

## ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PATOS/PB USANDO FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE (FDP)

Valneli da Silva Melo<sup>1</sup>; Kelly Dayane Silva do Ó<sup>1</sup>; Eliane Andrade de Araújo Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UEPB-Universidade Estadual da Paraíba/Campina Grande – Doutorandas em Engenharia Sanitária e Ambiental, e-mail: [valnelismello@hotmail.com](mailto:valnelismello@hotmail.com); [kely.dayane@hotmail.com](mailto:kely.dayane@hotmail.com); [eliane.ea@hotmail.com](mailto:eliane.ea@hotmail.com)

**Resumo:** A precipitação pluviométrica é de suma importância para os estudos climáticos, pois quando ocasionada em redundância, causa efeitos para os setores produtivos da agropecuária, irrigação, assim como nos setores econômico e social, causando enchentes, alagamentos, inundações assoreamento dos rios, e quedas de barreiras. O objetivo deste trabalho foi o de ajustar funções densidades de probabilidades aos dados de precipitação do município de Patos–PB. Para tanto, foram utilizados dados de médias anuais da precipitação no período de 1911 a 2016, gentilmente cedidos pela Agência Nacional de Águas (ANA). As funções distribuição de probabilidades foram ajustadas mês a mês. A distribuição Logística apresentou o melhor ajuste para todos os meses, a aderência das distribuições foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5%. Os ajustes foram avaliados em gráficos.

**Palavras-Chave:** Logística; probabilidade; precipitação.

### Introdução

O semiárido paraibano é caracterizado por apresentar um baixo e irregular regime pluviométrico, sendo a ocorrência de chuvas um dos fatores determinísticos para o desenvolvimento econômico da região. Estudos envolvendo o comportamento da precipitação, bem como sua variabilidade temporal e espacial, vêm sendo objeto de estudo de diversos pesquisadores. As chuvas intensas comprometem sistemas hidráulicos e de drenagem, enquanto os longos períodos de estiagem propiciam prejuízos agrícolas e baixo armazenamento hídrico (BECKER, MELO e COSTA, 2013).

O monitoramento da precipitação pluviométrica é uma ferramenta indispensável na mitigação de secas, cheias, enchentes, inundações, alagamentos conforme ressaltam Paula et al. (2010). Dentre os elementos do clima de áreas tropicais, a precipitação pluviométrica é o que mais influencia a produtividade agrícola em conformidade com os autores Ortolani e Camargo (1987), principalmente nas regiões semiárida, onde o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade (Santana et al. 2007). Em função disso a sazonalidade da precipitação concentra quase todo o seu volume durante os cinco a seis meses no período chuvoso em conformidade com Silva (2004).

A determinação prévia da variação dos elementos meteorológicos ao longo do ano, possibilita um planejamento melhor das mais diversas atividades, assim a análise de séries

temporais de precipitação funciona como um instrumento de planejamento e pesquisa para as mais diversas áreas. A utilização desta técnica permite avaliar as irregularidades, as tendências e os impactos das chuvas em uma região (COSTA, BECKER e BRITO, 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou-se analisar a variação da precipitação média de Patos/PB usando distribuição de probabilidade para melhor explicar a variação do período chuvoso nos anos de 1911 até 2016, verificando os sistemas atmosféricos que são responsáveis pelas as precipitações.

### Metodologia

Os dados de precipitação pluvial utilizados para o ajuste das funções de distribuição de probabilidade (fdp) foram cedidos pela Agência Nacional das Águas (ANA), no período de 1911 a 2016. Analisaram-se as funções de distribuição de probabilidade, Qui-quadrado, Erlang, Exponencial, Gama com um e dois parâmetros, GEV, Gumbel, Logística, Normal e Weibull com um, dois e três parâmetros. Para cada função de distribuição de probabilidade foram determinados seus parâmetros. Os parâmetros das diversas distribuições foram estimados pelo método da máxima verossimilhança, e tem como funções de densidade acumulada:

$$f_x(x) = \frac{1}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)2^{\frac{n}{2}}} x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} \quad \text{se } x > 0 \quad \text{(Qui-quadrado)}$$

$$f_x(x) = \begin{cases} \frac{x^{k-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{(k+1)!}, & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{se } x \leq 0 \end{cases} \quad \text{(Erlang)}$$

$$F_x(x) = \int_0^{\infty} f(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right) \quad \text{(Exponencial)}$$

$$F(x_0) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^{x_0} u^{\alpha-1} e^{-\frac{u}{\beta}} du \quad \text{(Gama)}$$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \left[ 1 + \xi \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{\left( \frac{1+\xi}{\xi} \right)} \cdot \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{\frac{1}{\xi}} \right\} \quad \text{(GEV)}$$

$$f_x(x) = \alpha \times e^{\{-\alpha(x-\mu) - e^{-\alpha(x-\mu)}\}} \quad \text{(Gumbel)}$$

$$f_x(x) = \frac{\beta^{-1} e^{-(x-\alpha)/\beta}}{\left[1 + e^{-(x-\alpha)/\beta}\right]^2} \quad \text{para } x \in R, \quad \beta > 0 \quad (\text{Logística})$$

$$f_x(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]; & \text{para } x \geq 0 \\ 0; & \text{para } x < 0 \end{cases} \quad (\text{Normal})$$

$$f_x(x) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma\right], \quad \text{para } x \geq \alpha \quad (\text{Weibull})$$

Os ajustes e a seleção das melhores distribuições teóricas foram feitos por testes do Qui Quadrado, que compara o efetivo observado e o teórico esperado em intervalos discretos e Kolmogov-Smirnov, que compara as distribuições empíricas acumuladas com as teóricas. Complementarmente, já que os testes do  $\chi^2$  e Kolmogorov-Smirnov são somente adequados para a parte central das distribuições.

### Resultados e discussão

Com base nos totais mensais precipitados na região de estudo foram obtidas as estatísticas descritivas da precipitação, no período de 1911 a 2016. Observa-se na Tabela 1 que há uma predominância do período nos meses de fevereiro, março e abril (FMA) que representam o trimestre mais chuvoso de Patos/PB, essa variabilidade interanual da pluviometria no município está associada à variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico (HASTENRATH, 1984; citados por NOBRE EMELO, 2001).

Os resultados da análise descritiva das médias mensais da precipitação visto na Tabela 1 tem-se que todos os meses apresentaram coeficiente de assimetria positivo, com assimetria à direita ( $CA > 0$ ), outra observação importante é quanto aos coeficientes de assimetria é que esse fato sugere que os dados de precipitação podem se ajustar à uma função distribuição de probabilidades de Weibull, Logística, Gama, dentre outras com assimetria positiva. Os coeficientes de variação ( $CV > 20\%$ ) indicam que há alta dispersão entre os valores médios de precipitação, ou seja, há grande variabilidade da chuva município. Todos os valores médios são maiores do que as medianas, isso confirma a assimetria positiva dos dados.

Tabela1. Estatísticas descritivas da precipitação do município de Patos/PB.

Meses	Mínimo	Máximo	1ºQuartil	Mediana	3ºQuartil	Média	CA	CC
Janeiro	0,0	320,3	20,4	60,2	100,5	75,7	1,5	1,7
Fevereiro	0,0	452,9	49,7	109,5	189,5	131,4	0,8	0,1
Março	0,0	624,9	123,3	196,8	259,0	199,1	0,8	1,4
Abril	0,0	641,0	79,0	140,6	234,2	165,8	1,1	1,5
Mai	0,0	306,0	16,5	52,2	101,2	68,8	1,4	2,2
Junho	0,0	214,9	4,1	16,8	42,1	28,3	2,4	8,9
Julho	0,0	98,5	0,5	6,0	16,9	11,8	2,6	9,4
Agosto	0,0	86,6	0,0	0,0	4,0	4,8	4,5	26,9
Setembro	0,0	18,2	0,0	0,0	0,8	1,1	3,8	18,2
Outubro	0,0	79,1	0,0	0,0	8,3	7,4	2,8	8,3
Novembro	0,0	255,0	0,0	3,0	16,1	16,1	4,2	22,8
Dezembro	0,0	205,9	2,8	20,0	50,4	32,3	2,0	4,8

Legenda: CA= Coeficiente de assimetria; CC= Coeficiente de curtose. Fonte: Autor.

. A Tabela 2, apresenta o resultado do teste de aderência de todas as funções de distribuição de probabilidade avaliadas nesse estudo, em destaque, pode-se observar que a função de distribuição de probabilidade Logística, esta foi a distribuição apresentou melhor resultado aos dados da média de precipitação do município de Patos/Pb, a aderência das distribuições foi comprovada segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, onde todos os p-valores, mostram valores superiores a 0,05 indicando que as distribuições descrevem satisfatoriamente os dados observados.

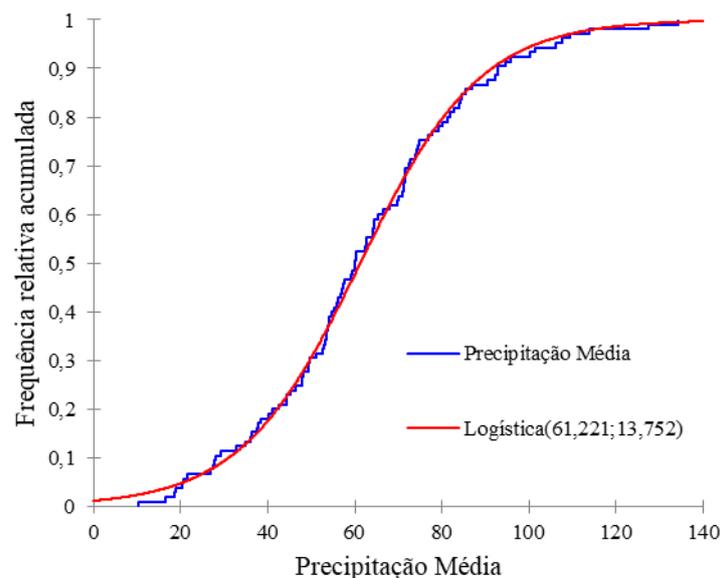
A distribuição Logística apresentou um ajuste de quase 100% dos dados, porém, outras distribuições como a GEV, Normal e Weibull com 2 parâmetros também apresentaram bons resultados, indicando com isso que essa série de dados pode ser representada por outras distribuições e com isso sugere-se a proposta de novos trabalhos utilizando essas distribuições de probabilidade.

Tabela 2 - P-valores dos ajustes da precipitação para o município de Pombal-PB às funções distribuição de probabilidades

Distribuição	p-valor
Qui-quadrado	0,001
Erlang	< 0,0001
Exponencial	< 0,0001
Gama (1)	< 0,0001
Gama (2)	0,519
GEV	0,862
Gumbel	< 0,0001
<b>Logística</b>	<b>0,994</b>

Normal	0,918
Weibull (1)	< 0,0001
Weibull (2)	0,875

A Figura 1 representa o comportamento das distribuições de probabilidades ajustadas aos dados de precipitação média em Patos/Pb, nesta é possível ver que a distribuição que apresentou melhor ajuste foi a distribuição de probabilidade Logística, com o p-valor calculado igual a 0,994 que é maior que o nível de significância  $\alpha=0,05$ , o teste de Kolmogorov-Smirnov é bastante utilizado para análise de aderências de distribuições em estudos climáticos; contudo, o seu nível de aprovação de uma distribuição sob teste é esta bem elevado, podendo ser visto na Figura 1:



**Figura 1:** Função de distribuição de probabilidade acumulada logística para os dados da média da precipitação de Patos/PB no período de 1911 à 2016.

### Conclusões

Os meses de fevereiro, março e abril, representam o trimestre mais chuvoso da região e essa precipitação esta associada à variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico.

Existe para a série de dados avaliada uma variedade de funções de distribuição de probabilidade que apresenta bons ajustes as medias de precipitação do município de Patos/PB. A função de

distribuição de probabilidade Logística apresentou o melhor ajuste, sendo, portanto, a distribuição que melhor representa a média de precipitação no município de estudo.

O fato dessa série de dados apresentar bons resultados de ajustes com outras distribuições de probabilidade, possibilita um estudo mais aprofundado sobre as funções de probabilidade.

### Fomento

Os autores deste trabalho agradecem CAPES pela concessão de bolsa de estudo aos autores.

### Referências

- ARAÚJO, E. M. et al. Aplicação de seis distribuições de probabilidade a séries de temperatura máxima em Iguatu - CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, 36-45, 2010.
- ARAÚJO, W. F.; Andrade Junior, A. S.; Medeiros, R. D.; Sampaio R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.563-567, 2001.
- CASTRO, R. **Distribuição probabilística da frequência de precipitação na região de Botucatu, SP**. Botucatu, 1994. 101p. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista.
- CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; Leal, B. G.; Soares, C. P. B.; Ribeiro, A. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria**, v.10, n.1, p.153-162, 2002.
- FISCHER, R.A.; TIPPETT, L.H.C. Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. **Proceedings of the Cambridge Philosophical Society**, v.14, p.180-190, 1928.
- FRIZZONE, J. A. **Análise de cinco modelos para cálculo da distribuição e frequência de precipitação na região de Viçosa – MG**. Viçosa, Imprensa Universitária, 1979. 100p. (Tese M.S.).
- HASTINGS, N. A. J.; PEACOCK, J. B. 1975. **Statistical distributions - A handbook for students and practitioners**. London, Butterwoths ; Co Ltd. 130p.
- JENKINSON, A.F. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.81, p.159- 171, 1955.
- KITE, G. W. **Frequency and risk analysis in hydrology**. Fort Collins: Water Resources. 3.ed. 1978. 224p
- MARTINS, J. A. et al. Probabilidade de precipitação para a microrregião de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 291-296, 2010.
- MEYER, P. L. Probabilidade: aplicações à estatística. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- MIRSHAWKA, V. **Estatística**. v.2, São Paulo: Nobel, 1971. 367 p.
- MOREIRA, P. S. P. et al. Distribuição e probabilidade de ocorrência das chuvas no município de Nova Maringá-MT. **Revista de Ciências Agroambientais, Alta Floresta**, v. 8, n. 1, p. 9-20, 2010.
- MURTA, R. M. et al. **Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidade pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 29, n. 5, p. 988-994, 2005.
- RIBEIRO, A. M. A.; LUNARDI, D. M. C. A precipitação mensal provável para Londrina-PR, através da função Gama. **Energia na agricultura**, Botucatu, v.12, n.4, p37-44, 1997.