



## Análise da precipitação mensal provável para o município de Lages, SC

**Olívio J. Soccol<sup>1</sup>, Célio O. Cardoso<sup>1</sup> & David J. Miquelluti<sup>2</sup>**

### RESUMO

Visou-se, neste trabalho, determinar a precipitação pluviométrica mensal provável para Lages, SC. A análise consistiu do ajuste da distribuição de probabilidade teórica a uma série de dados de 80 anos de precipitação pluviométrica mensal. Em todos os meses a distribuição gama ajustou-se aos dados observados ( $p < 0,05$ ). Para a estimação dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da referida distribuição utilizaram-se o método da máxima verossimilhança e o teste de Kolmogorov-Smirnov, para verificar a aderência do modelo aos dados. A partir da distribuição ajustada obteve-se a estimativa da precipitação mensal para os níveis de probabilidade de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95%, correspondentes à ocorrência da precipitação mínima provável  $P(X > x)$ . Os resultados mostraram que a precipitação pluviométrica média mensal, na média dos 12 meses do ano, ocorreu a nível de probabilidade de 31,93% com coeficiente de variação de 3,63%, o que comprova que seu valor não deve ser adotado como referência em projetos agrícolas. A diferença média encontrada entre a precipitação média mensal e a precipitação provável a níveis de 75 e 80% de probabilidade, para os 12 meses do ano, foi de 64,49 mm (51,3%) e 73,03 mm (58,10%), respectivamente.

**Palavras-chave:** irrigação, precipitação dependente, distribuição gama

## Analysis of probable monthly rainfall in the municipality of Lages, SC

### ABSTRACT

In this study, monthly rainfall time-series with 80 years of collected data were analyzed and adjusted using gamma distribution in order to determine the expected monthly rainfall for Lages, in the State of Santa Catarina. The method of adjustment of model was used to estimate  $\alpha$  and  $\beta$  parameters of gamma distribution, and Kolmogorov-Smirnov's test assessed the model's fitting to the data. Gamma distribution fitted to observed data of all months of the year ( $p < 0.05$ ). From the adjusted distribution, the monthly rainfall was estimated for the probability levels of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 and 95%, which correspond to occurrence of probable minimum precipitation  $P(X > x)$ . The results showed that the monthly mean rainfall, for all months of the year, occurred at probability level of 31.93% with variation coefficient of 3.63%. Considering these results, it is proved that the found mean values should not be used as parameters in agricultural projects. For all months of the year, the difference between monthly mean rainfall and probable rainfall were 64.49 mm (51.3%) and 73.03 mm (58.1%), at probability levels of 75 and 80% respectively.

**Key words:** irrigation, dependent precipitation, gamma distribution

<sup>1</sup> Departamento de Agronomia/UDESC, Av. Luiz de Camões 2090, CEP 88520-000, Lages, SC. Fone: (49) 2101 9201. E-mail: soccol@cav.udesc.br. Fone (49) 2101 9100. E-mail: a2coc@cav.udesc.br

<sup>2</sup> Departamento de Solos e Recursos Naturais/UDESC. Fone: (49) 2101 9104. E-mail: dmiquell@cav.udesc.br

## INTRODUÇÃO

Em sua maioria, os projetos de irrigação implantados em regiões que possuem caráter complementar às precipitações pluviométricas têm sido elaborados em termos de irrigação total; esta prática faz com que os sistemas sejam superdimensionados. A literatura recomenda que, nesses casos, seja adotado, por ocasião do dimensionamento, o critério da precipitação provável, ou seja, aquele valor de precipitação que ocorre a determinado nível de probabilidade; faz-se necessário, então, definir, para cada região, os valores das precipitações prováveis de ocorrer sob diferentes níveis de probabilidade.

O estudo da forma de ocorrência da distribuição temporal das precipitações se torna relevante no planejamento racional de várias atividades agrícolas uma vez que, conhecendo-se a precipitação pluvial mínima possível de ocorrer na região, pode-se realizar um planejamento eficiente de irrigações suplementares e a otimização da água disponível, permitindo que o agricultor tome decisões mais confiáveis (Silva et al., 2007; Morais et al., 2001). Para Dourado Neto et al. (2005), o estudo das distribuições de variáveis climáticas no tempo, determinando seus padrões de ocorrência e permitindo a previsibilidade do comportamento climático de uma região, é uma ferramenta de grande valor para o planejamento e gestão de inúmeras atividades agropecuárias e humanas.

Várias são as metodologias para estimar a precipitação provável ou dependente. Sedyama (1992) propõe como critério para a determinação da precipitação provável ou dependente, para efeito de dimensionamento de projetos de irrigação, aquele dado pelo nível de probabilidade de 75%; este nível representa a quantidade mínima de precipitação com 75% de probabilidade de ocorrência, ou seja, a precipitação mínima que se espera ocorrer em três de cada quatro anos. Bernardo (2006) recomenda, para o dimensionamento de sistemas de irrigação suplementar, os níveis de 75 ou 80%.

A função gama de probabilidade apresenta dois parâmetros: o de forma ( $\alpha$ ) e o de escala ( $\beta$ ) (Sampaio et al., 2007). Segundo Thom (1958), para valores de ( $\alpha$ ) maiores ou iguais a 100, a distribuição gama se aproxima da distribuição normal; o parâmetro de escala ( $\beta$ ) indica o grau de dispersão entre os dados da série estudada.

Segundo Botelho & Morais (1999), o grande problema encontrado em trabalhos que envolvem a distribuição gama é a estimativa dos parâmetros ( $\alpha$ ) e ( $\beta$ ), devido à complexidade e extensão dos cálculos envolvidos. Vários métodos podem ser usados, como o método dos quadrados mínimos, o método dos momentos e o da máxima verossimilhança, porém todos possuem limitações, seja por problemas matemáticos ou por produzirem estimativas ineficientes. Os métodos da verossimilhança e dos momentos são os mais comumente utilizados, mas, segundo Thom (1958), deve-se preferir o da máxima verossimilhança em virtude das suas melhores propriedades. Embora o método dos momentos seja largamente utilizado para ajustar distribuições de frequências em climatologia, são casos excepcionais as situações em que ele se mostra totalmente eficiente para estimar parâmetros climatológicos, cuja principal exceção é a distribuição normal em que às estimativas dos momentos são conjunta-

mente suficientes e, portanto, são idênticas às estimativas de máxima verossimilhança. Infelizmente, a distribuição da maioria das variáveis hidrológicas apresenta algum grau de assimetria, dentre elas a precipitação mensal total. Portanto, o uso do método dos momentos possui alguma perda de eficiência na estimação; ainda de acordo com o autor, para os casos em que  $\alpha < 10$ , o método dos momentos produz estimativas inaceitáveis para ambos,  $\alpha$  e  $\beta$ ; para as situações em que o valor de  $\alpha$  é próximo de 1, as estimativas de momentos usam somente 50% da informação contida na amostra para estimar  $\beta$  e somente 40% para estimar  $\alpha$ .

Analisou-se, no presente trabalho, o ajuste da distribuição de probabilidade gama a uma série de precipitações totais mensais de 80 anos de observação para o município de Lages, SC. Os parâmetros de escala e de forma da distribuição foram estimados pelo método da verossimilhança e a aderência das probabilidades estimadas para as frequências observadas, foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Uma vez estimados os parâmetros da função gama efetuou-se a estimativa da precipitação provável para diferentes níveis de probabilidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação utilizados neste estudo foram obtidos junto ao Centro de Informação de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina – CIRAM, correspondendo a dados de precipitação pluvial coletados na Estação Meteorológica de Lages, SC, situada a 27° 49' de latitude Sul e a 50° 12' de longitude Oeste, a 937 m de altitude. Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, mesotérmico úmido, constantemente úmido com verão brando.

A série analisada compreendeu observações referentes às precipitações pluviométricas mensais, abrangendo o período de 1925 a 2005. Nos meses em que ocorreu precipitação total igual a zero, o valor foi substituído por 0,1 mm, uma vez que foi utilizada a função logarítmica no cálculo dos parâmetros da distribuição gama (Lyra et al., 2006).

O trabalho de análise das precipitações pluviométricas foi conduzido no Setor de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Os dados da série foram preliminarmente organizados em ordem crescente atribuindo-se, a cada valor, um número de ordem  $m$ , de modo a determinar a frequência observada com que certa magnitude é assumida utilizando-se, para tal, a equação de Kimbal, conforme sugerido por Villela & Mattos (1975).

$$F = \frac{m}{n + 1} \quad (1)$$

em que  $F$  é a frequência com que foi igualado ou inferior um evento de ordem  $m$ ;  $m$  é o número de ordem da precipitação total mensal, dispostos em ordem crescente ( $m = 1, 2, \dots, n$ ) e  $n$  é o número de anos da série analisada; em seguida, ajustou-se a função densidade gama aos dados das séries mensais, por meio do software R (R Development Core Team,

2006). A estimação dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  foi efetuada pelo método de máxima verossimilhança visto que este método apresenta melhores estimativas dos parâmetros das distribuições em comparação com o método dos momentos (Lyra et al., 2006; Back, 2001). Para verificação do ajuste da função à série de dados, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, considerando-se o nível de probabilidade de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise preliminar efetuada nos dados da série histórica de precipitação total mensal referentes às estatísticas descritivas, é apresentado na Tabela 1, na qual se tem que a precipitação durante os meses do ano é praticamente uniforme, sem definição clara de período com ou sem chuva, o que é uma característica da região em que se realizou o estudo. Verifica-se a existência de altos valores de desvio padrão indicando grande variação nos valores da precipitação durante um mesmo mês do ano. Os máximos valores de precipitação foram verificados nos meses de janeiro e julho, com valores de 446,1 e 396,6 mm, respectivamente.

**Tabela 1.** Média mensal, desvio padrão, máximo, mínimo, assimetria e curtose da precipitação mensal para o município de Lages, SC, no período de 1925 a 2005

Mês	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Assimetria	Curtose
Janeiro	154,8	74,084	446,1	7,6	1,101	2,118
Fevereiro	141,4	70,703	361,9	0,1	0,873	0,899
Março	112,9	51,831	236,3	25,4	0,525	-0,163
Abril	103,5	59,483	285,6	5,9	0,525	-0,035
Mai	106,7	72,533	356,2	9,1	1,307	2,198
Junho	108,3	58,029	232,4	2,4	0,292	-0,905
Julho	109,5	61,301	396,6	23,4	1,519	4,341
Agosto	122,5	73,212	330,1	1,1	0,756	0,029
Setembro	142,9	74,560	314,9	9,8	0,500	-0,450
Outubro	162,7	81,739	376,1	0,1	0,596	-0,365
Novembro	115,2	68,099	320,2	0,1	1,060	0,729
Dezembro	128,8	68,202	340,5	0,1	0,638	0,478

As precipitações mínimas ocorreram em fevereiro, outubro, novembro e dezembro. As variações encontradas nos valores das precipitações médias mensais mostram que o uso da chuva média no planejamento de atividades agrícolas é inadequado e enfatizam, ainda, a importância de estudos probabilísticos, conforme recomendação de Araújo et al. (2001).

A Tabela 2 apresenta a estimativa dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição gama; para todos os meses do ano os valores de  $\alpha$  foram inferiores a 10 o que, de acordo com Thom (1958), torna inaceitável o uso do método dos momentos para estimação de  $\alpha$  e  $\beta$ . Os valores de  $\alpha$  variaram de 1,7548 a 4,4403, com média igual a 2,8177, enquanto os de  $\beta$  variaram de 25,4303 a 73,3511, com média igual a 47,5116.

Em todos os meses verificou-se aderência da distribuição gama aos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância (Tabela 2), resultados que concordam com aqueles encontrados por Frizzone (1979), Catalunha et al. (2002) e por Baú et al. (2006).

As Figuras 1 e 2 apresentam os gráficos com as funções de distribuição teóricas e empíricas.

Apresenta-se, na Tabela 3, os valores da precipitação pluviométrica mensal, estimados para os níveis de probabili-

**Tabela 2.** Parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição gama calculados pelo método de máxima verossimilhança e valores da estatística D de Kolmogorov-Smirnov

Mês	$\alpha$	$\beta$	D	Valor P
Janeiro	4,0186	38,5001	0,0890	0,5646
Fevereiro	2,7084	52,2115	0,1497	0,0555
Março	4,4403	25,4303	0,0754	0,7244
Abril	2,4134	42,8749	0,1012	0,3860
Mai	2,0351	52,4059	0,0882	0,5630
Junho	2,6661	40,6079	0,0875	0,5720
Julho	3,5924	30,4895	0,0378	0,9998
Agosto	2,2120	55,3467	0,0953	0,4620
Setembro	3,1348	45,5567	0,0795	0,6922
Outubro	2,6536	61,2938	0,1083	0,2844
Novembro	2,2271	51,6905	0,1454	0,0680
Dezembro	1,7548	73,3511	0,1460	0,0625

<sup>(1)</sup> Estatística D do teste de Kolmogorov-Smirnov

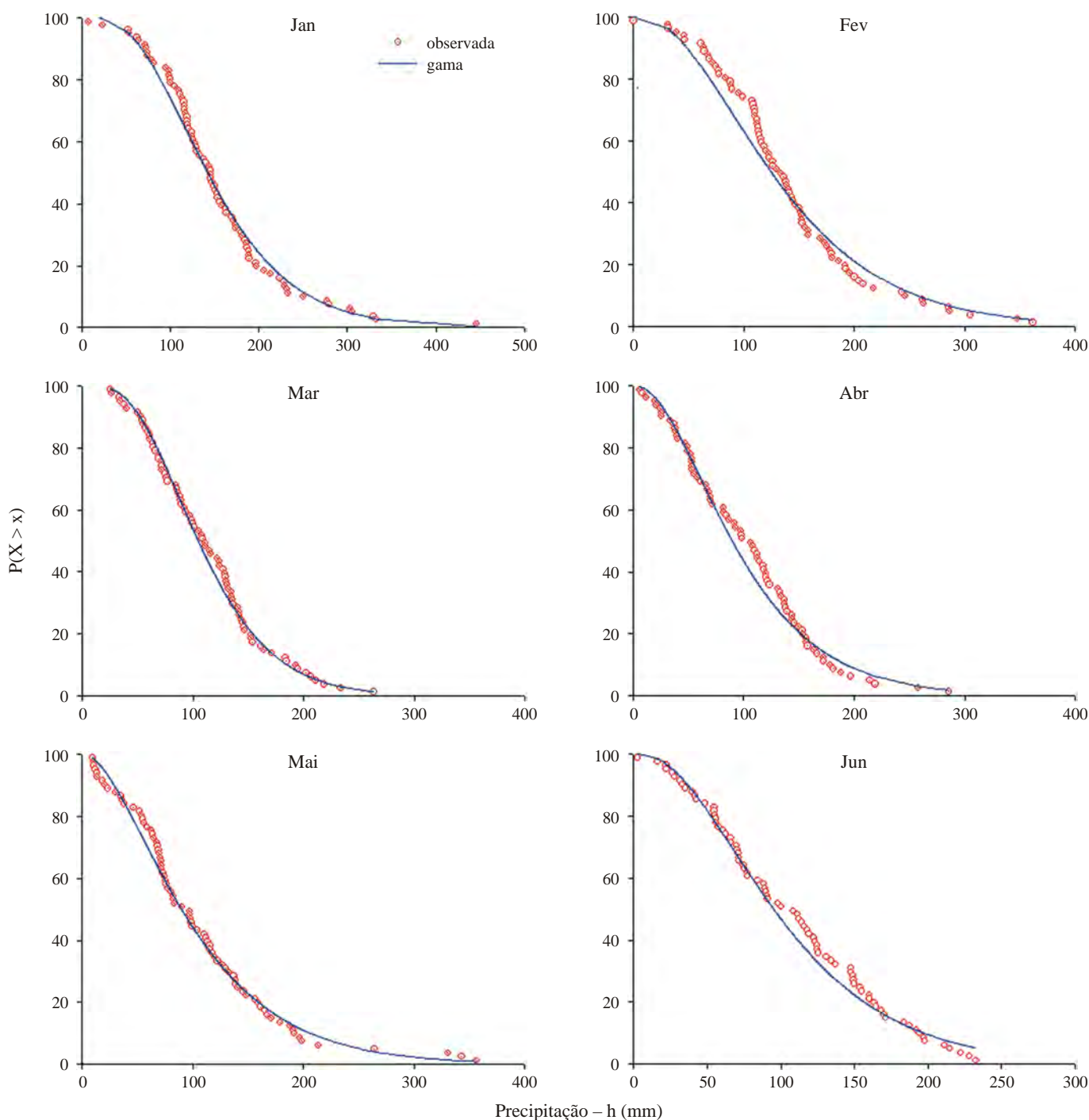
**Tabela 3.** Precipitação mensal P(X > x) em mm provável para o município de Lages, SC, para os diferentes níveis de probabilidade, estimados pela função gama incompleta

%	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
95	53,0	35,1	41,4	22,8	19,4	26,5	34,3	24,6	40,4	39,6	23,3	19,2
90	67,7	48,4	51,9	32,4	28,8	36,6	44,7	35,7	53,9	54,8	33,7	30,0
80	79,0	59,2	60,1	40,6	36,9	44,9	52,9	45,0	64,8	67,3	42,5	39,6
75	88,9	68,9	67,2	47,6	44,4	52,4	60,1	53,6	74,5	78,5	50,6	48,6
70	98,2	78,2	73,7	54,5	51,7	59,5	66,9	61,9	83,6	89,2	58,4	57,5
60	107,0	87,3	79,9	61,3	58,9	66,5	73,4	70,1	92,3	99,7	66,1	66,4
50	124,3	105,4	92,1	74,9	73,8	80,4	86,2	86,7	109,8	120,6	81,7	84,9
40	142,1	124,4	104,6	89,6	89,8	95,1	99,4	104,6	127,9	142,7	98,4	105,3
30	161,5	145,7	118,1	105,9	107,9	111,5	114,0	124,7	148,1	167,5	117,3	128,6
25	184,1	171,1	133,8	125,6	130,0	131,0	131,1	148,9	171,8	196,9	140,1	157,2
20	197,6	186,3	143,0	137,5	143,4	142,8	141,3	163,7	185,9	214,6	153,8	174,7
15	213,2	204,2	153,8	151,5	159,3	156,6	153,2	181,1	202,6	235,4	170,2	195,7
10	258,2	256,6	184,7	192,7	206,6	197,1	187,5	232,6	250,9	296,5	218,3	258,2
5	299,5	305,7	213,0	231,6	251,6	235,2	219,3	281,4	295,9	353,8	264,0	318,4

dade de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95%; referidos níveis representam a ocorrência da precipitação mínima provável  $P(X > x)$ ; para projetos agrícolas, como os de irrigação, por exemplo, os níveis adotados são de 75 ou 80% (Bernardo, 2006). Verifica-se que a precipitação provável estimada para o nível de probabilidade de 75%, para o mês de fevereiro, é de 68,9 mm, ou seja, espera-se que em três de cada quatro anos ocorra, no mês de fevereiro, precipitação igual ou superior a 68,9 mm.

A precipitação pluviométrica média mensal na média dos

meses do ano, ocorreu a nível de probabilidade de 31,93%, com coeficiente de variação de 3,63%; este fato confirma as citações na literatura de que o seu valor não deve ser adotado como parâmetro no dimensionamento de sistema de irrigação suplementar, visto que ditos valores fariam com que o sistema fosse subdimensionado. A diferença média encontrada entre a precipitação média mensal e a precipitação provável a níveis de 75 e 80%, para os 12 meses do ano, foi de 64,49 mm (51,3%) e 73,03 mm (58,10%), respectivamente.



**Figura 1.** Função de distribuição empírica e de distribuição gama para os meses de janeiro a junho

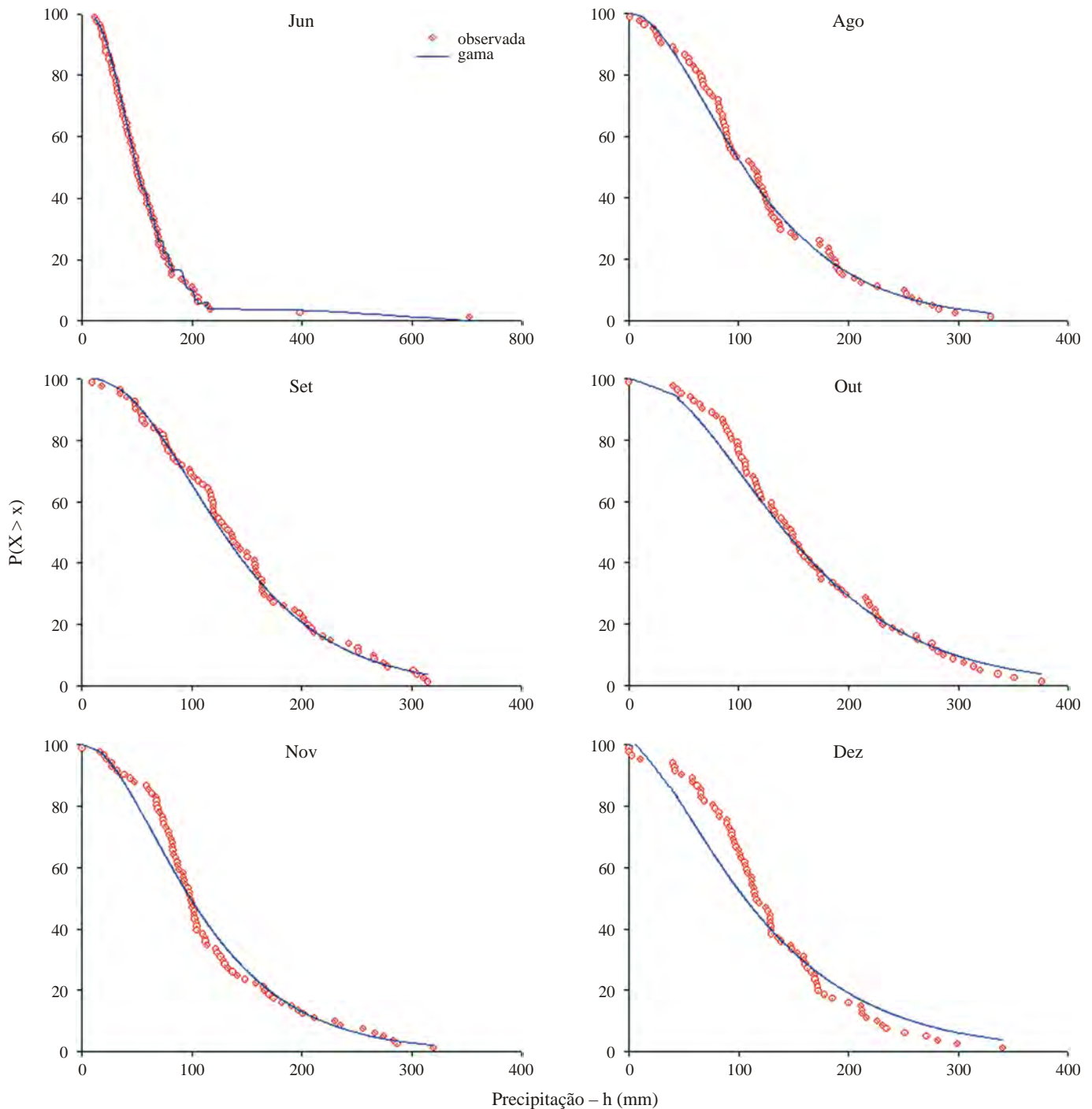


Figura 2. Função de distribuição empírica e de distribuição gama para os meses de julho a dezembro

### CONCLUSÕES

1. Os resultados obtidos demonstraram que a distribuição gama se ajustou bem à série de dados de precipitação mensal, para o município de Lages, SC.

2. A precipitação pluviométrica média mensal na média dos meses dos anos, ocorreu a nível de probabilidade de 31,93%, com coeficiente de variação de 3,63%.

3. A diferença média entre a precipitação média mensal e a precipitação provável a níveis de 75 e 80%, para os 12

meses do ano, foi de 64,49 mm (51,3%) e 73,03 mm (58,10%), respectivamente.

### LITERATURA CITADA

Araújo, W. F.; Andrade Júnior, A. S.; Medeiros, R. D.; Sampaio R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.3, p.563-567, 2001.

- Back, A. J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas no Estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.16, n.2, p.211-222, 2001.
- Baú, A. L.; Gomes, B. M.; Queiroz, M. M. F. de; Opazo, M. A. U.; Sampaio, S. C. Comportamento espacial da precipitação pluvial mensal provável da mesoregião oeste do Estado do Paraná. *Irriga*, v.11, n.2, p.150-168, 2006.
- Bernardo, S. Irrigação: Total, suplementar, com déficit e de salvação. *Irrigação e Tecnologia Moderna – ITEM*, n.71/72, p.64-68, 2006.
- Botelho, V. A.; Morais, A. R. Estimativa dos parâmetros da distribuição gama de dados pluviométricos do Município de Lavras, Estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v.23, p.697-706, 1999.
- Catalunha, M. J.; Sedyama, G. C.; Leal, B. G.; Soares, C. P. B.; Ribeiro, A. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.10, n.1, p.153-162, 2002.
- Dourado Neto, D.; Assis de, J. P.; Timm, L. C.; Manfron, P. A.; Sparovek, G.; Martin, T. N. Ajuste de modelos de distribuição de probabilidade a séries históricas de precipitação pluvial em Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.13, n.2, p.273-283, 2005.
- Frizzone, J. A. Análise de cinco modelos para cálculo da distribuição e frequência de precipitação na região de Viçosa, MG. Viçosa: UFV, 1979. 100p. Dissertação Mestrado
- Lyra, G. B.; Garcia, B. I. L.; Piedade, S. M. S.; Sedyama, G. C.; Sentelhas, P. C. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. *Revista Agropecuária Brasileira*, v.41, n.2, p.205-215, 2006.
- Morais, A. R.; Botelho, V. A. V. A.; Carvalho, L. G.; Muniz, J. A.; Lage, G. Estimativa da precipitação provável em Lavras, MG, através da distribuição Gama. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.9, n.2, p.305-310, 2001.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>, 2006. 20 Dez. 2009.
- Sampaio, S. C.; Queiroz, M. M. F. de; Frigo, E. P.; 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.
- Sedyama, G. C. Evapotranspiração: Necessidade de água para as plantas cultivadas. In: *Curso de Engenharia e Manejo da Irrigação*. Brasília: ABEAS, 1992. 143p.
- Thom, H. C. S. A note on the gamma distribution. *Monthly Weather Review*, v.86, n.4, p.117-122. 1958.
- Villela, S. M.; Mattos, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.