

ESTIMATIVA E DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÕES DECENDIAIS PARA O ESTADO DO PARANÁ

Silvio César Sampaio; Manoel Moisés Ferreira de Queiroz; Elisandro Pires Frigo; Adair José Longo; Morgana Suszek

Setor de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (RHESA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, ssampaio@unioeste.br

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar a precipitação provável com 75% de probabilidade nos períodos decendiais, a partir de dados diários de precipitação de 22 postos de medição, com um mínimo de 12 anos de observação, fazendo-se uso das distribuições Gama e Log-normal. Os testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov, ambos com 5% de significância, foram utilizados para verificar a aderência das distribuições às condições pluviométricas decendiais do estado do Paraná. Os resultados mostraram que a distribuição Gama ajustou-se mais adequadamente às condições pluviométricas do estado nos períodos estudados. Os meses mais chuvosos são janeiro e fevereiro, enquanto os mais secos, são julho e agosto. O estado do Paraná apresenta aumento na quantidade de precipitação pluviométrica na direção litoral/oeste e norte/sul.

UNITERMOS: probabilidades, chuva provável, distribuição Gama, distribuição log-normal.

**SAMPAIO, S.C.; QUEIROZ, M.M.F. de; FRIGO, E.P.; LONGO, A.J.; SUSZEK, M.
DISTRIBUTION AND ESTIMATE OF PROBABLE 10-DAY PRECIPITATION IN
PARANÁ STATE**

2 ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the probable 10-day precipitation, 75% probability, using daily rainfall data from 22 rain gauge sites, which had been collecting observation data for at least 12 years; Gamma and Log-normal distributions were used. Chi-square and Kolmogorov-Smirnov tests, at 5% significance, were utilized to verify distribution adherence to 10-day rainfall conditions in the state of Paraná. The results showed that Gamma distribution was more adequately adjusted to rainfall conditions in the studied periods than Log-normal distributions. January and February are the rainiest months whereas July and August are the driest ones. There is an increase in the east/west and north/south bound rainfall in Parana state.

KEYWORDS: probabilities, probable rainfall, gamma distribution, log-normal distribution.

3 INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição e das variações da precipitação tanto no espaço como no tempo é importante para o planejamento de recursos hídricos e para estudos hidrológicos. As aplicações desses estudos são usadas em projetos de vertedouros de barragens, no dimensionamento de canais, determinação de galerias de águas pluviais, cálculos de bueiros, projetos de irrigação e drenagem bem como de abastecimento de água potável. Entretanto, a análise dos totais anuais e mensais de precipitação na região de estudo, não é suficiente para sua aplicação na agricultura, devido às flutuações observadas.

Os processos hidrológicos são aleatórios, não sendo possível saber qual a evolução dos valores de precipitação ao longo do tempo e do espaço. Isso tem provocado dificuldades básicas no planejamento de atividades agrícolas. A partir dessas dificuldades, modelos probabilísticos teóricos foram utilizados para ajustar séries históricas de precipitação. Isto justifica o uso de modelos probabilísticos tais como: distribuições Gama e Log-normal, para o cálculo de precipitação esperada associada a um determinado nível de probabilidade.

A distribuição Gama com dois parâmetros é um caso especial da distribuição de Pearson Tipo III no qual o parâmetro local é zero. Sua função densidade de probabilidade é dada pela equação 1.

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (1)$$

em que:

- β - parâmetro de escala (mm);
- α - parâmetro de forma (adimensional);
- e - base do logaritmo neperiano;
- x - total de precipitação (mm); e
- Γ - função Gama.

O grande problema no uso de qualquer procedimento estatístico para aplicação da distribuição Gama ao ajuste de dados climatológicos está na estimativa de seus parâmetros. Um dos métodos mais comuns é o método dos momentos que consiste em igualar a média e a variância da amostra à média e à variância da população originando duas equações que são facilmente resolvidas, (equações 2 e 3).

$$\alpha = \frac{\bar{x}^2}{S^2} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{S^2}{\bar{x}} \quad (3)$$

em que:

- \bar{x} = precipitação média do período (mm);
- S^2 = variância da amostra.

Outro método importante para estimar os parâmetros da distribuição Gama é o método da máxima verossimilhança, desenvolvido por Fisher (1941), citado por Vivaldi (1973), este método produz estimativas eficientes de parâmetros estatísticos. Thom (1958), usando este

método, derivou as equações para estimativa dos parâmetros da distribuição Gama através da resolução da equação quadrática (Equação 4).

$$12A\alpha^2 - 6\alpha - 1 = 0 \quad (4)$$

sendo,

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{N \sum_{i=1}^N \ln(x_i)} \quad (5)$$

em que:

x_i = altura de precipitação (mm);

N = número de ocorrência de precipitação;

\ln = logaritmo natural; e

(\bar{x}) = média das precipitações (mm).

Resolvendo a equação 4 para a única raiz pertinente de α , tem-se como estimativa para o parâmetro de forma a Equação 6.

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + (4/3)A}}{4A} \quad (6)$$

A estimativa para o parâmetro de escala é dado na Equação 7.

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (7)$$

A função de probabilidades Gama apresenta dois parâmetros: o parâmetro de forma (α) e o parâmetro de escala (β). Silva (1995) cita que Strommen & Horsfield (1969) afirmaram que o parâmetro de forma é inversamente proporcional à assimetria, ou seja, quanto menor o α , maior a assimetria.

A distribuição Gama tem sido bastante usada em estudos de predição pluviométrica, destacando-se os trabalhos de Thom (1958), Thom (1968), Silva (1983), Assis (1993), Ribeiro & Lunardi (1997), Soares et al. (1999), Filho et. al (2000), Saad & Frizzone (2001), e Mattos & Silva (2001).

Na distribuição Log-normal considera-se que a distribuição de variáveis aleatórias tem a propriedade em que os logaritmos dos seus valores sejam normalmente distribuídos, sendo a função densidade normal dada pela a equação 8.

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y - \mu_x}{\sigma_x}\right)^2\right] \quad (8)$$

em que:

$$0 \leq x < \infty$$

$$\hat{\mu} = (Y)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\text{var}(\ln x)}$$

A distribuição Log-normal tem distribuição unilateral, isto é, toma valores somente no intervalo positivo. Esta propriedade torna-a conveniente para quantidades físicas que só podem tomar valores positivos.

De acordo com Villela & Matos (1975), dentre as distribuições de probabilidades, a Log-normal tem-se ajustado bem à distribuição pluviométrica brasileira e possui maior facilidade operacional, quando comparada às demais distribuições. Observação atestada por Sampaio et al. (1999), Rodrigues & Pruski (2001) e Longo et al. (2001).

A caracterização e espacialização da precipitação pluviométrica são aspectos que precisam ser mais estudados. No caso específico do Brasil, a soma de vários esforços tecnológicos permitiu a confecção de mapas de distribuição pluviométrica em diversas regiões.

Os sistemas de informações geográficas constituem uma tecnologia para a investigação de fenômenos diversos relacionados com meio ambiente, como: bacias hidrográficas, geologia, pedologia, precipitação e evapotranspiração. Podendo, também ser utilizados na pesquisa agropecuária e agro-industrial, como demonstram os trabalhos de Assad et al. (1993), Assad (1994), Silva (1995), Pellegrino et al. (1998) e Gomes (2000).

A partir do exposto, os objetivos deste trabalho foram: verificar dentre as distribuições Gama e Log-normal, qual melhor se ajusta às séries decendiais de 22 estações do estado do Paraná, através dos testes de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov com 5% de significância; estimar as precipitações prováveis para os períodos decendiais, com 75% de probabilidade; construir mapas de isolinhas de precipitações decendiais para o estado do Paraná.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados pluviométricos foram cedidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), em planilha eletrônica. As coordenadas geográficas e a série histórica de precipitação registrada são apresentadas no Quadro 1. Na Figura 1 estão dispostas as estações climatológicas utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

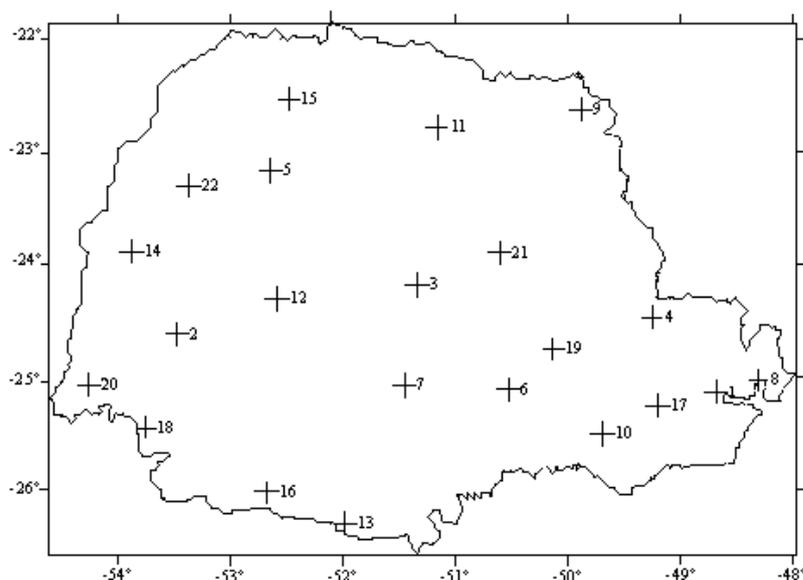


Figura 1. Localização das estações pluviométricas estudadas no estado do Paraná.

Quadro 1. Coordenadas geográficas e série histórica registrada das estações estudadas

Nº	Nome da Estação	Lat.(S)	Long.(W)	Altitude (m)	Série (anos)	Nº anos
1	Antonina	25°25'	48°42'	60	1977-2000	24
2	Cascavel	24°57'	53°27'	719	1975-2000	26
3	Candido de Abreu	24°34'	51°20'	645	1989-2000	12
4	Cerro Azul	24°49'	49°15'	366	1975-2000	26
5	Cianorte	23°39'	52°36'	490	1975-1998	24
6	Fernandes Pinheiro	25°25'	50°32'	893	1975-2000	26
7	Guarapuava	25°23'	51°27'	1070	1976-2000	25
8	Guaraqueçaba	25°18'	48°19'	10	1980-1998	19
9	Joaquim Távora	23°29'	49°54'	634	1975-1999	25
10	Lapa	25°46'	49°42'	909	1989-2000	12
11	Londrina	23°18'	51°09'	585	1976-2000	25
12	Nova Cantu	24°40'	52°34'	550	1977-1998	22
13	Palmas	26°29'	51°59'	783	1979-2000	22
14	Palotina	24°17'	53°50'	303	1975-2000	26
15	Paranavai	23°04'	52°27'	408	1975-2000	26
16	Pato Branco	26°13'	52°40'	721	1979-2000	22
17	Pinhais	25°32'	49°12'	930	1975-1997	23
18	Planalto	25°42'	53°45'	403	1975-1998	24
19	Ponta Grossa	25°05'	50°09'	885	1975-2000	26
20	São Miguel do Iguaçu	25°20'	54°12'	307	1982-1997	16
21	Telêmaco Borba	24°19'	50°36'	768	1977-2000	24
22	Umuarama	23°45'	53°19'	480	1975-2000	26

As distribuições usadas para prever as precipitações decendiais prováveis, com 75% de probabilidade (Bernardo (1999) e Samani & Hargreaves (1985), citados por Silva (1992)), nas estações supracitadas foram a Gama (Equação 1), usando a máxima verossimilhança para determinação dos parâmetros (Equações 4, 5, 6 e 7) e a Log-normal (Equação 8). O ajuste de ambas distribuições foi avaliado pelos testes de aderência Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado com 5% de significância.

Desenvolveu-se um programa computacional em linguagem Matlab, denominado PREC_PROB, que procedeu a totalização da série diária em decendial, ajustes das séries decendiais às distribuições Gama e Log-normal, testes de aderência de Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov e emissão de relatórios.

A precipitação provável estimada ao nível de 75% de probabilidade foi georeferenciada no espaço amostral, sendo suas coordenadas geográficas transformadas em coordenadas cartesianas. O traçado das curvas nos mapas, unindo pontos de mesma grandeza, foi efetuado através de interpolação matemática, usando o método inverso do quadrado das distâncias.

Os períodos respectivos em que foram editados os gráficos foram os meses de janeiro e agosto, janeiro foi escolhido por ser o mês de maior precipitação. Além do mais, para a agricultura praticada no estado do Paraná, as culturas de verão estão em estágio avançado de desenvolvimento, em especial a cultura da soja que está no estágio de floração. O mês de agosto por apresentar os menores índices de precipitação, verificando o comportamento das chuvas neste período.

Os mapas de isolinhas foram confeccionados a partir dos dados oriundos do modelo probabilístico de melhor ajuste, apontado pelos testes de aderência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 2, verifica-se que para o município de Londrina, a distribuição Gama apresentou boa qualidade de ajuste, através do teste Qui-quadrado, sendo esta distribuição adequada em todos os decêndios. Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov nota-se que o referido ajuste foi aceito em praticamente todos os períodos, exceto em três decêndios.

Quadro 2. Precipitações prováveis para o município de Londrina, estimadas pelas distribuições Gama e Log-Normal e respectivos testes de aderência de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov

Distribuição Gama												
Precipitação Provável (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Período 10 dias												
1-10	33,7	31,5	14,2	1,3	0,6	2,1	0,5	0,0	0,8	13,9	23,2	24,8
11-20	5,0	13,2	18,8	4,9	1,5	0,3	0,0	0,0	3,7	9,8	9,7	42,7
21-30	21,3	1,4	1,9	0,1	1,2	1,2	0,0	0,0	3,4	6,1	5,0	12,9
Teste de Qui-Quadrado												
Período 10 dias												
1-10	3,11	0,77	0,13	0,78	1,28	1,44	0,78	3,64	0,78	0,00	1,17	0,25
11-20	2,72	2,52	2,38	2,59	2,68	1,98	2,36	1,33	1,58	2,19	3,07	1,03
21-30	0,77	4,73	3,96	2,80	4,15	1,48	1,56	2,83	2,38	0,39	1,58	1,81
Teste de Smirnov-Kolmogorov												
Período 10 dias												
1-10	0,08	0,12	0,08	0,20	0,20	0,08	0,16	0,20	0,20	0,08	0,12	0,08
11-20	0,24	0,16	0,12	0,20	0,20	0,24	0,24	0,20	0,24	0,24	0,12	0,12
21-30	0,08	0,32	0,28	0,24	0,36	0,16	0,24	0,20	0,16	0,16	0,24	0,24
Distribuição Log Normal												
Precipitação Provável (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Período 10 dias												
1-10	32,4	28,5	11,1	0,3	0,1	0,9	0,1	0,0	0,1	10,6	21,7	22,2
11-20	1,7	4,5	15,7	1,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,9	3,4	3,5	39,2
21-30	17,4	0,2	0,5	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,9	2,3	1,2	4,4
Teste de Qui-Quadrado												
Período 10 dias												
1-10	0,57	1,17	1,06	6,23	5,70	1,75	1,56	7,59	3,49	0,29	0,43	0,39
11-20	7,78	6,82	1,15	7,64	8,98	4,20	2,22	1,36	6,69	10,99	1,88	0,54
21-30	0,67	9,31	9,60	8,59	5,79	2,63	5,69	3,96	4,00	4,91	6,71	7,20
Teste de Smirnov-Kolmogorov												
Período 10 dias												
1-10	0,08	0,12	0,12	0,28	0,28	0,16	0,24	0,24	0,28	0,12	0,12	0,12
11-20	0,28	0,24	0,16	0,32	0,32	0,32	0,28	0,28	0,32	0,28	0,24	0,16
21-30	0,16	0,40	0,28	0,28	0,40	0,20	0,32	0,28	0,32	0,24	0,40	0,36

*Os valores sombreados representam os períodos não ajustados das distribuições.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Ribeiro & Lunardi (1997) ao estudarem as condices pluviométricas mensais do município de Londrina, através da distribuio Gama. Os autores concluíram que a distribuio representa as condices pluviométricas do município, quando analisada através do teste de Kolmogorov-Smirnov, considerando-se o nível de 5% de significância.

Quadro 3. Precipitaes prováveis para o município de Pinhais, estimadas pelas distribuies Gama e Log-Normal e respectivos testes de aderência de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov

Distribuio Gama												
Precipitao Provável (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Período 10 dias												
1-10	18,8	30,7	19,5	7,9	1,3	6,9	2,7	1,1	7,0	15,4	15,5	20,4
11-20	28,7	17,0	14,7	6,7	5,0	1,2	0,8	1,9	7,0	31,3	14,9	21,1
21-30	12,4	0,6	10,5	0,7	1,0	2,2	2,5	0,3	12,3	5,9	3,8	25,7
Teste de Qui-Quadrado												
Período 10 dias												
1-10	0,29	1,93	1,36	0,40	0,53	0,74	0,63	0,63	0,24	0,13	0,19	1,20
11-20	1,78	1,13	0,34	1,84	0,82	5,57	1,12	5,04	0,93	0,17	1,63	2,16
21-30	4,21	1,90	1,68	1,17	1,17	0,23	0,00	2,11	1,04	2,18	2,83	2,53
Teste de Smirnov-Kolmogorov												
Período 10 dias												
1-10	0,09	0,13	0,17	0,13	0,13	0,13	0,26	0,13	0,13	0,13	0,09	0,13
11-20	0,09	0,13	0,09	0,22	0,17	0,26	0,09	0,17	0,22	0,13	0,13	0,09
21-30	0,30	0,30	0,17	0,17	0,26	0,13	0,17	0,22	0,09	0,22	0,26	0,09
Distribuio Log Normal												
Precipitao Provável (mm)												
Período 10 dias												
1-10	16,5	28,8	17,0	7,0	0,4	5,1	0,7	0,3	4,8	12,6	13,0	17,7
11-20	26,3	14,3	13,0	2,4	1,7	0,2	0,3	0,7	2,4	29,8	10,7	19,3
21-30	3,9	0,1	7,3	0,2	0,2	0,8	0,9	0,1	9,1	2,0	0,9	23,4
Teste de Qui-Quadrado												
Período 10 dias												
1-10	0,77	1,44	2,60	0,93	3,32	2,10	4,29	1,87	0,64	0,40	0,90	2,09
11-20	2,57	1,91	1,13	7,23	7,17	7,09	4,16	3,94	8,05	2,32	2,91	1,71
21-30	14,09	4,98	4,09	2,13	3,30	3,83	3,09	6,47	1,83	6,26	10,30	0,11
Teste de Smirnov-Kolmogorov												
Período 10 dias												
1-10	0,17	0,13	0,17	0,17	0,22	0,13	0,35	0,26	0,17	0,17	0,13	0,17
11-20	0,13	0,22	0,13	0,35	0,26	0,35	0,22	0,17	0,26	0,13	0,17	0,09
21-30	0,39	0,35	0,17	0,30	0,30	0,22	0,26	0,30	0,17	0,26	0,39	0,09

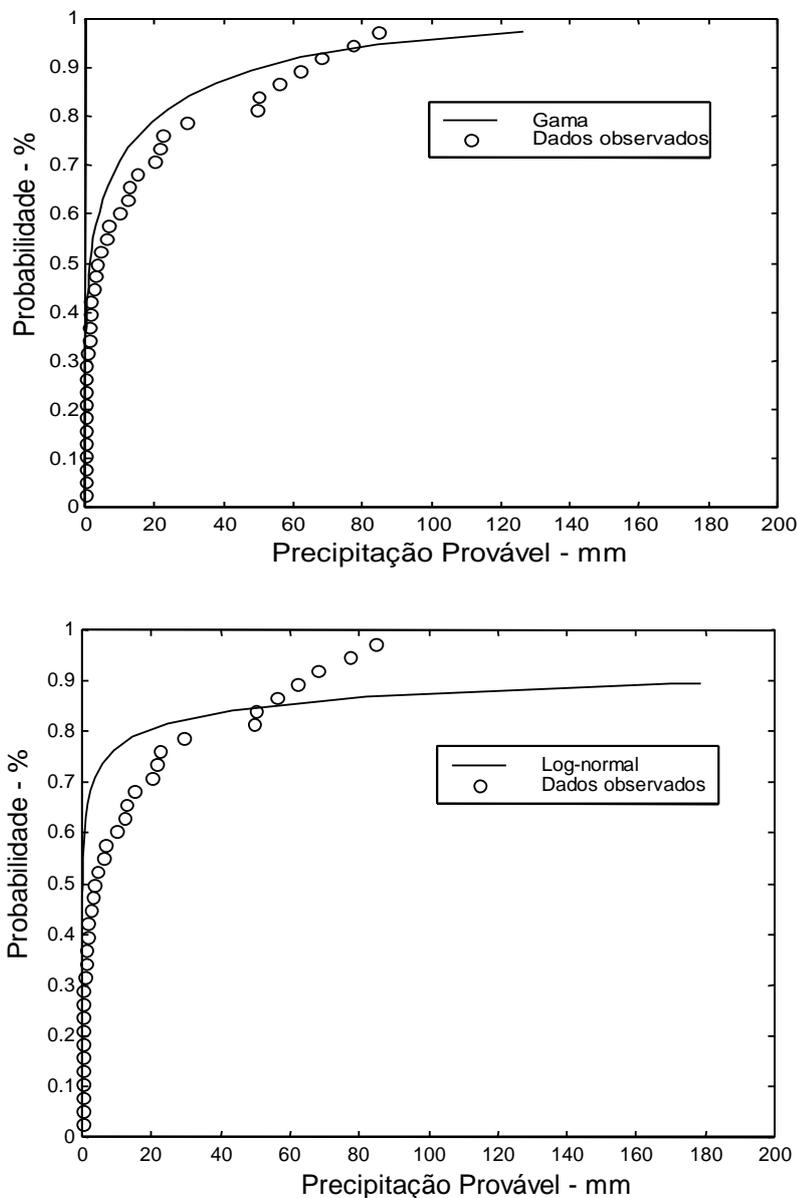
*Os valores sombreados representam os períodos não ajustados das distribuies.

No Quadro 2 percebe-se também que a distribuio Log-normal apresenta baixa qualidade de ajuste nos dois testes realizados em todos os períodos. O teste de Kolmogorov-Smirnov mostrou que a distribuio Log-normal, não se ajusta, principalmente, nos períodos

que apresenta baixos valores de precipitação. Sendo ajustáveis somente nos períodos de precipitação elevada.

Apesar de Londrina estar situada em uma região do estado com certo grau de escassez hídrica, em geral, os resultados nas demais localidades mostraram o mesmo comportamento. O que pode ser visto nos resultados para o município de Pinhais (Quadro 3), que pertence à região mais úmida do estado.

Observa-se no Quadro 3, que os resultados referentes ao município de Pinhais, são semelhantes aos observados no município de Londrina. A distribuição Gama ajusta-se, pelo teste Qui-quadrado, em todos decêndios. Já pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, constatou-se que apenas os terceiros decêndios de janeiro e fevereiro foram ajudados. Enquanto, que a distribuição Log-normal novamente apresentou inúmeros períodos nos quais a distribuição não mostrou valores adequados.



(a)

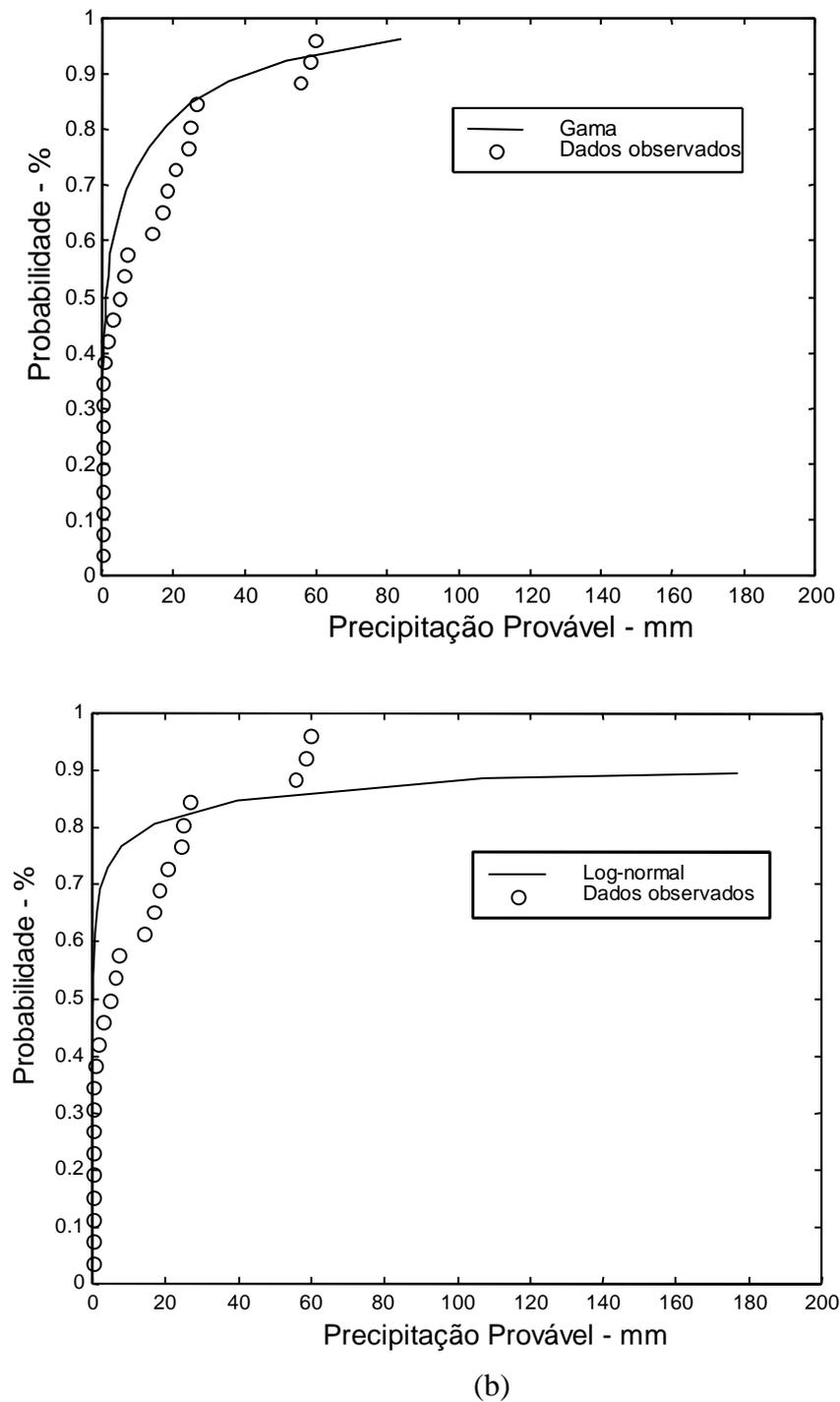


Figura 2. Ajuste das distribuições Gama e Log-normal aos primeiros decendios dos meses de janeiro (a) e agosto (b), para o município de Londrina.

As Figuras 2 e 3 demonstram graficamente a qualidade do ajuste entre os dados observados e as distribuições teóricas, Gama e Log-normal para os municípios de Londrina e Pinhais, respectivamente.

Pode-se constatar, observando a Figura 2a, que há uma melhor resposta na qualidade de ajuste do primeiro decêndio de janeiro. Apesar de alguns valores estarem afastados da curva teórica, ambas distribuições foram ajustadas, segundo os testes de aderência de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov (Quadro 2).

Na Figura 2b também nota-se um ajuste significativo do primeiro decêndio de agosto para a distribuição Gama, como demonstra os testes de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov. Percebe-se nesta Figura que os pontos observados apresentaram uma dispersão um pouco maior que aquela apresentada no ajuste da distribuição Gama, suficiente para ser considerada não ajustada como demonstra os testes de aderência usados (Quadro 2). Indicando mais uma vez, que regimes pluviométricos mensais de maior precipitação propiciam um melhor ajuste da distribuição log normal.

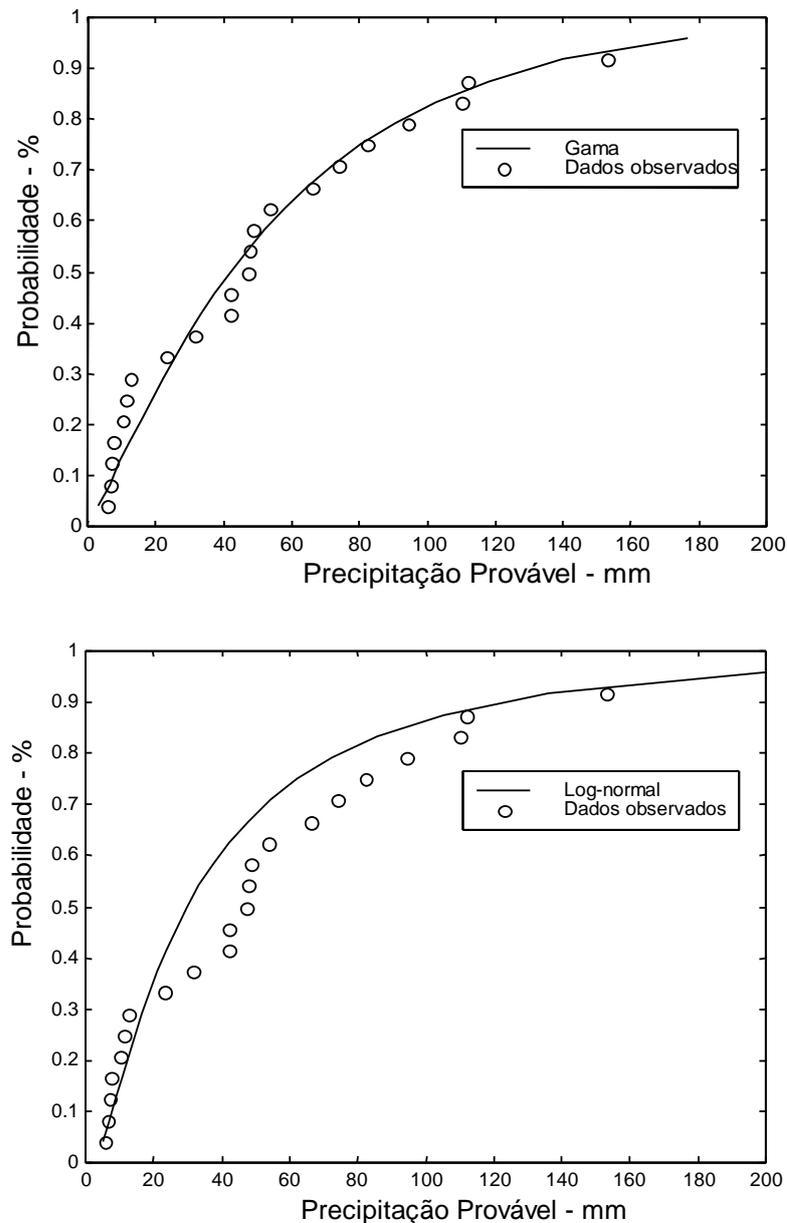


Figura 3. Ajuste das distribuições Gama e Log-normal ao primeiro decêndio do mês de janeiro para o município de Pinhais.

A Figura 3 evidencia ainda mais tal comportamento, visto que a região de Pinhais apresenta-se como uma região mais úmida e regular no seu regime pluviométrico. Novamente para estas condies, as distribuies foram consideradas adequadas pelos dois testes de aderência utilizados (Quadro 3).

Nota-se, também, através dos testes realizados que a distribuio Gama ajustou-se melhor às condies pluviométricas mínimas do estado do Paraná, sendo indiferentes ao sistema de distribuio das chuvas de cada região, para os períodos decendiais. Outros autores também corroboram com essa observao como citados a seguir.

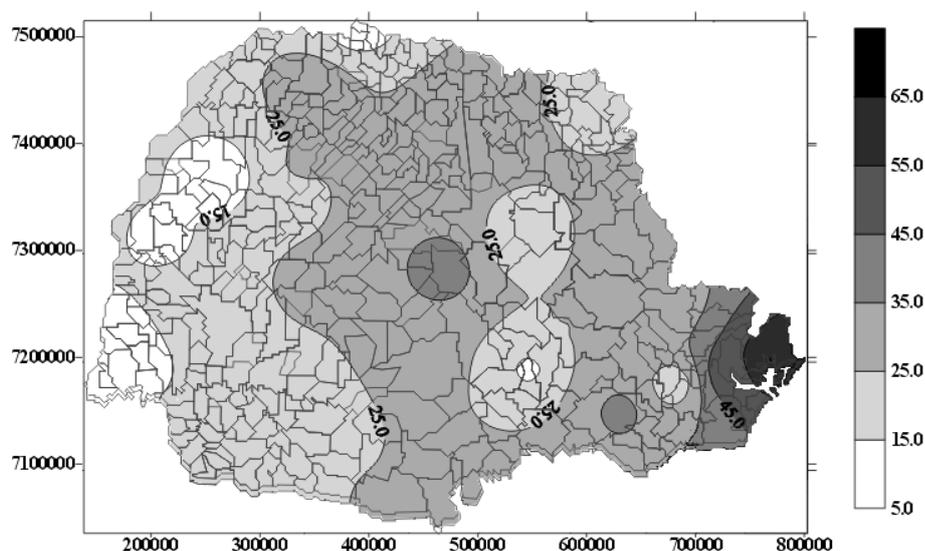
No estudo de Hardee (1971), citado por Gomes (2000), verificou-se que a distribuio Gama ajustou-se melhor, aos registros de 97 estaes da Colmbia, do que às distribuies normal e Log-normal.

Vivaldi (1973) utilizando a distribuio Gama, concluiu que o citado modelo mostrou-se eficiente independentemente do tamanho do período de registros, no caso de um a 25 dias. Silva (1983) e Soares Neto & Silva (1996), encontraram valores satisforios de precipitao provável estimados pela distribuio Gama, para a cidade de Barreiras–BA,

As condies pluviométricas de Viçosa, estudadas por Frizzone (1979) e relatadas por Assad et al. (1993), foram adequadamente ajustadas através da distribuio Gama usando séries de precipitaes com períodos de 5, 10, 15 e 30 dias.

Estudos realizados por Assis (1993), Fonseca & Albuquerque (1978) ambos na região de Pelotas – RS; Saad & Frizzone (2001) na região de Piracicaba – SP; Sansigolo (1996) no estado de São Paulo; Ribeiro & Lunardi (1997) na cidade de Londrina; Botelho & Moraes (1999) no município de Lavras – MG; Mattos & Silva (2001) no estado de Goiás e Filho et al. (2000) no sertão alagoano, indicaram resultados satisforios na estimativa de precipitao através da distribuio Gama, indiferente das condies pluviométricas e períodos estudados. Além disso, valores obtidos para precipitao provável nas 22 estaes avaliadas demonstram que a distribuio Log-normal apresenta valores menores que a distribuio Gama.

Os mapas com isolinhas de precipitao provável para os decêndios do mês de janeiro são apresentados na Figura 4. Nota-se uma tendência comum nesses mapas, ou seja, um decréscimo da precipitao na direo Litoral/Oeste e Litoral/Norte do estado. No primeiro e segundo decêndios, os menoresndices pluviométricos encontram-se na região Oeste do Estado, enquanto no terceiro decêndio, os menoresndices de precipitao estão na região Noroeste.



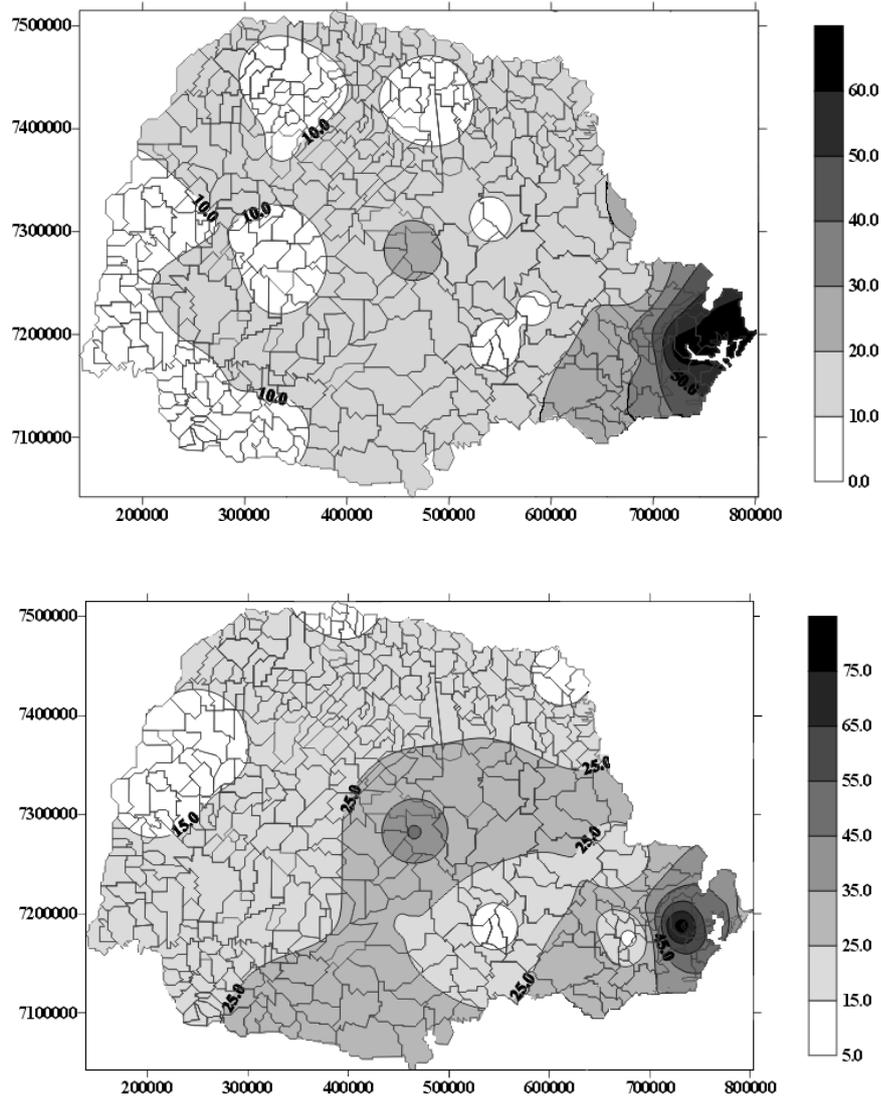


Figura 4. Precipitação provável do primeiro, segundo e terceiro decêndios do mês de janeiro (Estado do Paraná).

A maior uniformidade de precipitação para o mês de janeiro é verificada no primeiro decênio, no qual, a maior área do estado apresenta precipitação próxima de 25mm. Quando compara-se os três decênios, percebe-se que o segundo decênio de janeiro possui potencial de ocorrências de veranicos.

O mês de agosto se caracteriza por apresentar os menores índices pluviométricos do estado. A Figura 5 apresenta isolinhas de precipitação provável semelhantes no primeiro e segundo decênios, com índices de precipitação diminuindo nas direções: Sul/Norte e Litoral/Oeste.

No terceiro decênio de agosto, a quantidade de precipitação é praticamente constante em todo Estado. Somente a região litorânea (leste do estado) apresenta índices pluviométricos prováveis elevados. Entretanto, os mesmos concentram-se, praticamente, nos municípios de Paranaguá, Antonina e de Guaraqueçaba.

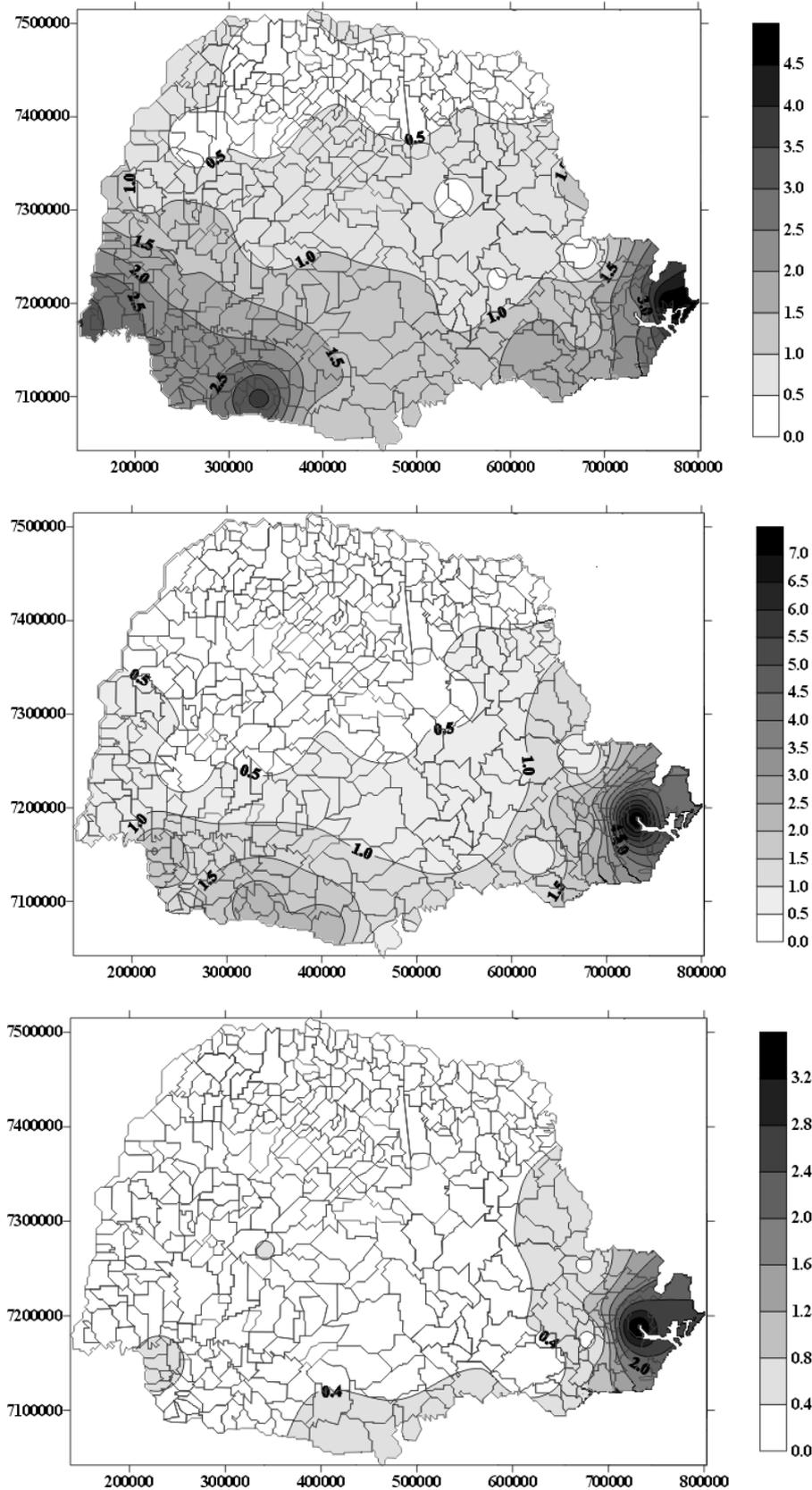


Figura 5. Precipitação provável do primeiro, segundo e terceiro decêndios do mês de agosto.

6 CONCLUSÕES

A distribuição Gama apresentou melhores ajustes às séries de precipitações decendiais no estado do Paraná, do que a distribuição Log-normal, de acordo com os testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância.

De modo geral, o estado do Paraná apresenta as maiores precipitações prováveis decendiais nos meses de outubro a fevereiro e os menores nos meses de julho e agosto. Todos os mapas de isolinhas de precipitação provável apresentaram um decréscimo da precipitação na direção Litor/Oeste e Sul/Norte no estado do Paraná.

Sistemas de irrigação implantados no estado do Paraná, considerando turno de rega de 10 dias, devem ser dimensionados somente para suprir parcialmente e raramente a necessidade total hídrica das culturas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E.D. et al. Veranicos na região dos cerrados brasileiros, frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.9, p.993-1003, 1993.

ASSAD, E. D. **Chuva nos cerrados**. Análise e espacialização. Brasília: Embrapa/SPI, 1994. 415 p.

ASSIS, F.N. de. Ajuste da função gama aos totais semanais de chuva de Pelotas – RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p.131-136, 1993.

BOTELHO, V.A.V.A.; MORAIS, A.R.de. Estimativas dos parâmetros de distribuição gama de dados pluviométricos do município de Lavras, estado de Minas Gerais. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.3, p.697-706, 1999.

FILHO, J.S.V. et al. Probabilidade sazonal de precipitação para a região do sertão alagoano. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.20,n.1,p.75-81, 2000.

FONSECA, V.O.; ALBUQUERQUE, J.A.S. Estimativa dos parâmetros da distribuição gama de probabilidades para totais de precipitação de uma região de Pelotas. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.9, p.47-58, 1978.

GOMES, B. M. **Comportamento espacial da precipitação decendial (P 75%) para o Estado de São Paulo**. 2000. 135 f.Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.

LONGO, A. J. et al. Precipitação provável e equação de chuvas intensas para o município de Cascavel – PR. In. **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...Foz do Iguaçu: CONBEA**, 2001. 1 CD.

MATTOS, A.; SILVA, F.A.da. **Balço hídrico e disponibilidade de água para o estado de Goiás**. Disponível em: <http://www.hidroweb.aneel.gov.br/doc/tópicos/tópicos/oral3.html/>. Acesso em: 28 out. 2001.

PELLEGRINO,G.Q.; PINTO,H.S.; ZULLO J.; BRUNINI,O. O uso de sistemas de informaes geográficas no mapeamento de informaes agrometeorológicas. In: ASSAD & SANO; **Sistema de informaes Geográficas: aplicaes na agricultura**. Brasília SPI: Embrapa. 1998, p 329-348.

RIBEIRO, A.M.de.A.; LUNARDI, D.M.C. A precipitação mensal provável para Londrina-PR, através da função gama. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.12, n.4, p. 37-44, 1997.

RODRIGUES, L.N.; PRUSKI, F.F. **Precipitação provável para João Pinheiro, Minas Gerais, utilizando as funções de distribução de probabilidades gama e log-normal**. Disponível em: <<http://www.ufv.br/Dea/revista/v5n3.htm>> Acesso em: 26 out. 2001.

SAAD, J.C.S.; FRIZZONE, J.A. **Estudo da distribução de freqüência da precipitação pluvial visando o dimensionamento de sistemas de irrigação**. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/posgradua/Irriga/revista/3_1/artigo.htm> Acesso em: 20 set. 2001.

SAMPAIO, S.C. et al. Precipitação provável para o Município de Lavras, MG, utilizando a distribução log-normal. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23,n.2,p.382-389,1999.

SANSIGOLO, C.A. Variabilidade interanual da estação chuvosa no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.101-105, 1996.

SILVA, C.D.da. Determinação da precipitação pluviométrica provável par a cidade de Barreiras-BA. **Revista Engenharia Agrícola**, Botucatu, v.7, n.1, p.9-16, 1983.

SILVA, A.P. A. **Desenvolvimento de subsídios para aproveitamento hidroagrícola do estado de Sergipe com base nas condições hidrometeorológicas**. 1992. 141 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)-Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

SILVA, F.A.M. da. **Estimativa da variação espaço temporal da disponibilidade hídrica decencial no estado de Goiás**. 1995. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

SOARES, A.A. et al. Evapotranspiração de referência e precipitação provável no estado de Minas Gerais visando a elaboração de projetos de irrigação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.4, p.14-18, 1999.

SOARES NETO, J.P.; SILVA, M.A.V. Probabilidades mensais de chuva para a região de Barreiras-BA. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.2. p.91-94, 1996.

THOM, H.C.S. A note on the gama distribution. **Monthly Weather Review**, Washington, v.86, n.117-22, 1958.

THOM, H.C.S. **Direct and inverse tables of gama distribution**. Silver Spring. (tecg, report EDS-2): Environmental Science Service Administration, 11p. 1968.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VIVALDI, L. J. **Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos**. Piracicaba, 1973. 77 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1973.