

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E
GEOCIÊNCIAS**

**PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Paola da Costa Silveira

Santa Maria, RS, Brasil

2012

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS

Paola da Costa Silveira

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho

Santa Maria, RS, Brasil

2012

da Costa Silveira, Paola
Precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do
rio Vacacaí, RS / Paola da Costa Silveira.-2012.
57 f.; 30cm

Orientador: Waterloo Pereira Filho
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2012

1. Chuvas 2. Geoestatística 3. Geoprocessamento 4.
Hipsometria I. Pereira Filho, Waterloo II. Título.

© 2012

Todos os direitos autorais reservados a Paola da Costa Silveira. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Vale Machado, 1224, Santa Maria, RS, 97010-530

Fone (0xx) 55 3026 0236; End. Eletr: paoladcs@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO VACACAÍ, RS**

elaborada por
Paola da Costa Silveira

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Waterloo Pereira Filho, Dr.
(Presidente/Orientador)

Galileo Adeli Buriol, Dr. (UNIFRA)

Emerson Galvani, Dr. (USP)

Santa Maria, 24 de maio de 2012.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Deonilda Lurdes da Costa Silveira e Luiz Claudio Borges da Silveira pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Portos e Hidrovias (DPH); à Agência Nacional das Águas (ANA), ao 8º distrito de meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia e a Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) pela concessão dos dados de precipitação pluviométrica utilizados nesse estudo.

Ao professor Waterloo Pereira Filho, pela orientação, paciência e tempo dispensados.

Ao professor Galileo Adeli Buriol, que proporcionou o acesso a grande parte dos conhecimentos aplicados a esse estudo, pela confiança e pelas palavras amigas.

Ao professor Emerson Galvani pelo tempo dedicado a leitura desse trabalho.

Ao professor Valduíno Estefanel, pelo auxílio no cálculo e análise estatística dos dados.

Aos professores do curso de Geografia do Centro Universitário Franciscano, em especial aos professores Elsbeth Leia Spode Becker, Gislaine Mocelin Auzani e Valdemar Valente, pela formação inicial e estímulo a minha caminhada acadêmica.

Aos meus colegas de laboratório André Luís Domingues, Diego de Almeida Prado e Regis Leandro Lopes da Silva pelo auxílio no uso das ferramentas de geoprocessamento.

Aos meus amigos Dalvana Brasil do Nascimento, Gustavo Oliveira Scherer, Manlio Antonio Barazzutti Neto, Mikaela Kobayashi Gonzaga Almeida e Tanise de Oliveira da Silva pelos momentos de descontração, gestos de carinho, apoio e compressão.

“Não se deve ser avaro de conhecimento,
não se julgar incapaz
e nem ser presunçoso com o que pesa saber.”

(pelo espírito PATRÍCIA, 1981)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
Universidade Federal de Santa Maria

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS

AUTORA: PAOLA DA COSTA SILVEIRA

ORIENTADOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 24 de maio de 2012.

O objetivo desta pesquisa é apresentar, por meio da aplicação de modelos estatísticos e confecção de mapas em meio digital, uma análise temporal e espacial da precipitação pluviométrica na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, no estado do Rio Grande do Sul. O trabalho está dividido em três artigos: a) homogeneidade dos dados de precipitação pluviométrica registrados na área e entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS; b) análise das médias e variabilidade da precipitação pluviométrica na área e entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e c) espacialização das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS. O primeiro artigo versa sobre a importância do estudo da homogeneidade de dados meteorológicos e, por meio da aplicação de duas técnicas estatísticas distintas (dupla massa e teste de iterações), obtendo como resultados a possibilidade de uso dos dados de todas as estações pluviométricas testadas. O segundo artigo traz uma visão mais abrangente das médias dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica e de sua variabilidade na área de estudo, representando graficamente e descrevendo as relações das precipitações pluviométricas com índice de oscilação decadal do Pacífico, sendo possível observar a existência de variação temporal das precipitações pluviométricas. O terceiro artigo aborda a representação cartográfica dos seus totais mensais e anuais das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí sendo possível identificar a influência da altimetria do terreno na distribuição espacial das chuvas.

Palavras-chave: Chuvas. Geoestatística. Geoprocessamento. Hipsometria.

ABSTRACT

Master Course Dissertation
Graduation Program in Geography and Geosciences
Universidade Federal de Santa Maria

RAINFALL IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OS VACACAÍ RIVER, IN THE STATE OS RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: PAOLA DA COSTA SILVEIRA

ADVISER: WATERLOO PEREIRA FILHO

Defense Place and Date: Santa Maria, May 24nd, 2012.

The aim of this research is to present, through de application of statistic models and the confection of digital maps, a temporal and special analysis of rainfall in the hydrographic basin of Vacacaí river, in the State of Rio Grande do Sul. The research is divided in three articles: a) homogeneity of rainfall data recorded both in the area and the surroundings of Vacacaí River; b) average and variability analysis of rainfall in the area and surroundings of the hydrographic basin of Vacacaí river and c) spatialization of rainfall in the hydrographic basin of Vacacaí river, RS. The first article addresses the importance of the study of the homogeneity of meteorological data and through the application of two different statistic techniques (double mass and test of iterations), obtaining as a result the possibility of data usage from all the tested rain stations. The second article brings about a more broad vision of the monthly and annual rainfall measures and their variability in the area of study, graphically representing and describing the rainfall relation with the decadal oscillation from the Pacific Ocean, being possible to observe the existence of temporal variation of rainfall. The third article approaches the cartographic representation of both monthly and annual total rainfall in the hydrographic basin of Vacacaí river, being possible to identify the influence of the terrain altimetry in the space distribution of the rain.

Key words: Rain. Geostatistics. GIS. Hypsometry

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

- FIGURA 1 - Relação da soma acumulada dos totais mensais da precipitação pluviométrica (mm) registrados nas estações pluviométricas de Santa Maria (estação de referência) e São Gabriel – FEPAGRO (estação testada), no período 1963-2003, com representação da equação de regressão linear e coeficiente de correlação (r^2) 18
- FIGURA 2 - Relação da soma acumulada dos totais mensais da precipitação pluviométrica (mm) registrados nas estações pluviométricas de Santa Maria (estação de referência) e para as estações em teste, com representação da equação de regressão linear e coeficiente de correlação (r^2) 20

ARTIGO 2

- FIGURA 1 - Média dos valores totais anuais de precipitação pluviométrica para a estação Santa Maria (1912 – 2007) 29
- FIGURA 2 - Média dos totais mensais em mm (colunas) e desvio padrão em mm (retas) dos totais mensais de precipitação pluviométrica de 14 estações pluviométricas, com mais de 20 anos de observações, localizadas na área e no entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS 30

ARTIGO 3

- FIGURA 1 - Mapa hipsométrico da área bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS 43
- FIGURA 2 - Mapa das médias mensais das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS 44
- FIGURA 3 – Mapa das médias anuais das precipitações pluviométricas na bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS 46

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

TABELA 1 - Relação das estações pluviométricas localizadas na área e no entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS, instituições a que pertencem, coordenadas geográficas e período de observações	16
TABELA 2 - Níveis mínimos de significância (probabilidade) para os totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Vacacaí calculados pelo teste das iterações. Santa Maria, 2008	19

ARTIGO 2

TABELA 1 - Relação das estações pluviométricas, com 20 anos ou mais de observações, localizadas na área e no entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS, instituições a que pertencem, coordenadas geográficas e período de observações	26
TABELA 2 - Médias dos totais mensais e anuais (x) e número de anos (n) com observação das precipitações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e seu entorno	27
TABELA 3 - Coeficiente de variação (CV) e valores do desvio padrão (σ) dos totais mensais e anuais dos dados de precipitação pluviométrica das estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS	31
TABELA 4a - Valores extremos dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica (mm) das estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e respectivos anos de ocorrência	32
TABELA 4b - Valores extremos dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica (mm) das estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e respectivos anos de ocorrência ;.....	33

ARTIGO 3

TABELA 1 - Relação das estações pluviométricas, com 20 anos ou mais de observações, localizadas na área e no entorno da área da Bacia do rio Vacacaí, RS, instituições a que pertencem, coordenadas geográficas e período de observações	41
TABELA 2 - Médias dos totais mensais e anuais (x) e número de anos (n) com observação das precipitações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e seu entorno	42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
ARTIGO 1 – HOMOGENEIDADE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA REGISTRADOS NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS	13
Resumo	13
Abstract	13
Introdução	14
Material e métodos	15
Resultados e discussão	17
Considerações finais	21
Referências	21
ARTIGO 2 – ANÁLISE DAS MÉDIAS E VARIABILIDADE DOS TOTAIS MENSAIS E ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS	23
Resumo	23
Abstract	23
Introdução	24
Material e métodos	25
Resultados e discussão	27
Considerações finais	34
Referências	34
ARTIGO 3 – ESPACIALIZAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA ÁREA DABACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS	37
Resumo	37
Abstract	37
Introdução	38
Material e métodos	40
Resultados e discussão	42
Considerações finais	47
Referências	47
DISCUSSÃO GERAL	50
CONCLUSÃO GERAL	51
REFERÊNCIAS	52
ANEXOS	53

INTRODUÇÃO

A climatologia está ligada a caracterização, análise e compreensão do comportamento médio dos elementos atmosféricos, tais como as precipitações, e as interações desses elementos (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007) com e as diferentes interfaces da superfície terrestre.

Ao homem faz-se importante apreender a interferência do clima em seu cotidiano, principalmente no que se referem às alterações ligadas às precipitações, dadas as influências na ocupação agrícola promovida, especialmente, se levado em conta as características hídricas que afetam o desenvolvimento vegetal e o bem-estar animal (SOUSA E NERY, 2002). A determinação das características das precipitações pluviométricas auxilia o planejamento de ações relacionadas às inundações e a erosão das margens dos rios (BERTONI E TUCCI, 2009). Além disso, quantificar a disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica é fator determinante no controle das irrigações e do uso de água doméstico e industrial.

Sendo uma bacia hidrográfica um conjunto de áreas com variações de altitude e declividade determinada pelo curso do rio principal (GARCEZ E ALVAREZ, 1988), compreender a influência da dinâmica dos elementos físicos compositores desse sistema, como as precipitações pluviométricas e as variações hipsométricas das feições do terreno (BELTRAME, 1994), constitui-se de elemento fundamental às decisões ligadas ao uso da água..

No estudo da precipitação pluviométrica estão compreendidos os valores médios totais, valores extremos e variabilidade, e ainda a sua distribuição espacial. Os valores médios das precipitações pluviométricas na área de uma bacia hidrográfica são fundamentais para a estimativa da disponibilidade hídrica e para a previsão de eventos extremos (como secas e inundações). As séries históricas de dados são cedidas por órgãos proprietários de estações pluviométricas ou meteorológicas, cujo adensamento, por vezes, é bastante variado no território brasileiro, com ocorrência de áreas cujo histórico de registros é insuficiente, sendo necessária a utilização de técnicas para preenchimento de falhas e aplicação de métodos geoestatísticos para a representação espacial (LUGON JR E RODRIGUES, 2008).

Caracterizar a distribuição das chuvas na área de uma bacia hidrográfica é fundamental para a avaliação da disponibilidade hídrica de uma região hidrográfica, considerando que estudos qualitativos das precipitações pluviométricas nem sempre são parâmetros ideais para a compreensão da variabilidade das chuvas e organização quanto ao

manuseio da água para fins agrícolas, domésticos, industriais e para a construção civil (BERTONI E TUCCI, 2009). Para a distribuição espacial das precipitações pluviométricas, vários trabalhos foram realizados entre eles Machado (1950), Moreno (1961) e Buriol *et al.* (1977).

As chuvas são fenômenos naturais e, portanto, possuem uma dinâmica própria que, por vezes é bastante complexa e estranha ao modelo da própria climatologia. Portanto os estudos devem ser precedidos da determinação da homogeneidade das séries históricas dos dados, devido à importância do uso de dados confiáveis e o grau de incerteza dos dados climatológicos registrados nas estações pluviométricas.

Essa Dissertação de Mestrado teve como objetivos: no artigo 1, determinar a homogeneidade dos dados totais mensais e anuais das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS; no artigo 2, determinar as médias e a variabilidade dos totais mensais e anuais das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS; e no artigo 3, mapear as médias dos totais mensais e anuais das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS.

ARTIGO 01 – HOMOGENEIDADE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA REGISTRADOS NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS

RESUMO

Nesse trabalho foram analisados, quanto a sua homogeneidade, os dados de precipitação pluviométrica registrados na área e entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS. Foram utilizadas 26 estações pluviométricas com períodos de observação diferentes, variando de acordo com a data de início e término das observações, muitas delas não mais estão em atividade. A homogeneidade das séries de dados foi determinada pela utilização de duas técnicas estatísticas: dupla massa e teste de iterações. Na técnica da dupla massa foram utilizados os dados de todas as estações. No teste de iterações foram utilizados somente os dados das estações com período de observação igual ou superior aos 20 anos, tendo apresentado dados heterogêneos para algumas das médias dos totais mensais de precipitação. Apesar dos dados apresentarem heterogeneidade no teste de iterações, os gráficos de dupla massa não apresentaram pontos distantes da mediana, assim os dados de precipitação pluviométrica podem ser utilizados sem restrições.

Palavras-chave: Dupla Massa. Iterações. Chuvas.

ABSTRACT

In this article, it was analyzed, when it comes about its homogeneity, the data concerning the rainfall registered in the area and around the Vacacaí river drainage basin, RS. It was used 26 rainfall stations with different observation periods, varying according to the beginning and ending date of the observations. It is important to note that many of them are no longer active. The homogeneity of the data sets was determined by using two statistical techniques: double mass analysis and test of iterations. In the double mass analysis it was used the data of all stations. In the test of iterations it was used only the data of the stations with observation period equal or higher 20 years, it has presented heterogeneous data for some of the monthly total precipitation averages. Although the data showed heterogeneity in the iterance test, the double mass graphics did not show distant points from the median. Thus, the rainfall data may be used without restrictions.

Keywords: Double Mass. Iterations. Rain.

1 INTRODUÇÃO

Na definição das prioridades que integram o gerenciamento dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica é fundamental a quantificação dos elementos físicos que a compõem, como a precipitação pluviométrica (BELTRAME, 1994). Nela está compreendida toda a água proveniente da atmosfera que atinge a superfície terrestre em estado líquido ou sólido, e engloba não somente as chuvas, como também a neve e o granizo (GARCEZ E ALVAREZ, 1988). Entretanto, na prática, apenas as chuvas contribuem significativamente com os totais de precipitação e a elas se fará referência (BARRY E CHORLEY, 2003).

Para a quantificação das precipitações pluviométricas, segundo a Organização Meteorológica Mundial – OMM, as séries climatológicas a serem utilizadas nos estudos devem possuir um período mínimo de 30 anos consecutivos com observações, além do uso de dados de período equivalente para todas as estações pluviométricas da área em estudo (ASSIS *et al.*, 1996). Porém, é condição importante que todas as séries climatológicas tenham sido obtidas sobre os mesmos padrões, ou seja, os dados devem ser coletados sempre com o mesmo instrumento, no mesmo local e horário. Assim, diz-se que esses dados são homogêneos, contudo na prática, isso nem sempre ocorre. Geralmente, não se dispõem de séries tão longas de dados, sendo comum em estudos climáticos a utilização de séries de dados com tempo de observações inferior a 30 anos (CASTILLO E SENTIS, 1996), além disso, há precariedade na coleta de alguns dados, por erro do observador e, por vezes, por falha dos instrumentos medidores (VILLELA E MATTOS, 1975).

Nessas condições é fundamental que todas as séries históricas de dados de precipitação pluviométrica, antes de serem utilizadas, sejam submetidas a uma análise de homogeneidade, pois no caso dessas não serem consistentes pode-se incorrer em erros na interpretação de seus resultados. A determinação da homogeneidade é realizada, geralmente, com a utilização de técnicas de análise estatística (BERTONI E TUCCI, 2009). Entre as principais causas da heterogeneidade de uma série climatológica estão a troca de local da estação ou do modelo de aparelho utilizado e, ainda, modificação da técnica de medida. Essas causas podem ser facilmente detectadas e corrigidas com auxílio do histórico da estação, se ela possuir (CASTILLO E SENTIS, 1996).

Outra causa da inconsistência dos dados está nas alterações do clima local, causada, em geral, pelo desmatamento, erosão dos solos, construção de lagos e intensificação da urbanização, ou ainda, pelas mudanças climáticas de grande escala. Nesses casos, não é

possível corrigir a heterogeneidade, sendo, portanto, aconselhado eliminar os dados dessa estação nos estudos posteriores (CASTILLO E SENTIS, 1996).

Não existem estudos quanto à consistência dos dados de precipitação pluviométrica, a exceção dos estudos realizados para a bacia do rio Vacacaí-Mirim que abrangem 12 das 26 estações pluviométricas localizadas na área da bacia, sendo elas: Arroio do Só, Caranguejo, Formigueiro, Passo das Tropas, Passo do Verde, Pau Fincado, Restinga Sêca, Santa Maria, Boca do Monte, São Marcos, São José da Porteirinha e Toniolo (IENSEN *et al.*; 2009) e trabalhos realizados para o município de Santa Maria (BURIOL *et al.*, 2006).

Nesse trabalho, objetivou-se determinar a homogeneidade das series de dados de precipitação pluviométrica para 26 estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e no seu entorno.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi gerado um banco de dados com os valores das séries históricas de observações de precipitação pluviométrica das estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e seu entorno. Sendo consideradas todas as estações com uma distância média de 30 km do divisor de águas da bacia, a exceção da estação de Cachoeira do Sul, localizada a uma distância superior a 30 km da foz do rio Vacacaí, porém, sendo utilizada por ser a estação pluviométrica mais próxima do exutório do rio Vacacaí e possuir uma série histórica longa de dados (1912 a 1974).

Na tabela 1 estão relacionadas as estações pluviométricas utilizadas nesse estudo, em número de 26, encontradas na área e no entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS, as instituições a que pertencem, coordenadas geográficas, altitudes e período com observações.

Os dados das estações pluviométricas pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia – 8ºDISME do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO da Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia e ao extinto Departamento Estadual de Portos, Rios e Canais – DEPRC, atual Departamento de Portos e Hidrovias – DPH foram coletados nos arquivos dessas instituições, localizados em suas respectivas sedes, em Porto Alegre. As séries de dados registrados nas estações pertencentes

ao extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE foram obtidos na Agência Nacional das Águas – ANA, pelo sítio *Hidroweb* (2009).

Tabela 1- Relação das estações pluviométricas localizadas na área e no entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS, instituições a que pertencem, coordenadas geográficas e período de observações.

Nº	Estações	Instituição	Latitude (S)	Longitude (w)	Altitude (m)	Período de observações		Série (anos)
						Início	Término	
01	São Marcos	DEPRC	29°40'00"	53°41'00"	90	1953	1983	20
02	Boca do Monte	FEPAGRO	29°41'24"	53°48'42"	158	1964	2008	44
03	Toniolo	DEPRC	29°42'00"	53°53'00"	100	1954	1967	13
04	Santa Maria*	INMET	29°43'27"	53°43'12"	95	1912	2010	98
05	Passo das Tropas	DEPRC	29°45'00"	53°29'00"	44	1957	1979	22
06	Arroio do Só	DEPRC	29°47'00"	53°34'00"	53	1957	1966	09
07	S. J. da Porteirinha	DEPRC	29°47'00"	53°59'59"	153	1954	1979	25
08	Restinga Sêca	DEPRC	29°48'00"	53°22'00"	36	1972	1977	05
09	Caranguejo	DEPRC	29°50'00"	54°00'00"	106	1957	1984	27
10	Pau Fincado	DEPRC	29°55'00"	54°20'00"	200	1954	1984	30
11	Passo do Verde	DEPRC	29°56'00"	53°43'00"	40	1957	1967	10
12	Formigueiro	DEPRC	30°00'00"	53°30'00"	110	1951	1981	30
13	Cachoeira do Sul	INMET	30°02'00"	52°53'00"	73	1912	1974	62
14	Barro Vermelho	ANA	30°08'27"	53°09'43"	100	1951	2006	55
15	Guabijú	DEPRC	30°09'00"	54°05'00"	105	1957	1966	09
16	São Sepé	DEPRC	30°10'00"	53°35'00"	110	1951	1974	23
17	Mata Grande	DEPRC	30°18'00"	53°46'00"	190	1958	1964	06
18	Santa Margarida	DEPRC	30°20'00"	54°19'00"	109	1957	1969	12
19	São Gabriel	DEPRC	30°20'00"	54°18'00"	109	1951	1974	23
20	São Gabriel – Fepagro	FEPAGRO	30°20'27"	54°19'01"	109	1963	2008	45
21	Marco da Ramada	DEPRC	30°23'00"	53°53'00"	175	1958	1969	11
22	Caçapava	INMET	30°30'00"	53°29'00"	420	1944	1966	22
23	Posto Branco	DEPRC	30°34'00"	54°26'00"	200	1972	1984	12
24	Cerro de Ouro	DEPRC	30°36'00"	54°05'00"	260	1958	1969	11
25	Suspiro	DEPRC	30°38'00"	54°21'00"	170	1957	1969	12
26	Peri Souza	ANA	30°43'00"	54°02'00"	320	1950	1961	11

* Estação base de comparação.

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2009 (adaptado).

No cálculo da homogeneidade dos dados de precipitação pluviométrica foram utilizadas duas técnicas: a dupla massa (NORDENSON, 1971; BERTONI E TUCCI, 2009) e o teste de iterações (SIEGEL, 1975).

A técnica da dupla massa consiste na seleção dos dados das estações a serem testadas e comparação com os dados correspondentes de uma estação base de comparação, cujos dados são considerados confiáveis. Os valores das somas acumuladas são plotados em um gráfico cartesiano onde os dados da estação a ser testada ficarão no eixo das ordenadas e da estação base no eixo das abscissas. Se houver proporcionalidade entre os valores das somas

acumuladas das duas estações, os pontos estarão alinhados a reta, assim haverá a constatação da homogeneidade dos dados. Se os pontos estiverem afastados com relação à mediana, os dados serão considerados inconsistentes, devendo ser descartados, ou seja, não sendo utilizados em outros estudos (BERTONI e TUCCI, 2009).

Para o teste de iterações verifica-se a hipótese H0: a série de dados é homogênea e a hipótese H1: a série de dados não é homogênea. No teste os dados são alinhados em ordem cronológica e cada valor dos totais mensais é assinalado com “+” (positivo), quando for superior a mediana e “-” (negativo) quando inferior a mediana. Se o número de sequências “+” e “-” obtidas permanecer dentro de um intervalo aberto escolhido para a tabulação, a série é considerada homogênea. Neste trabalho, o teste foi realizado com a utilização do *software* aplicativo *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

As estações pluviométricas que possuíam um período de observações inferior a 10 anos foram desconsideradas no teste de interação, em vista de que as séries curtas de dados impossibilitam a comparação entre os eventos extremos ocorridos, como valores de totais mensais elevados ou períodos sem precipitação pluviométrica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 observa-se a representação gráfica da técnica da dupla massa para a estação São Gabriel - Fepagro. No eixo das ordenadas está a representação dos valores das somas acumuladas para os totais mensais de precipitação pluviométrica registrados na estação São Gabriel – FEPAGRO, no período de 1963 a 2008, e no eixo das abscissas os valores das somas acumuladas dos totais mensais para os dados registrados na estação Santa Maria, considerando o mesmo período: 1963 a 2008.

Constata-se que os pontos representativos dos valores da soma acumulada dos totais mensais para as estações pluviométricas de São Gabriel e Santa Maria estão próximos a linha da mediana, o que representa homogeneidade dos dados. A mesma técnica foi aplicada para os dados das demais estações pluviométricas constatando-se que as séries históricas de observações são homogêneas. Sendo assim, é possível utilizar os dados destas estações sem restrições em estudos associadas às precipitações pluviométricas.

Para melhor compreensão dos dados representados é possível observar os valores da equação de regressão linear simples e os coeficientes de determinação de todas as estações pluviométricas nos anexos A e B. A equação de regressão linear representa a relação existente entre as variáveis (RIBEIRO JÚNIOR, 2004) e mede o grau de relação entre as mesmas, enquanto o coeficiente de determinação apresenta a proporção da variância entre as amostras (estação em teste em relação à estação base de comparação: Santa Maria).

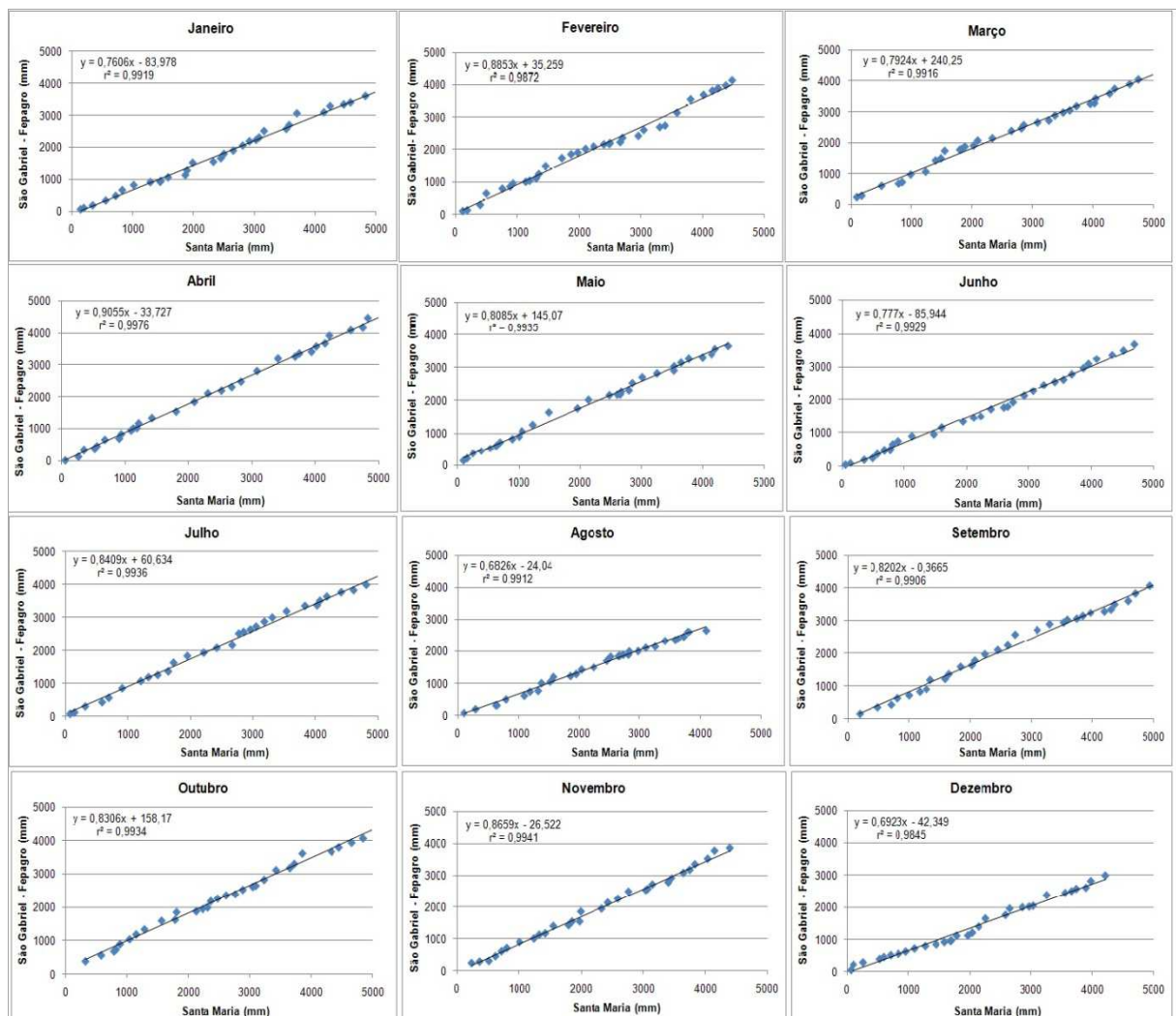


Figura 1 - Relação da soma acumulada dos totais mensais da precipitação pluviométrica (mm) registrados nas estações pluviométricas de Santa Maria (estação de referência) e São Gabriel – FEPAGRO (estação testada), no período 1963-2003, com representação da equação de regressão linear e coeficiente de correlação (r^2).

Na tabela 2 representam-se os meses de observação e os mínimos de probabilidade para os totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica calculada pelo teste de iterações. O teste de iterações sugere que, se os dados estiverem distribuídos ao acaso em relação à mediana existe homogeneidade, sendo assim os níveis mínimos de significância devem ser superiores ou iguais a 0,05 (5%) para serem considerados homogêneos. Assim, pelo teste, os valores de abril para Cachoeira do Sul e Caçapava do Sul; maio para Pau Fincado; junho para Caranguejo e julho para Cachoeira do Sul rejeitaram H0, sendo assim os níveis de significância foram inferiores a 5%. Para os valores inferiores a 5% para o teste de iterações, é possível afirmar que esses valores podem ser decorrência de séries muito longas de dados que apresentem períodos sem observações, assim como podem ser o resultado do acúmulo de valores extremos de precipitação para estações com período mais curto com observações.

Tabela 2 - Níveis mínimos de significância (probabilidade) para os totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Vacacaí calculados pelo teste das iterações. Santa Maria, 2008*

Estações	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
São Marcos	0,920	0,539	0,417	0,839	0,685	0,542	0,363	0,685	0,919	0,542	0,763	0,614	0,603
Boca do Monte	1,000	0,353	1,000	1,000	1,000	0,353	0,995	0,719	0,710	0,710	0,719	0,461	0,336
Toniolo	0,781	0,164	0,404	0,781	1,000	1,000	0,781	0,781	0,253	0,235	0,688	0,253	0,364
Santa Maria	1,000	0,353	1,000	1,000	1,000	0,353	0,995	0,719	0,710	0,710	0,719	0,461	0,336
S. J. Porteirinha	1,000	0,398	0,835	0,835	0,835	0,835	0,676	0,275	0,676	1,000	1,000	1,000	0,991
Caranguejo	0,997	1,000	0,553	1,000	0,378	0,039	0,378	1,000	0,557	0,101	0,131	0,446	0,307
P. das Tropas	0,988	0,135	0,988	0,988	0,988	0,135	0,626	0,438	0,135	0,605	0,808	0,763	0,986
Pau Fincado	1,000	0,275	1,000	0,275	0,049	0,126	0,827	0,275	0,512	0,827	1,000	0,993	0,224
Formigueiro	0,582	0,984	0,679	0,522	0,996	0,779	0,811	0,420	0,992	0,594	0,758	0,446	0,949
Cachoeira	0,252	0,056	0,900	0,031	0,527	0,254	0,016	0,057	0,524	0,524	0,306	0,524	0,702
Barro Vermelho	0,873	0,631	0,631	0,078	0,423	1,000	1,000	0,262	0,262	0,631	0,631	1,000	1,000
São Sepé	0,835	0,531	0,835	0,531	0,531	0,203	1,000	0,835	0,297	0,531	0,531	0,835	0,531
São Gabriel	0,297	1,000	0,835	1,000	1,000	0,297	1,000	0,398	0,993	0,144	1,000	0,835	1,000
S.G. - Fepagro	0,719	0,727	0,286	1,000	0,468	0,145	0,353	0,995	0,857	0,857	0,369	1,000	1,000
Caçapava	0,827	0,676	0,203	0,033	0,387	0,676	0,662	0,398	1,000	1,000	0,662	1,000	0,387

*Valores calculados pela aproximação à distribuição normal.

Quanto aos valores das médias dos totais anuais de precipitação pluviométrica, é possível verificar que todos foram superiores aos níveis de significância, assim, pode-se afirmar que os totais anuais de precipitação pluviométrica encontram-se distribuídos ao acaso em relação à mediana, sendo considerados homogêneos.

Na figura 2 observa-se a representação da soma acumulada dos totais mensais das estações pluviométricas que apresentaram valores inferiores a 5% para o teste de iterações. Por estes resultados constata-se que, pela técnica da dupla massa, mesmo nestes casos, os totais mensais de precipitação pluviométrica possuem valores que se aproximam da linha da mediana sendo as séries históricas de dados, homogêneas, inferindo-se, assim, que é possível sua utilização sem restrições na quantificação e espacialização dos dados de precipitação pluviométrica.

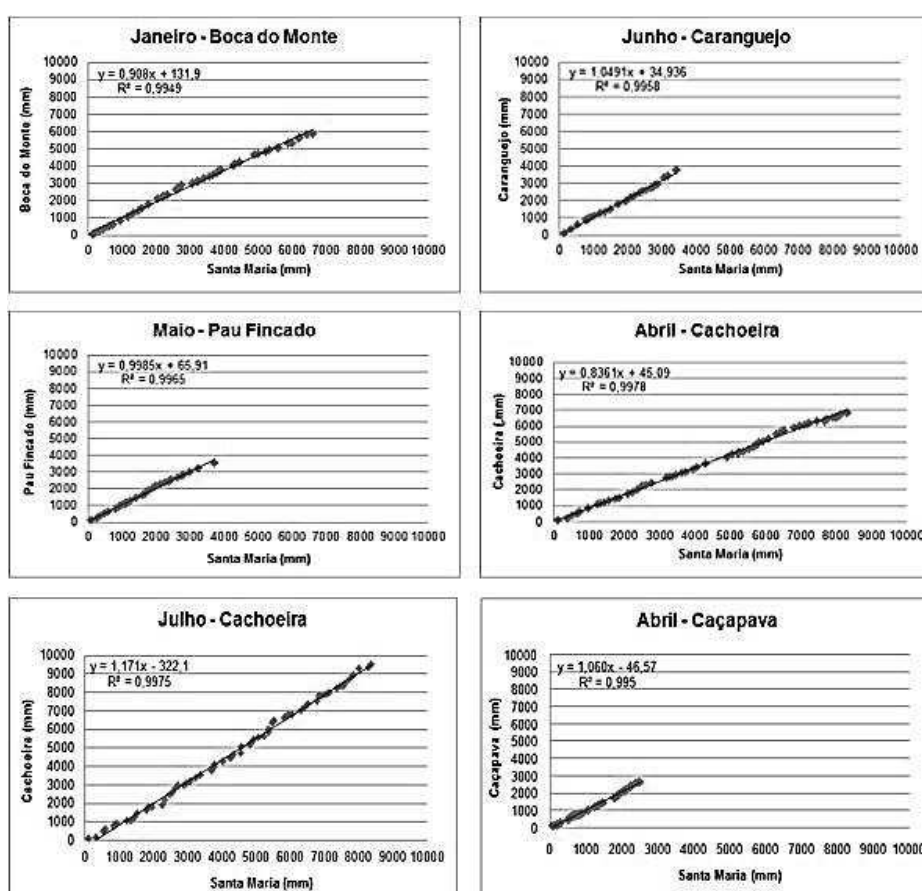


Figura 2 - Relação da soma acumulada dos totais mensais da precipitação pluviométrica (mm) registrados nas estações pluviométricas de Santa Maria (estação de referência) e para as estações em teste, com representação da equação de regressão linear e coeficiente de correlação (r^2).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos com a utilização da técnica da dupla massa os totais anuais e mensais de precipitação pluviométrica estão distribuídos ao acaso em relação à mediana, constatando-se a existência de homogeneidade. Em alguns dos casos estudados pelo Teste de Iterações rejeitou-se H_0 , para os totais mensais da precipitação pluviométrica. Apesar da rejeição de H_0 , pela não constatação de heterogeneidade no uso da técnica da dupla massa pode-se considerar todos os dados passíveis de utilização.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Inventário das estações pluviométricas**. 2 ed. Brasília: ANA/SGH, 2009.

_____. **Hidroweb**: sistema de informações hidrológicas encontrado em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso: 20 dez. 2009.

ASSIS, F. N. et al. **Aplicações de estatística à climatologia**: teoria e prática. Pelotas: UFPEL, 1996.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosphere, weather and climate**. London: Routledge, 2004.

BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In.: TUCCI, C. E. M. (org). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. p. 177-241

BURIOL, G. A.; et al. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. In.: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 11 n. 4 out/dez, 2006. p.89-97

CASTILLO, F. E.; SENTIS, F. C. **Agrometeorologia**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1988.

IENSEN, R.E.; BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; CASAGRANDE, L.; SILVEIRA P. C. Médias e variabilidade dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim, RS. In.: **Anais do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Belo Horizonte, MG, Setembro de 2009. (CD-ROM).

NORDERSON, T. J. **Preparation de cartes coordonees des precipitations, del'ecoulementet de l'evaporation**. Geneve, Organization Meteorologique Mondiale, 1971, 36p. (Rapport n° 6).

SIEGEL, S. **Estatística não paramétrica**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1975.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel: guia prático**. Viçosa: UFV, 2004.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

ARTIGO 02 – ANÁLISE DAS MÉDIAS E VARIABILIDADE DOS TOTAIS MENSAIS E ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS

RESUMO

Esse trabalho objetivou analisar as médias e a variabilidade da precipitação pluviométrica na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS. Foram utilizados os totais mensais e anuais da precipitação pluviométrica de 14 estações pluviométricas instaladas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí e no seu entorno. Foram determinadas as médias, o desvio padrão, o coeficiente de variação e os valores extremos dos totais mensais e anuais das precipitações pluviométricas. Constatou-se que as médias dos totais mensais das chuvas estão distribuídas de forma similar ao longo dos doze meses do ano e que, os valores do desvio padrão e coeficiente de variação entre os valores mensais e anuais, bem como os valores extremos absolutos mensais e anuais são elevados.

Palavras-chave: Estatística. Desvio Padrão. Coeficiente de Variação.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the average and the variability of rainfall in the area of the Vacacaí River basin, in RS. It were used the monthly and yearly totals of rainfall from 14 rain stations installed in the area of the Vacacaí River basin and the vicinity. It were determined the averages, the standard deviation, the coefficient of variation and the extreme values from the monthly and yearly totals of rainfall. It was observed that the average, from the monthly totals, are distributed in a similar way along the twelve months of the year, and that the values of the standard deviation and the coefficient of variation between the monthly and annual values, as well as the monthly and yearly absolute extreme values are high.

Keywords: Statistics. Standard Deviation. Coefficient of Variation.

1 INTRODUÇÃO

O estudo das precipitações pluviométricas é fundamental para a caracterização das disponibilidades hídricas em uma região hidrográfica. Atividades humanas como abastecimento, manutenção do sistema viário, dimensionamento e delimitação de áreas de preservação natural, saneamento e construção civil são, em grande parte, dependentes da variabilidade temporal e espacial das chuvas. Em meio aos diferentes elementos climáticos a precipitação pluviométrica é fator que influencia diretamente o desenvolvimento vegetal e o bem-estar animal e, juntamente com as características hipsométricas do relevo, influenciam na ocupação agrícola (SOUSA E NERY, 2002).

A água proveniente das precipitações pluviométricas é o principal componente positivo da equação do balanço hídrico em uma bacia hidrográfica. A entrada de água em um sistema hídrico interfere no desenvolvimento regional, principalmente no setor agropecuário que apresenta maior dependência da disponibilidade e variabilidade das chuvas (MORAIS *et al.*, 2001). Desse modo torna-se fundamental a quantificação da precipitação pluviométrica, abrangendo sua variabilidade temporal e sua distribuição espacial.

A quantificação da disponibilidade temporal das precipitações compreende, geralmente, as determinações das médias, variabilidade, assimetria, frequência, intensidade, probabilidade e tempo de retorno. No estudo de sua distribuição geográfica utiliza-se, principalmente, a cartografia (CASTILLO E SENTIS, 1996). Assim, há possibilidade de buscar, com mais segurança, soluções para eliminar ou minimizar os riscos advindos de eventos como, enxurradas e períodos longos com ou sem precipitação e se beneficiar de sua quantidade e distribuição ao longo do ano.

A área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí é uma das mais extensas da região central do estado do Rio Grande do Sul, em torno de 10.000 km², e sua importância está vinculada, principalmente, à utilização de suas terras e águas para a agricultura e a pecuária extensiva (PRÓ-GUAÍBA, 2011). Tendo em vista tratar-se de uma região localizada nas províncias geomorfológicas da Depressão Central, Escudo Rio-Grandense e abrangendo o rebordo do Planalto Rio-Grandense (RS, 1989), o que infere uma diferença significativa de altitude entre as nascentes do rio Vacacaí na Serra do Babaraqua, no município de São Gabriel, a uma altitude média de 310 a 460 metros acima do nível do mar, até sua foz no rio Jacuí, com altitude média de 30 a 120 metros acima do nível do mar (SEMA, 2009). Os resultados da

quantificação temporal e espacial das precipitações pluviométricas registradas servirão de base para diferentes tomadas de decisão quanto à gestão e ao gerenciamento dos recursos hídricos da área.

Na área e entorno da bacia do rio Vacacaí existem várias estações pluviométricas (FERNANDES *et al.*, 1996). Com exceção de trabalhos que expõem a determinação temporal dos dados de precipitação pluviométrica registrados na estação pluviométrica localizada em Santa Maria, a quantificação das médias, variabilidade, frequência, probabilidade e tempo de retorno dos totais mensais e anuais da precipitação pluviométrica da área e entorno da bacia do rio Vacacaí-Mirim (BURIOL *et al.*, 2007; BURIOL *et al.*, 2009; ESTEFANEL *et al.*, 2009), não há estudos climáticos deste elemento meteorológico na região. Assim, é importante que seja quantificada a variabilidade temporal das séries de dados de precipitação pluviométrica registrada nas estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí e em seu entorno.

No presente estudo objetivou-se determinar e analisar as médias, a variabilidade e os valores extremos dos totais mensais e anuais da precipitação pluviométrica registradas nas estações pluviométricas localizadas na área e no entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul - RS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os totais mensais e anuais da precipitação pluviométrica somente de 14 estações pluviométricas (tabela 1), aquelas com período igual ou superior 20 anos com observações..

As séries históricas dos totais mensais de todas estas estações pluviométricas foram testadas quanto à sua consistência pela utilização da técnica da dupla massa e do teste de iterações em Silveira *et al.* (2008) e foram considerados homogêneos. Posteriormente, foram calculadas as médias dos totais mensais e anuais, considerando-se, para cada estação pluviométrica, todo o período de observação, pela soma dos valores de precipitação pluviométrica para cada ano observado, dividido pelo número de anos com observações (OLIVEIRA FILHO *et al.*; 2001).

Tabela 1 - Relação das estações pluviométricas, com 20 anos ou mais de observações, localizadas na área e no entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS, instituições a que pertencem, coordenadas geográficas e período de observações.

Nº	Estações	Instituição	Latitude (S)	Longitude (w)	Altitude (m)	Período de observações		Série (anos)
						Início	Término	
01	São Marcos	DEPRC	29°40'00"	53°41'00"	90	1953	1983	20
02	Boca do Monte	FEPAGRO	29°41'24"	53°48'42"	158	1964	2008	44
03	Santa Maria*	INMET	29°43'27"	53°43'12"	95	1912	2010	98
04	Passo das Tropas	DEPRC	29°45'00"	53°29'00"	44	1957	1979	22
05	S. J. da Porteirinha	DEPRC	29°47'00"	53°59'59"	153	1954	1979	25
06	Caranguejo	DEPRC	29°50'00"	54°00'00"	106	1957	1984	27
07	Pau Fincado	DEPRC	29°55'00"	54°20'00"	200	1954	1984	30
08	Formigueiro	DEPRC	30°00'00"	53°30'00"	110	1951	1981	30
09	Cachoeira do Sul	INMET	30°02'00"	52°53'00"	73	1912	1974	62
10	Barro Vermelho	ANA	30°08'27"	53°09'43"	100	1951	2006	55
11	São Sepé	DEPRC	30°10'00"	53°35'00"	110	1951	1974	23
12	São Gabriel	DEPRC	30°20'00"	54°18'00"	109	1951	1974	23
13	São Gabriel – Fepagro	FEPAGRO	30°20'27"	54°19'01"	109	1963	2008	45
14	Caçapava	INMET	30°30'00"	53°29'00"	420	1944	1966	22

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2009 (adaptado)

A variabilidade dos totais mensais e anuais foi determinada por meio do desvio padrão e coeficiente de variação (SILVEIRA E BURIOL, 2010) com o uso de planilhas do Excel 2007. O desvio padrão (σ) foi determinado segundo a equação 1:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1)$$

em que X é o total mensal ou anual de precipitação pluviométrica, \bar{X} a média e n o número de anos com observações.

Para o coeficiente de variação (CV) foi utilizada a equação 2:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} 100 \quad (2)$$

em que σ é o desvio padrão e \bar{X} a média dos totais mensais ou anuais (SIEGEL, 1975).

Para a determinação dos valores extremos das precipitações foram utilizados o maior e o menor valor de ocorrência extrema de precipitação pluviométrica dos totais mensais e seu respectivo ano de ocorrência.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 estão apresentadas as médias dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica e o número de anos com observações das 14 estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí e no seu entorno, com número igual ou superior a 20 anos com observações.

Tabela 02 - Médias dos totais mensais e anuais (x) e número de anos (n) com observação das precipitações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e seu entorno.

Estações		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
São Marcos	n	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31
	x	133,8	144,0	125,3	113,0	110,0	132,6	131,5	130,8	143,1	146,2	103,8	119,6	1501,7
Boca do Monte	n	44	44	45	44	44	44	44	44	44	43	42	41	45
	x	140,3	126,0	136,3	144,2	117,0	133,4	140,6	118,6	145,4	158,5	124,1	119,9	1554,6
Santa Maria	n	94	95	95	95	95	95	96	95	96	95	96	96	96
	x	148,2	132,2	137,7	145,7	150,9	156,5	142,7	125,9	160,1	161,4	119,0	132,8	1713,1
Passo das Tropas	n	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	22
	x	128,5	103,5	116,6	97,5	87,6	129,0	124,4	158,1	145,4	132,3	90,9	114,5	1428,2
S.J. da Porteirinha	n	23	23	24	24	24	24	23	22	23	22	23	23	21
	x	112,1	108,5	111,3	102,8	84,0	98,7	104,2	114,1	128,6	142,1	77,5	114,8	1326,8
Caranguejo	n	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	27	25
	x	114,9	109,3	119,0	101,5	108,3	133,6	130,7	141,4	136,8	145,3	106,6	115,1	1447,5
Pau Fincado	n	30	30	31	31	30	31	31	31	31	31	30	31	29
	x	129,7	116,	107,8	109,5	119,7	133,3	136,0	115,7	133,3	140,2	97,8	106,6	1453,4
Formigueiro	n	30	30	31	31	31	31	31	31	30	30	30	31	28
	x	125,6	101,3	110,5	90,4	88,4	140,5	126,6	122,9	149,1	136,0	95,2	105,0	1405,7
Cachoeira	n	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	62	63	63
	x	119,3	110,6	105,9	110,6	128,9	151,4	151,4	139,4	150,7	128,8	87,4	101,0	1484,0
Barro Vermelho	n	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	x	132,7	109,3	103,2	127,7	101,7	142,7	143,9	117,0	156,2	152,6	98,3	105,3	1490,6
S. Sepé	n	24	24	24	24	24	23	24	24	24	24	24	24	24
	x	111,7	117,2	107,8	93,00	96,6	132,17	113,8	120,4	148,0	150,6	74,9	110,3	1370,9
S. Gabriel	n	24	24	24	24	24	24	23	23	23	24	24	24	24
	x	109,6	108,3	99,3	88,8	96,0	129,7	106,1	97,5	128,7	140,1	70,0	103,0	1263,2
S. Gabriel – Fepagro	n	36	36	36	36	36	36	36	36	36	35	35	35	36
	x	108,1	119,3	117,7	144,7	122,0	118,3	132,5	92,7	134,0	142,5	122,8	95,8	1440,3
Caçapava	n	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	x	141,9	101,6	143,7	108,4	111,6	155,7	128,0	125,7	183,2	172,8	79,9	125,5	1571,8

Constata-se que os valores das médias dos totais mensais estão distribuídos ao longo dos doze meses do ano para todas as estações pluviométricas. Isso ocorre mesmo naquelas estações com período reduzido de anos com registro de dados, assim pode-se inferir que para a área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí o regime pluviométrico é do tipo isoigro.

O maior valor, entre as médias dos totais mensais de precipitação pluviométrica, ocorreu no mês de setembro para a estação Caçapava (183,2 mm), sendo uma estação localizada em altitude superior aos 400 metros acima do nível do mar. Isso nos leva a inferir que o relevo possui influência significativa nos valores de precipitação pluviométrica. Quanto ao menor valor foi registrado para o mês de novembro na estação São Sepé, essa estando localizada em altitude aproximada de 100 metros acima do nível do mar e possuindo período de registro (tabela 1) inserido na fase fria da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

Quanto aos valores médios anuais é possível observar que para as estações com períodos de observação menores (20 e 30 anos) as médias dos totais anuais são inferiores àquelas com maior período com observação. Isso se deve a maior a probabilidade de ocorrência de valores elevados (extremos) contemplados no cálculo das médias ou pela influência da ODP, que interfere na variabilidade dos totais de precipitação conforme o período de observações de cada estação.

As séries de dados das estações pluviométricas utilizadas (tabela 1) com exceção de Cachoeira, período 1912 a 1974, Boca do Monte, 1964 a 2008, Barro Vermelho 1951 a 2006, São Gabriel-Fepagro, 1963 a 2008, que abrange partes da fase fria e quente do ODP e Santa Maria, 1912 a 2008, duas fases quentes e uma fria, as outras se encontram na fase fria. Sabe-se que nos anos da fase quente da ODP, a precipitação pluviométrica é mais elevada do que na fase fria do ODP (STRECK *et al.*, 2009), como é possível observar na figura 1 que representa os valores dos totais anuais de precipitação para a estação de Santa Maria, período de 1912 a 2007.

Destaca-se que até meados da década de 1940 (fase quente da ODP) os totais anuais de precipitação pluviométrica para a estação Santa Maria foram mais elevados do que aqueles do período de 1945 a 1980 (fase fria do ODP) e após a década de 1980 (fase quente do ODP) quando há ocorrência de período com totais pluviométricos mais elevados.

Constata-se que a variabilidade entre meses é elevada em todas as estações pluviométricas. Isso leva a inferir que, mesmo as médias dos totais mensais nas estações pluviométricas da área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí ser distribuídos de forma similar ao longo dos doze meses do ano, podem ocorrer desvios significativos em relação à média, ou seja, períodos longos com deficiência ou com excesso de água de precipitação pluviométrica.

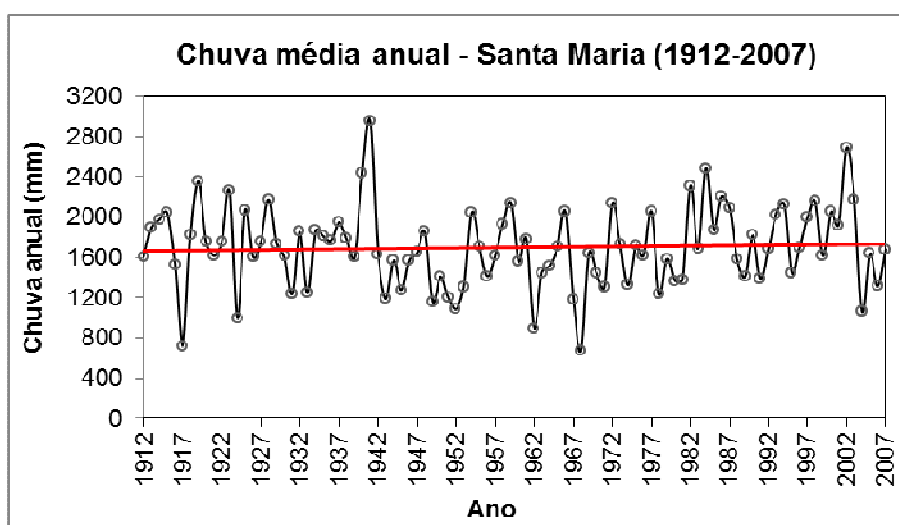


Figura 1 – Média dos valores totais anuais de precipitação pluviométrica para a estação Santa Maria (1912 – 2007).

Na tabela 3, estão representados os valores do desvio padrão e coeficiente de variação para os totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica para as 14 estações pluviométricas utilizadas. Estes valores confirmam a elevada variabilidade dos totais mensais representados na figura 2. Pode-se inferir que, mesmo as médias dos totais mensais nas estações pluviométricas da área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí ser distribuídos de forma similar ao longo dos doze meses do ano, ocorrem desvios significativos em relação à média, ou seja, períodos longos com deficiência ou com excesso de água de precipitação pluviométrica.

Pela magnitude dos valores de desvio padrão representados na figura 2 e pelos valores de desvio padrão e coeficiente de variação apresentados na tabela 3, constata-se que a variabilidade entre meses e anos para cada estação é elevada. Os valores de desvio padrão dos totais mensais variaram de 46,4mm no mês de maio para a estação Formigueiro a 109,1mm para o mês de junho para a estação Caçapava do Sul.

Quanto aos valores do coeficiente de variação foram considerados baixos valores iguais ou inferiores a 14% e altos todos os valores iguais ou superiores a 60% (WARRICK E NIELSON, 1980). Para as estações localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, há valores entre 37,3% para setembro para os dados da estação Caçapava do Sul a 91,6% para novembro para os dados da estação São Gabriel.



Figura 2 - Média dos totais mensais em mm (colunas) e desvio padrão em mm (retas) dos totais mensais de precipitação pluviométrica de 14 estações pluviométricas, com mais de 20 anos de observações, localizadas na área e no entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS.

Tabela 3 - Coeficiente de variação (CV) e valores do desvio padrão (σ) dos totais mensais e anuais dos dados de precipitação pluviométrica das estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS.

Estações		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
S. Marcos	CV	53,4	60,4	60,9	62,2	54,6	57,2	55,8	58,9	45,5	50,8	72,2	50,3	22,2
	σ	71,5	87,0	76,3	70,3	60,1	75,9	73,4	77,0	65,0	74,3	74,9	60,2	332,8
Boca do Monte	CV	59,3	61,3	65,2	58,5	68,9	48,3	56,9	64,4	55,7	61,4	71,1	58,5	26,0
	σ	91,6	83,8	82,8	100,5	102,7	75,9	80,9	68,4	70,9	89,2	86,0	76,4	401,1
Santa Maria	CV	62,4	63,4	60,1	69,0	68,1	48,5	56,7	55,7	45,3	55,2	72,3	57,5	23,4
	σ	92,4	83,8	82,8	100,5	102,7	75,9	80,9	70,2	72,5	89,2	86,0	76,4	401,1
Passo das Tropas	CV	56,8	63,7	57,4	68,2	57,9	53,8	62,2	48,3	47,9	57,9	60,2	55,5	21,9
	σ	73,0	65,9	66,9	66,4	50,7	69,4	77,4	76,4	69,6	76,6	54,7	63,6	312,7
S. J. da Porteirinha	CV	63,3	71,6	67,9	69,7	62,9	61,3	66,4	55,9	47,7	51,9	69,9	54,7	21,8
	σ	71,0	77,7	75,7	71,7	56,8	60,5	69,2	63,8	61,3	73,8	57,9	62,8	289,1
Caranguejo	CV	64,8	63,7	64,9	74,6	72,0	53,0	58,1	50,9	48,5	54,4	64,8	52,4	21,6
	σ	74,5	69,6	77,2	75,7	78,0	70,7	76,0	72,0	66,4	79,0	69,1	60,3	312,6
Pau Fincado	CV	57,3	70,3	72,7	71,4	52,4	60,8	54,4	55,5	48,7	56,0	71,2	64,8	22,7
	σ	74,3	81,9	78,3	78,1	62,7	81,1	74,0	64,2	64,9	78,5	69,6	69,1	329,2
Formigueiro	CV	75,4	75,8	64,6	63,1	52,5	53,2	71,7	70,3	55,2	51,1	57,8	56,9	23,6
	σ	94,7	76,8	71,4	57,1	46,4	74,8	90,8	86,5	82,3	69,5	55,0	59,7	332,1
Cachoeira	CV	57,7	64,9	52,5	74,0	68,3	53,7	53,7	55,7	54,3	62,2	73,8	57,9	24,4
	σ	68,9	71,7	55,6	81,8	88,0	81,4	78,9	77,6	81,9	80,1	64,5	58,5	352,5
Barro Vermelho	CV	59,4	59,6	66,9	64,8	53,0	52,8	65,0	59,5	48,4	52,5	70,0	69,7	26,7
	σ	78,9	65,1	69,0	82,7	53,9	75,4	93,5	69,6	75,7	80,2	68,8	73,4	397,3
S. Sepé	CV	73,2	68,5	70,4	82,1	58,0	53,4	69,3	60,9	45,0	51,3	66,4	58,4	23,3
	σ	81,7	80,3	75,9	76,4	56,1	70,6	78,9	73,3	66,6	77,3	49,7	64,5	318,8
S. Gabriel	CV	51,4	67,2	79,2	75,5	64,8	57,7	68,2	58,5	55,5	58,1	91,6	63,3	18,5
	σ	56,4	72,8	78,6	67,1	62,1	74,9	72,4	57,0	71,4	81,4	64,2	65,2	233,5
S. Gabriel – Fepagro	CV	66,2	85,6	71,7	63,8	59,5	48,0	55,1	68,8	53,5	66,2	62,1	76,1	19,9
	σ	71,6	102,2	84,4	92,3	72,6	56,8	73,0	63,8	71,7	94,3	76,2	72,9	287,3
Caçapava do Sul	CV	69,2	64,4	66,7	63,8	68,2	53,2	75,6	54,2	37,3	51,6	76,9	76,8	21,4
	σ	96,0	81,2	88,3	64,9	73,6	90,4	109,1	72,3	74,3	81,2	64,9	90,9	380,9

Esses resultados levam a inferir que mesmo as médias dos totais mensais de precipitação pluviométrica sendo distribuídos de forma similar ao longo dos doze meses do ano há ocorrência de valores de desvio padrão significativos em relação à média, ou seja, períodos longos com excessos ou deficiências hídricas.

Na tabela 4 estão representados os valores extremos absolutos de precipitação pluviométrica para os totais mensais e anuais registrados nas estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e os anos de ocorrência.

Constata-se que os maiores valores extremos ocorreram naquelas estações com séries mais longas de dados, isso se deve ao fato de que quanto maior o período com observações, maiores são as probabilidades de registros eventos extremos. Nas estações com um menor número de anos de observação os valores são, em geral, são menos elevados. Isso pode ser constatado pelos valores extremos máximos da estação de Santa Maria (1912 a 2010) e

Formigueiro (1951 a 1981), em que os valores extremos máximos de Santa Maria são, em geral, mais elevados do que aqueles de Formigueiro.

Comparando-se os eventos extremos nas tabelas 4^a e 4b com os valores das médias dos totais mensais (figura 2 e tabela 2, respectivamente) constata-se um elevado afastamento dos valores extremos em relação às médias, ratificando a ocorrência da variabilidade. Isso comprova a ocorrência de valores elevados do desvio padrão e do coeficiente de variação encontrados para cada série de dados das estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí e seu entorno.

Tabela 4a – Valores extremos dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica (mm) das estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e seu entorno e respectivos anos de ocorrência.

Estações		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
São Marcos	> valor	295,0	325,8	300,7	251,4	287,3	269,2	369,2	301,8	251,6	318,8	260,9	262,8
	ano	1981	1969	1966	1959	1983	1982	1954	1972	1953	1963	1982	1966
	< valor	33,2	29,8	11	20,2	17,6	19,0	57,2	11,8	45,0	28,8	2,2	21,2
	ano	1982	1957	1957	1982	1966	1956	1962	1968	1971	1962	1956	1967
Boca do Monte	> valor	305,0	296,0	340,0	306,0	438,0	294,0	332,0	370,0	345,0	473,0	410,0	281
	ano	1977	1982	1966	1984	1984	1982	1977	1972	1988	1997	1994	1966
	< valor	10	4,0	0	27,0	10,0	54,0	36,0	13,0	0	10,0	6,0	23,0
	ano	1979	1989	1998	1982	1964	1964	1965	1993	1998	1981	1970	1972
Santa Maria	> valor	445,7	448,8	496,4	615,3	453,5	331,2	358,6	308,9	363,5	476,8	357,3	357,3
	ano	1996	1934	1913	1941	1941	1944	1987	1975	1988	1997	2003	2003
	< valor	0	0	29,6	11,1	4,6	0,7	0,3	0	0	22,5	5,7	6,1
	ano	1913	1913	1981	1929	1996	1925	1951	1961	1963	1971	1954	1942
Passo das Tropas	> valor	342,5	304,2	250,2	240,6	192,5	242,6	277,2	351,2	264,4	300,2	245,2	309,9
	ano	1963	1973	1961	1959	1959	1971	1973	1972	1972	1963	1978	1965
	< valor	30,8	26,8	25,1	5,3	1,8	22,0	39,4	11,4	33,8	25,0	2,7	23,2
	ano	1965	1970	1958	1965	1966	1962	1969	1968	1970	1971	1973	1972
S. J. da Porteirinha	> valor	265,4	311,6	342,7	321,1	206,9	225,3	248,8	234,0	240,5	329,7	224,8	235,6
	ano	1972	1955	1966	1959	1959	1959	1966	1972	1967	1963	1978	1966
	< valor	9,6	8,5	0	0	0	7,2	18,6	10,6	30	30	0	26,4
	ano	1979	1957	1957	1963	1962	1956	1959	1968	1974	1974	1959	1961
Caranguejo	> valor	235,6	298,2	367,6	261,8	363,6	256,0	281,6	297,6	256,8	355,4	308,4	237,6
	ano	1983	1973	1966	1984	1984	1984	1966	1972	1972	1963	1982	1965
	< valor	9,0	37,8	15,2	14,0	8,2	30,4	41,5	22,0	27,4	37,2	7,8	33,8
	ano	1979	1984	1982	1974	1966	1979	1958	1968	1970	1974	1959	1983
Pau Fincado	> valor	317,8	318,9	258,9	410,6	290,6	313,5	227,9	228,4	267,9	342,1	261,5	338,8
	ano	1972	1982	1962	1959	1984	1972	1966	1975	1965	1961	1978	1965
	< valor	13,7	14,6	6,0	20,5	13,7	5,3	29,7	27,3	0	12,5	0	13,0
	ano	1982	1957	1957	1974	1966	1962	1959	1983	1983	1974	1984	1984

Tabela 4b – Valores extremos dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica (mm) das estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e seu entorno e respectivos anos de ocorrência.

Estações		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Formigueiro	> valor	370,8	308,9	314,2	209,0	173,2	339,1	327,2	266,3	270,6	238,8	202,2	270,2
	ano	1956	1973	1966	1956	1970	1952	1973	1965	1965	1958	1977	1965
	< valor	0	0	16,4	5,5	0	29,0	0	7,4	35	166	5,0	6,0
Cachoeira	> valor	277,1	313,4	256,3	406,4	368,8	366,6	360,6	336,7	499,9	360,0	312,0	247,8
	ano	1972	1934	1966	1941	1942	1944	1914	1972	1937	1929	1919	1965
	< valor	21,7	22,9	13,8	2,9	11,4	4,1	8,1	7,6	27,0	1,6	4,7	4,0
Barro Vermelho	> valor	306,4	263,8	352,6	255,6	226,6	338,2	385,5	358,1	302,1	351,2	319,9	359,9
	ano	1956	1954	1959	1959	2002	1952	1987	1972	2002	2002	1963	1997
	< valor	4,9	2,2	3,4	23,3	9,3	26,4	1,1	10,2	18,9	18,8	1,9	32,4
São Sepé	> valor	292,1	325,8	300,7	251,4	232,4	269,2	369,2	301,8	251,6	318,8	260,9	218,2
	ano	1956	1969	1966	1959	1970	1982	1954	1972	1953	1963	1982	1970
	< valor	33,2	29,8	11	20,2	17,6	19	57,2	11,8	35,8	33	2,2	21,2
São Gabriel	> valor	229,8	333,4	265,3	317,7	180,2	270,1	248,8	227,7	317,2	385,6	267,8	249,6
	ano	1963	1973	1966	1959	1952	1954	1960	1959	1953	1963	1963	1966
	< valor	14,0	22,1	17,5	7,0	6,8	17,7	0	25,5	21,0	60,2	6,5	21,5
São Gabriel – Fepagro	> valor	363,7	421,7	362,4	394,3	380,7	214,8	288,0	242,7	333,6	376,7	228,5	334,0
	ano	1998	2000	1980	1993	1984	1988	1978	1980	1989	2002	1983	1997
	< valor	8,9	25,1	20,2	13,7	4,9	24,3	16,4	4,0	32,5	24,3	2,7	7,6
Caçapava	> valor	361,1	247,1	452,7	338,7	250,7	322,2	352,8	247,9	343,9	379,1	359,8	359,8
	ano	1956	1954	1966	1959	1957	1954	1966	1959	1965	1944	1966	1966
	< valor	32,6	24,4	19,3	24,0	11,0	16,7	2,4	25,3	55,4	33,9	4,2	4,0
	ano	1962	1957	1945	1963	1964	1962	1951	1948	1946	1945	1954	1944

Outra constatação é que para as estações com período de observações mais curto a concentração dos valores extremos máximos concentram-se nas décadas de 1960 e 1970, tendo como exemplo o mês de março onde em 10 estações pluviométricas das 14 em estudo, concentram seus valores extremos máximos no ano de 1966.

Ainda é possível identificar a concentração dos valores extremos mínimos para as décadas de 1950 e 1960, como exemplo o mês de agosto com oito das estações pluviométricas em estudo apresentando valores extremos mínimos no ano de 1968. Entretanto, nas estações com séries longas de observações e que abrange duas fases, quente e fria, do ODP, os valores extremos máximos ocorreram, principalmente, nos meses do período da fase quente. Isto pode ser constatado para a estação de Santa Maria, onde, exceção do mês de agosto, todos os valores extremos máximos ocorreram nas fases quentes do ODP.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos com os totais mensais de precipitação pluviométrica registrados nas estações pluviométricas localizadas na área e no entorno da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, constata-se que as médias dos totais mensais de precipitação pluviométrica são distribuídas de forma similar ao longo dos doze meses do ano, assim pode-se inferir que o regime pluviométrico da região é do tipo isoigro.

Quanto a análise da variabilidade temporal, para todas as estações pluviométricas são observadas ocorrências de valores extremos significativos, sendo, assim, um indicativo de que, a pesar da média dos totais mensais serem distribuídas de forma similar ao longo dos doze meses do ano, podem ocorrer períodos com déficit ou excesso de precipitação pluviométrica.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. C. de. **Memória sobre clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1930.

BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994

BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; D'ÁVILA, R. F.; HELDWEIN, A. B. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.11, n. 4, p.89-97, 2007.

BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; IENSEN, R.E.; CASAGRANDE, L.; SILVEIRA P. DA. C. Médias e variabilidade dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim, RS. In.: **Anais do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Belo Horizonte, MG, Setembro de 2009. (CD-ROM).

BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M. Cartas mensais e anuais das chuvas do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Centro de Ciências Rurais, Santa Maria**, v.7, n, 1, p. 55-82, 1977.

CASTILLO, F. E.; SENTIS, F. C. **Agrometeorologia**. Madrid: Mundi-Prensa Libros, AS, 1996.

ESTEFANEL, V.; BURIOL, G. A.; IENSEN, R.E.; CASAGRANDE, L.; SILVEIRA P. DA. C. Distribuição probabilística dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim, RS . In.:**Anais do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Belo Horizonte, MG, Setembro de 2009. (CD-ROM).

FEPAM - **Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, RS**. Disponível em < www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/.../bases_geo.asp >. Acesso: 17 ago. 2011.

FERNANDES, D. **Inventário das Estações Pluviométricas**. Brasília: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica/Ministério de Minas e Energia, 1996, n/p

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1989, não paginado, Vol. 1.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: UNESP, 2003.

MACHADO, F. P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Departamento de recursos naturais e estudos ambientais. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Rio de Janeiro, 2ª edição, 1989.

OLIVEIRA FILHO, J. da. C.; et al. Caracterização do regime pluviométrico da região do projeto rio Formoso na bacia do Araguaia, TO, Brasil. In.: **Acta Amazonica**. Manaus, v. 31(2), 2001. p. 221-226.

RIGHETO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998

RS - Secretaria da Saúde e Meio Ambiente (SSMA). Portaria n.05/89 de 16 de Março de 1989. Aprova a Norma Técnica que dispõe sobre critérios e efluentes líquidos. **Diário Oficial**, Porto Alegre, 29 de março de 1989.

SEMA – **Secretária Estadual do Meio Ambiente**: Sistema Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/rechidro.jsp>>. Acesso: 20 de jul. 2009

SIEGEL, S. **Estatística não paramétrica**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1975.

SILVEIRA, P. C.; BURIOL, G. A.. Tendência temporal do número de dias com precipitação pluviométrica na região Sudoeste do estado do Rio Grande do Sul. In: Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2010, Santa Maria. **Anais do XIV Simpósio de ensino, pesquisa e extensão: responsabilidade socioambiental**. Santa Maria: Unifra, 2010.

SILVEIRA, P. da C.; PEREIRA FILHO, W.; BURIOL, G. A. Consistência dos dados de precipitação pluviométrica das estações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS. In.: FIGUEIREDO, L. C.; FIGUEIRÓ, A. S. (org.) **Reflexões sobre a Geografia do Rio Grande do Sul: temas em debate**. Santa Maria: UFSM, 2010. p. 159-171. Disponível em <http://w3.ufsm.br/ppggeo/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=24&Itemid=30>. Acesso: 19 mai. 2011.

SOUSA, P. de; NERY, J. T. Análise da variabilidade anual e interanual da precipitação pluviométrica na região de Manuel Ribas, Estado do Paraná. In.: **ActaScientiarum**. Maringa, v. 24, 2002. p. 1707-1713

STRECK, N. A. et al. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 2009.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In.: HILLEL, D. **Application of soil physics**. New York: Academic Press, 1980.

ARTIGO 03 - ESPACIALIZAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS

RESUMO

No estudo das precipitações pluviométricas foi realizada análise espacial das médias dos totais mensais e anuais das chuvas para a compreensão das dinâmicas das chuvas na área de uma bacia hidrográfica do rio Vacacaí, no estado do Rio Grande do Sul. Para isso fez-se essencial à observação da variação da altimetria do relevo. Os mapas de precipitação pluviométrica foram confeccionados com base nos dados coletados em 14 estações pluviométricas com 20 anos ou mais com observações. Para a construção do mapa hipsométrico foram utilizados os dados extraídos de imagens SRTM. Todos os mapas foram construídos com auxílio dos programas computacionais *ArcGis 9* e *Surfer 8* e ajustados no programa *Corel Draw*. Foi identificada a existência de valores elevados de precipitação pluviométrica nas áreas próximas ao rebordo do Planalto rio-grandense, bem como um maior total pluviométrico para os meses de setembro e outubro.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Cartografia. Hipsometria.

ABSTRACT

In the study of rainfall it was made a spatial analysis the average of the monthly and yearly rainfall totals to understand the dynamics of rainfall in the area of Vacacaí River basin, in the State of Rio Grande do Sul. In order to do that, it was essential the observation of altimetry relief variation. The rainfall maps were made using the data collected in 14 rain stations with 20 years or more of observations. To make the maps with altitude variation it was used the data from SRTM images. All the maps were made using *ArcGIS 9* and *Surfer 8* and adjusted using *Corel Draw*. It was identified the existence of heavy rainfall in the areas near the vicinity of Planalto Rio-Grandense, as well as a heavier rainfall in the months of September and October..

Keywords: GIS. Cartography. Hypsometry.

1 INTRODUÇÃO

Na determinação da variação geográfica, ou espacial, das precipitações pluviométricas há possibilidade de minimizar, com maior segurança, os riscos ambientais provenientes de eventos como enxurradas ou de longos períodos sem precipitações pluviais. Assim, a análise espacial das precipitações pluviométricas se constitui de elemento importante, a avaliação das diferenças das médias de precipitação pluviométrica levando em consideração os níveis altimétricos de um terreno.

A área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí é uma das mais extensas da região central do estado do Rio Grande do Sul e sua importância está vinculada, principalmente, a utilização de suas terras e águas para a agricultura e a pecuária extensiva (PRÓ-GUAÍBA, 2011). Possui uma área aproximada de 10.000 km² (SEMA, 2009) e localiza-se nas províncias geomorfológicas da Depressão Central, Escudo Rio-Grandense e áreas do rebordo do Planalto Rio-Grandense (RS, 1989; SEMA, 2009). A bacia hidrográfica abrange 10 municípios: Santa Maria, São Gabriel, Santa Margarida do Sul, Vila Nova do Sul, Caçapava do Sul, São Sepé, Formigueiro, Restinga Sêca e Dilermando de Aguiar.

As nascentes do rio Vacacaí localizam-se na região da serra do Babaraquá, no município de São Gabriel, em uma área com altitudes que variam de 310 a 460 metros acima do nível do mar. Na Depressão Central a extensão territorial da bacia hidrográfica do rio Vacacaí se caracteriza pela presença de planícies com leves ondulações, até atingir sua foz junto ao rio Jacuí, no município de Cachoeira do Sul, em altitude média de 60 metros acima do nível do mar (FUNASA, 2000).

Em períodos com dias consecutivos com precipitações pluviométricas intensas suas planícies são, frequentemente, inundadas pelas águas do rio Vacacaí e seus afluentes. Quando as inundações ocorrem em períodos de cultivo de arroz, os prejuízos econômicos são elevados. Tendo em vista que a entrada de água em um sistema hídrico interfere diretamente no desenvolvimento econômico regional, pois entre as atividades produtivas a agricultura apresenta grande dependência da disponibilidade e variabilidade das precipitações pluviométricas (MORAIS *et al*, 2001). Outras atividades humanas também são dependentes das variações temporais e espaciais das chuvas tais como o abastecimento de água, a delimitação de áreas de preservação natural e a construção civil.

Para a área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, ainda não há conhecimento de estudos que abordem a espacialização das precipitações pluviométricas, sendo encontrados apenas trabalhos que abordam a sua distribuição espacial para todo o estado do Rio Grande do Sul, como Araújo (1930), Machado (1950), Buriol *et al.* (1977) e Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989). Nesses estudos a distribuição espacial das precipitações pluviométricas é baseada nas médias dos totais mensais e anuais de um número pequeno de estações pluviométricas. No caso da área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, nesses trabalhos são utilizados os dados de apenas uma estação pluviométrica localizada no seu perímetro: a estação São Gabriel.

Na representação da variação espacial das precipitações pluviométricas, contudo, faz-se necessária a utilização dos dados de um número significativo de estações pluviométricas na área considerada. É importante, também, utilizar os dados das estações localizadas no entorno da área em estudo. Sabe-se que, na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, existem várias estações pluviométricas com séries históricas importantes de dados (FERNANDES, 2006). Desta forma, com a utilização dos dados destas estações, a espacialização da precipitação pluviométrica na área desta bacia certamente se tornaria mais detalhada, contemplando de forma mais precisa a interação deste elemento com os fatores geográficos regionais.

O objetivo nesse trabalho foi determinar a espacialização dos totais mensais e anuais da precipitação pluviométrica na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A carta hipsométrica foi confeccionada utilizando-se imagens SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* (nomenclaturas SH-22-Y-A, SH-22-Y-B, SH-22-Y-C, SH-22-Y-D) disponíveis para *download* no sítio virtual da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (MIRANDA, 2005). Das imagens foram extraídas curvas de nível pelo uso da ferramenta *countour* do *ArcMap 9.3*, em sequência foi aplicada a ferramenta *merge* para união dos *shapes* das curvas de nível.

O polígono da área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí foi delimitado pelo uso das cartas topográficas da região, guiando-se pelas curvas de nível geradas no programa

computacional *ArcGis 9*, tomando-se como referência as cotas mais elevadas, localizadas nos divisores de águas das bacias hidrográficas limítrofes.

Na representação da rede de drenagem foram utilizados arquivos disponíveis no sítio da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM (2011) importados para o programa em formato *shapefile*. Para a inserção dos limites municipais foram utilizados dados georreferenciados em formato CAD extraídos do sítio do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011).

Na distribuição espacial das médias dos totais mensais e anuais de precipitação pluviométricas foram utilizados os dados de 13 estações pluviométricas com período de observações igual ou superior 20 anos (tabela 1).

Tabela 1 - Relação das estações pluviométricas, com 20 anos ou mais de observações, localizadas na área e no entorno da área da Bacia do rio Vacacaí, RS, instituições a que pertencem, coordenadas geográficas e período de observações.

Nº	Estações	Instituição	Latitude (S)	Longitude (w)	Altitude (m)	Período de observações		Série (anos)
						Início	Término	
01	São Marcos	DEPRC	29°40'00"	53°41'00"	90	1953	1983	20
02	Boca do Monte	FEPAGRO	29°41'24"	53°48'42"	158	1964	2008	44
03	Santa Maria*	INMET	29°43'27"	53°43'12"	95	1912	2010	98
04	Passo das Tropas	DEPRC	29°45'00"	53°29'00"	44	1957	1979	22
05	S. J. da Porteirinha	DEPRC	29°47'00"	53°59'59"	153	1954	1979	25
06	Caranguejo	DEPRC	29°50'00"	54°00'00"	106	1957	1984	27
07	Pau Fincado	DEPRC	29°55'00"	54°20'00"	200	1954	1984	30
08	Formigueiro	DEPRC	30°00'00"	53°30'00"	110	1951	1981	30
09	Cachoeira do Sul	INMET	30°02'00"	52°53'00"	73	1912	1974	62
10	Barro Vermelho	ANA	30°08'27"	53°09'43"	100	1951	2006	55
11	São Sepé	DEPRC	30°10'00"	53°35'00"	110	1951	1974	23
12	São Gabriel – Fepagro	FEPAGRO	30°20'27"	54°19'01"	109	1963	2008	45
13	Caçapava	INMET	30°30'00"	53°29'00"	420	1944	1966	22

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2009 (adaptado)

Para identificar a distribuição espacial das precipitações pluviométricas foi utilizado o programa computacional *Surfer 8.0*. Para a obtenção das isoietas foi utilizado o modelo de semivariograma esférico, com interpolação de pontos pela técnica geoestatística da krigagem ordinária (DRUCK *et al.*, 2004), com um intervalo entre as curvas de 20 mm para as médias dos totais mensais e 100 mm para as médias dos totais anuais. Os dados utilizados (tabela 2) para a geração das curvas foram importados pelo *Surfer 8.0* a partir do *Excel 2003*, com tabelas contendo os dados de latitude, longitude e médias anuais de dias de chuva para cada estação. Para representação da rede de drenagem foram utilizados os arquivos disponíveis no

site da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler), que foram importados pelo *Surfer 8.0* no formato *shapefile* (LANDIM *et al.*, 2002).

Tabela 02 - Médias dos totais mensais e anuais (x) e número de anos (n) com observação das precipitações pluviométricas localizadas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS e seu entorno.

Estações		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
São Marcos	n	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31
	x	133,8	144,0	125,3	113,0	110,0	132,6	131,5	130,8	143,1	146,2	103,8	119,6	1501,7
Boca do Monte	n	44	44	45	44	44	44	44	44	44	43	42	41	45
	x	140,3	126,0	136,3	144,2	117,0	133,4	140,6	118,6	145,4	158,5	124,1	119,9	1554,6
Santa Maria	n	94	95	95	95	95	95	96	95	96	95	96	96	96
	x	148,2	132,2	137,7	145,7	150,9	156,5	142,7	125,9	160,1	161,4	119,0	132,8	1713,1
Passo das Tropas	n	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	22
	x	128,5	103,5	116,6	97,5	87,6	129,0	124,4	158,1	145,4	132,3	90,9	114,5	1428,2
S.J. da Porteirinha	n	23	23	24	24	24	24	23	22	23	22	23	23	21
	x	112,1	108,5	111,3	102,8	84,0	98,7	104,2	114,1	128,6	142,1	77,5	114,8	1326,8
Caranguejo	n	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	27	25
	x	114,9	109,3	119,0	101,5	108,3	133,6	130,7	141,4	136,8	145,3	106,6	115,1	1447,5
Pau Fincado	n	30	30	31	31	30	31	31	31	31	31	30	31	29
	x	129,7	116,	107,8	109,5	119,7	133,3	136,0	115,7	133,3	140,2	97,8	106,6	1453,4
Formigueiro	n	30	30	31	31	31	31	31	31	30	30	30	31	28
	x	125,6	101,3	110,5	90,4	88,4	140,5	126,6	122,9	149,1	136,0	95,2	105,0	1405,7
Cachoeira	n	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	62	63	63
	x	119,3	110,6	105,9	110,6	128,9	151,4	151,4	139,4	150,7	128,8	87,4	101,0	1484,0
Barro Vermelho	n	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	x	132,7	109,3	103,2	127,7	101,7	142,7	143,9	117,0	156,2	152,6	98,3	105,3	1490,6
S. Sepé	n	24	24	24	24	24	23	24	24	24	24	24	24	24
	x	111,7	117,2	107,8	93,00	96,6	132,17	113,8	120,4	148,0	150,6	74,9	110,3	1370,9
S. Gabriel – Fepagro	n	36	36	36	36	36	36	36	36	36	35	35	35	36
	x	108,1	119,3	117,7	144,7	122,0	118,3	132,5	92,7	134,0	142,5	122,8	95,8	1440,3
Caçapava	n	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	x	141,9	101,6	143,7	108,4	111,6	155,7	128,0	125,7	183,2	172,8	79,9	125,5	1571,8

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 está representada a variação hipsométrica da área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, no estado do Rio Grande do Sul. Observa-se que a predominância do compartimento geomorfológico da Depressão Central (com altitudes entre 30 e 120 metros acima do nível do mar). As maiores altitudes (acima de 200 metros) encontram-se no Escudo Rio-Grandense, altitudes similares são encontradas, ainda, no extremo norte da bacia

hidrográfica, em área do Planalto Rio-Grandense localizada no município de Santa Maria (altitudes superiores a 200 metros).

Ainda na figura 2 é possível identificar as nascentes do rio Vacacaí na área do Escudo Rio-Grandense em altitude superior a 310 metros e sua foz no município de Cachoeira do Sul, com valores altimétricos inferiores a 120 metros.

Na figura 3 estão representadas as médias dos totais mensais das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS. Há ocorrência de valores de precipitação pluviométrica inferiores a 80 mm mensais, apenas para o mês de novembro, em área localizada no município de São Sepé (figura 2). Isso é decorrente do período de registros (1951 a 1974) da estação pluviométrica localizada no município, que correspondendo a fase fria da ODP (Oscilação Decadal do Pacífico), ocasião em que os totais pluviométricos sofrem quedas significativas (STRECK, *et al.*, 2009).

Quanto ao valor máximo de precipitação pluviométrica, acima de 180 mm, há registro apenas para o mês de setembro em uma pequena área no município de Caçapava do Sul. A média do total mensal de precipitação pluviométrica para a estação Caçapava é de 183,2 mm, sendo o maior valor entre as médias dos totais mensais de precipitação pluviométrica registrado na área da bacia hidrográfica para o mês de setembro (tabela 2). A estação Caçapava localiza-se em área superior aos 400 metros de altitude, assim destaca-se influência significativa das altitudes nas médias pluviométricas, tendo em vista que a influência do relevo nas chuvas pode ser observada para sete meses do ano (janeiro, março, junho, agosto, setembro, outubro e dezembro).

Em relação ao traçado das isoietas é possível destacar a predominância de áreas com valores entre a 140 mm e 180 mm nos meses de setembro e outubro. Para o mês de novembro observa-se os menores valores de precipitação pluviométrica, com predominância de valores entre 60mm e 100mm. Esses dados estão em consonância com Ferraz e Roberti (2011) quanto a abrangência de volumes de precipitação pluviométrica superiores para os meses iniciais da primavera.

Para o mês de fevereiro constata-se certa homogeneização da distribuição das chuvas ao longo do mês com predomínio de valores entre 80 e 100 mm, ocorrendo uma pequena área no extremo norte da bacia hidrográfica com valor acima de 100 mm mensais. Observa-se ainda que, para os meses do verão, há predominância de valores entre 80 e 100 mm o que nos demonstra a queda significativa dos totais pluviométricos por ocasião do verão (FERRAZ E ROBERTI, 2011).

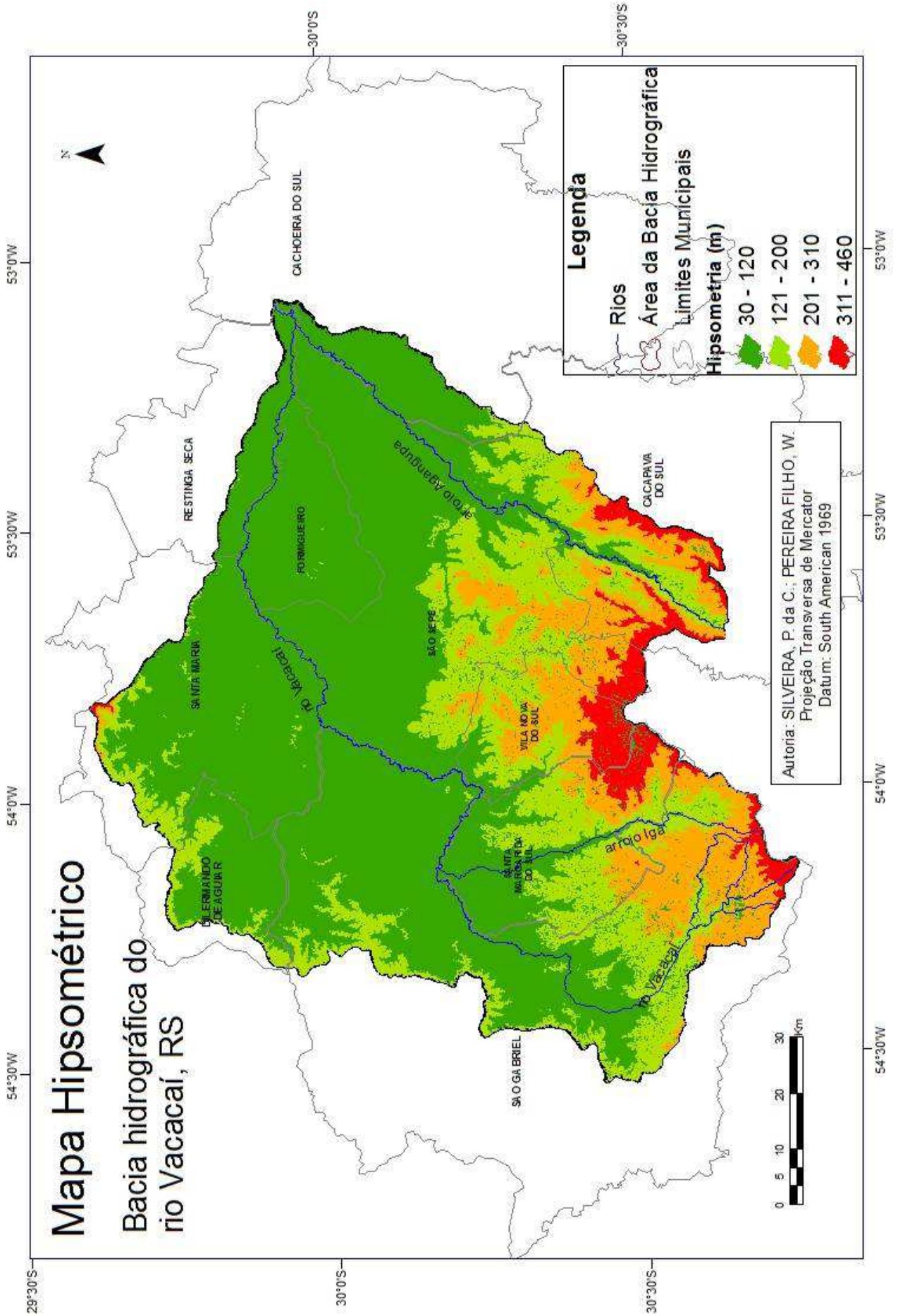


Figura 1 – Mapa hipsométrico da área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS

Médias mensais das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS

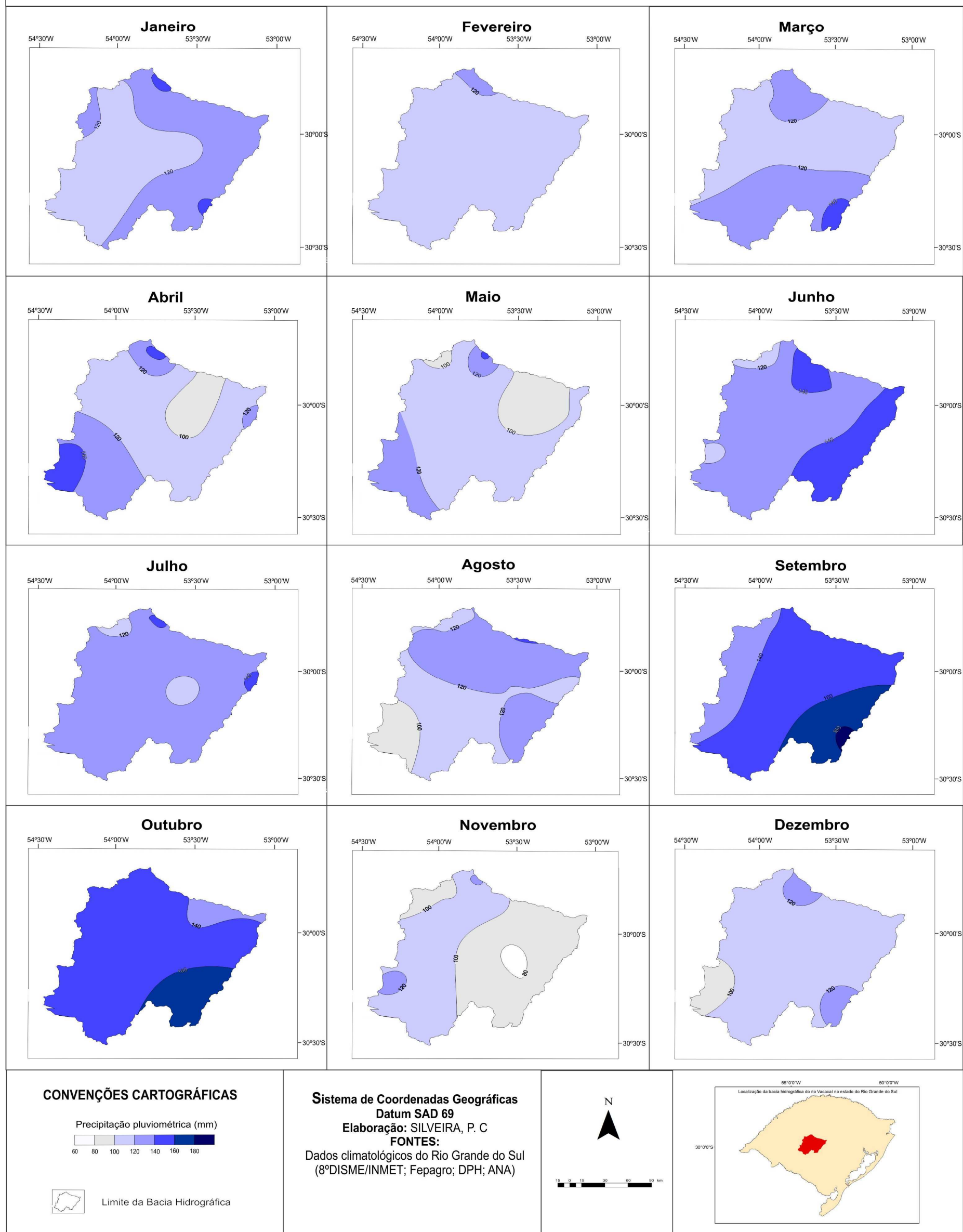


Figura 2 – Mapa das médias mensais das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS

Confrontando o mapa da figura 2 com os mapas de precipitação pluvial da figura 3 observa-se a influência da altitude na distribuição espacial das chuvas. O rebordo do Planalto Rio-Grandense influencia no aumento das médias da precipitação pluviométrica para 10 meses do ano, sendo as exceções os meses de setembro e outubro. Para os meses mais chuvosos (setembro e outubro) verifica-se a influência do Escudo Rio-Grandense na área do município de Caçapava do Sul.

Quanto a área do Escudo Rio-Grandense abrangida pela Serra do Babaraguá, no município de São Gabriel (onde estão localizadas nas nascentes do rio Vacacaí), identifica-se a influência do relevo na elevação das chuvas apenas para os meses de abril e maio, enquanto para os meses de agosto e dezembro é possível identificar queda nos totais pluviométricos registrados para a estação São Gabriel. Assim não é possível inferir em uma influência direta das áreas elevadas da nascente do rio Vacacaí na distribuição geográfica das chuvas.

Confrontando-se os mapas mensais da precipitação pluviométrica da figura 3 com aqueles realizados para o estado do Rio Grande do Sul (BURIOL; ESTEFANEL; FERREIRA, 1977; INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989) constata-se que a densidade de isoietas sobre a área da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí é maior. Isso foi possível em função da utilização de um número maior de estações pluviométricas o que possibilitou uma caracterização mais precisa do condicionamento da altitude na distribuição geográfica da precipitação e o traçado de isoietas com intervalos de menor valor (20 mm).

Na figura 4 tem-se a distribuição da precipitação média anual para a área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí. As médias variaram de 1300 a 1400 mm nas zonas de menor precipitação e atingiram 1600 mm nas áreas com maiores valores pluviométricos. A maior parte da área total da bacia hidrográfica do rio Vacacaí apresenta uma precipitação média de 1300 a 1400 mm, indo de encontro ao trabalho de Araújo (1930) que indica a área da Depressão Central e do Escudo Rio-Grandense como áreas com totais médios de precipitação pluviométrica anual variantes de 1250 mm a 1600 mm.

As maiores médias de precipitação pluviométrica anual ocorrem na região do rebordo do Planalto Rio-Grandense, enquanto os menores valores médios ocorrem na região do município de São Sepé e nas proximidades do município de Dilermando de Aguiar. Para a região do rebordo do Planalto Rio-Grandense é possível identificar não apenas a influência do relevo, mas também do período com registros de dados (tabela 2). Para a estação Santa Maria há registros de dados não apenas na fase fria da ODP como também na fase quente (quando os valores de precipitação pluviométrica elevam-se expressivamente), enquanto para a estação São Sepé os registros de dados ocorrem somente na fase fria.

Médias anuais das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS

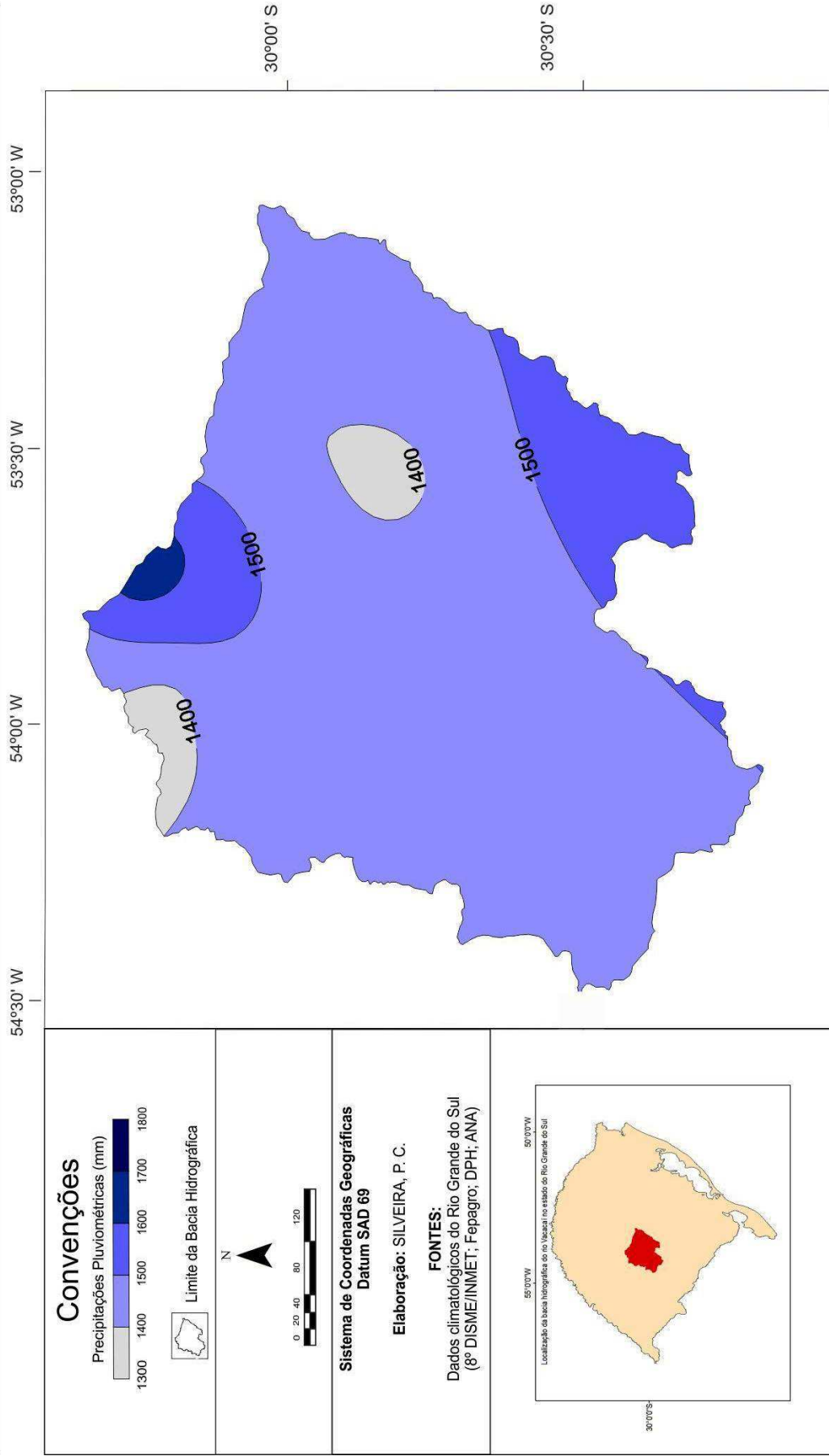


Figura 3 - Mapa das médias anuais das precipitações pluviométricas na bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos com o traçado das isoietas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí conclui-se que a variação espacial das precipitações pluviométricas é condicionada pela altimetria do terreno. Observa-se a influência do rebordo do Planalto rio-grandense na elevação dos totais das precipitações pluviométricas médias mensais, a exceção dos meses de setembro e outubro onde não foi possível identificar influência do relevo na distribuição espacial das chuvas. Identificou-se, ainda, a influência das áreas mais elevadas do Escudo Rio-Grandense para os meses de março, agosto, setembro, outubro e dezembro.

Não há tendência de aumento das áreas de mesma precipitação no sentido latitudinal ou longitudinal, assim confirma-se a inexistência de um padrão homogêneo para a variabilidade espacial das precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica. Salienta-se a existência de uma elevação pouco acentuada das médias pluviométricas para os meses de junho, setembro e outubro e de uma pequena queda na variabilidade espacial para os meses de fevereiro e dezembro.

Para esse estudo, a utilização de 12 estações pluviométricas encontradas na área e no entorno de uma bacia hidrográfica do rio Vacacaí foi facilitador de uma caracterização mais precisa sobre as condições da distribuição geográfica das precipitações pluviométricas, bem como de seu condicionamento pela altitude.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Inventário das estações pluviométricas**. 2ed. Brasília: ANA/SGH, 2009.

ARAÚJO, L. C. de. **Memória sobre clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1930.

BURIOL, G. A; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M. Cartas mensais e anuais das chuvas do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Centro de Ciências Rurais, Santa Maria**, v.7, n, 1, 1977. p. 55-82

BURIOL, G. A.; et al. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. In.: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 11 n. 4 out/dez, 2006. p.89-97

DRUCK, Suzana. **Análise espacial de Dados Geográficos**. Planaltina-DF: Ed. EMBRAPA. 2004.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS. **Biblioteca Digital**: arquivos digitais para uso em SIG. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp>. Acesso: 15 dez. 2011.

FERRAZ, S. E. T.; ROBERTI, D. R. Padrões climáticos na região do extremo sul do Planalto Meridional brasileiro. In.: SCHUMACHER, M. V. *et al* (Org.). **A floresta estacional subtropical**: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto meridional. Santa Maria, 2011. p. 9-20.

FERNANDES, D. **Inventário das Estações Pluviométricas**. Brasília: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica/Ministério de Minas e Energia, 1996, n/p

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde: Ministério da Saúde. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Encontrado em <<http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/vigisus/IDH16.pdf>>. Acesso: 30 abr. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências: produtos. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm>. Acesso: 20 dez. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1989, não paginado, Vol. 1.

LANDIM, P.M.B., MONTEIRO, R. C. & CORSI, A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software Surfer**. Geomatemática, Texto Didático 8, DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 14 jul. 2011.

MACHADO, F. P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso: 20 jul. 2011.

MORAIS, A. R. et al. Estimativa da precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição Gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 305-310. 2001.

PRÓ-GUAÍBA – **Região Hidrográfica do Guaíba**: Nove bacias e suas características Disponível em: <<http://www.proguaiba.rs.gov.br/bacias.htm>>. Acesso: 29 dez. 2011.

RS - Secretaria da Saúde e Meio Ambiente (SSMA). Portaria n.05/89 de 16 de Março de 1989. Aprova a Norma Técnica que dispõe sobre critérios e efluentes líquidos. **Diário Oficial**, Porto Alegre, 29 de março de 1989.

SEMA – **Secretária Estadual do Meio Ambiente**: Sistema Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/rechidro.jsp>>. Acesso: 20 jul. 2009

STRECK, N. A. et al. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 2009.

DISCUSSÃO GERAL

Antecedendo os estudos e as análises espaciais e temporais, no entanto, foram necessárias as aplicações de modelos estatísticos (paramétricos e não paramétricos) para a constatação da homogeneidade dos dados registrados nas estações pluviométricas localizadas na área e no entorno da bacia hidrográfica. As técnicas da dupla massa e a do teste de iterações identificaram a possibilidade de uso dos dados pluviométricos das estações em teste para as análises posteriores.

Sendo a precipitação pluviométrica importante componente físico em um sistema hídrico e elemento que interfere nas relações socioeconômicas das diferentes regiões geográficas, influenciando diretamente a agropecuária e a construção civil, os estudos referentes a variabilidade temporal e espacial das chuvas são fundamentais.

As chuvas são influenciadas temporalmente pela Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e espacialmente pelos níveis altimétricos do terreno. Quanto a ODP é possível identificar através da tabulação dos valores extremos (máximos e mínimos) de precipitação pluvial e pela espacialização dos dados registrados nas estações pluviométricas, a influência de suas fases quente e fria. A fase fria é caracterizada pela ocorrência de valores extremos mínimos de precipitação e áreas mapeadas com ocorrência de valores inferiores 100 mm mensais. A fase quente é observada pelos valores extremos máximos e pela ocorrência de valores superiores aos 100 mm mensais.

Além da ODP, as chuvas são influenciadas espacialmente pelos níveis altimétricos do terreno, sendo assim as altitudes são elementos geomorfológicos importantes na caracterização da distribuição espacial das chuvas. Para os meses com totais pluviométricos menos elevados (meses do verão) identifica-se com maior clareza a influência do relevo, sendo possível identificar áreas com ocorrência de valores elevados na zona do rebordo do Planalto Rio-Grandense (no extremo norte da área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí) e nas áreas localizadas no Escudo Rio-Grandense.

CONCLUSÕES GERAIS

Pelos resultados obtidos nos três artigos sobre as precipitações pluviométricas na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul concluiu-se as precipitações pluviométricas na bacia hidrográfica do rio Vacacaí seguem a tendência temporal e espacial das chuvas no estado do Rio Grande do Sul.

Quanto aos valores altimétricos foi ressaltada a influência da região do rebordo do Planalto rio-grandense para todos os meses do ano, vindo de encontro aos estudos de Machado (1950) e Moreno (1961) no que diz respeito à influência do relevo nas médias dos totais das precipitações pluviométricas do Rio Grande do Sul. Assim, a altitude é fator geográfico condicionante da variação das precipitações pluviométricas, sendo perceptível o aumento das precipitações ao longo do rebordo do Planalto Rio-Grandense e nas áreas do Escudo Rio-Grandense.

Referente a variação temporal das chuvas, ainda é importante destacar a influência das fases frias e quentes da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) que, nesse estudo, pode ser observado com referência aos períodos de registros de dados das diferentes estações pluviométricas.

Ainda quanto a variação espacial ou geográfica das chuvas foram identificadas variações referentes a sazonalidade e a altitude. Nos meses do verão (dezembro, janeiro e fevereiro) é possível observar médias até 30 mm inferiores as médias da primavera. Também é possível observar a tendência sazonal de aumento das precipitações pluviométricas nos dois primeiros meses da primavera (setembro e outubro).

Recomenda-se avançar nos estudos relacionados a distribuição espacial e aprofundar a análise das variações temporais das precipitações pluviométricas. Representando cartograficamente a frequência de ocorrência dos totais mensais e anuais, a probabilidade, os valores extremos (máximos e mínimos) e os períodos consecutivos com e sem precipitação pluviométrica.

REFERÊNCIAS

BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In.: TUCCI, C. E. M. (org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. p. 177-241

BURIOL, G.A.; et al. Cartas mensais e anual das chuvas do estado do Rio Grande do Sul. In.: **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.7, n.1, 1977. p.55-82

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. São Paulo: Edgar Bllücher, 1988.

LUGON JR, J.; RODRIGUES, P. P. G. W. Hidrologia. In.: **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**. Campos dos Goytacazes/RJ, v. 2 n. 2, jul./ dez. 2008.

MACHADO, F. P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos., 2007.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul. 1961.

SOUZA, A. de.; et al. Distribuição espacial da relação precipitação/número de dias de chuva em Campo Grande – MS. In.: **Anais II Seminário Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade**. Taubaté/SP, Brasil, 09-11 dezembro, 2009, IPABHi. p. 321-326

ANEXOS

Anexo A – Coeficientes da equação de regressão linear simples e coeficientes de determinação da relação entre os totais mensais de precipitação pluviométrica do primeiro semestre do ano das estações pluviométricas localizadas na área da bacia do rio Vacacaí e entorno em relação à estação de Santa Maria, tomada como base de comparação.

Estação testada	Janeiro			Fevereiro			Março		
	a	b	r ²	a	b	r ²	a	b	r ²
São Marcos	78,31	0,854747	0,99	-1,24	1,022141	0,99	-112,07	0,983741	0,99
Boca do Monte	-127,99	1,095681	0,99	-184,03	1,072214	0,99	-263,54	1,051333	0,99
Toniolo	120,04	0,693965	0,99	17,09	0,85949	0,99	0,46	0,774649	0,99
Arroio do Só	52,27	0,884381	1,00	79,33	0,804605	0,99	-76,43	0,906461	0,99
S.J. Porteirinha	-112,31	0,786574	0,99	176,45	0,684872	0,99	-68,67	0,862924	1,00
Restinga Seca	64,35	0,813385	1,00	111,99	0,853135	0,97	-20,47	0,834455	1,00
Caranguejo	35,38	0,81992	1,00	-0,19	0,805531	0,99	-97,25	0,891249	1,00
P. Tropas	121,16	0,910109	0,99	54,44	0,762135	1,00	16,17	0,806576	0,99
Pau Fincado	-165,54	0,886195	0,99	-25,05	0,83868	0,99	-160,26	0,869629	1,00
P. do Verde	-24,46	0,720343	0,99	98,43	0,665263	0,98	-56,47	0,912644	1,00
Formigueiro	-123,47	0,8801	0,99	47,48	0,735942	0,99	23,48	0,790151	0,99
Cachoeira	191,52	0,79443	1,00	-94,53	0,853181	1,00	-402,14	0,856223	1,00
B. Vermelho	154,84	0,838972	0,97	-67,00	0,964082	0,73	34,48	1,060769	0,74
Guabijú	177,17	0,710537	0,96	74,12	0,597319	0,98	-45,07	0,896896	0,99
São Sepé	-64,94	0,742057	0,99	82,29	0,8379912	1,00	155,54	0,828586	1,00
Mata Grande	6,07	0,722086	0,98	2,45	0,720142	0,99	-94,92	0,950492	0,99
Santa Margarida	158,19	0,467089	0,92	-50,99	0,413735	0,96	-129,44	0,774602	0,98
São Gabriel	-43,16	0,684601	0,99	30,84	0,760678	0,99	155,05	0,774149	0,98
S. Gabriel – Fepagro	-83,98	0,760568	0,99	35,26	0,885335	0,99	240,25	0,792449	0,99
Marco da Ramada	79,01	0,807	0,99	14,73	0,785946	0,98	-97,51	1,056596	0,99
Caçapava	86,95	0,949424	0,99	205,14	0,80876	0,96	57,85	1,124876	0,99
Cerro de Ouro	63,48	0,685132	0,99	-66,26	0,768902	0,95	-137,17	1,024953	0,99
Suspiro	29,18	0,62334	0,97	-138,60	0,678254	0,99	13,99	0,865598	0,99
Peri Souza	-52,67	0,676541	0,97	210,80	0,6442	0,99	344,29	0,884354	0,95

Estação testada	Abril			Maio			Junho		
	a	b	r ²	a	b	r ²	a	b	r ²
São Marcos	1,19	0,968976	0,99	-38,796	1,013798	0,99	14,16	0,930478	0,99
Boca do Monte	-215,35	1,066097	1,00	-251,08	1,181921	0,99	-74,33	1,088934	1,00
Toniolo	68,14	0,758013	0,98	6,02	0,853619	0,99	72,28	0,7743	1,00
Arroio do Só	94,61	0,848505	0,99	40,57	0,77717	1,00	-29,44	0,928806	0,99
S.J. Porteirinha	111,54	0,805311	1,00	29,41	0,903348	1,00	-79,45	0,768778	0,99
Restinga Seca	28,07	0,95767	1,00	50,72	0,839565	0,99	-103,33	1,107138	0,99
Caranguejo	19,13	0,81046	1,00	-90,45	0,922386	1,00	-25,52	0,949129	1,00
P. Tropas	34,20	0,776997	0,99	-17,81	0,856789	1,00	180,21	1,023309	0,98
Pau Fincado	-2,76	0,9197	1,00	65,91	0,998525	1,00	-142,49	0,979474	0,99
P. do Verde	106,56	0,755376	0,98	21,22	0,809189	0,99	12,45	0,838683	0,99
Formigueiro	77,93	0,775904	0,99	37,54	0,857242	1,00	54,50	0,97815	0,99
Cachoeira	45,09	0,836064	1,00	-59,28	0,84148	1,00	-301,41	0,971272	1,00
B. Vermelho	99,39	1,243385	0,58	50,55	1,173942	0,74	358,76	1,26718	0,80
Guabijú	69,28	0,858676	0,98	0,56	1,139091	0,98	33,24	0,0397	0,99
São Sepé	115,02	0,804139	0,99	49,43	0,976478	1,00	71,85	0,825923	0,99
Mata Grande	95,17	0,774143	0,99	-16,01	0,984429	0,99	-17,31	0,863122	0,97
Santa Margarida	112,10	0,627904	0,95	43,13	1,019661	0,99	-43,94	0,738284	0,97
São Gabriel	143,25	0,724506	0,99	19,37	1,023653	0,99	193,23	0,800665	0,99
S. Gabriel – Fepagro	-33,73	0,905472	0,99	145,07	0,808474	0,99	-85,95	0,777006	0,99
Marco da Ramada	93,05	0,656343	0,99	-2,47	1,037731	0,98	-42,42	0,791091	0,94
Caçapava	49,42	0,938554	0,99	245,49	0,939643	0,98	12,20	1,00995	0,99
Cerro de Ouro	-38,35	0,733384	0,99	9,90	0,841888	0,96	-10,05	0,752953	0,95
Suspiro	-1,35	0,770009	0,98	-29,33	0,794962	0,92	-80,29	0,779222	0,90
Peri Souza	27,05	1,005901	0,98	25,12	1,066696	0,99	65,65	0,89278	0,99

Anexo B – Coeficientes da equação de regressão linear simples e coeficientes de determinação da relação entre os totais mensais de precipitação pluviométrica do segundo semestre do ano das estações pluviométricas localizadas na área da bacia do rio Vacacaí e entorno em relação à estação de Santa Maria, tomada como base de comparação.

Estação testada	Julho			Agosto			Setembro		
	A	b	r ²	a	b	r ²	a	b	r ²
São Marcos	133,66	0,914933	0,99	-94,83	0,981765	0,99	5,98	0,952607	0,99
Boca do Monte	-263,81	1,091839	0,99	-216,91	1,116671	1,00	35,18	1,10077809	1,00
Toniolo	-19,16	0,826924	1,00	-49,55	0,801984	0,99	-38,12	0,8294	1,00
Arroio do Só	73,67	1,0259	0,98	-127,22	0,902792	0,99	-56,53	0,891746	0,99
S.J.Porteirinha	-195,66	0,77079	0,99	-86,17	0,791878	1,00	-101,60	0,860609	1,00
Restinga Seca	76,92	0,867912	1,00	19,12	0,966042	1,00	49,94	0,934616	1,00
Caranguejo	-105,93	0,941644	1,00	110,56	0,935732	1,00	79,26	0,901376	1,00
P. Tropas	-272,83	0,916039	0,97	-52,48	1,051921	1,00	-25,08	0,96793	1,00
Pau Fincado	-172,05	0,963507	1,00	-78,56	0,843911	1,00	-105,17	0,958418	1,00
Passo do Verde	-36,29	1,005329	0,97	-36,03	0,972926	0,99	116,52	0,808072	0,99
Formigueiro	-157,98	0,954787	0,99	-140,53	0,964928	1,00	181,79	0,951126	1,00
Cachoeira	-319,44	1,170128	1,00	-39,14	1,096523	1,00	-137,10	0,939512	1,00
Barro Vermelho	137,50	1,399905	0,75	-82,40	1,245335	0,83	-103,81	1,500109	0,71
Guabijú	13,11	0,827325	0,98	-21,93	0,952392	0,99	9,31	0,892915	1,00
São Sepé	-44,43	0,881505	0,99	5,35	0,905058	1,00	-48,08	1,00166	1,00
Mata Grande	-78,49	1,057064	0,99	7,80	0,878508	0,99	-72,36	0,984881	0,99
Santa Margarida	8,84	0,875166	0,99	1,15	0,890433	0,99	-76,42	0,85004	0,99
São Gabriel	4,44	0,8203331	0,99	-21,74	0,772969	1,00	106,63	0,819311	0,99
S. Gabriel – Fepagro	60,63	0,840855	0,99	-24,04	0,682647	0,99	-0,37	0,820203	0,99
Marco da Ramada	-57,83	1,006347	0,99	10,51	0,917972	1,00	-34,40	1,054146	0,99
Caçapava	7,91	1,014127	1,00	59,39	1,063985	1,00	-124,09	1,108697	1,00
Cerro de Ouro	-21,76	0,957505	0,99	-132,68	0,804433	0,99	4,98	0,989782	0,99
Suspiro	-76,35	0,885881	0,98	-51,56	1,044041	0,98	-104,12	1,02398	0,98
Peri Souza	123,96	0,886043	0,98	67,21	0,945892	0,98	-38,24	0,909435	0,99

Estação testada	Outubro			Novembro			Dezembro		
	A	b	r ²	A	b	r ²	a	b	r ²
São Marcos	24,91	0,883564	0,99	-64,79	1,005906	0,99	104,86	0,852007	0,99
Boca do Monte	-120,58	1,026704	1,00	51,54	1,031352	1,00	-193,67	1,226584	1,00
Toniolo	-0,64	0,837589	1,00	50,84	0,837315	1,00	49,36	0,745577	1,00
Arroio do Só	-30,08	0,861243	1,00	14,45	0,796126	0,99	4,95	0,920072	0,99
S.J.Porteirinha	-107,38	0,885478	1,00	27,85	0,695457	1,00	-74,41	0,843625	1,00
Restinga Seca	-48,50	0,985092	1,00	-40,26	0,993532	0,99	23,56	0,662481	0,98
Caranguejo	40,94	0,890357	1,00	-38,17	0,921793	1,00	-52,57	0,862316	1,00
P. Tropas	-3,04	0,853732	1,00	-88,10	0,791585	0,99	-76,59	0,811922	1,00
Pau Fincado	-80,79	0,931643	1,00	-100,55	0,956778	0,99	40,84	0,816744	0,99
Passo do Verde	169,65	0,630745	0,98	-2,36739	0,705406	0,98	49,50	0,659653	0,99
Formigueiro	-111,27	0,859149	1,00	32,60	0,918893	0,99	-145,65	0,781445	0,99
Cachoeira	-96,43	0,803981	1,00	137,37	0,771587	1,00	31,45	0,785626	1,00
Barro Vermelho	-287,87	1,35509	0,72	-98,15	1,219578	0,68	-175,29	1,004612	0,73
Guabijú	47,07	0,833104	1,00	-105,22	0,796908	0,98	-21,36	0,756562	0,99
São Sepé	-151,88	0,945161	1,00	13,56	0,7936	1,00	-39,55	0,844797	1,00
Mata Grande	131,91	0,833586	0,99	-13,73	0,861293	0,98	-7,01	0,768944	1,00
Santa Margarida	167,20	0,466383	0,96	-12,04	0,574944	0,99	31,60	0,710389	1,00
São Gabriel	-178,40	0,898603	1,00	-58,67	0,741647	0,99	-28,68	0,795422	1,00
S. Gabriel – Fepagro	158,17	0,830643	0,99	-26,52	0,865851	0,99	-42,35	0,692272	0,98
Marco da Ramada	147,27	0,83155	0,98	32,83	0,851643	0,98	-72,05	0,858535	0,99
Caçapava	-98,06	0,94558	0,99	47,32	0,870904	0,99	-5,26	0,898965	0,99
Cerro de Ouro	134,53	0,873513	0,98	-38,10	0,885116	0,97	-69,46	0,862166	0,99
Suspiro	87,59	0,908716	0,98	54,91	0,678968	0,99	-113,51	0,79773	0,99
Peri Souza	-223,07	0,972766	0,95	-49,65	0,733921	0,98	-131,12	0,95817	0,99