa-se maior frequência de anos com registro de precipitação média acima de 150 mm, sendo os menores valores médios registrados no início da série histórica: 1964 (43,5 mm) e 1971 (50,9 mm). Apesar disso, não há incremento significativo de precipitação, porém, observa-se grande variabilidade de um ano para outro, o que pode ser facilmente constatado pela amplitude dos totais acumulados (Tabela 8).

Tabela 8 – Variabilidade de precipitação em relação ao ano anterior e desvio percentual (%) em relação à média da estação (123,8 mm).

Ano	Precipitação (mm)	Desvio ano anterior %	Desvio da média estação %
1961	232,6	-	87,9
1962	119,9	-48,4	3,1
1963	237,2	97,8	91,7
1964	43,5	-81,7	-64,9
1965	156,2	259,1	26,3
1971	50,9	-	-58,9
1972	147,8	190,4	19,4
1973	62,2	-57,9	-49,8
1984	116,7	-	-5,7
1985	73,3	-37,2	-40,8
1986	206,9	182,3	67,1
1987	120,0	-41,8	-2,7
1999	81,6	-	-34,1
2000	138,9	70,2	12,2
2001	255,2	83,7	106,1
2002	220,1	-13,8	77,8
2003	146,9	-66,7	18,7
2008	105,0	-	-15,2
2009	269,3	156,4	117,5

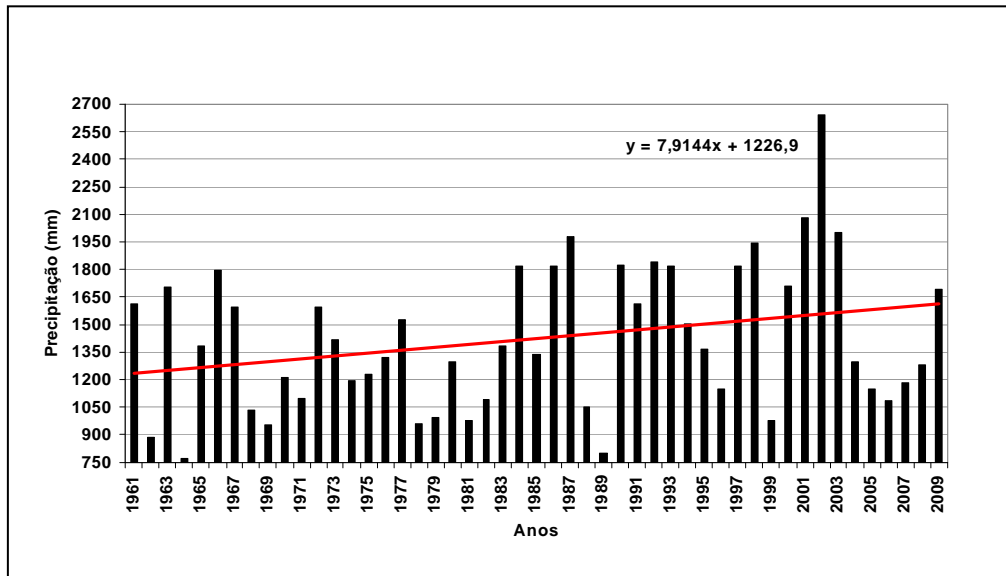
O comportamento da precipitação pluviométrica média na primavera (setembro, outubro e novembro) e respectiva linha de tendência para 1961 a 2009 são verificados no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Precipitação média na primavera em Bagé e tendência (1961 - 2009).



4.5 – Comportamento da precipitação pluviométrica média anual

A precipitação pluviométrica média anual em Bagé entre 1961 e 2009 é 1425 mm, com tendência de aumento nos totais acumulados, com incremento de $7,9 \text{ mm a}^{-1}$. O ano 2002 apresentou o maior valor acumulado, totalizando 2664,8 mm, representando 87% de precipitação acima da média. Em contrapartida, os menores totais de precipitação no período foram registrados em 1964 (769,5 mm) e 1989 (798,9 mm), aproximadamente 55% menor que a precipitação média anual (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Precipitação média acumulada em Bagé e tendência (1961 - 2009).

Observa-se a existência de dois períodos distintos ao longo da série histórica. Nos primeiros vinte e três anos (1961 a 1983), os maiores totais de precipitação registrados ficaram entre 1500 mm e 1800 mm, enquanto nos últimos vinte e seis anos, iniciando em 1984, há a predominância de precipitação acumulada acima de 1800 mm (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9 - Anos com precipitação acumulada anual entre 1500 mm e 1800 mm.

Ano	1961	1963	1966	1967	1972	1977	1991	1994	2000	2009
mm	1613	1706	1795	1595	1597	1526	1615	1506	1711	1690

Tabela 10 - Anos com precipitação média anual acima de 1800 mm e percentual (%) acima da média histórica do período (1425 mm).

Ano	1984	1986	1987	1990	1992	1993	1997	1998	2001	2002	2003
mm	1819	1820	1977	1824	18443	1818	1817	1941	2085	2645	2002
%	27	27	38	28	29	27	27	36	46	85	40

No entanto, observa-se que na última década os valores anuais de precipitação pluviométrica para o município voltaram a apresentar acentuado decréscimo: 2004

(1295,4 mm); 2005 (1149,5 mm); 2006 (1084,3 mm); 2007 (1182,8 mm) e 2008 (1280,9 mm).

Quanto aos menores registros de precipitação anual, estes ocorrem nos primeiros 23 anos da série, totalizando nove anos com valores acumulados abaixo de 1100 mm, enquanto que na segunda metade da série histórica (1984 a 2009), apenas quatro anos apresentam acumulados dessa ordem (Tabela 11).

Tabela 11 - Anos com precipitação média anual abaixo de 1100 mm e percentual (%) abaixo da média histórica do período (1425 mm).

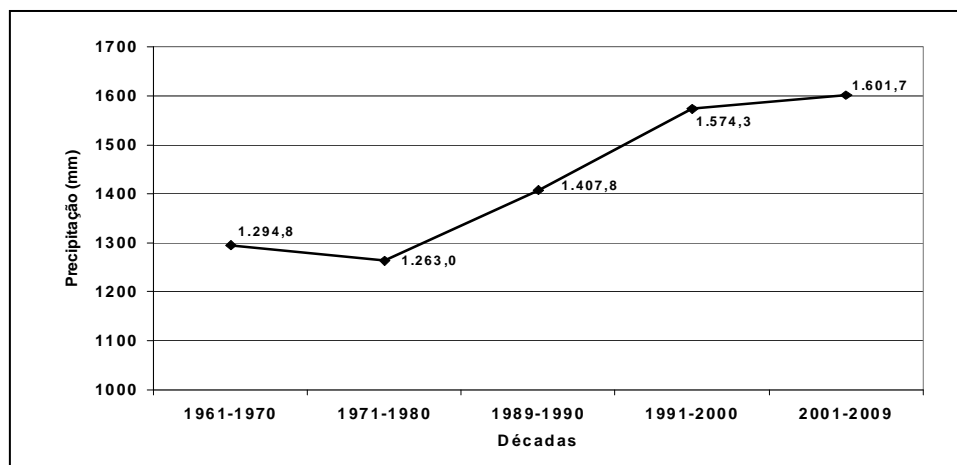
Ano	1962	1964	1968	1969	1971	1978	1979	1981	1982	1988	1989	1999	2006
mm	886	769	1033	953	1096	959	995	975	1092	1051	798	976,3	1084
%	37,8	46	27,4	33,0	23,0	32,6	30,1	31,5	23,3	26,1	43,9	31,4	23,9

4.6 - Comportamento da precipitação pluviométrica média decenal

A análise dos dados referentes ao comportamento da precipitação pluviométrica média decenal evidencia a tendência de aumento da precipitação registrada a partir da década 1981 – 1990 (1407,8 mm), permanecendo até o presente momento.

As médias acumuladas registradas nas décadas 1981 – 1990 (1407,8 mm), 1991 – 2000 (1574,3 mm) e 2001 – 2009 (1601,7 mm) representam acréscimo de 11,5%, 11,8% e 1,7%, respectivamente, de precipitação acumulada em comparação àquela imediatamente anterior.

Gráfico 7 – Precipitação média decenal acumulada em Bagé (1961 - 2009).



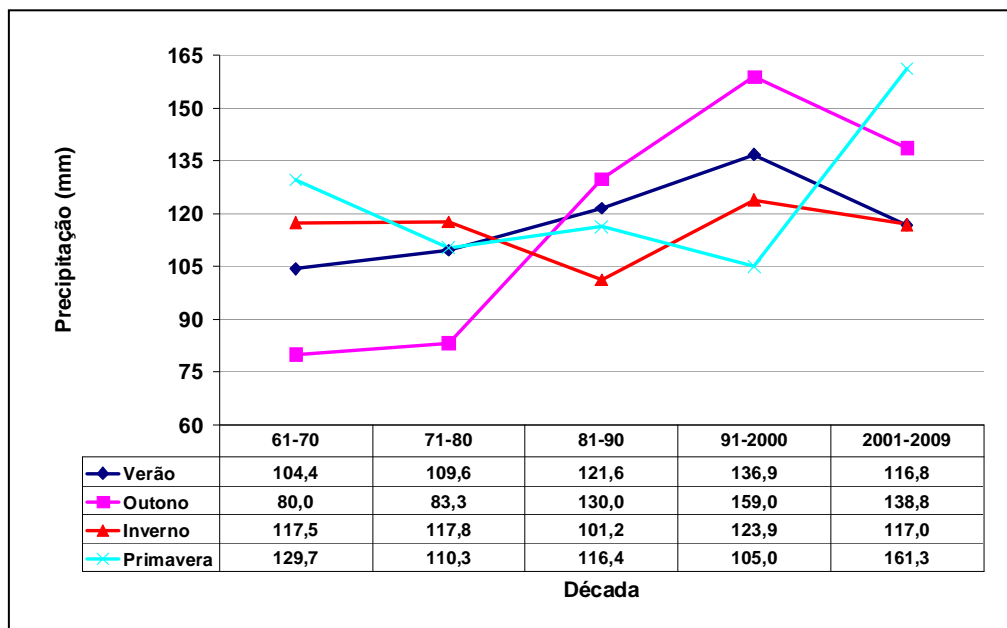
Da mesma forma, a distribuição da precipitação pluviométrica média decenal, por estações do ano, explicita as alterações ocorridas ao longo da série histórica, situando-a temporal e espacialmente.

A década 1971 – 1980 não apresentou variação significativa de precipitação, com exceção da primavera que registrou redução de 15% de precipitação em relação à década anterior. Na década seguinte (1981 – 1990), registrou-se aumento relevante da precipitação para as estações verão (10,9%), outono (56,1%) e primavera (5,5%), com decréscimo apenas para o inverno (-14,1%).

A década de 1991-2000 voltou a registrar aumento da precipitação média, abrangendo as estações verão (12,6%), outono (22,3%) e inverno (22,4%), com redução apenas na primavera (-9,8%). No entanto, observa-se a inversão desse comportamento na última década (2001 – 2009), a qual apresentou forte redução de precipitação para três estações do ano: verão (-14,7%), outono (-12,7%) e inverno (5,6%), e aumento de 53,6% na primavera. Todavia, ressalta-se que os dois maiores totais de precipitação acumulada do período (1961 – 2009) foram registrados nesta estação, na última década.

O gráfico 8 resume as análises efetuadas no item 3.4 – Comportamento da precipitação média sazonal, porém, visualizado a partir das médias decenais.

Gráfico 8 – Distribuição da precipitação média decenal em Bagé (1961 - 2009).



Portanto, verifica-se que o maior incremento de precipitação ocorreu entre 1981 a 2000, principalmente no outono e com menor intensidade no verão. Nesse intervalo, verifica-se pequena redução de precipitação média no inverno (1981 – 1990) e primavera (1991-2000), destacando a inversão de comportamento na década 2001 – 2009, na qual se registra decréscimo de precipitação no verão, outono e inverno, e aumento superior a 50% na primavera.

4.7 – Anomalias de precipitação pluviométrica

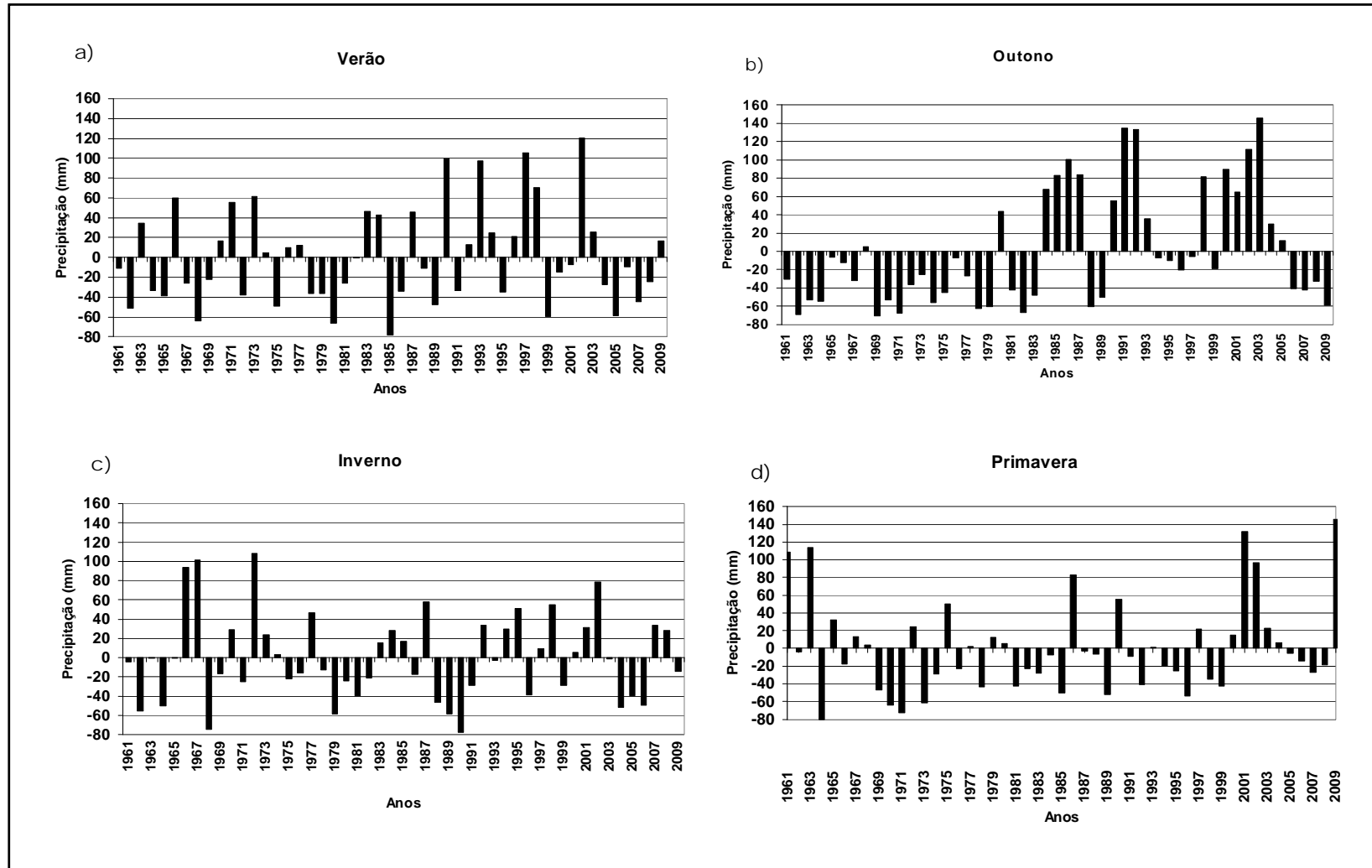
A determinação de anomalias de precipitação é possível através do cálculo que considera a média anual (ou da estação, no caso das anomalias sazonais) menos a média da Normal (1961–2009). Em relação às análises sazonais do comportamento das anomalias, verifica-se predominância de desvios negativos: verão (28 anos), outono (32), inverno (28) e primavera (29). Todavia, salientam-se a maior frequência de desvios positivos de precipitação acentuados.

O verão, ainda que apresente predominância de anomalias negativas (28 anos), registrou, nas últimas duas décadas, desvios positivos significativos (100 mm) em relação à média histórica. Esse comportamento, em menor intensidade, é verificado também na primavera, na qual predominam anomalias negativas, porém, com a ocorrência de desvios positivos muito acentuados.

No outono, observa-se a inversão do comportamento das anomalias negativas para positivas, da primeira para a segunda metade da série histórica. No inverno, porém, observam-se leve redução nos desvios positivos, bem como desvios negativos crescentes. Destaca-se, contudo, para o estudo de estiagens, os resultados registrados na década 2001 – 2009, a qual apresentou, em todas as estações do ano, registro de anomalias negativas.

O gráfico 9 apresenta o comportamento das anomalias sazonais de precipitação pluviométrica em Bagé (1961 – 2009).

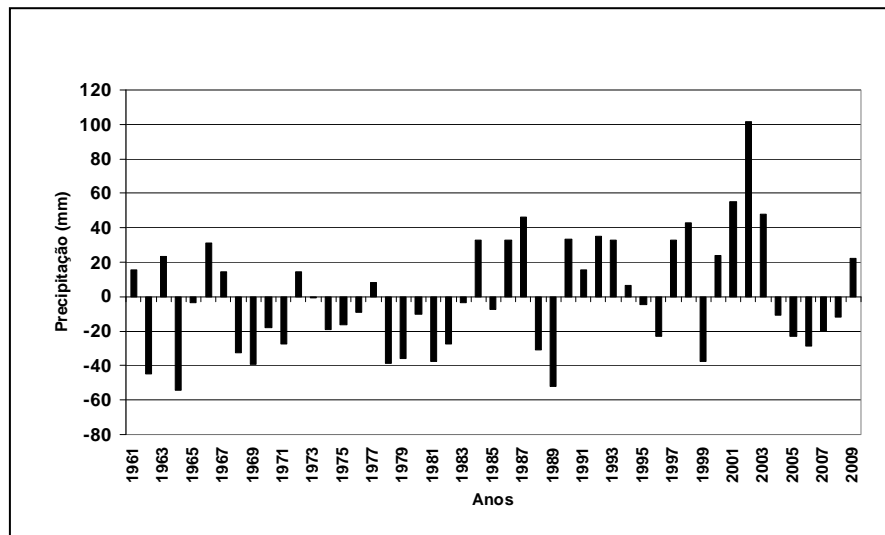
Gráfico 9 – Anomalias de precipitação nas estações de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) em Bagé (1961 – 2009).



Em relação às anomalias anuais, o gráfico demonstra que durante a primeira metade da série histórica (1961 – 1983), a precipitação apresentou desvios negativos (59,3%), caracterizando um clima mais seco, em contraposição à segunda metade da série, que a partir de 1984 se observam significativos desvios positivos, os quais se tornam predominantes, sendo registrados em 55,5% do período 1984 – 2009, caracterizando um clima mais úmido.

Porém, salienta-se o registro de anomalias negativas sucessivas na última década (2004 – 2008), observadas nas análises sazonais e confirmadas na análise anual, pois coincidem com uma década de estiagens no município (Gráfico 10).

Gráfico 10 - Anomalia de precipitação anual em Bagé (1961 - 2009).



Os resultados obtidos estão de acordo com o estudo de Azevedo e Quevedo (2008), no qual avaliaram a tendência de precipitação mensal no período de 90 anos na região de Bagé, verificando a tendência da frequência de eventos extremos de fortes estiagens e grandes excessos, utilizando a metodologia dos coeficientes de correlação e regressão. Segundo os autores, quanto ao comportamento anual, os valores dos coeficientes foram predominantemente positivos, indicando aumento da precipitação. O mês de abril (outono) apresentou forte incremento de chuva acumulada. O verão e a primavera apresentaram pequenos sinais de aumento da precipitação e o inverno um pequeno sinal de diminuição, constituindo um sinal de alerta, tendo em vista que este é o período de maior armazenamento de água, tanto em solo, como em reservatórios.

CAPÍTULO 5

ESTIAGENS EM BAGÉ – RS

5.1 – Apresentação

Este capítulo traz a análise e discussão dos resultados referentes à identificação dos períodos de estiagens em Bagé entre 1961 a 2009, os quais são comparados com as análises do regime de precipitação do município (Capítulo 4), e relacionados com outros trabalhos que abordaram o assunto “estiagens” no RS.

Primeiramente é apresentada a tabela contendo o “índice mensal de estiagem”, a qual foi elaborada a partir da metodologia proposta por Birot (1959), utilizando dados de precipitação pluviométrica em relação à temperatura média, com adaptação para a relação de 6 mm, conforme descrito no Capítulo 3 (metodologia), subitem 3.6.1 (determinação do índice mensal de estiagem).

Em seguida, procede-se à análise comparativa deste índice em relação aos aspectos estudados no Capítulo 4 (Regime de precipitação de Bagé): médias mensais, sazonais, anuais e decenais, além da comparação com as anomalias de precipitação, a fim de verificar a pertinência da aplicabilidade dos mesmos na identificação de períodos com a ocorrência de estiagens.

Por fim, é apresentada uma breve comparação dos meses de estiagens em relação à ocorrência do fenômeno ENOS.

5.2 – Índice mensal de estiagem

A busca por um parâmetro de análise que permitisse caracterizar a suscetibilidade do clima de Bagé quanto à ocorrência de estiagens resultou no que se definiu chamar de “índice mensal de estiagem”. Esse “índice” consiste em outra forma de sistematização dos dados meteorológicos usados na construção do diagrama termopluviométrico, aplicando, todavia, a mesma metodologia deste.

Para a construção do diagrama termopluviométrico, utiliza-se os dados de precipitação e temperatura da Normal (1961 – 2009), ou seja, trabalha-se com valores médios do período. Em contrapartida, a proposta do índice mensal de estiagem é a visualização da relação precipitação absoluta mensal versus temperatura média do respectivo período. Essa metodologia permite verificar períodos do ano considerados secos e úmidos.

A partir disso, foram considerados meses secos todos aqueles que apresentaram índice de precipitação inferior a 6 mm para cada 1°C de temperatura registrada no respectivo mês. Dessa forma, um mesmo valor acumulado de precipitação para diferentes meses ou anos, não responderá, necessariamente, da mesma maneira, tendo em vista estar relacionado à respectiva temperatura média.

5.3 – Identificação de períodos propensos à ocorrência de estiagens

5.3.1 – Análise mensal

Pela análise do índice mensal de estiagem, é possível identificar claramente, não apenas meses secos, como também os períodos contíguos que evidenciam a ocorrência de extensas estiagens. Por essa sistemática foi possível obter o número total de meses secos para cada ano da série, assim como a continuidade de um período de estiagem de um ano para outro (Tabela 12).

Tabela 12 – Índice mensal estiagem para Bagé – RS, no período entre 1961 e 2009.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ocorrência
1961	4,66	4,09	8,95	2,42	1,41	12,58	8,67	2,79	21,54	8,92	7,93	4,56	6
1962	2,19	4,87	2,28	4,38	1,00	3,31	7,12	4,37	14,41	5,26	2,10	1,56	10
1963	10,69	5,65	3,21	2,53	4,16	3,14	11,43	9,30	14,21	19,07	6,26	2,68	6
1964	0,62	4,49	5,04	3,59	0,73	4,84	3,50	7,74	3,30	3,55	1,08	5,92	11
1965	0,79	1,27	5,45	9,21	3,76	4,51	1,72	16,64	14,48	9,52	3,28	8,20	7
1966	3,27	8,75	9,98	3,72	1,40	11,32	20,70	13,73	9,96	6,89	2,92	11,66	4
1967	5,34	4,20	0,91	3,58	8,86	14,01	15,96	17,30	12,53	7,41	2,57	1,90	6
1968	1,01	0,40	10,00	6,16	3,07	3,18	4,10	1,03	10,22	5,65	4,87	5,37	9
1969	4,21	5,81	1,96	0,56	5,03	5,23	8,05	7,97	3,30	4,50	4,84	2,06	10
1970	5,01	5,76	3,78	1,48	4,65	15,74	6,69	9,51	2,53	7,44	0,47	5,97	8
1971	8,57	9,44	1,34	1,30	7,29	8,61	6,86	5,87	2,24	2,61	3,11	4,18	7
1972	3,46	4,84	3,82	3,19	5,68	14,88	15,18	17,36	8,32	10,56	7,00	1,89	6
1973	6,29	13,49	1,63	6,36	7,29	10,09	15,35	6,76	4,00	5,78	1,28	3,10	5
1974	6,34	4,28	2,57	2,54	4,93	7,15	7,11	12,13	9,61	2,61	5,20	5,18	7
1975	4,95	2,41	3,75	1,23	6,62	5,07	6,02	9,44	11,84	3,18	14,67	1,51	7
1976	7,42	3,00	7,52	6,13	4,64	3,74	12,79	6,82	4,42	6,83	6,04	6,05	4
1977	6,67	7,64	0,60	8,88	6,58	9,35	20,49	3,77	4,28	10,00	4,71	1,40	5
1978	4,16	4,60	2,14	2,49	5,25	8,04	12,11	1,87	3,29	5,69	3,77	1,45	10
1979	0,26	1,76	1,59	6,52	1,77	3,37	5,11	3,57	14,90	5,76	4,73	8,81	9
1980	1,66	4,08	10,57	7,97	2,72	13,88	4,75	2,62	1,96	12,01	7,17	0,76	7
1981	5,74	2,38	0,59	3,78	7,13	9,45	6,87	1,59	8,43	1,59	4,19	3,62	8
1982	3,57	7,07	1,22	1,15	6,14	5,70	9,44	5,22	2,61	7,57	6,52	4,70	7
1983	3,83	15,31	0,97	4,01	7,39	6,47	20,92	5,79	7,15	2,13	6,77	1,85	6
1984	7,72	9,53	1,89	10,52	19,55	17,90	12,69	5,07	8,49	7,09	4,26	1,91	4
1985	1,78	1,56	10,81	9,03	11,95	10,70	6,18	11,23	8,48	3,70	0,38	1,49	5
1986	6,02	3,61	10,13	7,74	18,07	3,86	4,56	11,37	6,01	8,78	17,56	0,28	4
1987	10,36	2,34	9,20	12,68	10,82	3,82	14,69	17,60	13,70	3,13	5,39	7,98	4
1988	9,85	2,50	3,84	2,89	2,16	7,48	4,37	4,67	13,84	3,16	4,41	1,03	9
1989	6,05	0,04	3,47	5,24	1,01	0,96	3,79	6,79	5,79	2,65	3,77	2,12	10
1990	1,39	19,09	13,70	6,98	5,79	1,23	6,17	1,74	13,75	5,70	10,32	7,09	5
1991	1,92	0,65	4,64	27,57	6,38	7,80	11,21	0,84	4,00	8,60	6,04	8,10	5
1992	5,64	7,61	4,81	24,19	12,41	13,34	16,70	5,34	8,23	5,49	1,22	3,41	6
1993	12,36	2,36	0,72	4,13	23,19	13,36	11,53	1,58	2,26	8,96	8,28	12,82	5
1994	4,84	8,46	6,41	5,10	5,44	8,66	15,92	7,28	3,68	7,88	2,57	5,08	6
1995	2,08	7,05	5,06	4,54	8,72	7,19	25,14	2,55	7,30	7,94	2,30	1,50	6
1996	9,29	5,49	2,17	11,98	0,57	5,87	1,07	9,72	4,88	5,45	1,68	2,86	9
1997	2,25	13,44	1,88	6,37	10,89	9,83	7,20	8,63	4,11	12,04	7,46	13,60	3
1998	10,46	9,94	7,49	15,07	11,20	16,01	7,05	15,17	6,28	3,19	5,73	4,79	3
1999	2,64	2,87	3,56	8,09	5,22	10,05	6,07	3,78	5,93	7,43	1,20	2,12	8
2000	4,06	4,60	7,30	8,26	20,97	10,49	14,56	4,19	9,61	7,59	7,09	4,74	4
2001	6,69	3,19	6,35	18,08	3,74	16,70	10,19	2,86	22,23	18,53	8,80	4,40	4
2002	10,26	2,88	11,26	17,69	5,31	12,71	12,13	17,64	17,74	13,18	7,48	18,88	2
2003	1,98	10,80	13,09	19,34	11,17	12,49	4,85	8,11	5,50	9,07	9,79	6,08	3
2004	1,98	8,64	0,76	10,86	15,03	4,32	5,57	4,32	9,91	7,24	5,83	1,81	7
2005	3,71	3,03	3,09	9,29	9,43	4,53	4,43	6,35	11,01	12,10	0,77	0,68	7
2006	6,77	2,06	2,98	3,70	7,33	5,86	3,78	4,38	7,07	3,36	8,44	4,76	8
2007	2,82	3,81	5,43	3,51	2,48	13,26	8,21	15,77	3,72	8,50	3,25	2,72	8
2008	3,20	6,82	2,64	5,62	6,54	15,77	7,25	11,36	7,20	5,65	5,67	3,58	6
2009	5,00	6,59	2,93	0,04	7,06	3,93	5,70	13,91	15,56	6,96	22,44	6,94	5
Média	4,94	5,60	4,81	7,18	7,14	8,61	9,43	7,66	8,49	7,10	5,58	4,59	5

Assim, consideraram-se como estiagens todos os meses classificados como secos. Ressalta-se, todavia, a referência conceitual adotada, tratando-se de uma análise com perspectiva climatológica. Obviamente, a ocorrência isolada de um ou dois meses secos, dependendo da estação do ano, talvez não cause maiores impactos socioeconômicos e ambientais ao município.

Silveira e Assis (2002) analisam a ocorrência de dias secos em Pelotas – RS, município localizado na metade sul e distante apenas 180 km de Bagé. Segundo as autoras, as estiagens ou períodos secos que ocorrem nessa região são características de climas subsumidos e úmidos, surgindo em decorrência da falta de precipitação. Esses períodos podem ser longos o suficiente para gerar deficiência hídrica tanto no solo quanto nos sistemas fluviais que abastecem a região.

Buscando averiguar a pertinência da aplicabilidade do índice mensal de estiagem como metodologia para a identificação de estiagens, compararam-se os resultados obtidos com outros trabalhos desenvolvidos abordando o assunto “estiagens”.

A análise comparativa do índice mensal de estiagem mostrou-se satisfatória em relação ao estudo de Berlato (1992), que avaliou a deficiência hídrica decorrente da estiagem de primavera/verão que atingiu o RS nos anos 1978/79 e 1985/86, utilizando a metodologia do balanço hídrico climático (Thornthwaite). Segundo Berlato (1992), houve maior deficiência hídrica na região de Bagé no ano 1978/1979, e maior deficiência hídrica na região de Santa Maria no ano 1985/1986 (Figuras 7a e 7b).

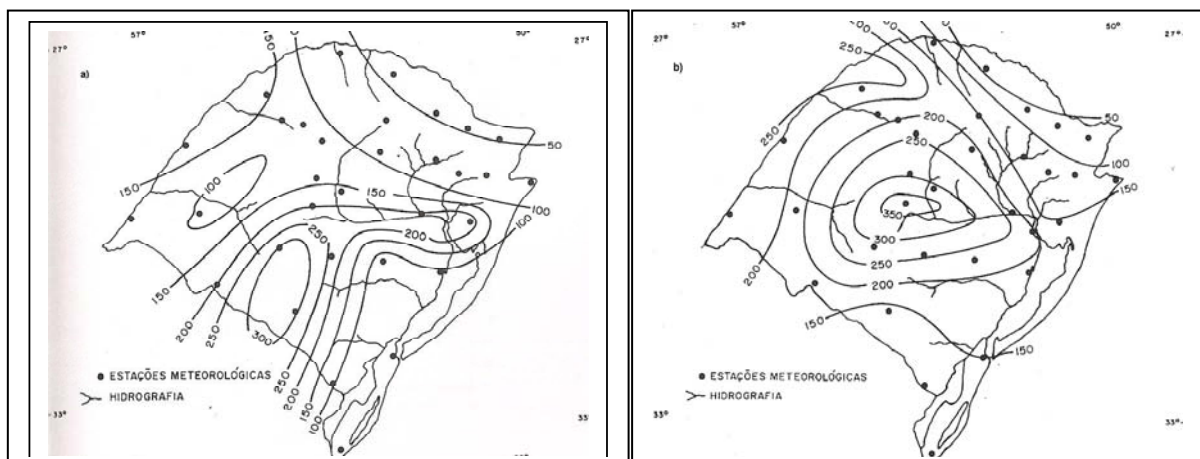


Figura 7 – Deficiência hídrica (mm) ocorrida no ano agrícola: a) 1978/79, b) 1985/86, no RS. Fonte: Berlato (1992).

Analisando os índices médios sazonais de estiagem em Bagé, nestes dois períodos, obtemos 4,25 mm (primavera/78) e 3,40 mm (verão/79); 4,19 mm (primavera/85) e 1,61 mm (verão/86). Pela análise dos índices médios sazonais, a estiagem de 1985/1986 foi mais severa para Bagé, contrariando o resultado de Berlato (1992). Entretanto, analisando os índices mensais de estiagem no período setembro, outubro, novembro (primavera) e dezembro, janeiro e fevereiro (verão) para os dois anos, conclui-se que a estiagem de 1978/79 foi mais severa para Bagé, tendo em vista que todos os meses tiveram precipitação abaixo de 6 mm, confirmando o resultado obtido Berlato (1992).

Nesse mesmo estudo, o autor analisa os rendimentos das safras de soja no RS, no período entre 1969/70 e 1990/91, relacionando-os aos eventos de estiagem. Segundo ele, outros anos atingidos pelo fenômeno foram: 1976/77, 1977/78, 1981/82, 1990/91 (Tabela 13).

Tabela 13 - Aplicação do índice mensal de estiagem (mm/°C) na identificação de estiagens.

Classificação das estiagens	Anos de Estiagem	Índice mensal de precipitação (mm)					
		Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Seco	1977/78	4,28	10,00	4,71	1,40	4,16	4,60
Muito Seco	1978/79	3,29	5,69	3,77	1,45	0,26	1,76
Seco	1981/82	8,43	1,59	4,19	3,62	3,57	7,07
Muito Seco	1985/86	8,48	3,70	0,38	1,49	6,02	3,61
Muito Seco	1987/88	13,70	3,13	5,39	7,98	9,85	2,50
Muito Seco	1990/91	13,75	5,70	10,32	7,09	1,92	0,65

Fonte: Classificação e anos de estiagem: Berlato (1992).

Observa-se que o índice mensal de estiagem demonstra perfeitamente as estiagens ocorridas, sendo importante ressaltar que o estudo feito por Berlato (1992) se refere a todo o Estado do RS.

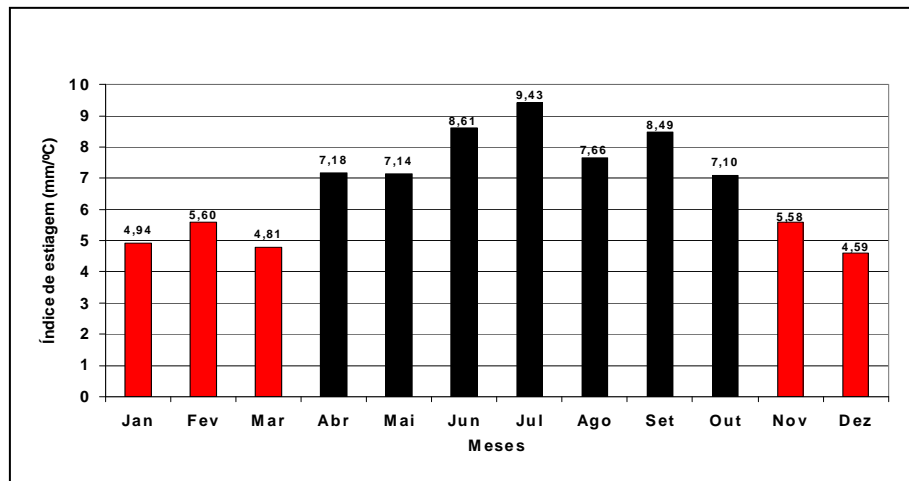
Outro estudo, efetuado por Alves *et al.* (2006), o qual analisa a estiagem ocorrida no RS nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2006, concluiu que a precipitação causada por uma sequência de onze sistemas frontais que atingiram o RS no mês de janeiro, se constituiu em uma trégua à estiagem de verão naquele ano. Comparando os meses citados com os respectivos índices mensais de estiagem, têm-se 6,77 mm (janeiro), 2,06 mm (fevereiro) e 2,98 mm (março), sendo que a estiagem teve início na primavera de 2005, com 0,77 mm em novembro e 0,68 mm em dezembro. Embora o estudo de Alves *et al.* (2006) se

refira ao Estado do RS, pode-se comprovar que os índices mensais de estiagem refletem o mesmo comportamento, com o mês de janeiro ficando com o índice de 6,77 mm (úmido). Nesse mesmo estudo, os autores afirmam que o mês de fevereiro de 2002, 2004 e 2005 no RS apresentou déficit hídrico. Para Bagé, o mês apresentou os índices 2,88 mm (2002), 8,64 mm (2003) e 3,03 mm (2005), mostrando-se, novamente, pertinente quanto a identificação de estiagens.

Leivas *et al.* (2006), avaliaram o risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do RS, concluindo que a região da Campanha apresenta o maior risco para deficiência hídrica, e este risco se concentra no período de outubro (a partir do segundo decêndio) a março.

A aplicação do índice mensal de estiagem para a definição de meses secos e úmidos a partir da Normal (1961 – 2009) apresentou resultado coerente com o diagrama termopluviométrico, identificando uma estação propensa à ocorrência de estiagem, compreendida entre novembro e março, e uma estação úmida, que se estende de abril a outubro (Gráfico 11). O resultado é coerente com os encontrados por Leivas *et. al* (2006).

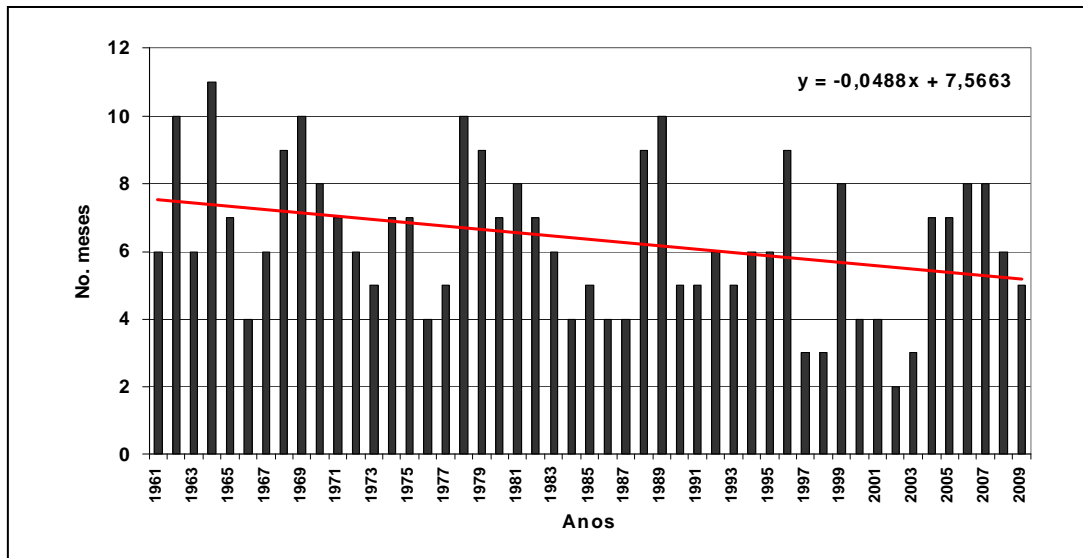
Gráfico 11 – Índice médio mensal de estiagem para Bagé (1961 - 2009).



Através da análise do índice mensal de estiagem foi possível identificar a ocorrência de estiagens, observando-se a existência de dois períodos distintos. O primeiro período (1961 – 1983), composto de 276 meses, apresentou 165 meses com estiagens, equivalendo a 60% do período analisado. O segundo período (1984 – 2009), composto de 312 meses apresentou 146 meses de estiagens, equivalendo a 47% do período.

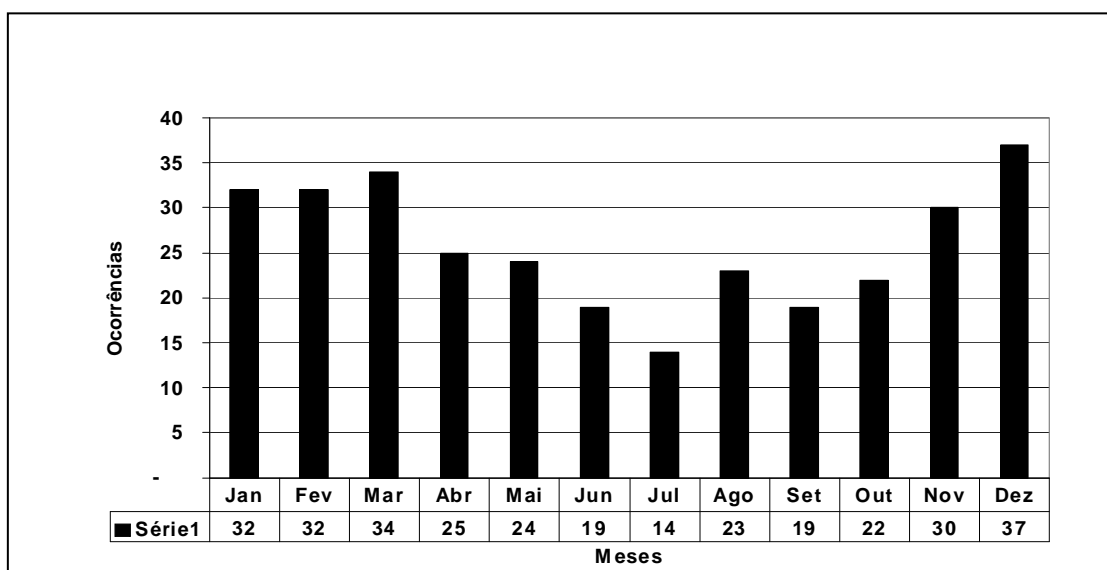
Assim, verifica-se que está ocorrendo diminuição no número de estiagens, conforme ilustra a linha de tendência do Gráfico 12.

Gráfico 12 – Distribuição anual da ocorrência de estiagens em Bagé (1961 – 2009).



A distribuição mensal do número de estiagens entre 1961 e 2009 identifica que o período compreendido entre novembro e março concentra a maior quantidade de ocorrência de estiagens (Gráfico 13).

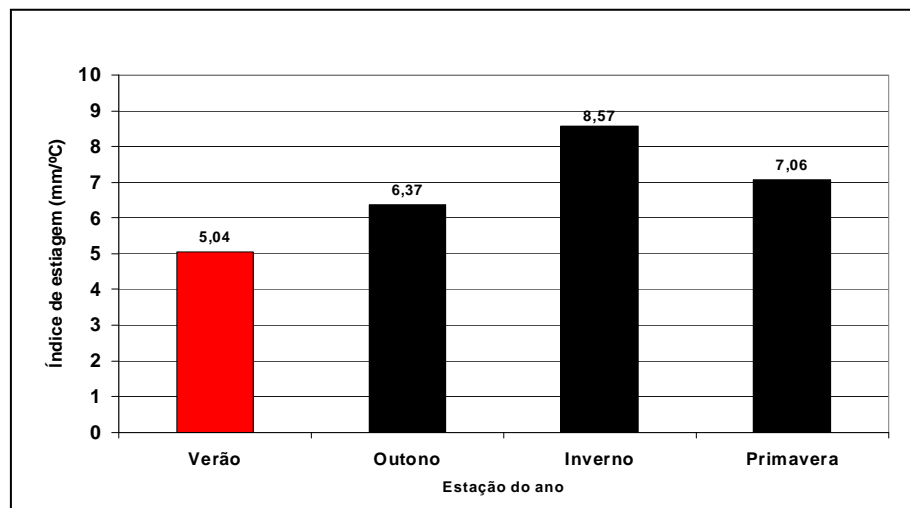
Gráfico 13 – Distribuição mensal da ocorrência de estiagens em Bagé (1961 – 2009).



5.3.2 – Análise sazonal

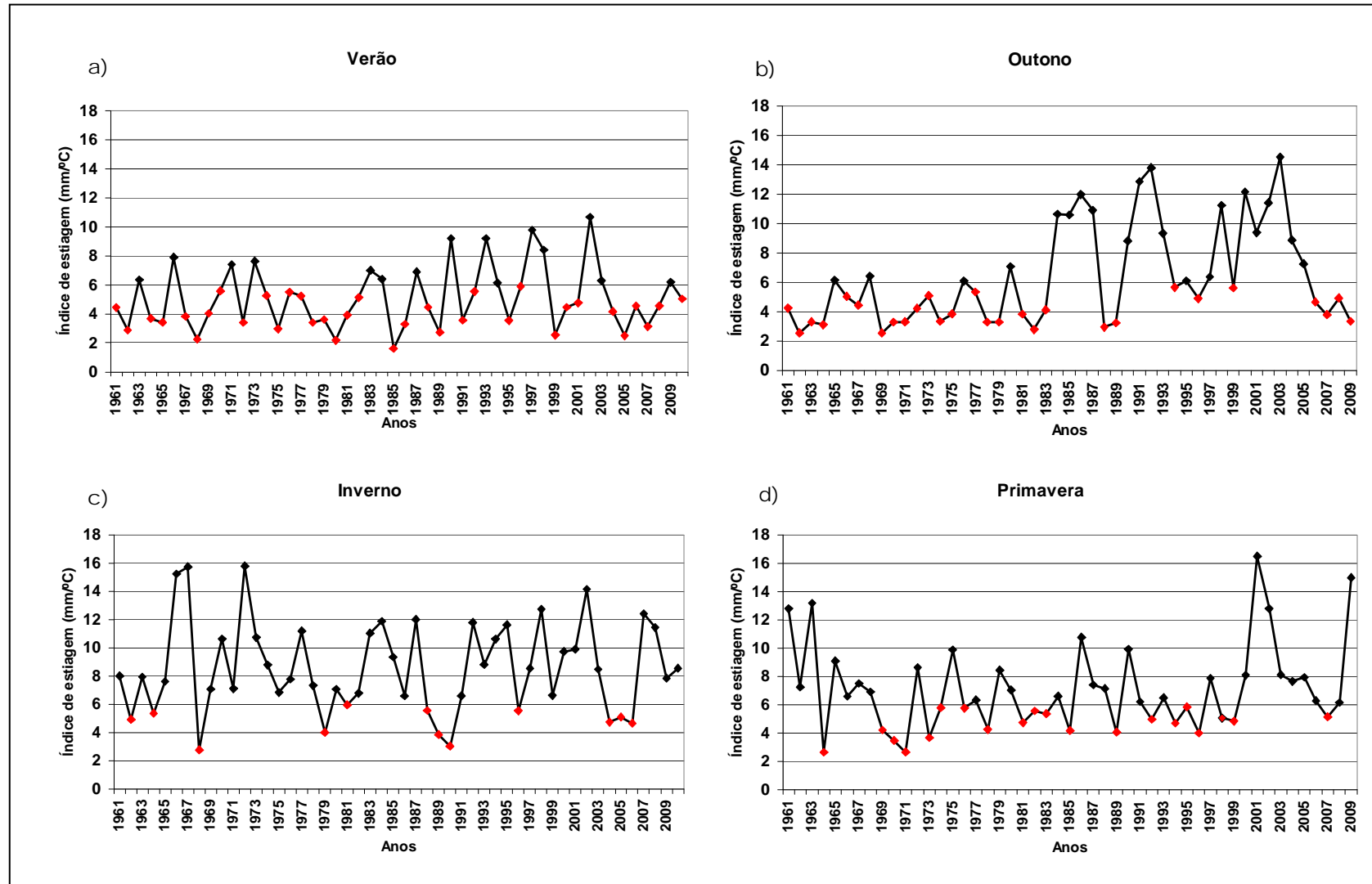
A análise do índice médio sazonal não permitiu caracterizar claramente a ocorrência de períodos propensos à ocorrência de estiagens em Bagé (Gráfico 14). Por este parâmetro de análise, o verão constituiria a única estação do ano considerada como propensa à estiagens, sendo, portanto, desconsiderados os meses de novembro (primavera), e março (outono), identificados anteriormente como meses secos na análise do índice mensal de estiagem.

Gráfico 14 – Índice médio sazonal de estiagem em Bagé (1961 – 2009).



No entanto, a análise índice médio sazonal, ano a ano, permitiu a identificação individualizada de cada estação, possibilitando visualizar os episódios sazonais de estiagens de qualquer ano, entre 1961 e 2009. Para isso, todos os valores abaixo de 6 mm foram classificados como anos em que àquela respectiva estação foi considerada com a ocorrência de estiagem (Gráfico 15).

Gráfico 15 – Índice médio sazonal de estiagem: no verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) para Bagé - RS (1961 – 2009).

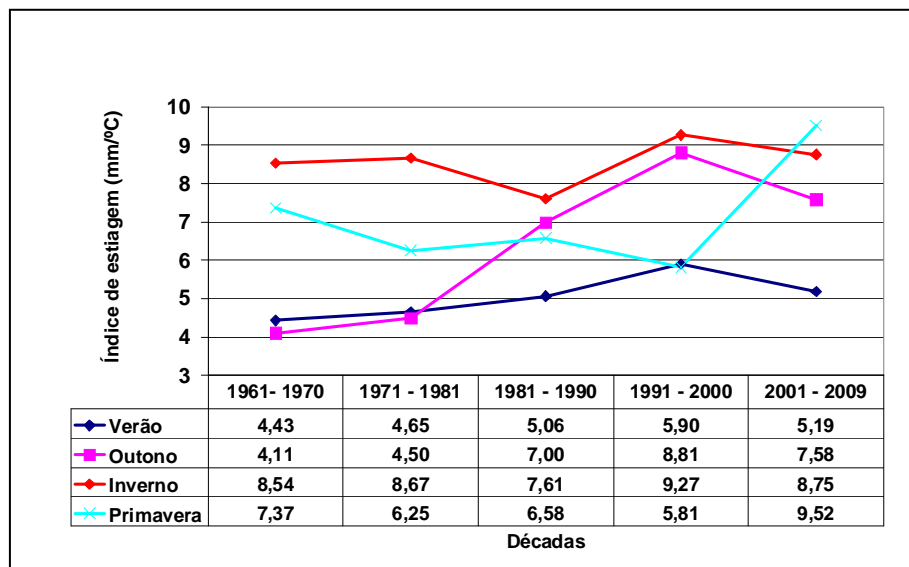


5.3.3 – Análise decenal

A análise do índice médio decenal de estiagem se mostrou pertinente, possibilitando a caracterização de períodos propensos à ocorrência de estiagens, não identificados através da análise do índice médio sazonal da série histórica.

Os índices médios decenais apontaram como períodos propensos à ocorrência de estiagens, além do verão (já caracterizado na análise sazonal), as estações de outono (1961–1970 e 1971–1980), e primavera (1991–2000) [Gráfico 16]. Ressaltamos a importância dessa análise, tendo em vista que a mesma permitiu acompanhar quais as estações do ano propensas a ocorrência de estiagens.

Gráfico 16 – Distribuição do índice médio decenal de estiagem, por estação, para Bagé (1961 - 2009).



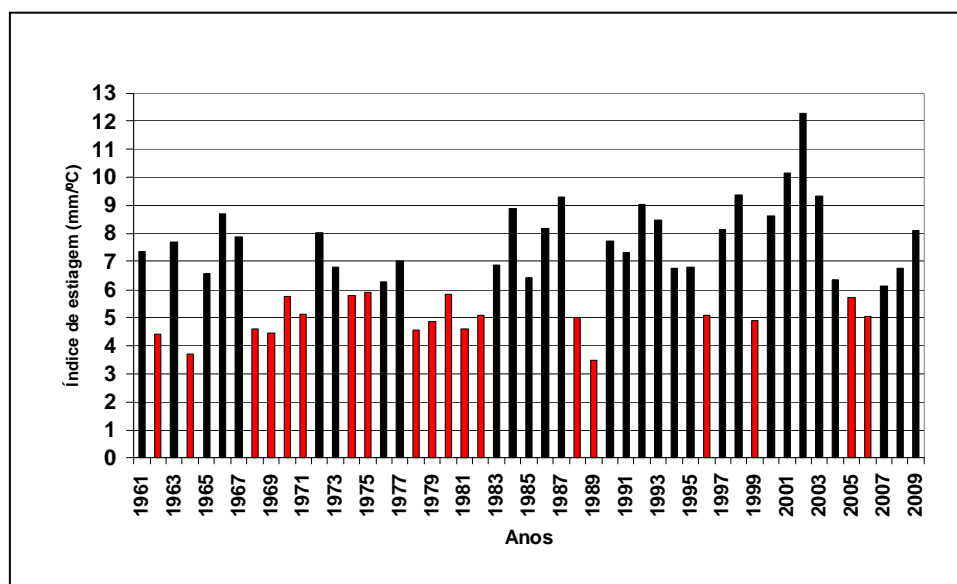
5.3.4 – Análise anual

A interpretação dos índices médios anuais de estiagem classificou como secos dezenove (19) anos do período (1961 – 2009). Os anos 1962, 1964, 1968, 1969, 1970, 1971, 1974, 1975, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1988, 1989, 1996, 1999, 2005 e 2006,

apresentaram índice de precipitação anual inferior a 6 mm. Isso representa 38,8% do período estudado.

Através dessa análise, verifica-se a predominância de anos secos na primeira metade da série histórica (1961 – 1983), totalizando treze (13) anos secos (56,5%), enquanto na segunda metade da série observa-se que a ocorrência é 33,5% menor, com o registro de seis (6) anos secos (Gráfico 17).

Gráfico 17 – Índice médio anual de estiagem em Bagé - RS (1961 - 2009).



Estes números vão ao encontro dos resultados obtidos por Berlato (1992), no qual avalia as condições de precipitação pluviométrica do RS e os impactos de estiagens na produção agrícola, utilizando a metodologia do balanço hídrico climático. Segundo ele, no período 1931 – 1960, 14% dos anos são considerados secos em contrapartida a 10 % de anos chuvosos, porém, na região da Campanha esse percentual chega a 20% de anos secos.

A partir da classificação dos anos secos, procedeu-se à análise destes e suas principais características. Observou-se que todos os anos secos apresentaram anomalias negativas e precipitação anual aproximadamente até 1200 mm, com exceção do ano 1980, com 1300,10 mm a⁻¹. Nesses anos, a quantidade de meses secos foi igual ou superior a sete. Os anos 1962, 1964, 1969 e 1989, que apresentaram 886,10 mm, 796,50 mm, 953,50 mm e

798,90 mm de precipitação anual, respectivamente, são destacados como os quatro anos mais secos do período 1961 – 2009, em Bagé, conforme Tabela 14.

Tabela 14 – Características de anos secos em Bagé – RS (1961 – 2009).

Ano	Classificação	Precipitação anual (mm)	Temperatura média (°C)	Índice de anomalia anual (mm)	Nº. meses secos
1962	Seco	886,10	18,2	-2,36	10
1964	Seco	796,50	17,9	-3,06	11
1968	Seco	1033,90	19,1	-2,17	9
1969	Seco	953,50	18,9	-2,30	10
1970	Seco	1210,10	18,8	-1,01	8
1971	Seco	1096,00	18,2	-1,64	7
1974	Seco	1192,80	18,1	-0,96	7
1975	Seco	1126,20	18,4	-0,87	7
1978	Seco	959,70	18,7	-2,19	10
1979	Seco	995,00	18,2	-1,92	9
1980	Seco	1300,10	18,9	-0,91	7
1981	Seco	975,20	18,8	-2,15	8
1982	Seco	1092,40	18,8	-1,68	7
1988	Seco	1051,80	18,2	-1,74	9
1989	Seco	798,90	19,4	-3,29	10
1996	Seco	1148,00	18,3	-1,68	9
1999	Seco	976,30	18,1	-1,85	8
2005	Seco	1149,50	18,4	-1,06	7
2006	Seco	1084,30	18,4	-1,72	8

Em contrapartida, observou-se que alguns anos classificados como úmidos apresentaram características semelhantes aos anos secos, com índice médio anual de precipitação pouco superior a 6 mm, pequenas anomalias negativas e até seis (6) meses secos (Tabela 15).

Tabela 15 – Características de alguns anos úmidos em Bagé (1961 – 2009).

Ano	Classificação	Precipitação Anual (mm)	Temperatura média (°C)	Índice Anomalia anual (mm)	Nº. meses secos
1965	Úmido	1385,40	18,9	-0,19	7
1973	Úmido	1.419,20	18,2	0,03	5
1983	Úmido	1382,10	18,2	0,12	6
1985	Úmido	1336,70	19,3	-0,32	5
1994	Úmido	1506,10	19,7	0,02	6
1995	Úmido	1365,70	18,5	0,02	6
2004	Úmido	1295,40	17,9	-0,41	7
2007	Úmido	1182,80	18,1	-0,64	8
2008	Úmido	1280,90	17,5	0,01	6

Observa-se, por exemplo, os anos 2007 e 2008, nos quais a Defesa Civil do RS decretou a situação de “Estado de Emergência” no município, em virtude das estiagens registradas, de tal forma que estes anos não devem ser dispensados da análise que busca identificar a ocorrência de estiagens.

5.4 – Comparação da ocorrência de estiagens com o fenômeno ENOS.

Não foi objetivo desse trabalho analisar a influência dos fenômenos ENOS na ocorrência de estiagens em Bagé. Entretanto, buscou-se comparar, superficialmente, a ocorrência simultânea de períodos de estiagens com os eventos de El niño e La niña.

A análise do período 1961 – 2009, totalizando 588 meses, identificou a ocorrência de 311 meses secos, representando 53% da série histórica. Desse período, em 64 meses foram constatadas ocorrências de El niño, representando 21% do período seco, e em 84 meses ocorreram eventos La niña, representando 28% do período seco. A ocorrência simultânea de estiagens e do fenômeno ENOS podem ser visualizados na Tabela 16.

Tabela 16 – Ocorrência de estiagens (negrito) e eventos El niño (vermelho) e La niña (azul).

Ano	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1961	4,56	4,66	4,09	8,95	2,42	1,41	12,58	8,67	2,79	21,54	8,92	7,93
1962	1,56	2,19	4,87	2,28	4,38	1,00	3,31	7,12	4,37	14,41	5,26	2,10
1963	2,68	10,69	5,65	3,21	2,53	4,16	3,14	11,43	9,30	14,21	19,07	6,26
1964	5,92	0,62	4,49	5,04	3,59	0,73	4,84	3,50	7,74	3,30	3,55	1,08
1965	8,20	0,79	1,27	5,45	9,21	3,76	4,51	1,72	16,64	14,48	9,52	3,28
1966	11,66	3,27	8,75	9,98	3,72	1,40	11,32	20,70	13,73	9,96	6,89	2,92
1967	1,90	5,34	4,20	0,91	3,58	8,86	14,01	15,96	17,30	12,53	7,41	2,57
1968	5,37	1,01	0,40	10,00	6,16	3,07	3,18	4,10	1,03	10,22	5,65	4,87
1969	2,06	4,21	5,81	1,96	0,56	5,03	5,23	8,05	7,97	3,30	4,50	4,84
1970	5,97	5,01	5,76	3,78	1,48	4,65	15,74	6,69	9,51	2,53	7,44	0,47
1971	4,18	8,57	9,44	1,34	1,30	7,29	8,61	6,86	5,87	2,24	2,61	3,11
1972	1,89	3,46	4,84	3,82	3,19	5,68	14,88	15,18	17,36	8,32	10,56	7,00
1973	3,10	6,29	13,49	1,63	6,36	7,29	10,09	15,35	6,76	4,00	5,78	1,28
1974	5,18	6,34	4,28	2,57	2,54	4,93	7,15	7,11	12,13	9,61	2,61	5,20
1975	1,51	4,95	2,41	3,75	1,23	6,62	5,07	6,02	9,44	11,84	3,18	14,67
1976	6,05	7,42	3,00	7,52	6,13	4,64	3,74	12,79	6,82	4,42	6,83	6,04
1977	1,40	6,67	7,64	0,60	8,88	6,58	9,35	20,49	3,77	4,28	10,00	4,71
1978	1,45	4,16	4,60	2,14	2,49	5,25	8,04	12,11	1,87	3,29	5,69	3,77
1979	8,81	0,26	1,76	1,59	6,52	1,77	3,37	5,11	3,57	14,90	5,76	4,73
1980	0,76	1,66	4,08	10,57	7,97	2,72	13,88	4,75	2,62	1,96	12,01	7,17
1981	3,62	5,74	2,38	0,59	3,78	7,13	9,45	6,87	1,59	8,43	1,59	4,19
1982	4,70	3,57	7,07	1,22	1,15	6,14	5,70	9,44	5,22	2,61	7,57	6,52
1983	1,85	3,83	15,31	0,97	4,01	7,39	6,47	20,92	5,79	7,15	2,13	6,77
1984	1,91	7,72	9,53	1,89	10,52	19,55	17,90	12,69	5,07	8,49	7,09	4,26
1985	1,49	1,78	1,56	10,81	9,03	11,95	10,70	6,18	11,23	8,48	3,70	0,38
1986	0,28	6,02	3,61	10,13	7,74	18,07	3,86	4,56	11,37	6,01	8,78	17,56
1987	7,98	10,36	2,34	9,20	12,68	10,82	3,82	14,69	17,60	13,70	3,13	5,39
1988	1,03	9,85	2,50	3,84	2,89	2,16	7,48	4,37	4,67	13,84	3,16	4,41
1989	2,12	6,05	0,04	3,47	5,24	1,01	0,96	3,79	6,79	5,79	2,65	3,77
1990	7,09	1,39	19,09	13,70	6,98	5,79	1,23	6,17	1,74	13,75	5,70	10,32
1991	8,10	1,92	0,65	4,64	27,57	6,38	7,80	11,21	0,84	4,00	8,60	6,04
1992	3,41	5,64	7,61	4,81	24,19	12,41	13,34	16,70	5,34	8,23	5,49	1,22
1993	12,82	12,36	2,36	0,72	4,13	23,19	13,36	11,53	1,58	2,26	8,96	8,28
1994	5,08	4,84	8,46	6,41	5,10	5,44	8,66	15,92	7,28	3,68	7,88	2,57
1995	1,50	2,08	7,05	5,06	4,54	8,72	7,19	25,14	2,55	7,30	7,94	2,30
1996	2,86	9,29	5,49	2,17	11,98	0,57	5,87	1,07	9,72	4,88	5,45	1,68
1997	13,60	2,25	13,44	1,88	6,37	10,89	9,83	7,20	8,63	4,11	12,04	7,46
1998	4,79	10,46	9,94	7,49	15,07	11,20	16,01	7,05	15,17	6,28	3,19	5,73
1999	2,12	2,64	2,87	3,56	8,09	5,22	10,05	6,07	3,78	5,93	7,43	1,20
2000	4,74	4,06	4,60	7,30	8,26	20,97	10,49	14,56	4,19	9,61	7,59	7,09
2001	4,40	6,69	3,19	6,35	18,08	3,74	16,70	10,19	2,86	22,23	18,53	8,80
2002	18,88	10,26	2,88	11,26	17,69	5,31	12,71	12,13	17,64	17,74	13,18	7,48
2003	6,08	1,98	10,80	13,09	19,34	11,17	12,49	4,85	8,11	5,50	9,07	9,79
2004	1,81	1,98	8,64	0,76	10,86	15,03	4,32	5,57	4,32	9,91	7,24	5,83
2005	0,68	3,71	3,03	3,09	9,29	9,43	4,53	4,43	6,35	11,01	12,10	0,77
2006	4,76	6,77	2,06	2,98	3,70	7,33	5,86	3,78	4,38	7,07	3,36	8,44
2007	2,72	2,82	3,81	5,43	3,51	2,48	13,26	8,21	15,77	3,72	8,50	3,25
2008	3,58	3,20	6,82	2,64	5,62	6,54	15,77	7,25	11,36	7,20	5,65	5,67
2009	6,94	5,00	6,59	2,93	0,04	7,06	3,93	5,70	13,91	15,56	6,96	22,44

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

6.1 – Considerações finais

A ocorrência de estiagens no município de Bagé, Rio Grande do Sul, no período entre 1961 e 2009 foi investigada nesse trabalho. Também foi analisado o comportamento do regime de precipitação do município, sendo, posteriormente, discutida e analisada a pertinência da aplicação de uma metodologia para a identificação da ocorrência de estiagens.

A média anual da precipitação pluviométrica entre 1961 e 2009 é 1425 mm, com tendência de aumento de 7,9 mm a⁻¹. A série histórica (1961 – 2009) pode ser dividida em dois períodos: 1º período (1961 – 1983), com precipitações variando entre 1500 mm a 1800 mm, e 2º período (1984 – 2009), com precipitações acima de 1800 mm. As décadas 1981 – 1990 e 1991 - 2000 apresentaram o maior incremento na precipitação, com desvios de 11,5% e 11,8%, respectivamente, em relação à década imediatamente anterior.

A precipitação pluviométrica em Bagé é bem distribuída durante todos os meses do ano. No entanto, a relação entre precipitação e temperatura permitiu identificar a presença de uma estação úmida, entre abril e outubro, e uma estação propensa à ocorrência de estiagens, entre novembro e março. Os meses com maiores totais de precipitação (abril: 134,1 mm; fevereiro: 131,3 mm; setembro: 128,5 mm e outubro: 127 mm), não são, necessariamente, os mais úmidos (julho: 9,53 mm; junho: 8,56 mm; setembro: 8,29 mm; agosto: 7,53 mm). O mesmo comportamento aconteceu com os meses de menor precipitação (dezembro: 103,3 mm; março: 106,7 mm; agosto: 107,7 mm; maio: 111,6 mm) em relação aos meses menos úmidos (dezembro: 4,51 mm; março: 4,81 mm; janeiro: 4,93 mm e

novembro: 5,53 mm), embora, neste caso, a relação seja coerente quanto aos dois meses mais críticos (dezembro e março).

Na análise das médias sazonais, anuais, decenais e das anomalias de precipitação constatou-se, a partir da década de 1981 – 1990, um aumento significativo das precipitações, distribuídas no outono ($1,81 \text{ mm a}^{-1}$), verão ($0,44 \text{ mm a}^{-1}$) e primavera ($0,43 \text{ mm a}^{-1}$), e leve tendência de diminuição no inverno ($-0,04 \text{ mm a}^{-1}$), indicando mudanças no regime de precipitação de Bagé.

Na análise das anomalias de precipitação verificou-se uma inversão nas anomalias, onde anomalias negativas passaram a ser positivas, principalmente no verão, outono e primavera.

A metodologia proposta para a identificação de períodos secos e úmidos é resultado de uma adaptação da proposta de Birot (1959), sistematizada mensalmente e anualmente, resultando no “índice mensal estiagem”, que evidenciou o comportamento da precipitação pluviométrica em relação à temperatura, possibilitando classificar os meses em secos, úmidos e identificar a ocorrência de estiagens. Constatou-se que dos 49 anos de estudo, 19 anos são classificados como secos, nos quais as estiagens predominaram em pelo menos 7 meses, representando 38,8% do período estudado. A ocorrência de anos secos predominou na primeira metade da série histórica (1961 – 1983), totalizando 13 anos (56,5%), enquanto que na segunda metade da série se observou que a ocorrência é 33,5% menor, com o registro de apenas 6 anos.

Pela análise do índice mensal de estiagem, composta de 588 meses, foram identificados 311 meses com ocorrência de estiagens, o que representa 53% do período. A análise mensal corrobora com os dados obtidos pela análise anual, pois se verifica que o primeiro período apresentou estiagens em 166 dos 276 meses, o que representa 60% do período. Em contrapartida, o segundo período apresentou estiagens em 146 dos 312 meses, representando 47% do período analisado.

As estiagens estiveram distribuídas nas quatro estações da seguinte forma: verão (38 anos); outono (28 anos), primavera (20 anos) e inverno (12 anos). Cabe ressaltar que no outono as estiagens se concentraram no primeiro período da série (1961 – 1983), com a ocorrência em 16 anos, diminuindo para 12 anos no segundo período.

A análise da ocorrência de estiagens com o fenômeno ENOS constatou que o mesmo esteve presente em 156 meses, o que representa 47,5% das estiagens, sendo 21% em eventos El niño e 28% em eventos La niña.

Sendo assim, mediante as análises e comparações realizadas no comportamento da precipitação pluviométrica em Bagé, conclui-se que não houve aumento no número de ocorrência de estiagens, havendo, pelo contrário, tendência de redução do número de eventos, ao mesmo tempo em que se verificou o aumento das precipitações. Isso demonstra que as causas dos sucessivos e longos racionamentos de água que são estabelecidos no município não devem estar associadas diretamente à falta de precipitação.

6.2 – Sugestões de trabalhos futuros

Sugere-se investigar a tendência de redução no número de estiagens observada a partir da década de 80. Um estudo de precipitação diária permitiria verificar a distribuição desse incremento de precipitação pluviométrica no município, bem como se essa precipitação pluviométrica está associada a eventos extremos.

Propõe-se que novos estudos investiguem outros aspectos que possam estar interferindo no abastecimento de água do município, como por exemplo, a insuficiência da rede de captação e armazenamento de água e o gerenciamento do uso através dos comitês de Bacias.

Além disso, um estudo que investigue a influência do fenômeno ENOS na ocorrência de estiagens, correlacionando estatisticamente à ocorrência simultânea desses fenômenos, poderia permitir a observação de ciclos, contribuindo para o planejamento dos setores da economia e dos Gestores Públicos.

REFERÊNCIAS

Alves, E.G.P; Pinheiro, G.C.; Diniz, G.B. 2006. Estudo da estiagem no Rio Grande do Sul no verão de 2006. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Disponível em <www.cbmet.com>. Acesso em: 24/06/2010

Araújo, L. C. 1930. **Memória Sobre o Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. 100 p.

Azevedo, H.B; Quevedo, J.R.M. 2008. Análise temporal da chuva mensal na região de Bagé – RS. **XIVI Congresso de Iniciação Científica e X Encontro de Pós-Graduação**, Pelotas, RS. Disponível em: <www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CE/CE_00634.pdf>. Acesso em: 24/06/2010.

Ayoade, J.O. 2002: **Introdução à climatologia para os trópicos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 332 p.

Barry, R. G.; Carleton, A. M. 2001. **Synoptic and Dynamic Climatology**. London, Routledge, 620 p.

Barry, R.G.; Chorley, R.J. 1978. **Atmósfera, Tiempo y Clima**. 2ª.ed. Barcelona: Omega. 395p.

Barbieri, D. W.; Ferreira, C. C.; Saito, S. M.; Sausen, T. M.; Hansen, M. A. F. 2009. Relação entre os desastres naturais e as anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, **Anais**, p. 3527-3534.

Bergamaschi, H.1999. **Estratégias para reduzir riscos por estiagens**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 6 p. Disponível em: <www.cnpt.embrapa.br/semin.html>. Acesso em 19/04/2010.

Berlato, M. A. 1992. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: Bergamaschi, H. (coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. Universidade (UFRGS). 124 p.

Berlato, M. A.; Fontana, D.C. 2003. 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, Editora da UFRGS. 110 p.

Berlato, M.A. 2005. **A estiagem 2004–2005. Relatório**. Disponível em <www.agrometeorologia.rs.gov.br/uploads/1184350382A_Estiagem_2004_2005_Relatorio_.pdf>. Acesso em 19/04/2010.

Berlato, M. A.; Cordeiro, A. P. A. 2005. Variabilidade climática e agricultura do Rio Grande do Sul. In: Federação dos Clubes de Integração e Troca de Experiência - FEDERACITEa. (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.

Birot, P. **Précis de Géographie Physique Générale**. Paris : Librairie Armand Colin, 1959. 403p.

BRASIL, 2003. **Glossário da Defesa Civil: Estudos de riscos e medicina de desastres**. Org.: Castro, A.L.C. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília, DF. Disponível em: <www.defesacivil.rs.gov.br>. Acesso em: 04/05/2010.

BRASIL, 2003. **Manual de desastres naturais**. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília, DF. Disponível em: <www.defesacivil.rs.gov.br>. Acesso em: 04/05/2010.

Campos, J.N.B.; Neto, J.T.V. Martins, E.S. 1997. Vulnerabilidade de sistemas hídricos: um estudo de caso. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 2, n^o 1, jun.

Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO). 2010. Apresenta banco de dados, gráficos, textos. Disponível em <www.ciiagro.sp.gov.br/def_6.html> Acesso em 25/06/2010.

Cunha, G. R. da; Pires, J. L. F; Fernandes, J. M. C.; Dal Ponte, E.; Pasinato, A. 2004. **Construindo a necessária capacidade de lidar com as mudanças climáticas globais e respectivos impactos em agricultura e na alimentação**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 6 p. Disponível em: <www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do35.htm>. Acesso em 19/05/2010.

Departamento de Água e Esgotos de Bagé (DAEB). 2010. Notícias. Disponível em: <www.daeb.bage.rs.gov.br>. Acesso em 25/06/2010.

Favero, E. 2006. **A seca na vida das famílias rurais de Frederico Westphalen – RS**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Curso de Pós-Graduação em Extensão Rural, área de concentração em Desenvolvimento Rural. Santa Maria, RS, 136 p.

Ferraz, S. E. T.; Pampuch, L.; Foss, M.; Cera, J. C. 2006. Climatologia da precipitação na região central do Rio Grande do Sul e possíveis mudanças no regime de precipitação. **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Florianópolis, Anais... Disponível em <www.cbmet.com>. Acesso em 19/05/2010.

Ferreira, M.E. 2007. **Estiagens no Estado do Paraná 1971 – 2004**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências da Terra. Curso de Pós-Graduação em Geografia. Curitiba. 162 p.

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO). Apresenta: Textos, boletins, banco de dados. Disponível em: <www.fepagro.rs.gov.br>. Acessos em abril e maio de 2010.

García, N. O. 1994. **Elementos de Climatologia**. Universidade Nacional Del Litoral: Santa Fé. Colección Ciência y Técnica, vol. 6, p. 213-280.

Grimm, A. M.; Togatlian, I. M. 2002. Relação entre eventos el niño/la niña e frequência de ocorrência de extremos frios e quentes de temperatura no Cone Sul da América do Sul. **XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Foz de Iguaçu - PR. P. 1192- 1197. Disponível em: <www.cbmet.com>. Acesso em 23/06/2010.

Gonçalves, E.F.; Moller, G.S.F.; Rudorff, F. M. 2004. Distribuição dos desastres naturais no Estado de Santa Catarina: estiagem (1980 – 2003). In: I Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC. Disponível em: <www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden>. Acesso em: 23/06/2010.

Ilha, A. S. A.; Dutra, F.; Saraiva, L.S. H. B. 2002. **Desigualdades regionais no Rio Grande do Sul: O caso da metade sul**. In: I Encontro de Economia Gaúcha, 2002. Porto Alegre, RS. Disponível em: <www.fee.tche.br/sitefee/download/eeg/1/mesa_3_ilha_alves_saravia.pdf> Acesso em 19/05/2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Apresenta: Banco de dados, gráficos, mapas e textos. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 21/04/2010.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Apresenta: Banco de dados, gráficos, mapas e textos. Disponível em <www.inmet.gov.br>. Acesso em março, abril, maio, junho.

Jacóbsen, L.O. 2002. **Efeitos associados a El Niño e La niña na vegetação do Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. 112 p. Disponível em:

Leivas, J. F.; Berlatto, M.A.; Fontana, D.C. 2006. Risco de deficiência hídrica decenal na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n.2, p. 397-407. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a22.pdf>. Acesso em 14/06/2010.

Livi, F.P. 2006. Elementos do Clima: o contraste de tempos frios e quentes. In: MENEGAT, Rualdo *et al.* **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 256 p.

Machado, F. P. 1950. **Contribuição ao Estudo do Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia. 91 p.

Maluf, J.R.T.; Caiaffo, M.R.R. 2001: Regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. In: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, III Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, **Anais...**, Fortaleza. Água e agrometeorologia no novo milênio. p.151-152.

Marinha do Brasil. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Apresenta: Banco de dados. Disponível em <www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/index.htm>. Acesso em 30/06/2010.

Mendonça, F.; Danni-Oliveira, I.M. 2007. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 206 p.

Monteiro, C.A.F. 1963. **Clima: In: Grande Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 4, pt. 1, p. 117 – 158.

Moreno. J.A. 1961. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul. 30 p.

Mota, F. S.; Agendes, M. O. O. 1986. **Clima e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Sagra. 151 p.

Mota, F. S. 2000. Influência dos fenômenos El nino e La nina sobre o rendimento do arroz Irrigado na região de pelotas (RS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n.2,21-24. Disponível em: <www.rbmet.org.br/port/revista/revista_artigo.php?id_artigo=521>. Acesso em 23/06/2010.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). National Weather Service. Climate Prediction Center. Apresenta: Banco de dados. Disponível em <www.cpc.noaa.gov/products/analysis>. Acesso em 03/07/2010.

Nimer, E. 1977: Clima. In: **Geografia do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE/SERGRAF. v.5. p. 35-79.

Nimer, E. 1989: **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE. 422 p.

Nimer, E. 1990: Clima. In: **Geografia do Brasil – Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE. Vol 2. p. 151-187.

Oliveira, G.S. 1999. **O El niño e você: o fenômeno climático**. São José dos Campos, SP. Transtec. 116 p.

Pereira, R. A.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. 2002. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária. 478 p.

Prefeitura Municipal de Bagé. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental**. Disponível em: <www.bage.rs.gov.br/pddua>. Acesso em 30/06/2010.

Selborne, L. 2001. **A ética do uso da água doce: um levantamento**. Brasília: UNESCO. 80 p.

Smania, T.M. 2009. **A sazonalidade da chuva em Brasília - DF**. Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS – BR. 35 p.

Strahler, A.N.; Strahler, A. H. 1989. **Geografía Física**. Barcelona: Ed. Omega. 550 p.

Strahler, A.N.; Strahler, A. H. 2002. **Physical Geography Science and Systems of the Human Environment**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons. 748 p.

Silveira, V. P.; Assis, S. V. 2002. **Ocorrências de períodos secos em Pelotas, RS**. Disponível em: <www.cbmet.com/cbm-files/12-99a72820acc969f4328fcc2302d72f54.pdf>. Acesso em 24/06/2010.

Tubelis, A.; Nascimento, F.J.L. 1980. **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. 1ª ed. São Paulo: Nobel. 374 p.

UNESCO. 2006. **Relatório do Desenvolvimento Humano: A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água.** Disponível em: <www.pnud.org.br/rdh/>. Acesso em: 18/06/2010.

Viana, D. R. 2006. **Avaliação da precipitação e desastres naturais associados a complexos convectivos de mesoescala no Rio Grande do Sul entre outubro e dezembro de 2003.** Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS – BR, 121 p.

WMO. **World Meteorological Organization.** Disponível em: <<http://www.wmo.ch>>. Acesso em: 30/06/2010.



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ALUNO: Mirian Rejane Machado da Silva

Composição da Banca Examinadora:

- 1º) Prof. Orientador: Prof. Francisco Eliseu Aquino
- 2º) Prof. Examinador: Prof. Fernando Pohlmann Livi
- 3º) Prof. Examinador: Profa. Eliana Lima da Fonseca

Título do Trabalho de Graduação:

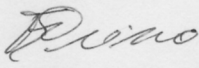
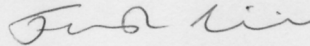
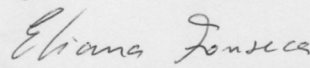
“IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ESTIAGENS EM
BAGÉ (RS) ENTRE 1961 - 2009”

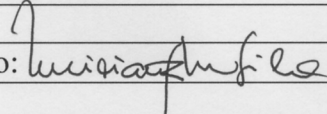
Data da Defesa do TG: 15 / 07 / 2010

Parecer da Comissão Examinadora:

A aluna cumpriu os requisitos de um Trabalho de Graduação II. Tendo sido clara na definição dos objetivos, na escolha e aplicação da metodologia e mostrado habilidade na utilização destes métodos, alcançando os resultados propostos. A banca recomendou conceito (A).

Assinaturas dos Membros da Comissão:

- 1) Francisco Eliseu Aquino 
- 2) Fernando Pohlmann Livi 
- 3) Eliana Lima da Fonseca 

Ciente do Aluno: 

Data: 15 / 07 / 2010