



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria
Brasil

Cargnelutti Filho, Alberto; Matzenauer, Ronaldo; Radin, Bernadete; Tavares Maluf, Jaime Ricardo;
Hauser, Lisiane

Dimensionamento da amostra para a estimação da média de precipitação pluvial mensal em
diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul

Ciência Rural, vol. 40, núm. 1, enero-febrero, 2010

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33118929006>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Dimensionamento da amostra para a estimação da média de precipitação pluvial mensal em diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul

Sample size dimensioning for estimating the average monthly rainfall in different locations of Rio Grande do Sul State, Brazil

Alberto Cargnelutti Filho^I Ronaldo Matzenauer^{II} Bernadete Radin^{II}
Jaime Ricardo Tavares Maluf^{II} Lisiane Hauser^{III}

RESUMO

Com o objetivo de determinar o tamanho de amostra para a estimação da média de precipitação pluvial mensal de 19 locais do Estado do Rio Grande do Sul, utilizaram-se os dados de precipitação pluvial do período de 1953 a 2007. Em cada uma das 228 séries temporais (12 meses x 19 locais), calcularam-se medidas de tendência central, de variabilidade e de assimetria, e testaram-se a aleatoriedade e a normalidade dos dados. Em seguida, verificou-se a homogeneidade de variâncias entre os meses em cada local e entre os locais em cada mês. Depois, calculou-se o tamanho de amostra em cada mês e local. O tamanho de amostra (número de anos) para a estimação da média de precipitação pluvial mensal é dependente do mês e do local. Para os meses e locais estudados, 51 anos de observações são suficientes para estimar a média de precipitação pluvial mensal, para um erro de estimação igual a 25% da média estimada, com grau de confiança de 95%.

Palavras-chave: série temporal, erro de estimação, tamanho de amostra, amostragem.

ABSTRACT

It was used data from 19 locations of the Rio Grande do Sul State, Brazil, collected from 1953 to 2007, with the objective to determine the sample size to estimate the average monthly rainfall. The central tendency, variability and asymmetry was calculated for each of the 228 time series (12 months x 19 locations) and the aleatory and normality data were tested. Then it was verified the homogeneity of variance among months in each locality and among places in each month and it was determined the sample size to estimate the average monthly rainfall in each month and locality. The sample size (number of years) to estimate the average monthly rainfall is dependent on the month and locality. One concluded that 51

years of data are enough to predict the average monthly rainfall, with an estimation error equal to 25% of estimated average, with a degree confidence of 95%.

Key words: time series, error of estimation, sample size, sampling.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é importante para o planejamento adequado de atividades agropecuárias e esse elemento meteorológico, em um determinado período do ano e local, deve ser estimado com a uma determinada precisão estipulada pelo pesquisador. Nesse sentido, séries temporais de 30 anos de dados climáticos (normais climatológicas) têm sido utilizadas para estimar os parâmetros de elementos meteorológicos, dentre eles, a média de precipitação pluvial mensal. É evidente que a estimativa da média obtida a partir de amostra de 30 anos de observações está associada a um erro, devido à variabilidade das observações entre os anos.

A variabilidade dos dados climáticos entre as épocas do ano, os locais e os elementos meteorológicos tem sido contemplada em estudos de CARGNELUTTI FILHO et al. (2006a, 2006b, 2007, 2009), no Estado do Rio Grande do Sul. Os autores evidenciaram que, para uma mesma precisão, há variabilidade do tamanho de amostra (número de anos)

^IDepartamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: cargnelutti@pq.cnpq.br. Autor para correspondência.

^{II}Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), Porto Alegre, RS, Brasil.

^{III}Curso de Estatística, Departamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil.

no tempo (meses e decêndios) e no espaço (locais) para obtenção de estimativas de temperatura mínima (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006a) e máxima do ar média mensal (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006b) e de radiação solar global média decendial (CARGNELUTTI FILHO et al., 2007). Esses autores concluíram ainda que maior tamanho de amostra para a estimativa de temperatura mínima é necessário nos meses de maio, junho e julho e para a estimativa de temperatura máxima nos meses de maio, junho, julho e agosto. Em relação à radiação solar global média decendial, concluíram que maior tamanho de amostra é necessário nos decêndios dos meses de junho, julho, agosto e setembro em relação aos outros meses. Para o Estado de São Paulo, MARTIN et al. (2008) concluíram que há variabilidade temporal e espacial do tamanho de amostra para as estimativas de insolação, de radiação solar global e de radiação fotossinteticamente ativa. Porém, estudos de tamanho de amostra, relacionados à estimativa da média de precipitação pluvial mensal no Estado do Rio Grande do Sul, não foram encontrados.

Ao calcular o tamanho de amostra em um determinado período do ano e local de um determinado elemento meteorológico, é preciso estabelecer um erro de estimação máximo aceitável com um determinado grau de confiança. Em relação à estimativa da média de precipitação pluvial mensal, não há um valor que possa ser definido como erro máximo tolerável. Porém, deve ser considerada a possibilidade de obter uma estimativa da média com a máxima confiabilidade possível. Assim, neste estudo, fixou-se o erro tolerável na estimativa da média (m) de precipitação pluvial mensal de 10 e 25% da média estimada, ou seja, 0,10m e de 0,25m, com grau de confiança $(1-\alpha)$ de 95%. É evidente que o tamanho de amostra aumenta com a diminuição do erro de estimação assumido, o acréscimo do grau de confiança e o aumento da variabilidade dos dados.

O objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de amostra para a estimação da média de precipitação pluvial mensal em diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação pluvial de 19 estações (locais) agrometeorológicas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul foram obtidos junto ao Banco de Dados do Centro de Meteorologia Aplicada, da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO/SCT-RS. Eles foram coletados no período de 1953 a 2007 (Tabela 1). Em cada local e ano, somaram-se os dados diários de precipitação pluvial, obtendo-

se a precipitação pluvial mensal, em mm mes^{-1} , de cada um dos 12 meses do ano. Assim, formaram-se 228 séries temporais (12 meses x 19 locais), com número diferenciado de anos de observações em cada série, definidas em função da disponibilidade de dados meteorológicos.

Em cada uma das 228 séries temporais de precipitação pluvial mensal, foram calculadas a média (m), a mediana, a variância (s^2), o desvio padrão (s) e o coeficiente de assimetria. A fim de identificar possíveis tendências de acréscimo ou decréscimo da precipitação pluvial mensal no período estudado, verificou-se a aleatoriedade dos dados em cada série temporal, por meio do teste de sequência (*run test*) (SPIEGEL et al., 2004; SIEGEL & CASTELLAN JÚNIOR, 2006). Foi aplicado um teste bilateral a hipótese H_0 : a série é aleatória (sem tendência) *versus* a hipótese H_1 : a série não é aleatória (com tendência). No teste, os dados de precipitação pluvial mensal foram utilizados em ordem cronológica, e o número de sequências foi calculado com base em valores menores e maiores que a mediana. A seguir, foi verificada a normalidade dos dados de cada série temporal, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (CAMPOS, 1983; SIEGEL & CASTELLAN JÚNIOR, 2006).

Aplicou-se o teste de *Bartlett* (STEEL et al., 1997) aos dados de precipitação pluvial mensal, para verificar a homogeneidade de variâncias entre os meses do ano (12 variâncias - variabilidade temporal), em cada local (19 testes), e entre os locais (19 variâncias - variabilidade espacial), em cada um dos 12 meses do ano (12 testes).

Calculou-se o tamanho de amostra (n) para a estimação da média de precipitação pluvial mensal de cada uma das 228 séries temporais. Nesses cálculos, consideraram-se semiamplitudes do intervalo de confiança (erro de estimação) iguais a 10 e 25% da estimativa da média (m) de precipitação pluvial mensal, em mm mes^{-1} , com grau de confiança $(1-\alpha)$ de 95%.

Usou-se a expressão $n = \frac{t_{\alpha/2}^2 s^2}{(\text{erro de estimação})^2}$ (FONSECA

& MARTINS 1995; BARBETTA et al., 2004; BUSSAB & MORETTIN, 2004; SPIEGEL et al., 2004), na qual o erro de estimação é a semiamplitude do intervalo de confiança (fixado em 10% e 25% de m); $t_{\alpha/2}$ é o valor da distribuição t de Student, cuja área à direita é igual a $\alpha/2$, isto é, é o valor de t, tal que: $P(t > t_{\alpha/2}) = \alpha/2$, com (n-1) graus de liberdade, com $\alpha = 5\%$ de probabilidade de erro; n é o número de anos de observações em cada série; e s^2 é a estimativa de variância. O tamanho de amostra (n) foi calculado iterativamente até sua convergência.

Tabela 1 - Altitude, latitude e longitude, período de observação da precipitação pluvial mensal e valor calculado da estatística do teste de Bartlett (χ^2_{calc}) das variâncias entre os meses em cada local e das variâncias entre os locais em cada mês.

Local	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (W)	Período	χ^2_{calc}	Mês	χ^2_{calc}
Cachoeirinha	4	29°57'36''	51°04'22''	1975-2007	19,76*	Janeiro	64,62*
Caxias do Sul	787	29°10'25''	51°12'21''	1986-2007	19,80*	Fevereiro	41,74*
Cruz Alta	473	28°38'21''	53°36'34''	1973-2007	19,74*	Março	60,25*
Encruzilhada do Sul	420	30°32'35''	52°31'20''	1958-2007	10,04 ^{ns}	Abril	85,30*
Erechim	760	27°37'46''	52°16'33''	1966-2000	22,92*	Maio	66,28*
Ijuí	448	28°23'17''	53°54'50''	1963-2007	28,92*	Junho	29,59*
Júlio de Castilhos	514	29°13'26''	53°40'45''	1956-2007	10,52 ^{ns}	Julho	83,93*
Maquiné	32	29°40'49''	50°13'56''	1956-2007	36,78*	Agosto	41,70*
Quaraí	100	30°23'17''	56°26'53''	1966-2007	79,99*	Setembro	42,16*
Rio Grande	15	32°01'44''	52°15'37''	1953-2007	45,40*	Outubro	58,83*
Santa Maria	95	29°41'25''	53°48'42''	1963-2007	10,74 ^{ns}	Novembro	45,83*
Santa Rosa	273	27°51'50''	54°29'03''	1975-2007	26,75*	Dezembro	53,14*
Santana do Livramento	210	30°53'18''	55°31'56''	1966-2007	12,17 ^{ns}		
São Borja	99	28°39'44''	56°00'15''	1956-2007	53,29*		
São Gabriel	109	30°27'27''	54°19'01''	1963-2007	15,42 ^{ns}		
Taquari	76	29°48'15''	51°49'30''	1963-2007	16,74 ^{ns}		
Uruguaiana	74	29°45'23''	57°05'12''	1963-2007	73,63*		
Vacaria	955	28°30'09''	50°56'12''	1966-2007	15,35 ^{ns}		
Veranópolis	705	28°56'14''	51°33'11''	1956-2007	29,50*		

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Bartlett. ^{ns} = Não-significativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mediana da precipitação pluvial mensal oscilou entre 56mm no mês de dezembro, em Rio Grande, e 199mm no mês de outubro, em Santa Rosa. Isso significa que, em 50% dos anos, a precipitação pluvial mensal no mês de dezembro, em Rio Grande, é inferior a 56mm e em 50% dos anos é superior a esse valor. Já em Santa Rosa, no mês de outubro, a precipitação pluvial mensal em 50% dos anos é inferior a 199mm e em 50% dos anos é superior (Tabela 2).

O coeficiente de assimetria da precipitação pluvial mensal oscilou entre -0,56 no mês de abril, em Caxias do Sul, e 2,68 no mês de junho, em São Borja. Valores abaixo e acima de zero indicam, respectivamente, assimetria negativa e positiva da distribuição dos dados. Em 223 séries temporais (97,8%), o coeficiente de assimetria foi maior que zero, indicando assimetria positiva da precipitação pluvial mensal. Neste estudo, a média das estimativas da média (m) de precipitação pluvial mensal das 228 séries temporais foi de 130mm mês⁻¹ (Tabela 3), e a média das 228 medianas foi de 118mm mês⁻¹ (Tabela 2). Ainda, em 209 séries temporais (91,7%), a mediana foi inferior à média (Tabelas 2 e 3). Esses resultados estão de acordo com a afirmação de que, em distribuições assimétricas

positivas, a mediana é inferior à média (FONSECA & MARTINS 1995; BARBETTA et al., 2004). Em termos práticos, isso significa afirmar que, em mais de 50% dos anos, de uma determinada série histórica, a precipitação pluvial mensal é inferior à média.

O desvio padrão oscilou entre 45mm no mês de março, em Cachoeirinha, e no mês de agosto, em Uruguaiana, e 133mm no mês de abril, em Quaraí, e a média dos 228 desvios padrão foi de 77mm mês⁻¹ (Tabela 3). Ocorrência de elevadas quantidades de precipitação pluvial e ausência de precipitação pluvial, em determinadas séries temporais, inflacionam o desvio padrão e a estimativa do tamanho de amostra. Considerando o fato que esses valores ocorrem nas séries temporais, sua manutenção no estudo do dimensionamento de amostra é adequada.

Em 215 séries temporais de precipitação pluvial mensal (94,3%), o teste de aleatoriedade revelou distribuição aleatória dos dados ($P > 0,05$) (Tabela 4). Isso caracteriza, de maneira geral, séries temporais não tendenciosas, ou seja, não houve tendência de acréscimo ou decréscimo da precipitação pluvial mensal no período estudado. SIEGEL & CASTELLAN JÚNIOR (2006) salientam que, se um pesquisador pretende tirar alguma conclusão sobre uma população usando a informação contida em uma amostra dessa população, a amostra deve ser aleatória.

Tabela 2 - Estimativas da mediana, em mm, e da assimetria da precipitação pluvial mensal em locais do Estado do Rio Grande do Sul.

Local	-----Mês-----											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	-----Mediana-----											
Cachoeirinha	117	93	83	99	84	121	160	113	141	113	108	97
Caxias do Sul	166	134	122	165	110	149	165	107	146	174	114	113
Cruz Alta	143	126	101	123	113	141	130	129	152	147	124	105
Encruzilhada do Sul	113	113	112	94	103	135	132	111	140	132	96	95
Erechim	167	156	129	117	121	155	143	144	152	168	136	125
Ijuí	128	128	99	127	97	122	111	134	155	152	125	136
Júlio de Castilhos	118	106	115	116	97	117	106	118	135	142	112	106
Maquiné	162	180	167	96	77	97	99	116	148	139	112	131
Quaraí	105	132	103	131	106	86	84	66	93	137	116	118
Rio Grande	101	89	93	69	78	99	122	129	131	98	74	56
Santa Maria	118	98	124	131	113	124	121	101	134	139	116	92
Santa Rosa	150	117	108	146	120	133	104	105	150	199	141	111
Santana do Livramento	145	90	126	85	108	108	93	93	108	124	112	83
São Borja	105	99	145	161	109	95	86	83	135	163	118	130
São Gabriel	101	89	94	111	104	115	110	82	133	125	102	71
Taquari	115	113	127	100	89	142	146	121	158	133	115	102
Uruguaiana	105	111	111	152	80	75	61	57	87	115	100	90
Vacaria	128	132	90	99	102	106	128	113	141	123	115	109
Veranópolis	142	123	101	116	98	123	135	142	148	145	117	122
	-----Assimetria-----											
Cachoeirinha	0,50	1,04	0,94	0,38	0,40	1,23	0,20	0,49	0,49	0,89	0,53	1,65
Caxias do Sul	0,34	0,70	-0,19	-0,56	0,19	0,03	-0,21	0,63	1,56	0,45	0,67	1,22
Cruz Alta	0,90	0,93	0,71	1,11	0,88	0,37	0,89	0,24	0,78	1,13	1,05	1,05
Encruzilhada do Sul	1,11	0,91	0,39	0,97	1,50	1,46	0,29	0,78	0,45	0,83	0,62	1,21
Erechim	1,84	1,35	1,64	0,62	1,79	0,51	2,39	0,71	0,98	1,57	0,31	1,81
Ijuí	1,00	0,45	0,63	0,63	2,36	2,07	1,26	0,54	0,65	1,46	0,73	0,92
Júlio de Castilhos	0,60	0,42	0,21	0,18	1,04	0,87	0,87	0,88	0,64	1,41	1,11	1,21
Maquiné	0,51	0,38	1,32	0,91	2,40	1,81	1,25	0,91	1,42	0,30	0,55	1,18
Quaraí	1,39	0,69	1,12	1,24	0,77	1,00	0,85	0,75	0,74	0,78	1,29	1,49
Rio Grande	1,75	2,56	0,59	1,63	0,77	0,64	2,25	0,71	0,65	0,79	1,44	1,65
Santa Maria	1,23	0,83	0,61	0,45	1,66	0,67	0,53	0,88	0,50	1,08	0,64	1,06
Santa Rosa	0,10	0,52	0,40	0,72	0,95	0,30	1,63	0,92	0,31	1,16	0,58	1,02
Santana do Livramento	1,82	0,70	0,81	0,82	1,19	1,03	1,16	1,08	0,87	0,98	0,62	1,55
São Borja	0,55	0,52	0,88	0,78	0,50	2,68	1,55	0,98	0,10	1,45	0,75	0,34
São Gabriel	1,30	1,60	1,15	0,93	1,08	0,45	1,08	0,50	0,42	1,47	0,55	1,42
Taquari	0,60	0,84	-0,12	0,41	0,51	1,31	0,33	0,57	0,21	0,81	0,49	0,89
Uruguaiana	1,99	0,80	1,17	0,69	0,77	1,55	0,86	0,65	1,04	1,47	1,25	1,22
Vacaria	-0,37	0,09	1,24	0,81	0,59	0,58	1,35	0,28	0,24	1,40	1,34	0,80
Veranópolis	0,08	1,28	0,26	0,38	0,98	0,67	0,91	0,81	1,32	0,70	0,38	1,38

O teste de *Kolmogorov-Smirnov* revelou que os dados de 226 séries temporais de precipitação pluvial mensal se ajustam à distribuição normal ($P > 0,05$) (Tabela 4). Então, de maneira geral, pode-se inferir que as séries temporais são aleatórias e, apesar da assimetria positiva observada, não se afastam da normalidade. O número de anos de observações oscilou entre 22 e 53 anos, e a média entre as 228 séries temporais foi de 42 anos. De acordo com o teorema limite central, mesmo

que a população básica seja não normal, a distribuição da média amostral será aproximadamente normal para amostras superiores a 30 observações (FONSECA & MARTINS 1995; BUSSAB & MORETTIN, 2004). Então, diante das considerações em relação à aleatoriedade, à normalidade e ao número de observações, pode-se inferir que os dados dessas 228 séries temporais de precipitação pluvial mensal oferecem credibilidade ao estudo do tamanho de amostra (SIEGEL & CASTELLAN JÚNIOR, 2006).

Tabela 3 - Estimativas da média e do desvio padrão, em mm, da precipitação pluvial mensal em locais do Estado do Rio Grande do Sul.

Local	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	Média											
Cachoeirinha	116	120	90	110	104	141	143	118	134	133	116	107
Caxias do Sul	167	141	110	150	121	141	160	122	182	172	125	138
Cruz Alta	147	132	122	148	131	142	146	124	164	172	143	134
Encruzilhada do Sul	119	119	121	108	114	147	135	129	142	134	108	107
Erechim	170	155	131	136	151	171	171	142	172	193	149	150
Ijuí	136	134	116	137	129	141	124	135	163	180	142	151
Júlio de Castilhos	122	121	120	127	114	138	132	120	147	158	118	127
Maquiné	175	189	182	104	97	110	113	133	160	144	115	153
Quaraí	139	155	136	165	129	95	93	72	102	139	134	128
Rio Grande	110	111	102	88	85	98	135	132	133	100	88	74
Santa Maria	137	116	139	142	114	131	138	117	146	159	119	112
Santa Rosa	145	138	130	157	147	144	117	112	157	210	147	141
Santana do Livramento	152	128	130	119	113	120	123	103	127	143	110	105
São Borja	133	117	155	180	120	111	88	90	126	168	139	128
São Gabriel	111	119	118	130	110	120	126	94	135	133	114	97
Taquari	124	124	116	112	101	145	147	136	153	144	124	105
Uruguaiana	129	140	141	162	109	85	70	69	100	131	109	114
Vacaria	125	138	107	105	120	115	141	122	148	141	119	123
Veranópolis	144	128	114	118	110	132	146	142	172	160	131	149
	Desvio padrão											
Cachoeirinha	66	87	45	56	60	65	70	59	60	72	51	59
Caxias do Sul	71	74	53	47	64	61	60	76	97	87	55	65
Cruz Alta	82	88	61	99	90	58	86	71	85	99	93	90
Encruzilhada do Sul	62	76	71	72	79	81	68	77	72	75	64	59
Erechim	100	90	74	87	126	93	127	93	72	106	87	89
Ijuí	77	87	56	83	116	86	72	85	73	98	90	89
Júlio de Castilhos	63	67	66	69	80	72	73	74	73	89	77	78
Maquiné	91	97	94	60	78	71	68	83	96	66	58	74
Quaraí	112	106	95	133	90	57	66	50	61	65	99	88
Rio Grande	81	91	68	70	57	55	102	76	73	59	67	56
Santa Maria	83	66	84	87	80	67	81	77	83	96	78	67
Santa Rosa	76	86	73	101	102	69	80	76	53	108	84	99
Santana do Livramento	98	93	72	93	76	69	92	65	77	77	73	87
São Borja	93	72	88	106	86	81	53	58	56	102	86	67
São Gabriel	68	93	81	89	74	64	74	60	71	83	73	71
Taquari	66	67	46	72	66	66	71	71	75	80	61	60
Uruguaiana	104	95	95	102	85	53	50	45	61	89	69	75
Vacaria	54	63	62	67	78	56	89	71	77	75	61	73
Veranópolis	61	69	48	68	72	64	77	82	92	78	68	84

O teste de Bartlett (STEEL et al., 1997) aplicado entre as variâncias dos 12 meses, em cada local, revelou que estas foram heterogêneas ($P \leq 0,05$) em 12 locais (63,16% dos locais), indicando que o tamanho de amostra para a estimativa da média de precipitação pluvial mensal é diferenciado entre os meses (Tabela 1). Nos outros sete locais (Encruzilhada do Sul, Júlio de Castilhos, Santa Maria, Santana do Livramento, São Gabriel, Taquari e Vacaria), as variâncias

foram homogêneas, podendo-se inferir que o uso da média do tamanho de amostra entre os meses é adequado para estimar a média de precipitação pluvial mensal nesses locais. Entre as variâncias dos 19 locais, em cada mês, o teste de Bartlett revelou variâncias heterogêneas para os 12 meses do ano, o que revela a necessidade de determinar o tamanho de amostra em cada local (Tabela 1). Variabilidade temporal (entre decêndios e meses) e espacial (entre locais) do tamanho

Tabela 4 - Resultados dos testes de aleatoriedade (Run test) e de normalidade (*Kolmogorov-Smirnov*) em relação a 228 séries temporais de precipitação pluvial mensal em locais do Estado do Rio Grande do Sul.

Local	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	Run test ⁽¹⁾											
Cachoeirinha	S	S	S	N	S	S	S	N	S	S	S	S
Caxias do Sul	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Cruz Alta	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Encruzilhada do Sul	S	S	S	N	S	S	S	N	S	S	N	S
Erechim	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Ijuí	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Júlio de Castilhos	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S
Maquiné	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Quaraí	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Rio Grande	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Santa Maria	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S
Santa Rosa	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Santana do Livramento	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S
São Borja	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
São Gabriel	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Taquari	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Uruguaiana	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Vacaria	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Veranópolis	S	N	N	S	S	S	S	S	N	S	S	S
	Kolmogorov-Smirnov ⁽²⁾											
Cachoeirinha	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Caxias do Sul	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Cruz Alta	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Encruzilhada do Sul	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Erechim	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Ijuí	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Júlio de Castilhos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Maquiné	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S
Quaraí	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Rio Grande	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S
Santa Maria	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Santa Rosa	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Santana do Livramento	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
São Borja	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
São Gabriel	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Taquari	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Uruguaiana	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Vacaria	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Veranópolis	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

⁽¹⁾ S = Sequência aleatória, pelo Run test ($P > 0,05$). N = Não aleatória ($P \leq 0,05$).

⁽²⁾ S = Distribuição normal, pelo teste Kolmogorov-Smirnov ($P > 0,05$). N = Não normal ($P \leq 0,05$).

de amostra para a estimação de médias de elementos meteorológicos foi constatada no Estado do Rio Grande do Sul (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006a, 2006b, 2007) e no Estado de São Paulo (MARTIN et al., 2008).

De maneira geral, os resultados indicam a necessidade de utilizar a maior das 228 variâncias

estimadas (228 séries temporais) para determinar um tamanho de amostra único para esses meses e locais, a partir de um erro tolerável e grau de confiança fixo. Por outro lado, a variabilidade existente entre as 228 séries temporais possibilita a identificação de meses e locais com maior e menor tamanho de amostra necessário para estimar a média de precipitação pluvial mensal.

O tamanho de amostra, para a estimação da média de precipitação pluvial mensal em cada mês e local, com semiampitude do intervalo de confiança igual a 10% da média estimada, em mm mes^{-1} , e grau de confiança de 95%, oscilou entre 41 anos no mês de abril, em Caxias do Sul, e 301 anos no mês de maio, em Ijuí (Tabela 5). Portanto, em relação ao mês de abril em

Caxias do Sul, pode-se inferir, com 95% de confiança, que o intervalo de confiança da média de precipitação pluvial mensal obtida com 41 anos de observações é de $m \pm 0,10m$. Em outro extremo, a precisão de $m \pm 0,10m$ é obtida com 301 anos de observações, em relação ao mês de maio em Ijuí. Esses resultados confirmam a variabilidade existente entre meses dentro dos locais

Tabela 5 - Tamanho de amostra (número de anos) para a estimativa da média (m) de precipitação pluvial mensal em locais do Estado do Rio Grande do Sul com 95% de confiança e semiampitude do intervalo de confiança de 0,10m e de 0,25m.

Local	-----Mês-----												Máximo
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
-----Semiampitude do intervalo de confiança de 0,10m-----													
Cachoeirinha	125	206	98	104	131	85	94	97	79	115	78	118	206
Caxias do Sul	72	109	93	41	110	74	58	153	111	100	76	89	153
Cruz Alta	122	176	98	174	185	67	137	128	107	129	163	176	185
Encruzilhada do Sul	105	157	135	171	188	121	99	141	102	125	139	121	188
Erechim	135	134	125	161	270	116	214	168	71	120	133	139	270
Ijuí	126	162	92	145	301	146	132	155	80	116	158	136	301
Júlio de Castilhos	105	121	117	115	194	108	122	148	97	124	166	149	194
Maquiné	106	104	107	130	253	164	144	152	141	83	100	93	253
Quaraí	249	181	189	252	193	142	193	190	138	88	210	184	252
Rio Grande	215	265	176	250	180	125	226	129	117	135	228	220	265
Santa Maria	146	128	142	146	192	102	135	169	126	143	167	139	192
Santa Rosa	108	153	122	164	190	92	184	178	46	105	130	190	190
Santana do Livramento	163	205	122	236	178	129	219	155	144	115	170	264	264
São Borja	194	148	126	137	197	206	145	162	78	145	152	109	206
São Gabriel	145	241	183	186	177	113	134	162	107	151	161	210	241
Taquari	111	113	64	160	168	83	92	108	94	123	96	127	168
Uruguaiana	253	179	178	157	232	155	197	169	147	182	154	171	253
Vacaria	74	83	129	159	166	94	157	132	107	111	104	136	166
Veranópolis	73	115	71	130	167	94	108	130	113	94	108	126	167
Máximo	253	265	189	252	301	206	226	190	147	182	228	264	301
-----Semiampitude do intervalo de confiança de 0,25m-----													
Cachoeirinha	23	35	18	19	23	16	18	18	15	21	15	21	35
Caxias do Sul	14	20	17	9	20	14	12	27	20	19	15	17	27
Cruz Alta	22	31	18	30	32	13	24	23	20	23	29	31	32
Encruzilhada do Sul	19	28	24	30	33	22	18	25	19	22	25	22	33
Erechim	24	24	22	28	46	21	37	29	14	22	24	25	46
Ijuí	23	28	17	26	51	26	24	27	15	21	28	24	51
Júlio de Castilhos	19	22	21	21	34	20	22	26	18	22	29	26	34
Maquiné	19	19	20	23	43	29	25	27	25	16	18	17	43
Quaraí	42	32	33	43	33	25	33	33	25	17	36	32	43
Rio Grande	37	45	31	43	31	22	39	23	21	24	39	38	45
Santa Maria	26	23	25	26	33	19	24	29	23	25	29	25	33
Santa Rosa	20	27	22	29	33	17	32	31	10	19	23	33	33
Santana do Livramento	29	35	22	40	31	23	37	27	26	21	30	45	45
São Borja	33	26	23	24	34	35	26	28	15	26	27	20	35
São Gabriel	26	41	32	32	31	21	24	28	20	27	28	36	41
Taquari	20	21	13	28	29	16	17	20	18	22	18	23	29
Uruguaiana	43	31	31	28	40	27	34	29	26	32	27	30	43
Vacaria	14	16	23	28	29	17	28	24	20	20	19	24	29
Veranópolis	14	21	14	23	29	17	20	23	21	18	20	23	29
Máximo	43	45	33	43	51	35	39	33	26	32	39	45	51

(temporal) e entre locais dentro de meses (espacial). Então, 301 anos de observações forneceriam estimativas de média de precipitação pluvial mensal, com 95% de confiabilidade de que o erro máximo é 0,10m, independentemente do mês e local.

Do ponto de vista prático, dispor de séries temporais com 301 anos de observações, para estimar a média de precipitação pluvial mensal, é difícil. Assim, menores tamanhos de amostra foram determinados com base em uma semi-amplitude do intervalo de confiança igual a 25% da estimativa da média (m) de precipitação pluvial mensal (Tabela 5). Não cabe aqui o julgamento do erro de estimação máximo aceitável, ficando essa tarefa ao usuário dessas informações, de acordo com a disponibilidade de dados e a precisão desejada. Portanto, tomando-se como referência o maior tamanho de amostra (mês de maio em Ijuí), pode-se inferir, com 95% de confiança, que, com o uso de 51 anos de observações, o erro máximo na estimativa da média (m) de precipitação pluvial mensal será de $\pm 25\%$ de m, independentemente do mês e local.

Esses resultados indicam que o valor de até 51 anos de observações, superior ao utilizado nas normais climatológicas (30 anos), é suficiente para estimar a média de precipitação pluvial mensal, para uma semi-amplitude do intervalo de confiança igual a 25% de m, com grau de confiança de 95%. Portanto, as estimativas de médias de normais climatológicas desses locais, com base em 30 anos de observações, possuem um erro de estimação menor ou maior que 25%, com grau de confiança de 95%. Assim, o uso de 30 anos, de forma generalizada, não contempla a variabilidade dos dados de cada local e época do ano, o que leva a estimativas da média de precipitação pluvial mensal com erros diferenciados.

CONCLUSÕES

O tamanho de amostra (número de anos), para a estimativa da média de precipitação pluvial mensal no Estado do Rio Grande do Sul, é dependente do mês e do local. Para os meses e locais estudados, 51 anos de observações são suficientes para estimar a média de precipitação pluvial mensal, para um erro de estimação igual a 25% da média estimada, com grau de confiança de 95%.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores, aos técnicos, aos observadores meteorológicos, aos estagiários e às demais pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho; ao

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa para Alberto Cargnelutti Filho.

REFERÊNCIAS

BARBETTA, P.A. et al. **Estatística para cursos de engenharia e informática**. São Paulo: Atlas, 2004. 410p.

BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. **Estatística básica**. 5.ed. São Paulo: Saraiva, 2004. 526p.

CAMPOS, H. de **Estatística experimental não-paramétrica**. 4.ed. Piracicaba: Departamento de Matemática e Estatística - ESALQ, 1983. 349p.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JÚNIOR, N.J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 448p.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra para a estimativa das médias decendiais de radiação solar global no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1402-1410, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542007000500020&lng=pt&nrm=iso> Acesso em: 25 jun. 2009. doi: 10.1590/S1413-70542007000500020.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Variabilidade temporal e espacial do tamanho de amostra da temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.36, p.1156-1163, 2006a. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000400018&lng=pt&nrm=iso> Acesso em: 25 jun. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782006000400018.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Variabilidade temporal e espacial do tamanho de amostra para estimativa das médias mensais de temperatura máxima do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, p.87-95, 2006b.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Variabilidade temporal e espacial da precisão das estimativas de elementos meteorológicos no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.39, p.962-970, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000400002&lng=pt&nrm=iso> Acesso em: 25 jun. 2009. doi: 10.1590/S0103-847820090005000051.

FONSECA, J.S.; MARTINS, G.A. **Curso de estatística**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1995. 317p.

MARTIN, T.N. et al. Regiões homogêneas e tamanho de amostra para atributos do clima no Estado de São Paulo, Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, p.690-697, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000300015&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 jun. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782008000300015.

SPIEGEL, R.A. et al. **Probabilidade e estatística**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 398p.

STEEL, R.G.D. et al. **Principles and procedures of statistics a biometrical approach**. 3.ed. Nova York: McGraw-Hill, 1997. 666p.