**DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE DE
PRECIPITAÇÃO DE INTENSIDADE MÁXIMA
PARA PIRACICABA, SP**

MARISTELA REIS DELLALIBERA PICCININI
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci

Dissertação apresentada à
Escola Superior de Agri-
cultura "Luiz de Queiroz"
da Universidade de São
Paulo, para obtenção do
título de Mestre em Agro-
nomia, Área de Concentra-
ção Agrometeorologia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1993

P588d Piccinini, Maristela Reis Dellalibera
Distribuições de probabilidade de precipitação de
intensidade máxima para Piracicaba, SP. Piracicaba,
1993.
50p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1 - Estatística aplicada 2. Meteorologia 3. Pre-
cipitação - Distribuição - Piracicaba I. Escola Su-
perior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 551.5781

**DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE DE
PRECIPITAÇÃO DE INTENSIDADE MÁXIMA
PARA PIRACICABA, SP**

MARISTELA REIS DELLALIBERA PICCININI

Aprovada em: 04.03.1994

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Décio Barbin	ESALQ/USP
Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci	ESALQ/USP
Prof. Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo	IAC

Prof. Dr. LUIZ ROBERTO ANGELOCCI

Orientador

A DEUS

Damos Graças, pela sua infinita
bondade, criando-nos e oferecendo-nos
as maravilhas da natureza, para nossa
felicidade. Damos Graças, ainda, por
nos ter dado a fonte da vida: o AMOR.

" Se não houver frutos,
valeu a beleza das flores.
Se não houver flores, valeu
a sombra das folhas. Se não
houver folhas, valeu a in-
tenção da semente."

(Henfil)

Aos meus pais

" A maior gratidão da vida é poder contar com a presença de quem vem nos apoiando desde o início de nosso desafio.

A cada vitória que minha carreira proporciona, estais sempre por trás delas, como estivestes em cada momento de minha vida."

Ao meu esposo Augusto e aos meus filhos Isabela e Tadeu Augusto, que sempre estiveram ao meu lado pacientemente.

A vocês, que a cada vitória minha representou toda a espera de uma vida gratificada por conquistas, dedico a minha conquista com a maior e profunda admiração e respeito.

AGRADECIMENTOS

" Há homens que lutam um dia e são bons.

Há outros que lutam um ano e são melhores.

Há aqueles que lutam muitos anos e são muito bons.

Há porém os que lutam toda a vida:

Esses porém são imprescindíveis. "

- Aos professores de Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelos ensinamentos, orientação e amizade.
- Ao Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", e a todos os funcionários por permitir a realização do Curso de Mestrado.
- Ao mestre José Carlos Ometto pela orientação e amizade.
- Em especial, ao mestre Luiz Roberto Angelocci, também orientador e amigo, ajudando a finalizar este trabalho.
- Ao mestre Dr. Marcelo Paes de Camargo, pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xvi
SUMMARY.....	xviii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1. Coleta de dados.....	9
3.2. Distribuições.....	10
3.2.1. Distribuição normal.....	11
3.2.2. Distribuição gama.....	12
3.2.2.1. Estimativa dos parâmetros Γ e β	13
3.3. Cálculo da frequência teórica.....	14
3.4. Teste de Kolmogorov-Smirnov.....	16
3.5. Teste de Lilliefors.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5. CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de outubro, em 15 minutos	26
2. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de outubro, em 30 minutos	26
3. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de outubro, em 60 minutos	26
4. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de outubro, em 24 horas	26
5. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de novembro, em 15 minutos	29
6. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de	

novembro, em 30 minutos	29
7. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de novembro, em 60 minutos	29
8. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de novembro, em 24 horas	29
9. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de dezembro, em 15 minutos	32
10. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de dezembro, em 30 minutos	32
11. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de dezembro, em 60 minutos	32
12. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de dezembro, em 24 horas	32
13. Variação da frequência relativa observada e das	

	estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de janeiro, em 15 minutos	35
14.	Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de janeiro, em 30 minutos	35
15.	Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de janeiro, em 60 minutos	35
16.	Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de janeiro, em 24 horas	35
17.	Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de fevereiro, em 15 minutos	38
18.	Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de fevereiro, em 30 minutos	38
19.	Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de	

fevereiro, em 60 minutos	38
20. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de fevereiro, em 24 horas	38
21. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, 2 das alturas pluviométricas máximas no mês de março, em 15 minutos	41
22. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de março, em 30 minutos	41
23. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de março, em 60 minutos	41
24. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de março, em 24 horas	41
25. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas anuais em 15 minutos	44
26. Variação da frequência relativa observada e das	

estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas anuais em 30 minutos	44
27. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas anuais em 60 minutos	44
28. Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas anuais em 24 horas	44

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Valores dos parâmetros das funções de distribuições de probabilidade normal (média e desvio padrão) e gama (gama e beta), nos meses de outubro a março e anual nas durações de 15 min, 30 min, 60 min e 24 horas.....	23
2. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de outubro, e duração de 15 minutos.....	24
3. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de outubro, e duração de 30 minutos	24
4. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de outubro, e duração de 60 minutos	25
5. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) en-	

- tre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de outubro, e duração de 24 horas 25
6. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de novembro, e duração de 15 minutos 27
7. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de novembro, e duração de 30 minutos 27
8. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de novembro, e duração de 60 minutos 28
9. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de novembro, e duração de 24 horas 28
10. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-

- tribuições normal e gama, para o mês de dezembro,
e duração de 15 minutos 30
11. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de dezembro,
e duração de 30 minutos 30
12. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de dezembro,
e duração de 60 minutos 31
13. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de dezembro,
e duração de 24 horas 31
14. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de janeiro,
e duração de 15 minutos 33
15. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de janeiro,

e duração de 30 minutos	33
16. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis- tribuições normal e gama, para o mês de janeiro, e duração de 60 minutos	34
17. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis- tribuições normal e gama, para o mês de janeiro, e duração de 24 horas	34
18. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis- tribuições normal e gama, para o mês de fevereiro, e duração de 15 minutos	36
19. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis- tribuições normal e gama, para o mês de fevereiro, e duração de 30 minutos	36
20. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis- tribuições normal e gama, para o mês de fevereiro, e duração de 60 minutos	37

21. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de fevereiro,
e duração de 24 horas 37
22. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de março,
e duração de 15 minutos 39
23. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de março,
e duração de 30 minutos 39
24. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de março,
e duração de 60 minutos 40
25. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})
relativas (S_i), máxima distância vertical (D)
entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis-
tribuições normal e gama, para o mês de março,
e duração de 24 horas 40
26. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac})

relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis- tribuições normal e gama, anual para duração de 15 minutos	42
27. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis- tribuições normal e gama, anual para duração de 30 minutos	42
28. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis- tribuições normal e gama, anual para duração de 60 minutos	43
29. Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}) relativas (S_i), máxima distância vertical (D) entre $F(x)$ e S_i e as estimadas a partir das dis- tribuições normal e gama, anual para duração de 24 horas	43
30. Probabilidade de ocorrência de valores iguais ou maiores a 8, 15, 25 e 30 mm para durações de 15, 30 e 60 minutos.....	45
31. Probabilidade de ocorrência de valores iguais ou maiores a 20, 25, 30 55 e 70 mm para durações de 24 horas e anual.....	46

DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE DE PRECIPITAÇÃO DE
INTENSIDADE MÁXIMA PARA PIRACICABA, SP

Autora: Maristela Reis Dellalibera Piccinini

Orientador: Prof.Dr. Luiz Roberto Angelocci

RESUMO

Com o objetivo de determinar a distribuição de probabilidade das alturas pluviométricas máximas, em durações de tempo variadas (15 , 30 , 60 minutos, 24 horas e anual), para cada mês do período outubro a março e no ano, para Piracicaba, SP, foram testados os modelos de distribuição "Normal" e "Gama", com dados obtidos através de pluviogramas diários de um período de 33 anos. As comparações foram feitas através dos testes Kolmogorov-Smirnov e Lilliefors, com nível de significância de $\alpha = 0,05$.

Os resultados obtidos indicaram que as duas distribuições podem ser utilizadas, sendo que a Gama apresentou um menor desvio na maioria dos casos, quando se consideram períodos mensais, e a Normal para período anual. Considerando a altura mínima de 8 mm em 15 minutos, correspondente a uma intensidade máxima de 0,533 mm/min, encontrou-se uma probabilidade de ocorrência elevada para os meses de dezembro (84,8%) e fevereiro (89,5%). Para altura pluviométrica igual ou maior que 20 mm em 15 minutos, en-

contraram-se uma probabilidade de 16,2% em dezembro e 8% em janeiro. Para o ano e para valores de altas intensidades, como 15 mm em 15 minutos, a probabilidade é bastante alta (87,1%), sendo de 69,5% para 20 mm/15 minutos e 87,5% para 25 mm/30 minutos. Para valores em 24 horas, encontrou-se probabilidades de 16,5% e 18,2% nos meses de dezembro e janeiro, respectivamente, para alturas pluviométricas iguais ou superiores a 55mm.

PROBABILITY DISTRIBUTIONS OF MAXIMUM INTENSITY
PRECIPITATIONS FOR PIRACICABA, SP

Author: Maristela Reis Dellalibera Piccinini

Adviser: Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci

SUMMARY

With the objective of determining the maximum intensity precipitation distributions, for different time intervals (15; 30; 60 min; 24 h and 1 year), for each month of the October-March period, and for the year, for the county of Piracicaba, SP, normal and gamma distributions were used as statistical models. Data used were obtained from daily pluviograms collected over 33 years. Comparison was made through Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors tests, with a significance level of 0,05.

Results indicate that both distributions can be used, although the gamma distribution has presented the smallest deviations in most cases of monthly periods, and the Normal distribution for the yearly period. Considering a minimum value of 8 mm in 15 min, which corresponds to an intensity of 0.533 mm/min, a high occurrence was found for the months of December (84.8%) and February (89.5%). For values equal to or greater than 20 mm in 15 min, a probability of 16.2% was found for December, and 8% for

January. For the year and for high intensities, like 15 mm in 15 min, probability is very high (87.1%), being 69.5% for 20 mm/15 min and 87.5% for 25 mm/30 min. For 24 h values, probabilities of 16.5% and 18.2% were found for the months of December and January, respectively, for the rainfall equal to or greater than 55 mm.

1. INTRODUÇÃO

A distribuição das precipitações pluviais no espaço e no tempo é um fator importante para o planejamento das atividades produtivas. Conhecendo-se a relação entre intensidade, duração e frequência, pode-se utilizar os dados nos trabalhos de Hidrologia para resoluções de problemas como dimensionamento de vertedouros de redes pluviais, erosão, enchentes e estudos hidrológicos em geral.

Devido a importância do conhecimento sobre o regime de chuvas intensas para as atividades agrícolas e civis, são encontrados na literatura trabalhos diversificados sobre esse tema no Brasil. Podem ser citados aqueles elaborados por PARIGOT DE SOUZA (1955), sobre possibilidades pluviais de Curitiba em relação a chuvas de grande intensidade; PFAFSTETTER (1957), sobre chuvas intensas no Brasil; OCCHIPINTI & SANTOS (1965), sobre máximas intensidades de chuvas na cidade de São Paulo e BANZATTO (1973) sobre estimativas das precipitações máximas prováveis no Estado de São Paulo.

O presente trabalho tem como objetivo a de-

terminação das distribuições de probabilidade de ocorrência de precipitações de intensidade máxima com várias durações, procurando-se a melhor técnica estatística em função de dados diários obtidos no posto agrometeorológico da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, São Paulo, utilizando-se uma série de 33 anos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A utilização de modelos estatísticos na distribuição de probabilidade de precipitação em períodos diferentes (semanal à anual) para dados agrupados, vem sendo estudada no decorrer do tempo por diversos autores. **BARGER & THOM** (1949) estudaram as distribuições de frequência dos dados compreendidos entre uma e dezesseis semanas, observando que para períodos pequenos, como até quatro semanas, o aspecto da curva sugere uma exponencial negativa do ajustamento e, a medida que aumenta o período, a tendência da curva é ser unimodal assimétrica, para depois se aproximar da curva normal. Em função dessas características aqueles autores usaram a distribuição gama, cuja curva admite tal flexibilidade. Para a estimação dos parâmetros os autores desenvolveram um método aproximado. Já **FRIEDMAN & JAMES** (1957) fizeram um estudo detalhado da estimativa de probabilidade de precipitação pluvial. Quanto ao uso da distribuição gama, obtiveram as mesmas conclusões de **BARGER & THOM**. Os autores, estudando o tamanho da amostra, acham que para que esta seja representativa são necessários no mínimo 30 anos.

WAVER & MILLER (1968) efetuaram um trabalho e

mostraram que a distribuição gama se ajusta bem para representar dados de precipitação. **STROMMEN & HORSFIELD** (1969) publicaram através do Departamento de Precipitação Pluvial dos Estados Unidos, tabelas de probabilidades de precipitação mensal para 23 Estados, utilizando a distribuição gama. Foi empregado o processo aproximado de Thom nas estimativas dos parâmetros e não fizeram referência sobre o teste de ajustamento. Os autores deram importância somente a discussão dos resultados não dando ênfase a metodologia usada.

Já **AMARAL** (1968) publicou uma tabela que fornece as probabilidades de diferentes quantidades de chuva em períodos de cinco dias para a cidade de Pelotas, RS. O autor não apresentou detalhes teóricos a respeito do método adotado na elaboração da referida tabela contida no trabalho. **ELLIS** (1972) estudando dados de precipitação de Manaus, AM, obteve um bom ajustamento dos dados anuais à distribuição normal. No estudo dos dados mensais empregou a distribuição gama, devido ao aspecto assimétrico da curva. O ajustamento desses dados mensais à distribuição foi verificado através do teste de Kolmogorov-Smirnov.

VIVALDI (1973) estudando os dados pluviométricos de Itaguaí, RJ, deu ênfase aos aspectos teóricos dos métodos utilizados na obtenção das estimativas dos parâmetros. O autor concluiu que o método da máxima verossimilhança é mais eficiente.

FRIZZONE, J.A. (1979), calculou as precipitações dependentes para a região de Viçosa em períodos de 5 a 30 dias, utilizando dados de 30 anos (1949 - 1978), usando como modelo estatístico a distribuição gama incompleta. Os resultados mostraram que esse modelo pode ser usado para se estudar a distribuição das precipitações em períodos de 5 a 30 dias, na referida região.

Alguns autores, como PORTO; HANCOCK; BARROS (1979), ARRUDA & PINTO (1980) e VALDEVIESCO-SALAZAR (1985) utilizaram a distribuição gama incompleta, obtendo bons resultados e mostrando a eficiência do modelo no ajuste dos dados utilizados.

As citações acima referem-se ao estudo do melhor método estatístico a ser empregado quando o objetivo é a determinação das distribuições de probabilidade de precipitação, sendo que a conclusão que a maior parte chegou é que as distribuições gama e normal são as que oferecem resultados mais satisfatórios.

Um dos trabalhos sobre chuvas intensas no Brasil é o apresentado no livro de PFAFSTETTER (1957), utilizando dados registrados em pluviógrafos de 98 postos de serviços de meteorologia do Ministério da Agricultura. Foram analisados os períodos mais intensos de cada chuva, definidos pelas precipitações máximas observadas em diversos intervalos de tempo ou "duração". Foram consideradas somente as precipitações máximas com 5 min, 15 min,

30 min, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 14 h, 24 h e 48 h de duração que excederam as alturas de 8 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, 35 mm, 40 mm, 47 mm, 55 mm e 70 mm, respectivamente, para esses intervalos de tempo. Como em geral as chuvas intensas não apresentam precipitação que excedam os limites mínimos fixados para todas as durações, foram anotadas na média, aproximadamente 10 chuvas por ano de observação em cada posto. Foi feita análise de frequência, definindo-se o tempo de ocorrência através do método "Californiano", por entender que era o mais simples e preciso. O tempo de recorrência (T) foi calculado a partir da expressão:

$$T = \frac{n}{m}$$

onde n é o número de anos de observação e m é o número de ordem das precipitações numa série decrescente de valores.

A probabilidade P de uma precipitação com tempo de recorrência T ser igualada ou excedida em um determinado ano é o inverso de T , enquanto que a probabilidade J de uma precipitação com tempo de recorrência T ser igualada ou excedida uma vez num número qualquer de anos n , foi definida por PFAFSTETTER como:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Através da representação gráfica, aquele autor fez ajustamento de fórmulas empíricas para definir as precipitações máximas em função da duração e do tempo de

recorrência para cada localidade.

GARCEZ (1967) refere-se a importância da prática do estudo das precipitações intensas e ao interesse do conhecimento da relação entre intensidade, duração e frequência, sendo citadas as equações obtidas para algumas cidades brasileiras, mas sempre sendo baseadas na metodologia empregada por PFAFSTETTER em Chuvas Intensas do Brasil.

Parigot de Souza¹, citado por GARCEZ (1967) obteve a seguinte equação para a cidade de Curitiba utilizando um período de 31 anos (1921 - 1951):

$$i = \frac{1239 \cdot T^{0,15}}{(t+20)^{0,74}}$$

Utilizando a mesma metodologia, OCCPHIPINT & SANTOS (1965), citam que nos trabalhos trabalhos hidrológicos em geral interessa não somente ao conhecimento das máximas precipitações observadas nas séries históricas mas, principalmente, prever com base nos dados observados e valendo-se dos princípios de probabilidades, quais as máximas precipitações que possam vir a ocorrer em uma certa localidade, com determinada frequência. Obtiveram para a cidade de São Paulo para durações maiores que 60 minutos,

1- PARIGOT DE SOUZA - Possibilidades pluviais de Curitiba em relação a chuvas de grande intensidade - Revista Técnica nº 27, Julho de 1955.

num período de 37 anos (1928 - 1964) a seguinte equação:

$$i = \frac{42,23 \cdot T^{0,15}}{t^{0,822}}$$

onde i é a intensidade máxima média (mm/h), t a duração (em minutos) e T período retorno (em anos).

BANZATTO (1973), com o objetivo do estudo de possíveis relações entre as precipitações máximas prováveis de duração de um dia, com as de 24 horas e com precipitações de menor duração, assim como seus reflexos sobre valores de vazão de enchentes em algumas bacias hidrográficas selecionadas, procurou estimar as precipitações máximas prováveis com duração de um dia para o Estado de São Paulo, optando pelo uso da distribuição de valores extremos, proposto por Gumbel, apresentando um estudo teórico de trabalho desta distribuição.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coleta de Dados

A base de dados para ajustamento dos modelos apresentados neste trabalho constitui-se de uma série de 33 anos de intensidade máxima de precipitação, sendo esta obtida através de pluviogramas, onde procurou-se identificar a inclinação máxima em durações diferenciadas (15, 30, 60 minutos, 24 horas e anual), representando a altura pluviométrica por unidade de tempo no período considerado, ou intensidade da chuva.

A utilização de 15 minutos, foi devido a trabalhos publicados de índices de erosividade da chuva que indicam que tempos superiores são os mais intimamente relacionados com a velocidade máxima de enxurrada. Barnett (1958) concluiu que a intensidade máxima em 60 minutos foi a que apresentou maior coeficiente de correlação com erosividade.

Os dados foram obtidos através de registros diários de pluviógrafos de bóia marca Fluess, no período de outubro a março, devido aos outros meses a incidência de chuva ser bem menor, aparecendo muitos dias consecutivos

sem chuva, dificultando desta maneira a análise estatística. Dos dados do período estudado formam selecionados os máximos de cada mês e ano, além da intensidade máxima anual para cada ano. Foram determinadas as probabilidades de ocorrência de valores iguais ou maiores para as altura pluviométricas máxima nas diversas durações para Piracicaba, SP, utilizando as distribuições gama para os dados mensais e normal para os dados anuais. Foram utilizados três níveis comuns (8, 15 e 20 mm) para todas as durações, sendo adotados níveis adicionais maiores (25, 30, 55 e 70 mm) com aumento da duração. O pluviôgrafo está situado no Posto Agrometeorológico da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", de Piracicaba, Estado de São Paulo, que possui como coordenadas geográficas: latitude 22° 42' Sul, longitude 47° 38' Oeste e altitude 546 metros.

O período de registro analisado foi de 1956 a 1990, sendo que no ano de 1973 não houve registros.

3.2. Distribuições

Os dados de precipitação de intensidade máxima foram testados para verificar o seu ajustamento com relação as distribuições "normal" e "gama" mediante a utilização dos testes de aderência KOLMOGOROV-SMIRNOV e LILLIEFORS, utilizando nível de significância $\alpha = 0,05$.

3.2.1. Distribuição Normal

Definição: A variável aleatória x , que toma todos os valores reais $-\infty < x < \infty$, tem uma distribuição normal (ou Gaussiana) caso fdp for da forma:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}}, \quad -\infty < x < \infty$$

Na distribuição normal os parâmetros são média (μ) e variância (σ^2) que devem satisfazer as condições de $-\infty < \mu < \infty$ e $\sigma > 0$ sendo estimadas através dos dados das amostras, ou seja:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N-1}$$

e obtemos a variável reduzida (Z), no limite superior da classe, segundo Thom (1966) e Arruda e Pinto (1980).

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Se x tem distribuição normal de média 0 (zero) e variância 1, $N(0,1)$, essa distribuição é chamada de normal reduzida ou padrão.

Sua fdp é dada por:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

e a função de distribuição de probabilidade é dada por:
cujos valores encontram-se tabelados.

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}} \cdot dz$$

Como: $F(x) = P(Z \leq x)$, temos:

$$\begin{aligned} P(x_1 \leq Z \leq x_2) &= \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}} \cdot dz = \int_{-\infty}^{x_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}} \cdot dz - \int_{-\infty}^{x_1} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}} \\ &= F(x_2) - F(x_1) \end{aligned}$$

3.2.2. Distribuição Gama

Definição: Se x é uma variável aleatória contínua, que tome somente valores não negativos, diz-se que x tem uma distribuição de probabilidade gama, se sua fdp for dada por:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^{\gamma} \cdot \gamma(\Gamma)}$$

Citado por Arruda e Pinto (1980), sendo:

$$0 < x < \infty ; \beta > 0 \text{ e } \gamma > 0$$

onde:

$$\Gamma(k+1) = \int_0^{\infty} x^k \cdot e^{-x} \cdot dx$$

$K!$, se k é inteiro e não negativo.

A média e a variância são:

$$\mu = \beta \cdot \gamma$$

$$\sigma^2 = \beta^2 \cdot \gamma$$

Os parâmetros da distribuição gama são, portanto:

β = *parametro de escala*

γ = *parametro de forma*

3.2.2.1. Estimativa de Parâmetros γ e β

Sejam m e s^2 , respectivamente a estimativa da média e variância obtidos a partir dos dados, isto é,

$$m = \frac{1}{N} \cdot \sum_x \cdot f_o(x)$$

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum (x-m)^2 \cdot f_o(x)$$

onde $f_o(x)$ é a frequência observada da classe de valor central x , segundo Johnson & Kotz (1970).

Estimativa dos parâmetros através do Método dos momentos:

As estimativas de γ e β são as soluções dos

seguintes sistemas de duas equações com duas incógnitas
(γ e β)

$$\beta = \frac{s^2}{m} \quad \frac{m}{s^2}$$

$$\gamma = \frac{m}{\beta}$$

3.3. Cálculo da frequência teórica

Neste caso não há fórmula para o cálculo das frequências teóricas, utiliza-se tabela da distribuição gama, que fornece o valor da função $I(u,p)$, chamada função gama incompleta e que se encontra tabelada, Karl Pearson, (1965).

$$I(u,p) = \frac{1}{\Gamma(p+1)} \int_0^{u\sqrt{p+1}} e^{-v} \cdot v^p \cdot dv$$

onde,

$$p = \gamma - 1$$

$$u = \frac{x}{\beta\sqrt{p+1}}$$

x limite superior dos intervalos de classe.

Justificativa: A função da distribuição gama é

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \cdot t^{\gamma-1} \cdot e^{-t/\beta} \cdot dt$$

Fazendo:

$$v = \frac{t}{\beta} \rightarrow t = \beta \cdot v \rightarrow dt = \beta \cdot dv$$

$$\text{se } t = 0 \Rightarrow v = 0$$

$$\text{se } t = x \Rightarrow v = \frac{x}{\beta}$$

Portanto:

$$\begin{aligned} F(x) &= \frac{1}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \int_0^{x/\beta} (\beta \cdot v)^{\gamma-1} \cdot e^{-v} \cdot \beta \cdot dv = \frac{\beta^{\gamma-1} \cdot \beta}{\beta^\gamma \cdot \Gamma(\gamma)} \int_0^{\frac{x}{\beta}} v^{\gamma-1} \cdot e^{-v} \cdot dv \\ &= \frac{1}{\Gamma(\gamma)} \int_0^{\frac{x}{\beta}} v^{\gamma-1} \cdot e^{-v} \cdot dv \end{aligned}$$

Observa-se, agora, que as integrais das expressões (1) e (2) diferem somente pelo limite superior de integração (Arruda e Pinto, 1980). Porém, se:

$$p = \gamma - 1$$

e

$$u = \frac{x}{\beta \cdot \sqrt{\gamma}}$$

temos:

$$u\sqrt{p+1} = \frac{x}{\beta \cdot \sqrt{p+1}} \cdot \sqrt{p+1} = \frac{x}{\beta}$$

e conseqüentemente as integrais (1) e (2) coincidem, proposta por Pearson (1922), citado em Johnson e Kotz (1970).

3.4. Teste de Kolmogorov - Smirnov

Este teste foi introduzido por Kolmogorov (1933), citado por CAMPOS (1983) para adaptação de uma específica e bem conhecida distribuição $F(x)$, a dados provenientes de uma distribuição desconhecida $F_0(x)$.

A hipótese de nulidade especifica alguma distribuição $F(x)$. Uma amostra $x_1, x_2, \dots, x_n$ é retirada de alguma população cuja distribuição $F_0(x)$ é desconhecida, estabelecendo-se o confronto com $F(x)$ para verificar se é razoável estudar os dados através desta, admitida como verdadeira função de distribuição da amostra considerada.

Sua vantagem sobre o teste X^2 é que ele pode ser aplicado, sem restrição, para pequenas amostras. Além disso, ele trata dados individualmente, não perdendo informações devido a agrupamentos, como ocorre no teste X^2 .

Na maioria dos casos, ele é mais poderoso do que o teste X^2 , principalmente no caso de pequenas amostras.

Considerando:

$F(x)$ = proporção de valores esperados $\leq x$

$S(x)$ = proporção de valores observados $\leq x$

$F_0(x)$ = verdadeira função de distribuição de x e que nos é desconhecida.

Define-se:

$$D = \sup |F(x) - S(x)|$$

Observe-se que $S(x)$ é uma função empírica de distribuição e é estimado de $F_0(x)$.

$$S_i = \frac{k}{n+1}$$

onde k é o número de observação.

Rejeita-se a hipótese dos dados serem ajustados pelas distribuições sempre que $D \geq d$, onde d é o valor obtido em tabela em função do tamanho da amostra e um nível de significância de 0,05.

Portanto:

para $n = 33$ $d = 0,238$

para $n = 32$ $d = 0,234$

para $n = 31$ $d = 0,231$

3.5. Teste de Lilliefors

Para se testar normalidade, Lilliefors (1967), citado por CAMPOS (1983), introduziu uma modificação no teste Kolmogorov-Smirnov ampliando o seu uso aos casos em que a média e a variância não são previamente especificadas, mas, sim, estimadas através dos dados das amostras, ou seja, μ e s^2 e obtemos a variável reduzida Z_i .

A aceitação de H_0 não significa que a distribuição padrão seja normal, mas apenas nos indica que esta é uma razoável aproximação da distribuição desconhecida.

Desde que a variável média e a variância não foram especificadas, mas sim estimadas, os limites superiores da distribuição de D (bilateral) do teste de Kolmogorov-Smirnov não são apropriados, sendo indicados os limites superiores aproximados do teste de Lilliefors.

$$D = \sup | F(z) - S(i) |$$

Os valores de $F(Z_i)$ são obtidos na tabela dos limites superiores da distribuição normal reduzida,

$$P. [Z \geq z] = \alpha.$$

Observe-se que $S(Z_i)$ é uma função empírica de distribuição e estimada de $F(x)$.

$$S_i = \frac{k}{n+1}$$

onde k é o número de observação.

O teste é verificado através de:

$$H_0: F=F_0 \quad \text{vs} \quad H_a: F \neq F_0$$

Com $n > 30$ e $\alpha = 0,05$ verificamos na tabela de limites superiores para o teste de Lilliefors o valor:

$$d = \frac{0,886}{\sqrt{n}}$$

Para testarmos, ao nível α de significância, para pelo menos um valor de x , rejeitamos H_0 se $D \geq d$.

Portanto para:

$$n = 33 \quad d = 0,154$$

$$n = 32 \quad d = 0,157$$

$$n = 31 \quad d = 0,159$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1 mostra as estimativas obtidas para os parâmetros das funções de distribuições de probabilidade normal (média e desvio padrão) e gama (gama e beta), nos meses de outubro a março e anual nas durações de 15 min, 30 min, 60 min, e 24 horas.

As tabelas de números 2 à 25 mostram as frequências observadas, observadas acumuladas, a máxima distância entre $F(x)$ e $S(x)$, as frequências relativas e as estimadas pelas distribuições normal e gama para cada mês (outubro a março) e duração (15, 30, 60 minutos, 24 horas). Ao final de cada conjunto de tabelas referentes a um determinado mês, são mostrados os gráficos correspondentes (figuras 1 à 24) de frequência relativa em função da altura pluviométrica.

As tabelas de números 26 à 29 mostram as frequências anuais observadas, observadas acumuladas, a máxima distância entre $F(x)$ e $S(x)$, as relativas e as estimadas pelas distribuições normal e gama, para cada duração. As figuras de número 25 à 28 mostram estes resultados de forma gráfica.

Verifica-se que os dados de precipitação

de intensidade máxima nas várias durações ajustam-se perfeitamente tanto à distribuição normal como à distribuição gama, quando comparados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, sendo verificado que nos meses de janeiro, para duração de 15 minutos, e março, para durações de 30 e 60 minutos, houve um desvio maior em relação à frequência relativa na distribuição normal e quando comparados pelo teste de Lilliefors, encontramos $D > d$, rejeitando H_0 , ou seja, os dados não podem ser estimados através da distribuição normal. Para os demais meses verifica-se uma proximidade muito grande em relação à frequência relativa, a qual foi evidenciada pela comparação dos desvios obtidos em relação aos valores de tabela dos testes de aderência Kolmogorov-Smirnov e Lilliefors, mostrando desta forma um ajuste muito bom aos dados. Mesmo sendo os desvios muito próximos, quando se comparam as duas distribuições, ocorre uma tendência de menores desvios (83 % dos casos) na utilização da gama para os meses nas diversas durações, enquanto que no período anual a normal mostra uma tendência de menores desvios (75 % dos casos). Em três casos (ver figuras 13, 22 e 23) as diferenças entre as frequências observadas e as estimadas pelas distribuições grandes para os valores de altura pluviométrica menores (em torno de 10 mm) para durações de 15 a 60 minutos, com as maiores diferenças ocorrendo para a distribuição normal.

As tabelas 30 e 31 mostram a probabilidade de

ocorrência de valores iguais ou maiores para as alturas pluviométricas máximas nas diversas durações para Piracicaba, SP.

Assumindo-se que as alturas pluviométricas a partir de 8 mm em 15 min representam uma chuva intensa (0,533 mm/min) observa-se que para todos os meses encontram-se uma probabilidade significativa, sendo que para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro encontramos uma maior probabilidade, respectivamente, de 84,8, 61,7 e 85,9%. Mesmo para uma intensidade bastante elevada, como 20 mm em 15 min, encontra-se uma probabilidade alta, ou seja 16,2% em dezembro e 8% em janeiro e 6,6% em fevereiro.

Para valores em 24 horas, encontra-se uma probabilidade de 16,5% e 18,2%, respectivamente, nos meses de dezembro e janeiro, para alturas pluviométricas iguais ou superiores a 55 mm.

Para o ano e para valores de altas intensidades, como 15 mm em 15 min, apresentam probabilidade bastante alta (87,1%), como também 20 mm/15 min (69,5%), 20 mm/30 min (87,5%), sendo importante sua consideração no planejamento do controle da erosão, dimensionamento de redes pluviais e vertedouros etc.

Tabela 1 - Estimativas dos parâmetros das funções de distribuições de probabilidades normal (média e desvio padrão) e gama (gama e beta), nos meses de outubro a março e anual nas durações de 15 min., 30 min., 60 min. e 24 horas.

Durações	Param.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ANUAL
15 min.	μ σ γ β	10.66	8.60	15.26	13.16	13.50	10.02	19.53
		5.13	2.76	6.73	6.02	4.62	2.66	5.39
		4.31	8.36	5.15	4.77	8.53	14.30	13.13
		2.47	1.03	2.96	2.75	1.58	0.07	1.49
30 min.	μ σ γ β	12.88	14.18	20.06	18.66	21.05	17.97	29.47
		6.54	6.37	10.02	7.31	8.34	9.31	7.01
		3.87	4.96	4.81	6.51	6.36	2.58	17.67
		3.32	2.88	5.00	2.86	3.38	5.70	1.67
60 min.	μ σ γ β	14.44	17.68	25.05	21.98	22.09	15.49	35.62
		7.44	9.14	13.51	8.56	10.67	9.48	9.12
		3.76	3.74	3.43	6.59	4.28	2.88	12.26
		3.83	4.73	7.29	3.30	5.15	5.80	2.34
24 hor.	μ σ γ β	31.38	32.95	41.81	41.69	41.69	35.75	62.38
		15.43	14.66	16.33	18.80	18.80	15.90	13.77
		4.13	5.05	6.56	4.91	4.91	5.05	20.51
		7.59	6.52	6.38	8.48	8.48	7.07	3.04

Tabela 2 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de outubro, e duração de 15 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
1,7 -- 5,4	4	4	0,1176	0,1562	3,83	0,0386	0,138	4,55	0,0204
5,4 -- 9,1	11	15	0,4412	0,4090	8,34	0,0322	0,443	10,07	0,0018
9,1 -- 12,8	9	24	0,7059	0,6664	8,49	0,0395	0,714	8,94	0,0081
12,8 -- 16,5	5	29	0,8529	0,8749	6,87	0,0220	0,875	5,31	0,0221
16,5 -- 20,3	1	30	0,8824	0,9699	3,13	0,0875	0,949	2,44	0,0666
20,3 -- 24,0	3	33	0,8706	0,9953	0,83	0,0247	0,973	0,79	0,0024

Tabela 3 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de outubro, e duração de 30 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
2,3 -- 7,0	7	7	0,2121	0,18673	4,29	0,0254	0,182	5,82	0,0301
7,0 -- 11,7	8	15	0,4545	0,42957	7,73	0,0259	0,495	10,02	0,0405
11,7 -- 16,4	9	24	0,7273	0,70540	8,86	0,0219	0,747	8,06	0,0197
16,4 -- 21,1	3	27	0,8182	0,89616	6,10	0,0780	0,889	4,54	0,0708
21,1 -- 25,8	4	31	0,9394	0,97514	2,52	0,0357	0,955	2,11	0,0156
25,8 -- 30,5	1	32	0,9697	0,99542	0,65	0,0257	0,977	0,70	0,0073

Tabela 4 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de outubro e duração de 60 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
2,5 -- 7,6	7	7	0,2059	0,18141	4,18	0,0245	0,176	5,80	0,0299
7,6 -- 12,8	9	16	0,4708	0,41293	7,64	0,0577	0,400	7,17	0,0708
12,8 -- 17,9	7	23	0,6765	0,68082	0,84	0,0043	0,730	10,56	0,0535
17,9 -- 23,1	4	27	0,7941	0,87697	6,47	0,0829	0,877	4,70	0,0829
23,1 -- 28,2	5	32	0,9412	0,96855	3,02	0,0274	0,948	2,27	0,0068
28,2 -- 33,4	1	33	0,9708	0,99461	8,86	0,0240	0,975	0,86	0,0044

Tabela 5 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de outubro e duração de 24 horas

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
4,1 -- 14,7	4	4	0,1176	0,13135	3,04	0,0138	0,105	3,47	0,0126
14,7 -- 24,2	7	11	0,3235	0,32275	6,32	0,0008	0,370	8,48	0,0465
24,2 -- 34,2	12	23	0,6765	0,57142	8,21	0,1051	0,635	8,75	0,0415
34,2 -- 44,3	3	26	0,7647	0,79954	7,53	0,0348	0,819	6,07	0,0543
44,3 -- 54,4	2	28	0,8235	0,93188	4,37	0,1084	0,918	3,27	0,0895
54,4 -- 64,5	5	33	0,9708	0,98422	1,77	0,0136	0,963	1,49	0,0076

Figura 1 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de outubro, em 15 minutos

Figura 2 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de outubro, em 30 minutos

Figura 3 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de outubro, em 60 minutos

Figura 4 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de outubro, em 24 horas

Tabela 6 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de novembro e duração de 15 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
3,5 -- 5,4	5	5	0,1515	0,12507	2,97	0,0264	0,130	4,16	0,0215
5,4 -- 7,3	7	12	0,3636	0,32635	6,44	0,0373	0,368	7,62	0,0044
7,3 -- 9,2	5	17	0,5152	0,59095	8,46	0,0758	0,627	8,03	0,1118
9,2 -- 11,1	10	27	0,8182	0,82121	7,36	0,0030	0,814	5,98	0,0042
11,1 -- 13,1	3	30	0,9091	0,94844	4,07	0,0393	0,912	9,12	0,0029
13,1 -- 15,0	2	32	0,9697	0,98982	1,32	0,0201	0,936	0,76	0,0337

Tabela 7 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de novembro e duração de 30 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
5,6 -- 10,5	12	12	0,3636	0,28095	6,15	0,0827	0,316	10,11	0,0476
10,5 -- 15,4	8	20	0,6061	0,57534	9,42	0,0308	0,633	10,14	0,0269
15,4 -- 20,3	7	27	0,8182	0,83147	8,20	0,0133	0,941	8,66	0,0228
20,3 -- 25,2	3	30	0,9091	0,95418	3,93	0,0451	0,939	3,14	0,0299
25,2 -- 30,1	1	31	0,9394	0,99379	1,27	0,0544	0,968	0,93	0,0285
30,1 -- 35,0	1	32	0,9697	0,99944	0,18	0,0297	0,949	0,61	0,0207

Tabela 8 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de novembro e duração de 60 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
6,2 -- 12,2	11	11	0,3333	0,27759	5,56	0,0557	0,311	9,95	0,0223
12,2 -- 18,2	9	20	0,6081	0,52392	7,88	0,0821	0,593	9,02	0,0131
18,2 -- 24,2	7	27	0,8182	0,76114	7,59	0,0570	0,793	8,40	0,0252
24,2 -- 30,2	1	28	0,8485	0,91820	4,96	0,0877	0,905	3,58	0,0565
30,2 -- 36,3	1	29	0,8788	0,97882	2,00	0,1000	0,958	1,70	0,0792
36,3 -- 42,3	3	32	0,9697	0,99609	0,55	0,0264	0,977	0,61	0,0073

Tabela 9 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de novembro e duração de 24 horas

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
9,2 -- 20,7	7	7	0,2121	0,20326	4,82	0,0088	0,208	8,66	0,0041
20,7 -- 32,2	9	16	0,4848	0,48006	8,86	0,0047	0,540	10,82	0,0552
32,2 -- 43,7	11	27	0,8182	0,76730	9,19	0,0509	0,792	8,06	0,0262
43,7 -- 55,2	3	30	0,9091	0,93574	5,39	0,0266	0,920	4,10	0,0109
55,2 -- 66,7	0	30	0,9091	0,98955	1,81	0,0805	0,965	1,44	0,0559
66,7 -- 78,3	2	32	0,9697	0,99599	0,21	0,0263	0,955	0,32	0,0147

Figura 5 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de novembro, em 15 minutos

Figura 6 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de novembro, em 30 minutos

Figura 7 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de novembro, em 60 minutos

Figura 8 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de novembro, em 24 horas

Tabela 10 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de dezembro e duração de 15 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$F(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
4,3 -- 8,6	5	5	0,1515	0,18108	3,50	0,0098	0,152	4,86	0,0005
8,6 -- 12,6	10	15	0,4545	0,34826	5,99	0,1082	0,369	7,67	0,0565
12,6 -- 17,3	5	20	0,6061	0,61791	8,63	0,0118	0,670	8,70	0,0639
17,3 -- 21,6	7	27	0,8182	0,82639	6,67	0,0082	0,838	5,38	0,0196
21,6 -- 26,0	1	28	0,8485	0,94406	3,77	0,0956	0,927	2,85	0,0785
26,0 -- 30,3	4	32	0,9697	0,98745	1,39	0,0178	0,963	1,15	0,0067

Tabela 11 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de dezembro e duração de 30 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$F(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
4,3 -- 10,7	6	6	0,1818	0,17618	3,78	0,0056	0,188	5,38	0,0138
10,7 -- 17,1	8	14	0,4242	0,38590	6,71	0,0383	0,444	8,83	0,0198
17,1 -- 23,4	9	23	0,6969	0,62930	7,79	0,0676	0,685	7,71	0,0119
23,4 -- 29,6	3	26	0,7879	0,83397	6,55	0,0461	0,844	5,09	0,0561
29,6 -- 36,2	2	28	0,8485	0,94630	3,59	0,0978	0,929	2,72	0,0805
36,2 -- 42,6	4	32	0,9697	0,98777	1,33	0,0181	0,967	1,22	0,0027

Tabela 12 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de dezembro e duração de 60 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$F(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
6,2 -- 15,3	10	10	0,3030	0,23576	4,96	0,2794	0,258	8,26	0,0450
15,3 -- 24,4	8	18	0,5455	0,48008	7,82	0,0849	0,557	9,57	0,0115
24,4 -- 33,6	6	24	0,7273	0,73565	8,18	0,0084	0,775	6,98	0,0477
33,6 -- 47,7	3	27	0,8182	0,90490	5,42	0,0867	0,897	3,90	0,0788
47,7 -- 51,9	4	31	0,9394	0,99343	2,83	0,0540	0,956	1,89	0,0166
51,9 -- 61,0	1	32	0,9697	0,99502	0,05	0,0255	0,876	0,74	0,0083

Tabela 13 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de dezembro e duração de 24 horas

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
10,5 -- 22,1	3	3	0,0909	0,11506	2,80	0,0242	0,081	2,91	0,0001
22,1 -- 33,8	7	10	0,3030	0,31208	6,30	0,0081	0,348	8,22	0,0450
33,8 -- 45,4	12	22	0,6667	0,58708	8,80	0,0796	0,636	9,22	0,0307
45,4 -- 57,1	5	27	0,8182	0,82639	7,66	0,0082	0,834	6,34	0,0158
57,1 -- 68,7	1	28	0,8485	0,95052	3,97	0,1020	0,930	3,07	0,0815
68,7 -- 80,4	4	32	0,9697	0,99066	1,29	0,0212	0,953	0,74	0,0167

Figura 9 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de dezembro, em 15 minutos

Figura 10 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de dezembro, em 30 minutos

Figura 11 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de dezembro, em 60 minutos

Figura 12 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de dezembro, em 24 horas

Tabela 14 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de janeiro, e duração de 15 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
6,7 -- 10,6	18	18	0,5455	0,33350	6,12	0,2119	0,383	12,26	0,1625
10,6 -- 14,5	2	20	0,6061	0,58706	8,11	0,0190	0,645	8,38	0,0389
14,5 -- 18,4	6	26	0,7879	0,80785	7,06	0,0200	0,823	5,70	0,0351
18,4 -- 22,5	3	29	0,8788	0,93574	4,09	0,0569	0,920	3,10	0,0412
22,5 -- 26,2	1	30	0,9091	0,98499	1,58	0,0759	0,962	1,34	0,0529
26,2 -- 30,1	2	32	0,9697	0,99752	0,40	0,0278	0,968	0,06	0,0017

Tabela 15 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de janeiro e duração de 30 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gam		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
7,8 -- 12,2	9	9	0,2727	0,18942	3,88	0,0833	0,191	6,11	0,0817
12,2 -- 16,6	5	14	0,4242	0,38973	6,41	0,0345	0,437	7,87	0,0128
16,6 -- 21,0	5	19	0,5758	0,62551	7,54	0,0497	0,678	7,71	0,1022
21,0 -- 25,4	7	26	0,7879	0,82121	6,26	0,0333	0,831	8,28	0,0431
25,4 -- 29,8	3	29	0,8788	0,93574	0,46	0,0569	0,919	2,82	0,0402
29,8 -- 34,2	3	32	0,9697	0,98341	1,53	0,0137	0,953	0,03	0,0187

Tabela 16 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de janeiro e duração de 60 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
7,0 -- 12,9	6	6	0,1818	0,14885	3,41	0,0350	0,132	4,22	0,0498
12,9 -- 18,8	7	13	0,3939	0,35569	6,68	0,0382	0,400	8,58	0,0061
18,8 -- 24,7	5	18	0,5455	0,62551	8,63	0,0801	0,670	8,84	0,1245
24,7 -- 30,6	10	28	0,8485	0,84613	7,06	0,0024	0,848	5,70	0,0005
30,6 -- 36,5	2	30	0,9091	0,95636	3,53	0,0473	0,934	2,75	0,0249
36,5 -- 42,5	2	32	0,9697	0,99180	1,13	0,0221	0,952	0,58	0,0177

Tabela 17 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de janeiro e duração de 24 horas

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
9,5 -- 25,1	7	7	0,2188	0,20328	4,80	0,0155	0,208	6,45	0,0108
25,1 -- 40,7	10	17	0,5313	0,49801	9,08	0,0353	0,558	10,85	0,0287
40,7 -- 56,3	7	24	0,7500	0,79103	9,44	0,0410	0,811	7,84	0,0810
56,3 -- 71,9	6	30	0,9375	0,94844	4,88	0,0109	0,931	3,72	0,0085
71,9 -- 87,5	0	30	0,9375	0,99285	1,36	0,0554	0,970	1,21	0,0325
87,5 --103,2	1	31	0,9688	0,99948	0,21	0,0307	0,956	0,43	0,0128

Figura 13 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de janeiro, em 15 minutos

Figura 14 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de janeiro, em 30 minutos

Figura 15 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de janeiro, em 60 minutos

Figura 16 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas pluviométricas máximas no mês de janeiro, em 24 horas

Tabela 18 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de fevereiro e duração de 15 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
4,5 -- 8,1	3	3	0,0901	0,12302	3,10	0,0329	0,105	3,36	0,0149
8,1 -- 11,7	10	13	0,3939	0,35197	7,33	0,0419	0,386	8,99	0,0079
11,7 -- 15,3	9	22	0,6667	0,64802	9,47	0,0187	0,688	9,66	0,0213
15,3 -- 18,9	5	27	0,8182	0,87597	7,29	0,0578	0,872	5,89	0,0538
18,9 -- 22,5	4	31	0,9393	0,97381	3,13	0,0390	0,934	1,98	0,0398
22,5 -- 26,1	1	32	0,9697	0,99673	0,73	0,0270	0,988	1,73	0,0087

Tabela 19 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de fevereiro e duração de 30 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
6,5 -- 12,2	5	5	0,1515	0,14457	3,32	0,0007	0,131	4,19	0,0205
12,2 -- 18,3	8	13	0,3939	0,37448	7,36	0,0195	0,418	9,18	0,0241
18,3 -- 24,5	9	22	0,6667	0,65909	9,11	0,0078	0,701	9,08	0,0343
24,5 -- 30,6	6	28	0,8485	0,87492	7,12	0,0264	0,872	5,47	0,0235
30,6 -- 36,7	2	30	0,9091	0,97062	3,06	0,0615	0,945	2,34	0,0359
36,7 -- 42,8	2	32	0,9697	0,99533	0,79	0,0256	0,950	0,16	0,0197

Tabela 20 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de fevereiro e duração de 60 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
6,5 -- 13,2	5	5	0,1515	0,20328	4,20	0,0517	0,210	6,72	0,0585
13,2 -- 19,9	13	18	0,5455	0,42074	6,96	0,1248	0,483	8,74	0,0825
19,9 -- 26,6	4	22	0,6667	0,66275	7,74	0,0039	0,714	7,39	0,0473
26,6 -- 33,3	5	27	0,8182	0,85542	6,17	0,0372	0,859	4,84	0,0408
33,3 -- 40,1	1	28	0,8485	0,95448	3,17	0,1083	0,936	2,46	0,0875
40,1 -- 46,8	4	32	0,9697	0,98982	1,13	0,0201	0,988	1,02	0,0017

Tabela 21 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de fevereiro e duração de 24 horas

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
6,5 -- 21,7	4	4	0,1212	0,14457	3,64	0,0234	0,127	4,08	0,0058
21,7 -- 36,3	11	15	0,4545	0,40129	8,22	0,0532	0,457	10,58	0,0025
36,3 -- 52,1	8	23	0,6970	0,71226	9,95	0,0153	0,748	9,31	0,0510
52,1 -- 67,3	6	29	0,8788	0,91465	6,48	0,0359	0,903	4,96	0,0242
67,3 -- 82,5	2	31	0,9394	0,98499	2,25	0,0456	0,962	0,059	0,0226
82,5 -- 97,8	1	32	0,9697	0,99855	0,43	0,0289	0,990	0,90	0,0203

Figura 17 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas no mês de fevereiro, em 15 minutos

Figura 18 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas no mês de fevereiro, em 30 minutos

Figura 19 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas no mês de fevereiro, em 60 minutos

Figura 20 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas no mês de fevereiro, em 24 horas

Tabela 22 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de março e duração de 15 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
5,1 -- 7,6	4	4	0,1212	0,18141	4,78	0,0602	0,165	5,28	0,0438
7,6 -- 10,1	16	20	0,6060	0,50797	10,45	0,0980	0,548	12,26	0,0548
10,1 -- 16,6	7	27	0,8181	0,83397	10,43	0,0159	0,850	9,66	0,0319
12,6 -- 15,1	4	31	0,9393	0,97257	4,43	0,0333	0,960	3,52	0,0207
15,1 -- 17,6	0	31	0,9393	0,99788	0,64	0,0586	0,992	1,02	0,0527
17,6 -- 20,1	1	32	0,9697	0,99992	0,65	0,0302	0,999	0,22	0,0293

Tabela 23 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de março e duração de 30 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
5,4 -- 11,9	19	19	0,5758	0,37448	7,06	0,2013	0,448	14,27	0,1298
11,9 -- 18,4	4	23	0,6970	0,64430	8,63	0,0527	0,711	8,48	0,0141
18,4 -- 24,9	4	27	0,8182	0,85769	6,83	0,0132	0,865	4,93	0,0468
24,9 -- 41,4	2	29	0,8788	0,96163	3,32	0,0829	0,941	2,43	0,0622
31,4 -- 37,9	2	31	0,9394	0,99324	1,01	0,0539	0,975	1,09	0,0356
37,9 -- 44,5	1	32	0,9697	0,99923	0,19	0,0266	0,986	0,35	0,0163

Tabela 24 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de março e duração de 60 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
5,8 -- 11,2	18	18	0,5455	0,32998	5,79	0,2155	0,390	12,48	0,1555
11,2 -- 16,9	3	21	0,6364	0,55961	7,34	0,0768	0,639	7,97	0,0026
16,9 -- 22,5	3	24	0,7273	0,77035	6,74	0,0431	0,805	5,31	0,0777
22,5 -- 28,2	3	27	0,8182	0,90967	4,46	0,0971	0,901	3,07	0,0828
28,2 -- 33,8	3	30	0,9091	0,97381	2,04	0,0647	0,952	1,63	0,0429
3,8 -- 39,5	2	32	0,9697	0,99429	0,66	0,0246	0,976	0,77	0,0063

Tabela 25 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (Si) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, para o mês de março e duração de 24 horas

CLASSES	F_o	F_{oac}	Si	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
9,8 -- 20,0	6	6	0,1818	0,16354	3,68	0,0183	0,152	4,86	0,0298
20,0 -- 30,3	7	13	0,3939	0,36692	6,50	0,0270	0,417	8,48	0,0231
30,3 -- 40,5	9	22	0,6667	0,61791	8,03	0,0488	0,670	8,10	0,0033
40,5 -- 50,8	3	25	0,7576	0,82894	6,75	0,0713	0,838	7,07	0,0804
50,8 -- 61,0	4	29	0,8788	0,94408	3,68	0,0653	0,927	2,85	0,0482
61,0 -- 71,3	3	32	0,9697	0,98745	1,39	0,0178	0,963	1,15	0,0067

Figura 21 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas no mês de março, em 15 minutos

Figura 22 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas no mês de março, em 30 minutos

Figura 23 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas no mês de março, em 60 minutos

Figura 24 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas no mês de março, em 24 horas

Tabela 26 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, anual para duração de 15 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
10,0 -- 13,4	6	6	0,1765	0,12923	4,59	0,0473	0,101	3,33	0,0755
13,4 -- 16,6	4	10	0,2941	0,30502	8,36	0,0109	0,331	7,59	0,0369
16,6 -- 20,2	9	19	0,5588	0,54775	9,04	0,0111	0,648	10,46	0,0892
20,2 -- 23,6	6	25	0,7363	0,77637	6,08	0,0411	0,796	4,95	0,0607
23,6 -- 27,0	4	29	0,8529	0,91778	2,41	0,0649	0,909	3,66	0,0581
27,0 -- 30,4	4	33	0,9706	0,97725	0,58	0,0067	0,964	1,82	0,0066

Tabela 27 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, anual para duração de 30 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
16,6 -- 21,4	3	3	0,0882	0,12507	2,97	0,0369	0,106	3,50	0,0173
21,4 -- 26,0	11	14	0,4118	0,32635	6,64	0,0855	0,332	7,48	0,0803
26,0 -- 30,6	6	20	0,5882	0,56355	7,83	0,0247	0,611	9,21	0,0224
30,6 -- 35,2	4	24	0,7059	0,79369	7,60	0,0880	0,799	6,20	0,0927
35,2 -- 39,9	6	30	0,8824	0,92647	4,38	0,0441	0,924	4,13	0,0416
39,9 -- 44,5	3	33	0,9706	0,98424	1,91	0,0136	0,976	1,72	0,0057

Tabela 28 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, anual para duração de 60 minutos

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
21,1 -- 27,7	8	8	0,2353	0,19489	4,59	0,0404	0,186	6,14	0,0493
27,7 -- 34,4	7	15	0,4412	0,44828	8,36	0,0071	0,495	10,20	0,0538
34,4 -- 41,0	8	23	0,6765	0,72240	9,04	0,0459	0,745	8,25	0,0685
41,0 -- 47,7	8	31	0,9118	0,90658	6,08	0,0052	0,897	5,02	0,0148
47,7 -- 54,3	1	32	0,9412	0,97961	2,41	0,0386	0,971	2,44	0,0298
54,3 -- 61,0	1	33	0,9706	0,99726	0,58	0,0267	0,992	0,69	0,0214

Tabela 29 - Frequências observadas (F_o), acumuladas (F_{oac}), relativas (S_i) e as estimadas a partir das distribuições normal e gama, anual para duração de 24 horas

CLASSES	F_o	F_{oac}	S_i	Distribuição normal			Distribuição gama		
				$F(x)$	$NF(x)$	D	$F(x)$	$NF(x)$	D
32,5 -- 44,3	2	2	0,0588	0,09509	2,64	0,0363	0,077	2,54	0,0182
44,3 -- 56,1	9	11	0,3235	0,32635	7,63	0,0028	0,313	7,79	0,0105
56,1 -- 67,9	13	24	0,7059	0,65542	10,88	0,0505	0,665	11,62	0,0409
67,9 -- 79,7	6	30	0,8824	0,89616	7,94	0,0138	0,891	7,46	0,0086
79,7 -- 91,5	1	31	0,9118	0,98299	2,87	0,0712	0,970	2,61	0,0582
91,5 --103,3	2	33	0,9706	0,99851	0,51	0,0279	0,995	0,83	0,0244

Figura 25 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas anuais em 15 minutos

Figura 26 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas anuais em 30 minutos

Figura 27 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas anuais em 60 minutos

Figura 28 - Variação da frequência relativa observada e das estimativas pelas distribuições normal e gama, das alturas máximas anuais em 24 horas

Tabela 30 - Probabilidade de ocorrência de valores iguais ou maiores a 8, 15, 20, 25 e 30 mm para durações de 15, 30 e 60 minutos (em porcentagem).

15 minutos

h	outubro	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março
≥ 8 mm	55,7	37,3	84,8	81,7	89,5	45,2
≥ 15 mm	12,5	6,4	33,0	17,7	31,2	4,0
≥ 20 mm	5,1	----	18,2	8,0	6,6	1,0

60 minutos

h	outubro	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março
≥ 8 mm	80,0	68,9	74,2	86,8	79,0	61,0
≥ 15 mm	27,0	40,7	74,2	60,0	51,7	36,1
≥ 20 mm	12,3	20,7	44,3	33,0	28,6	19,5
≥ 25 mm	5,2	9,5	22,5	15,2	14,1	9,9
≥ 30 mm	2,5	4,2	22,5	6,6	14,1	4,8

30 minutos

h	outubro	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março
≥ 8 mm	50,5	68,2	83,2	80,9	86,9	55,4
≥ 15 mm	25,3	36,7	55,6	56,3	58,4	28,9
≥ 20 mm	11,1	15,9	31,5	32,2	29,9	13,5
≥ 25 mm	4,5	6,1	15,6	16,9	12,8	5,9

Tabela 31 - Probabilidade de ocorrência de valores iguais ou maiores a 20, 25, 30, 55 e 70 mm para durações de 24 horas e anual (em porcentagem).

24 horas

h	outubro	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março
≥ 20 mm	63,0	79,2	90,9	79,2	87,3	84,8
≥ 25 mm	36,5	46,0	65,2	44,2	54,3	58,3
≥ 30 mm	36,5	20,8	36,2	44,2	54,3	33,0
≥ 55 mm	37,7	8,0	16,5	18,9	0,097	7,3

Anual

h	15 min	30 min	60 min	24 h
≥ 15 mm	87,1	87,5	—	—
≥ 20 mm	69,5	—	80,5	—
≥ 25 mm	22,4	87,5	80,5	—
≥ 30 mm	2,3	43,7	55,2	90,5
≥ 55 mm	—	—	0,3	67,4
≥ 70 mm	—	—	—	10,4

5. CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos conclui-se que:

- para o período estudado, com dados de precipitação de intensidade máxima, a distribuição normal e a gama apresentaram um comportamento satisfatório na determinação das probabilidades:

- foi constatada uma maior probabilidade de precipitações de intensidade significativa nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, indicando um dado de grande importância para o controle da erosão, deflúvio superficial das estradas, dimensionamento de redes pluviais, bacias de captação etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, V.H. & PINTO, H.S. A simplified gamma probability model for analysis of the frequency distribution of rainfall in the region of Campinas - SP, Brazil. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, 22:101-8, 1980.
- AMARAL, E. Análise harmônica. Pelotas, IPEAS, 1968. 43p. (IPEAS. Boletim Técnico, 56).
- BARGER, G. L. & THOM, H.C.S. Evaluation of drought hazard. *Agronomy Journal*, Madison, 41(11):519-26, 1949.
- BANZATTO, D.A. *Estimativa das precipitações máximas prováveis no estado de São Paulo*. Jaboticabal, 1973. 119p. (Doutorado - Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal "Prof. Antonio Ruete").
- BARNETT, A. P. How intense rainfall affects runoff and soil erosion. *Agricultural Engineering*, St. Joseph, 39:703-11, 1958

- CAMPOS, H. de. Estatística experimental não-paramétricas. 4.ed. Piracicaba, ESALQ/ Departamento de Matemática e Estatística, 1983, 349p.
- ELLIS, J. Análise estatística das alturas de chuvas anuais e mansais em Manaus, Amazonas. (Departamento Nacional de Meteorologia) M.A. Boletim Técnico, Manaus, 7:1-12, 1972
- FRIEDMAN, D.G. & JANES, B.E. Estimation of rainfall probabilities. Storrs, University of Connecticut/ Agricultural Experiment Station, 22p. (Bulletin, 332).
- FRIZZONE, J.A. Análise de cinco modelos para cálculo de distribuição e frequência de precipitação na região de Viçosa / MG. Viçosa, 1979. 100p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- GARCEZ, L. N. Hidrologia. São Paulo, Edgard Blucher, 1967. 249p.
- JOHNSON, N. L. & KOLTZ, S. Distributions in statistics: continuons univariate distributions. New York, John Wiley, 1972. 2v.
- MILLER, M. & WEAVER, C.R. Monthly and annual precipitation for climatic divisions in Ohio. Wooster, Ohio

Agricultural Experiment Station, 1968. (Research Buletin, 1005). 12p.

PEARSON, K. Tables of the incomplete function. Cambrige, Cambridge University Press, 1951. 187p.

PEAFSTETER, O. *Chuvas intensas no Brasil*. Rio de Janeiro, Ministério de Viação e Obras Públicas, 1957. 419p.

PORTO, E.R.; HANCOCK, J.K.; BARROS, L.C.G. Análise das estimativas de chuva, para Santana do Ipanema e Palmeiras das Índias - AL, através da distribuição Gama e da média. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Campina Grande, 1979. Anais. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1980. v. 2, p. 52-7.

THOM, H.C.S. General statistical methods: some methods of climatological analysis. Geneva, WHO, 1966, 53p. (Technical Note, 81).

VIVALDI, L.J. *Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos*. Piracicaba, 1973. 77p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).