



## FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE AJUSTADAS A PRECIPITAÇÃO EXTREMA DE 24 HORAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Allana O. Lima<sup>1</sup>, Tamíres P. Correia<sup>2</sup>, Raíza S. Precinoto<sup>2</sup>, Edilson Marton<sup>3</sup>, José  
Francisco de Oliveira-Júnior<sup>4</sup>, Gustavo B. Lyra<sup>3</sup>

1 Eng. Florestal, Discente/Bolsista de Iniciação Científica - FAPERJ, IF/UFRRJ, Seropédica, RJ. Fone: (0xx21) 2682-1128,  
allana.oliveira@oi.com.br

2 Eng. Florestal, Discente do curso de Engenharia Florestal, Instituto de Florestas, IF/UFRRJ, Seropédica, RJ

3 Físico, Prof. Associado, Depto. de Meteorologia, IGEO/UFRRJ, Rio de Janeiro, RJ

4 Meteorologista, Prof. Adjunto, Depto. Ciências Ambientais, IF/UFRRJ, Seropédica, RJ

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de  
2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do  
Pará, Belém, PA

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o ajuste de cinco funções de distribuição de probabilidade a precipitação extrema de 24 horas do estado do Rio de Janeiro e regiões circunvizinhas. Utilizaram-se valores de precipitação diária de 110 estações, que apresentavam séries temporais superiores ou iguais a 20 anos e com início a partir de 1960 até 2010. Para cada ano das séries foram identificados os valores extremos de precipitação de 24 h. As funções: normal, log-normal, exponencial, gama e Gumbel foram então ajustadas a série anual de extremos de 24 h de cada estação. Para verificar a aderência das funções ajustadas aos dados observados utilizou-se o teste qui-quadrado -  $\chi^2$  com níveis de significância de 5%. Os resultados obtidos mostraram que as funções Gumbel e log-normal tiveram maior número de aderências e melhor ajuste as séries e, assim, melhor representam os eventos extremos na região analisada.

**PALAVRAS-CHAVES:** eventos extremos, chuva, probabilidade

### PROBABILITY DENSITY FUNCTION FIT TO EXTREME 24-HOUR RAINFALL IN RIO DE JANEIRO STATE, SOUTHEASTERN OF BRAZIL

**ABSTRACT:** The aim of this paper was to evaluate the fit of five probability density functions to extreme 24-hour rainfall in Rio de Janeiro State and surrounding regions, in Southeastern of Brazil. Long series (> 20 years; beginning in 1960 until 2010) of the extreme 24-hour rainfall from 110 climatological stations were evaluated. For each year of the series were identified values of maximum 24-hr rainfall. The annual maximum 24-hr rainfall were fitted to a probability density function normal, log-normal, exponential, gamma and Gumbel. The non-parametric test of qui-square, at 5% of significance, was used in order to verify the goodness of fit between estimated and





observed rainfall probability. The functions Gumbel and log-normal had the best fit to extreme 24-hr rainfall in the study area.

**KEYWORDS:** extreme events, rainfall, probability

## INTRODUÇÃO

A diversidade climática do estado do Rio de Janeiro é condicionada pelo relevo complexo e a proximidade do ambiente costeiro, que favorecem/inibem a ocorrência de sistemas meteorológicos de mesoescala (sistemas de brisas marítima/terrestre ou vale/montanha e os Sistemas Convectivos de Mesoescala). Além desses, a atuação dos sistemas de grande escala (Sistemas Frontais, Zona de Convergência do Atlântico Sul e Alta Subtropical do Atlântico Sul) e sua interação com fatores fisiográficos contribuem para essa diversidade. A precipitação pluvial é responsável por eventos extremos. Os eventos extremos de precipitação são definidos como aqueles em que os totais de determinado período (anual, diário ou outro) apresentam desvios superiores ou inferiores ao padrão normal da região (BARBOSA, 2007). Os eventos extremos de precipitação são responsáveis pelas principais catástrofes naturais que ocorrem no mundo, principalmente na região Tropical, o que implica em perdas e transtornos à sociedade, sobretudo prejuízos socioeconômicos. Esses eventos resultam em enchentes, deslizamentos de terra e, conseqüentemente em perdas de bens materiais e vidas humanas (VAGHETTI et al., 2008). Assim, é fundamental o conhecimento das probabilidades de ocorrência de precipitações extremas de 24 h e do seu tempo de retorno. Esses parâmetros podem ser obtidos através de funções de distribuição de probabilidade teórica. Contudo, é necessário avaliar dentre as diversas funções a que melhor se ajusta as séries diárias de precipitação extrema. O ajuste de modelos probabilísticos aos dados diários de precipitação proporciona uma síntese destes dados, sendo portanto, uma técnica eficiente para essas análises (STERN e COE, 1982). Este trabalho tem como objetivo avaliar o ajuste das funções distribuições de probabilidade normal, log-normal, exponencial, gama e Gumbel a eventos extremos de precipitação de 24h no estado do Rio de Janeiro.

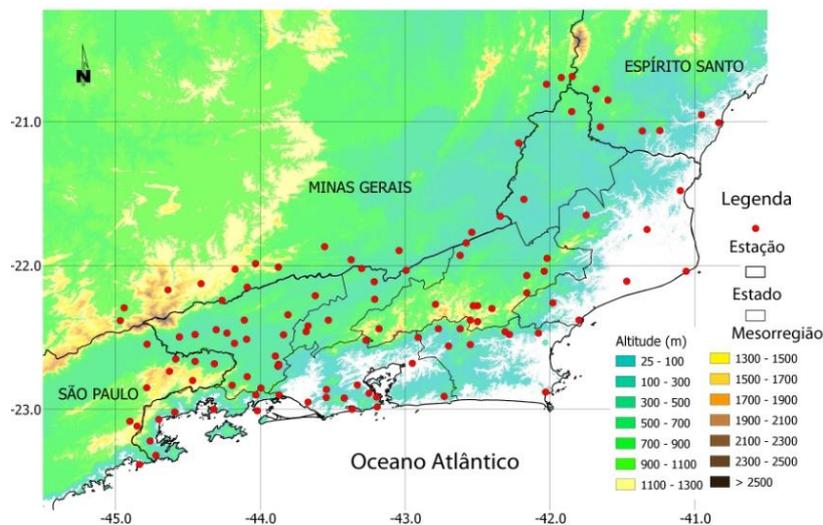
## MATERIAL E MÉTODOS

No ajuste das funções de distribuição de probabilidade aos eventos extremos de 24 h consideraram-se séries de precipitação diária de estações localizadas no estado do Rio de Janeiro (RJ) e em regiões circunvizinhas, dos estados do São Paulo (SP), Minas Gerais (MG) e Espírito Santo (ES), próximas à divisa com o Rio de Janeiro (Figura 1). A região de estudo abrange as estações pluviométricas situadas entre as latitudes 20° 45' e 23° 21' S e as longitudes 40° 57' e 44° 53' W. As séries climáticas de precipitação foram obtidas na base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), com auxílio do sistema Hidroweb (ANA, 2009), e na base do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As estações foram pré-



selecionadas pelo critério de tamanho das suas séries e ano de início. Foram selecionadas 110 estações (Figura 1) com séries superiores ou iguais a 20 anos e com início a partir de 1960 até 2010. Para cada ano das séries foram identificados os valores extremos de precipitação de 24 h. Os extremos foram submetidos a um processo de qualidade de dados baseado nos seus limites físicos e climáticos (*outliers* e normais climatológicas) esperados e, na comparação desses com eventos de outras estações próximas para se avaliar a homogeneidade espacial.

As funções de distribuição de probabilidade ajustadas às séries dos extremos de precipitação de cada ano foram: normal, log-normal, exponencial, gama e Gumbel (LYRA et al., 2006). Na avaliação dos ajustes das distribuições foi utilizado o teste não-paramétrico de qui-quadrado -  $\chi^2$  com níveis de significância de 5% (BACK, 2001; LYRA et al., 2006). Utilizou-se a relação entre qui-quadrado calculado ( $\chi^2_{cal}$ ) e o tabelado ( $\chi^2_{tab}$ ) para identificar as distribuições que apresentaram ajuste e quais os melhores ajustes. As distribuições apresentaram ajuste apenas quando a relação  $\chi^2_{cal}/\chi^2_{tab}$  foi menor que 1, a classificação (*ranking*) dos melhores ajustes das funções de distribuição considerou que a partir de  $\chi^2_{cal}/\chi^2_{tab} < 1$ , quanto menor  $\chi^2_{cal}/\chi^2_{tab}$ , melhor o ajuste da distribuição.



**Figura 1** – Distribuição das estações pluviométricas do estado do Rio de Janeiro e nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o ajuste das funções de distribuição de probabilidade as séries de extremos de 24 h de precipitação verificou-se pelo teste qui-quadrado, que a distribuição Gumbel obteve aderência a séries de precipitação extrema de 24 h de 85 estações das 110 estações observadas. Assim, de forma geral, é a função que obteve maior representatividade em todas



as mesorregiões do estado do RJ e nas estações analisadas dos estados de SP, MG e ES. A função Gumbel foi seguida em número de aderências pela log-normal, visto que essa apresentou aderência a 84 estações, e na sequência da função gama, a qual apresentou ajuste a séries de extremos de 24h de 75 estações. A função normal ajustou-se aos dados de 68 estações, enquanto que a função exponencial teve menor número de aderências para a área de estudo, com apenas cinco aderências. Observaram-se ainda 12 estações, onde nenhuma das funções testadas obteve aderência as séries de precipitação extrema de 24 h.

**Tabela 1-** Número total de aderências as funções de distribuição de probabilidade normal, log-normal, exponencial, gama, Gumbel ou sem aderência e *ranking* de aderência.

| Funções       | 1° | 2° | 3° | 4° | 5°  | Total |
|---------------|----|----|----|----|-----|-------|
| normal        | 23 | 5  | 9  | 30 | 1   | 68    |
| log-normal    | 21 | 41 | 20 | 2  | 0   | 84    |
| exponencial   | 4  | 0  | 0  | 0  | 1   | 5     |
| Gama          | 8  | 30 | 34 | 3  | 0   | 75    |
| Gumbel        | 43 | 15 | 14 | 14 | 0   | 85    |
| Sem aderência | 12 | 20 | 34 | 62 | 109 | 12    |

Tabela 1 classifica as estações meteorológicas observadas em *ranking* no qual identificou-se a quantidade de estações que apresentaram as melhores aderências para determinada função de probabilidade de precipitação. Observou-se que a distribuição Gumbel foi a mais representativa nas estações analisadas, com melhor aderência entre as distribuições avaliadas em 43 estações. Assim, as probabilidades estimadas pelo modelo teórico Gumbel mostraram ajustes satisfatórios em relação as observadas. A distribuição normal mostrou melhor ajuste a séries de extremos de precipitação em 23 estações, seguida da função log-normal, que teve melhor ajuste em 21 estações localizadas na região de estudo. A distribuição gama mostrou melhor aderência apenas em oito estações, enquanto a função exponencial foi a que apresentou os piores resultados entre as funções avaliadas, com aderência em apenas quatro estações. Observaram-se ainda estações que não apresentaram aderência a nenhuma das funções de distribuição de probabilidade avaliadas (12 estações). A log-normal se apresentou o segundo melhor ajuste a séries de 41 das estações avaliadas, seguida da gama (30) e da Gumbel (15). Assim, se contabilizado os dois melhores *ranking*, o ajuste da log-normal se sobressaiu em séries de 62 estações (1° - 21 e 2° - 41), enquanto para Gumbel esses resultado ocorreu em 58 estações (1° - 43 e 2° - 15).

Resultados similares foram observados por Back (2001), com o melhor (menor Erro Padrão de Estimativa) ajuste as séries de precipitação máxima de 24 h obtido pela distribuição de Gumbel, particularmente, para estações com séries inferiores a 20 anos. O mesmo autor, observou para séries com baixa assimetria e curtose que a distribuição log-normal apresentou





melhor ajuste, enquanto, para séries com alta assimetria e curtose, a log-Pearson mostrou melhores ajustes, seguida da log-normal.

## CONCLUSÕES

As funções densidade de probabilidade que melhor representam a probabilidade de ocorrência dos eventos extremos de 24 h do estado do Rio de Janeiro são a função Gumbel e log-normal.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro (Universal 2011 - 483643/2011-4) ao projeto Sistemas meteorológicos e a distribuição da precipitação pluvial no estado do Rio de Janeiro e a FAPERJ pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica (2011/1) ao primeiro autor (2011.3325.6).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACK, A. J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.16, p.211-222, 2001.
- BARBOSA, J. P. M. Estudo sobre evolução dos eventos extremos de precipitação no setor paulista da Serra do Mar. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.....Anais SBRH**, São Paulo – SP, 2007.
- LYRA, G. B.; GARCIA, B. I. L.; PIEDADE, S. M. S.; SEDIYAMA, G.C.; SENTELHAS, P.C. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade. **Pesq. Agropec. Bras., Brasília**, v.41, n.2, p.205-215, fev. 2006
- STERN, R. D.; COE, R. The use of rainfall models in agricultural planning. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.26, p.35-50, 1982.
- VAGHETTI, N. N., COUTO, F. T., CARVALHO, M. H. Condições sinóticas associadas à ocorrência de chuva intensa em Pelotas-RS In: **XVI Encontro Nacional dos Geógrafos.....Anais AGB**, Porto Alegre-RS, 2007.

