



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

PRECIPITAÇÃO PROVÁVEL PARA ALEGRE-ES ATRAVÉS DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE GAMA

João Paulo Bestete de Oliveira¹, Roberto Avelino Cecílio², Alexandre Cândido Xavier³,
Andrea Pinheiro dos Santos Jasper⁴, Luciano Bestete Oliveira⁵

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar a precipitação pluviométrica esperada para o município de Alegre, ES pela distribuição gama. Foram utilizados dados de precipitação correspondendo ao período de 1940 a 2007. Os parâmetros α e β da distribuição gama foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança. As precipitações prováveis foram obtidas pela função inversa. Utilizou-se o teste de aderência de Kolmogorov- Smirnov para verificar o ajuste dos dados estimados aos observados. Os resultados indicaram que a distribuição gama apresentou bom ajuste aos dados de chuva para Alegre-ES podendo, portanto, ser usada para estimativas da precipitação pluviométrica provável mensal.

Palavras-chave: Precipitação, Distribuições de Probabilidade de Chuva, Estatísticas de Chuva.

LIKELY RAINFALL FOR ALEGRE-ES BY THE GAMMA PROBABILITY DISTRIBUTION

ABSTRACT

The objective of this study was to estimate rainfall expected for Alegre-ES by the gamma distribution. We used rainfall data covering the period from 1940 to 2007. The parameters α and β of the gamma distribution were obtained by the method of maximum likelihood. Probable rainfall were obtained by the inverse function. We used the test of Kolmogorov-Smirnov test to check the fit of estimated to observed data. The results indicated that the gamma distribution provided a good fit to the data of rain to Alegre-ES can therefore be used to estimate the likely monthly rainfall.

Key words: Precipitation, Rainfalls Probability Distributions, Rain Statistics.

Trabalho recebido em 23/04/2010 e aceito para publicação em 11/06/2010.

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Ciências Florestais pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES). Endereço: Rua Felício Alcure, nº 110, 2º andar, Alto Universitário, 29500-000, Alegre-ES. Brasil. e-mail: joaopaulobestete@gmail.com. [Bolsista da CAPES](#).

² Engenheiro Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola (Engenharia de Água e Solo). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal - CCA/UFES. e-mail: racecilio@yahoo.com.br. [Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq](#).

³ Engenheiro Agrícola, Doutor em Irrigação e Drenagem. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Rural - CCA/UFES. e-mail: xavier@cca.ufes.br.

⁴ Zootecnista, Mestranda em Ciência Animal (Nutrição e Produção Animal) pela Universidade Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). e-mail: andrea.jasper@bol.com.br. [Bolsista da CAPES](#);

⁵ Tecnólogo em Aquicultura, Mestrando em Produção Vegetal pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES). e-mail: luciano.bestete@hotmail.com.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica, como principal fonte de água para o setor agrícola, é responsável por alterações na produção das culturas devido sua variação espacial e temporal. Dessa forma, torna-se necessário o uso de técnicas de planejamento que se baseiam na estimativa das probabilidades associadas a certas variáveis hidrológicas, como a precipitação, para o adequado aproveitamento dos recursos hídricos.

O conhecimento da distribuição da precipitação torna-se relevante no planejamento de atividades agrícolas, fornecendo subsídio para determinar períodos críticos e, reduzir os problemas causados pela variabilidade da chuva, quer pelo emprego de irrigação ou implantação de culturas mais tolerantes ou adaptadas ao regime pluviométrico. Segundo Bernardo et al. (2006), a precipitação provável é definida como aquela mínima, associada a uma probabilidade específica de ocorrência, podendo ser estimada mediante modelos teóricos de distribuição ajustados à série de dados.

Estudos de ajustes de função de distribuição de probabilidade ou estimativas de probabilidade, como o realizado por Catalunha et al. (2002), têm sido desenvolvidos para modelar a quantidade de chuva dos períodos

chuvosos, sendo a distribuição Gama (THOM, 1966), considerada a mais adequada. Ribeiro et al. (2007) demonstraram a viabilidade do modelo de distribuição de probabilidade Gama para estimar a ocorrência de precipitação provável na região de Barbacena-MG. Da mesma forma, Sampaio et al., 2007 obteve ajuste adequado desta distribuição para modelar a quantidade de chuva no estado do Paraná, assim como Silva et al. (2007) em Santa Maria-RS.

Diante dessas considerações o presente trabalho objetivou-se estimar a precipitação pluviométrica esperada para o município de Alegre, ES pela distribuição gama.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação do município de Alegre-ES utilizados no presente estudo foram obtidos através do sistema HidroWeb da Agência Nacional de Águas (<http://hidroweb.ana.gov.br>), correspondendo ao período de 1940 a 2007, referentes à estação meteorológica de Alegre, que está localizada a -20° 44' 49" de latitude Sul, -41° 27' 58" de longitude Oeste e altitude média de 127 metros. A partir da série histórica realizou-se o preenchimento de falhas utilizando o *Método da Ponderação Regional*, de acordo com Bertoni & Tucci (2002). Segundo a classificação de Köppen, o

clima da região é do tipo Cwa, temperado úmido (com verão quente e inverno seco).

Os parâmetros α e β da distribuição gama incompleta foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança (THOM, 1958; ASSIS et al., 1996), e são dados pelas seguintes equações:

$$P(Y \leq y) =$$

$$\frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^y e^{-y/\beta} Y^{\alpha-1} dY \quad (1)$$

para, $0 < Y < \infty$; $\alpha, \beta, \Gamma(\alpha) > 0$

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + (4/3)A}}{4A} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (3)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(y_i) \quad (4)$$

onde,

y_i - precipitação (mm);

N - número de ocorrência de precipitação;

\bar{X} - média das precipitações (mm);

\ln - logaritmo natural

A probabilidade de ocorrer um valor de Y acima de y é $P(Y \geq y) = 1 - P(Y \leq y)$, e a precipitação provável, para cada mês, obtida pela função inversa, fixando-se os níveis de probabilidade, e comparadas com valores reais. Para verificar o ajuste dos dados estimados aos observados, utilizou-se o teste de aderência

de Kolmogorov-Smirnov em nível de 1% de significância. O teste é baseado no módulo da maior diferença entre a probabilidade observada e a estimada, que é comparada com um valor tabelado de acordo com o número de observações da série sob teste (CATALUNHA et al., 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas informações para a cidade de Alegre-ES, obteve-se a precipitação pluviométrica anual média de 1349 mm, sendo o ano mais chuvoso 1983, com precipitação de 1868 mm e o menos chuvoso, 1963, com 696 mm.

Observa-se uma variabilidade muito grande dos dados de precipitações totais mensais e anuais (Tabela 1) para a região de Alegre-ES; por exemplo: no mês de dezembro, considerado um mês de muita chuva, ocorreram precipitações mensais que variaram de 110 mm (1989) até 507 mm (1941), e em junho, mês mais seco, as precipitações variaram de 3 mm (1990) a 121 mm (1969); a maior precipitação média mensal ocorreu em dezembro, com 242 mm, e a menor, no mês de junho, com 28 mm.

Tabela 1. Totais mensais e anuais das precipitações pluviométricas (mm) de janeiro de 1940 a dezembro de 2002 em Alegre - ES.

MÊS													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1940	229	168	251	42	82	48	55	28	73	112	267	122	1477
1941	293	135	189	74	48	14	123	10	102	105	90	337	1521
1942	293	96	39	150	40	23	20	13	36	134	113	507	1463
1943	184	171	174	59	9	66	17	29	29	178	218	353	1487
1944	205	347	114	129	73	8	31	15	9	85	72	287	1376
1945	241	96	326	130	79	7	10	8	21	62	172	192	1343
1946	120	68	154	133	46	49	18	31	68	91	213	236	1227
1947	151	118	207	26	56	5	65	49	41	186	169	365	1437
1948	91	363	209	61	57	24	17	23	11	86	243	413	1597
1949	234	349	63	151	45	56	12	40	9	312	188	237	1695
1950	234	139	115	50	32	28	22	6	38	108	254	205	1228
1951	229	143	285	19	18	56	10	52	12	67	83	401	1376
1952	253	469	145	85	11	22	41	41	91	120	197	215	1689
1953	53	265	98	112	67	5	6	6	54	87	200	324	1277
1954	65	22	151	115	43	37	22	14	7	42	77	181	775
1955	165	1	43	62	65	30	8	29	29	87	204	139	863
1956	3	30	221	38	71	23	25	35	20	65	178	313	1023
1957	67	185	120	71	110	29	2	5	65	42	186	381	1262
1958	96	39	229	94	94	55	71	3	84	162	149	134	1210
1959	151	5	198	76	24	30	6	9	10	132	261	244	1146
1960	218	85	507	63	26	29	34	23	69	38	141	165	1399
1961	287	150	73	126	57	41	32	28	13	137	91	213	1247
1962	468	150	43	43	77	19	39	9	87	100	203	466	1702
1963	28	124	7	100	40	12	12	12	55	61	109	135	696
1964	349	239	179	207	102	38	84	25	8	135	226	251	1841
1965	295	160	185	71	64	16	45	10	60	188	151	137	1382
1966	208	7	152	95	53	11	46	11	46	148	306	290	1373
1967	313	275	169	37	51	11	5	9	38	28	223	220	1378
1968	160	285	116	107	33	16	40	32	76	138	118	126	1248

Tabela 1. Continuação

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1969	143	141	244	170	53	121	9	47	23	148	240	333	1672
1970	212	20	70	149	4	15	58	45	87	204	266	129	1258
1971	115	18	103	129	25	70	6	61	105	196	426	148	1402
1972	56	114	106	111	36	4	86	32	89	103	101	196	1035
1973	169	85	240	95	27	17	4	33	45	129	127	244	1215
1974	165	96	112	207	96	32	2	4	23	180	133	192	1243
1975	268	115	83	60	66	21	70	28	65	118	311	134	1339
1976	64	80	86	72	109	26	80	38	98	179	143	325	1299
1977	60	13	103	291	53	9	30	7	80	72	440	324	1481
1978	100	184	88	71	81	21	96	79	16	137	151	125	1147
1979	570	256	241	29	54	4	17	42	27	131	284	191	1844
1980	276	115	18	280	66	16	6	24	55	42	139	226	1261
1981	136	46	182	78	24	23	26	48	15	180	369	154	1280
1982	244	74	308	62	20	24	19	70	31	61	152	263	1327
1983	332	131	146	159	97	27	42	29	97	227	164	416	1868
1984	151	51	191	136	85	9	8	66	68	194	223	424	1605
1985	509	89	175	53	62	26	38	33	109	106	246	160	1606
1986	180	54	94	42	48	7	39	132	35	32	191	233	1086
1987	178	55	97	173	65	46	27	5	88	144	322	297	1496
1988	112	143	162	130	52	41	15	1	16	135	130	175	1112
1989	250	163	108	112	66	85	50	19	51	130	246	110	1388
1990	46	86	48	63	52	3	50	34	74	117	170	255	999
1991	214	133	391	19	17	17	53	36	106	71	200	251	1507
1992	228	107	98	223	79	15	68	115	124	146	261	178	1640
1993	223	49	73	250	29	32	4	11	87	76	93	319	1244
1994	279	32	350	203	102	55	13	10	28	116	84	138	1409
1995	88	35	90	87	107	4	12	29	19	154	315	390	1330
1996	139	266	203	98	59	15	31	22	163	113	282	210	1601
1997	362	66	226	99	23	12	6	31	157	103	267	227	1577
1998	143	164	88	28	34	23	3	51	39	151	328	117	1168

Tabela 1. Continuação

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1999	94	27	198	173	26	67	43	21	17	136	291	103	1195
2000	191	145	165	82	11	15	34	41	42	77	271	255	1327
2001	173	49	38	74	44	16	9	33	76	74	261	183	1030
2002	204	239	58	8	51	8	41	2	106	86	197	249	1248
Média	196	129	155	104	54	28	32	30	56	119	205	242	1349

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros α e β da distribuição gama e precipitação provável (mm) em diferentes níveis de probabilidade para Alegre, ES. Observam-se nos meses mais chuvosos (novembro, dezembro e janeiro), que as estimativas do parâmetro α apresentaram valores, em geral, maiores que os obtidos nos meses menos chuvosos, como junho, julho e agosto. De acordo com Botelho & Morais (1999), isso pode ser explicado pela pronunciada assimetria nos períodos dos meses mais secos, visto que a assimetria é inversamente proporcional α . Para o parâmetro β observa-se que os maiores valores foram encontrados para os

meses mais chuvosos, e que estes não excederam o valor 100 em nenhum mês, o que possibilitou a utilização na distribuição gama para o cálculo da estimativa das precipitações prováveis. Segundo Thom (1958), para valores superiores a 100 não se utiliza a distribuição gama incompleta. As estimativas da variância aumentaram rapidamente com o crescimento dos valores de β , sendo este um indicador da variabilidade dos dados, visto que a variância é diretamente proporcional ao quadrado de β . Portanto, os valores maiores nos meses mais chuvosos indicam maior variabilidade dos dados.

Tabela 2. Valores de precipitação média observada (mm), parâmetros da distribuição gama e precipitação provável (mm) em diferentes níveis de probabilidade para Alegre, ES.

Mês	Média	α	β	Nível de Probabilidade P (Y \geq y)								
				10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Janeiro	196	2,57	76,39	346	272	231	198	170	144	116	91	65
Fevereiro	129	1,41	91,09	290	209	164	131	106	84	61	44	24
Março	155	2,53	61,16	290	225	191	159	135	116	95	75	52
Abril	104	2,60	39,97	189	149	128	109	94	79	67	51	37

Tabela 2 . Continuação

Mês	Média	α	β	Nível de Probabilidade P ($Y \geq y$)								
				10 %	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Maio	54	3,11	17,31	95	78	67	55	47	40	34	28	19
Junho	28	1,80	15,33	54	41	33	28	22	18	14	10	6
Julho	32	1,36	23,39	68	50	39	32	25	19	14	10	5
Agosto	30	1,55	19,26	59	45	36	30	24	20	15	11	6
Setembro	56	1,93	28,94	114	85	68	56	46	38	32	23	15
Outubro	119	4,75	25,07	183	160	138	124	112	99	87	73	58
Novembro	205	5,87	34,94	326	281	245	217	194	175	156	132	105
Dezembro	242	6,40	37,84	364	312	281	252	229	205	185	164	139

As precipitações prováveis mensais associadas aos níveis de probabilidade de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90% (Tabela 2) sugerem o estudo probabilístico de valores mínimos a serem garantidos. Observa-se que o aumento no nível de probabilidade proporcionou menor lâmina provável, pois o aumento na confiabilidade da estimativa implica na redução do valor estimado. Por exemplo, para o mês de janeiro, existe a probabilidade de que 10% da precipitação acumulada seja igual ou superior a 346,1 mm, ou seja, em intervalo de 10 anos há a probabilidade de que um ano ocorra pelo menos 346,1 mm neste mês.

No Brasil é comum se adotar valores médios de precipitação pluvial como parâmetros de dimensionamento de projetos agrícolas. Bernardo et al. (2006) recomenda para o dimensionamento de sistemas de irrigação, probabilidade ao

nível de 75 ou 80 %. Os valores encontrados neste trabalho, para a probabilidade de ocorrência de valores médios de precipitação mensal, ocorreram próximos ao nível de 40% de probabilidade.

4. CONCLUSÃO

A distribuição gama apresentou bom ajuste aos dados de chuva para Alegre-ES podendo, portanto, ser usada para estimativas da precipitação pluviométrica provável mensal.

5. REFERÊNCIAS

- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V. de; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: UFPel, 1996. 161 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa-MG: Imprensa Universitária, 2006. 625 p.

- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, PP. 177- 241, 2002.
- BOTELHO, V. A.; MORAIS, A. R. Estimativas dos parâmetros da distribuição gama de dados pluviométricos do Município de Lavras, Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, p. 697-706, 1999.
- CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; SOARES, C. P.; RIBEIRO, A. B. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.
- RIBEIRO, B. T.; AVANZI, J. C; MELLO, C. R. de; LIMA, J. M. de; SILVA, M. L. N. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para a região de Barbacena, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1297-1302, 2007.
- SAMPAIO, S. C.; QUEIROZ, M. M. F. de; FRIGO, E.; LONGO, A. J.; SUSZEK, M. Estimativa e distribuição de precipitações decendiais para o Estado do Paraná. **Irriga**, v.12, n.1, p.38-53, 2007.
- SILVA, J. C. da; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.67-72, 2007.
- THOM, H. C. S. A note on the gama distribution. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 86, p. 117-22, 1958.
- THOM, H. C. S. **Some methods of climatological analysis**. Technical note 81. WMO, Geneve, 1966. 53p.