

Adair J. Longo¹
Silvio C. Sampaio²
Morgana Suszek³

**MODELO COMPUTACIONAL PARA ESTIMATIVA
DAS PRECIPITAÇÕES PROVÁVEIS UTILIZANDO
AS DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES
GAMA E LOG-NORMAL**

RESUMO: No presente trabalho foi desenvolvido um modelo computacional, utilizando rotinas do software Matlab, para estimativa da precipitação pluviométrica provável, para o Estado do Paraná, nos períodos de 10, 15 e 30 dias, com nível de 75% de probabilidade, utilizando as distribuições de probabilidades gama e log-normal, verificando, através do teste de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado, ao nível de 5% de significância, qual das distribuições apresenta melhor ajuste. Foram utilizados registros de precipitação diários de 22 estações climatológicas, localizadas nas diferentes regiões do Estado. O modelo pode ser empregado para o estudo de precipitações prováveis em qualquer região, indiferente da série histórica de dados observados. Pelo teste de aderência, verificou-se que a distribuição de probabilidade gama incompleta ajusta-se melhor às condições pluviométricas do Estado do Paraná, para todos os períodos, indiferente do regime de chuvas de cada região do Estado.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo Computacional; Precipitação provável; Estado do Paraná.

SUMMARY: In the present work, a computational model was developed by using Matlab software routines for estimating the probable rainfall for the state of Paraná, within the periods of 10, 15 and 30 days, with level of 75% of probability. Gamma and log-normal probability distributions were used for this experiment, with the purpose of verifying, through the Kolmogorov-Smirnov and Qui-square tests at 5% of significance, which of the distributions present a better adjustment. Daily records of precipitation from twenty-two climatological stations, located in different regions of the state, were used for the analysis. The model can be used for the study of probable precipitation

Data de recebimento: 12/07/06. Data de aceite para publicação: 26/12/06.

² Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Unioeste – Campus de Cascavel.

³ Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Unioeste – Campus de Cascavel. Endereço eletrônico: ssampaio@unioeste.br.

³ Engenheira Química. Discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Unioeste. Endereço eletrônico: morgana_eq@hotmail.com.

in any region, disregarding the historical series of the data. Through the tack test, it was verified that the incomplete gamma probability distribution is the most adequate for the rainfall conditions of the state of Paraná, for all the periods, disregarding the rain regime of each region of the state.

KEYWORDS: Computacional model; Probable precipitation; State of Paraná.

1. INTRODUÇÃO

O clima é um dos principais fatores no desenvolvimento e no crescimento das culturas agrícolas e o conhecimento do seu comportamento determina a aptidão e o manejo adequado do solo para a agricultura.

A precipitação pluviométrica é um parâmetro de fundamental importância na estimativa da necessidade de água de irrigação para as culturas e, conseqüentemente, para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação. A ocorrência de tal parâmetro climático de uma dada região é caracterizada, contudo, por uma grande variação, e esta não é normalmente distribuída em torno da média (MARQUEZ JÚNIOR et al., 1994).

Sampaio et al. (1999) escrevem que o estudo probabilístico da distribuição pluviométrica também desempenha um papel relevante no planejamento racional da produção agrícola, pois conhecendo-se, com uma certa margem de segurança, a lâmina mínima a precipitar em uma certa região agrícola, pode-se realizar um planejamento eficiente de irrigações suplementares, além de permitir o aumento das áreas cultivadas pelo uso otimizado da água disponível.

Ribeiro & Lunardi (1997) estudaram os dados pluviométricos de Londrina, PR, utilizando a distribuição gama e fizeram uma análise das estimativas de seus parâmetros, concluindo que a distribuição mostrou-se adequada para representar a chuva mensal.

Longo et al. (2001) estudaram as condições pluviométricas do município de Cascavel, PR, através da distribuição log-normal, com dados diários de 24 anos de observações, para períodos mensais, quinzenais e decêndiais, concluindo que a região não apresenta estação pluviométrica definida, e que a distribuição log-normal é adequada para todos os períodos estudados.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo computacional, em linguagem Matlab, para estimativa da precipitação provável decendial, quinzena e mensal, ao nível de 75% de probabilidade,

utilizando as distribuições de probabilidades gama incompleta e log-normal, verificando, através do teste de Kolmogorov-Smirnov, qual das distribuições melhor se ajusta às condições pluviométricas do Estado do Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O modelo foi elaborado e processado utilizando os registros pluviométricos de 22 estações climatológicas, distribuídas em diferentes regiões do Estado do Paraná, situado entre a latitude, 22°28' a 26°44'S, longitude de 48°00' a 54°35'W. A precipitação anual varia entre 1.300 a 2.000 mm, sendo maior nos meses de outubro a março e maio, em termos de média a longo prazo.

Foi utilizada a distribuição gama com dois parâmetros, sendo o parâmetro local zero, e utilizando-se a integral da Equação 01 para $\hat{\alpha} > 0$, $\hat{\alpha} > 0$, $\Gamma(\hat{\alpha}) > 0$, e $f(x) = 0$ para $x < 0$ dada pela equação (THOM, 1958):

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

em que:

- $\hat{\alpha}$ - parâmetro de escala (mm);
- $\hat{\alpha}$ - parâmetro de forma (adimensional);
- x - total de precipitação;
- $\Gamma(\hat{\alpha})$ - função gama.

Utilizando-se o método da máxima verossimilhança (Likelihood) proposto por Fisher (1941), citado por Vivaldi (1982), estimou-se o parâmetro $\hat{\alpha}$, através da relação:

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

sendo:

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{N \sum_{i=1}^N \ln(x_i)} \quad (3)$$

em que:

- x_i - altura de precipitação (mm);
- N - número de ocorrência de precipitação;
- \bar{x} = média das precipitações (mm).

O parâmetro $\hat{\alpha}$ é estimado pela equação:

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \tag{4}$$

A variável aleatória Y da distribuição log-normal apresenta uma variável aleatória X de acordo com:

$$Y = \ln(X) \tag{5}$$

Sendo que a função densidade de X tem a seguinte forma:

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2\right] \tag{6}$$

Com $0 \leq x < \infty$, em que: $\hat{\mu} = (\bar{Y})$ e $\hat{\sigma} = \sqrt{\text{var}(\ln x)}$, são, respectivamente, a média e o desvio-padrão de $\ln x$ e parâmetros da distribuição log-normal.

Utilizando-se a teoria das distribuições das funções de densidade gama e log-normal, foi desenvolvido um modelo computacional usando as rotinas do software de programação MATLAB (Figura 1), no qual foram estimadas as precipitações prováveis, para o Estado do Paraná, ao nível de 75% de probabilidade.

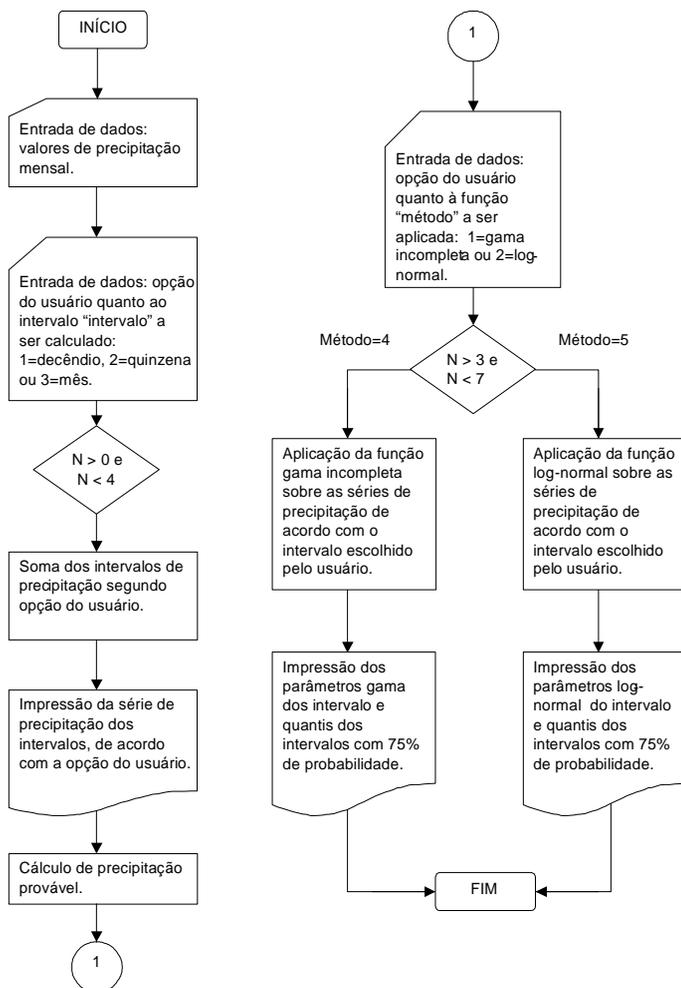


FIGURA 1 - Fluxograma operacional do programa PREC_PROB.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, temos os valores de precipitação decendial provável, ao nível de 75% de probabilidades, estimados através das distribuições de probabilidades gama incompleta e log-normal, respectivamente, utilizando o modelo computacional desenvolvido, para o município de Londrina, PR.

TABELA 1 - Precipitação provável para os períodos de 10, 15 e 30 dias, estimada pelas distribuições de probabilidade gama e log-normal, para o município de Londrina – PR

Distribuição Gama Incompleta												
Período de 10 dias												
Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
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
Período de 15 dias												
1-15	14,0	23,6	14,0	2,9	0,6	0,9	0,1	0,1	0,6	7,1	22,9	32,3
16-30	14,1	3,9	8,6	1,6	1,5	0,4	0,1	0,0	4,0	13,0	3,8	22,0
Período de 30 dias												
1-30	9,7	4,5	12,6	0,6	1,3	0,6	0,1	0,0	1,4	8,6	6,4	26,9
Distribuição Log-Normal												
Período de 10 dias												
Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
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
Período de 15 dias												
1-15	5,8	18,9	10,8	0,8	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	3,0	21,7	29,0
16-30	6,1	0,9	3,7	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	1,0	5,5	0,9	16,5
Período de 30 dias												
1-30	3,5	1,0	9,7	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,3	3,3	1,8	22,6

O nível de probabilidade de 75%, segundo Bernardo (1989), é adequado para fins agrícolas. Este valor representa a quantidade de precipitação igual ou superior a um valor provável que se espera ocorrer, no mínimo, em três a cada quatro anos.

Na Tabela 2, apresentamos o teste de adequacidade de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância, para o município de Londrina – PR

TABELA 2 - Teste de adequacidade das distribuições gama incompleta e log-normal para o período de 10, 15 e 30 dias, para o município de Londrina – PR

Distribuição Gama Incompleta												
Período de 10 dias												
Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1-10	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
11-20	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
21-30	a	na	a	na	na	a	a	a	a	a	a	a
Período de 15 dias												
1-15	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
16-30	a	a	a	na	a	a	a	a	a	a	a	a
Período de 30 dias												
1-30	a	a	a	na	a	a	a	a	na	a	a	a

Distribuição log-normal												
Período de 10 dias												
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1-10	a	a	a	na	na	a	a	a	na	a	a	a
11-20	a	a	na	a	a							
21-30	a	na	na	na	na	a	na	na	na	a	na	na
Período de 15 dias												
1-15	na	a	a	na	na	a	a	na	na	a	a	a
16-30	a	na	a	na	na	na	na	a	na	a	na	a
Período de 30 dias												
1-30	a	na	a	na	na	a	na	a	na	na	na	a

Através do teste de Kolmogorov-Smirnov, verificamos que a distribuição gama ajusta-se melhor às condições pluviométricas do município de Londrina – PR, resultado este verificado em todas estações estudadas no estado do Paraná. A utilização do modelo computacional facilita a determinação dos parâmetros das distribuições utilizadas, os quais necessitam de inúmeros procedimentos matemáticos para a determinação, possibilitando estimar a precipitação provável, verificando também qual das distribuições se ajusta às condições pluviométrica da região estudada.

4. CONCLUSÕES

O modelo computacional facilitou a determinação da precipitação provável, possibilitando conhecer as condições pluviométricas decendiais, em qualquer região que possua a série de dados observados, utilizando as distribuições gama incompleta e log-normal. Pelo teste de aderência, verificou-se que a distribuição de probabilidade gama incompleta ajusta-se melhor às condições pluviométricas do Estado do Paraná, para todos os períodos, indiferente do regime de chuvas de cada região do Estado.

5. REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed., Viçosa, MG: Impr. Uni., UFV, 1989. 596 p.
- LONGO, A. J.; SAMPAIO, S. C; CORREA, M. M.; VILAS BOAS, M. A. 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.

MARQUES JÚNIOR, S.; PAZ, V. P. S.; COSTA, R. N. T.; FRIZZONE, J. A. Modelo computacional para estimativa das precipitações mensais prováveis utilizando a distribuição gama incompleta. **Revista Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 5, n. 1.p. 2. p. 20-33, 1994.

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.

SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; SOUZA, M. R.; GUIMARÃES, J. C.; SILVA, A. M. Precipitação provável para o Município de Lavras, MG, utilizando a distribuição log-normal. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 382-389, 1999.

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

VIVALDI, L. J. **Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos**. Brasília, EMBRAPA-DMQ, 1982.

V A R I A
S C I E N T I A

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

REVISTA VARIA SCIENTIA

Versão eletrônica disponível na internet:

www.unioeste.br/saber