



## Ajuste de distribuições de probabilidades à série 1970-2010 de precipitação máxima anual de Rio Branco, Acre

Jorge Washington de Sousa<sup>1\*</sup>, Douglas Batista da Costa<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Professor da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil, <sup>2</sup>Discente da Universidade Federal do Acre, Curso de Engenharia Florestal, Rio Branco, Acre, Brasil. \*[jws@ufac.br](mailto:jws@ufac.br)

Recebido em: 29/04/2020 Aceito em: 02/05/2020 Publicado em: 07/05/2020

### RESUMO

A determinação da magnitude das chuvas intensas é de fundamental importância para a elaboração de projetos hidráulicos e gerenciamento dos recursos hídricos em engenharia, além do dimensionamento de estruturas para o controle de erosão hídrica na conservação do solo. Objetivou-se com o presente trabalho, analisar o desempenho de quatro distribuições de probabilidades, aplicadas à série histórica de precipitação diária máxima anual do município de Rio Branco, Acre. Os dados de precipitação pluvial foram coletados em estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes ao período de 1970 a 2010. Foi aplicado o teste estatístico não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de significância de 5%. Os resultados evidenciam que os modelos probabilísticos Gama, Log-Normal a 2 parâmetros e Normal, ajustaram satisfatoriamente os dados de precipitação máxima diária anual. A distribuição Lognormal a 2 parâmetros apresentou maiores estimativas de precipitação provável, para períodos de retorno iguais ou superiores a dez anos, em relação às demais distribuições de probabilidades avaliadas nesse estudo.

**Palavras-chave:** Hidrologia estatística. Variáveis aleatórias. Eventos extremos.

## Adjustment of probability distributions to the 1970-2010 series of maximum annual precipitation in Rio Branco, Acre

### ABSTRACT

The determination of the magnitude of intense rains is of fundamental importance for the elaboration of hydraulic projects and management of water resources in engineering, in addition to the design of structures for the control of water erosion in soil conservation. The objective of this study was to analyze the performance of four probability distributions, applied to the historical series of maximum annual daily precipitation in the municipality of Rio Branco, Acre. The rainfall data were collected in a conventional meteorological station of the National Institute of Meteorology (INMET), referring to the period from 1970 to 2010. The non-parametric Kolmogorov-Smirnov statistical test was applied, at a significance level of 5%. The results show that the probabilistic models Gamma, Log-Normal with 2 parameters and Normal, satisfactorily adjusted the data of maximum annual daily precipitation. The Lognormal distribution with 2 parameters presented higher estimates of probable precipitation, for return periods equal to or greater than ten years, in relation to the other probability distributions evaluated in this study.

**Keywords:** Statistical hydrology. Random variables. Extreme events.

## INTRODUÇÃO

Em 2014, Acre e Rondônia declararam um estado de calamidade devido a inundações causadas por fortes chuvas nas nascentes dos rios (SANTOS et al., 2016). Cotta et al., (2016), destacam a importância de estudar extremos de precipitação objetivando informações como diagnóstico de impacto, frequência e previsões para minimizar os impactos na população local.

Analisar a probabilidade da ocorrência de eventos de precipitação é importante para o planejamento de atividades expostas aos seus efeitos adversos (SANTOS et al., 2018), como planejamento de atividades relacionadas à agricultura ou no monitoramento de processos hidrológicos concernentes às bacias hidrográficas (KIST; VIRGENS-FILHO, 2015).

A precipitação máxima é a ocorrência extrema com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica e pode atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros (BERTONI; TUCCI, 2004). O estudo das precipitações máximas faz-se importante quando se deseja obter os valores máximos diários, visando o estudo da frequência de ocorrência de precipitações intensas, inclusive para a geração das equações de chuvas intensas (MELLO; SILVA, 2013) e o período de retorno (FREIRE et al., 2012).

Para a exploração adequada dos recursos hídricos é de extrema importância o conhecimento das probabilidades de ocorrência das chuvas, sendo isto possível com o uso das funções de distribuição de probabilidade (CATALUNHA et al., 2002). Uma questão de grande importância na análise estatística refere-se à escolha mais adequada da distribuição de probabilidade (MURTHY et al., 2004). De acordo com o Guia de Práticas Hidrológicas da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2009), as distribuições mais usadas na modelagem de dados climatológicos são: Weibull, Gama, Log-Normal, Log-Logística, Gumbel e Fréchet. Dentre alguns trabalhos que utilizaram estas distribuições, pode-se citar: Freire et al., (2012), Rodrigues et al., (2013), Pinheiro (2014), Cotta et al., (2016) e Santos et al., (2018). Em todos esses trabalhos o objetivo foi ajustar uma distribuição de probabilidade utilizando séries de precipitação pluviométrica, sejam estas formadas por valores mínimos ou máximos, medidos em escalas diárias, semanais, quinzenais, mensais ou anuais.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o desempenho das distribuições de probabilidades: Gama, Gumbel, Log-Normal a dois

parâmetros e Normal, aplicadas à série histórica de precipitação diária máxima anual de Rio Branco, Acre, bem como, estimar a precipitação provável para o período de retorno para 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitações pluviométricas utilizados no presente estudo foram obtidos na Estação Climatológica Principal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada no Campus da Universidade Federal de Acre, em Rio Branco, Acre. Segundo os critérios adotados por Thornthwaite (THORNTHWAITE, 1948), o clima da região de Rio Branco, Acre (latitude 09° 58' S, longitude 67° 48' W e altitude de 160 m), classifica-se como Clima Úmido, com pequena deficiência de água, megatérmico e com vegetação durante todo o ano, representado pela seguinte fórmula climática:  $B_1 rA'a'$ .

Para compor a série 1970-2010 das precipitações máximas, foram identificados os valores máximos de precipitação diária, associados a cada ano estudado. Em seguida, foi elaborada uma tabela com valores decrescentes de precipitação máxima diária anual e obtido os parâmetros estatísticos.

A variável hidrológica precipitação, está sempre associada a uma distribuição de probabilidade de ocorrência. A utilização ou não de uma distribuição de probabilidade reside na capacidade da mesma estimar os dados observados com base em seus parâmetros, esta capacidade é medida com base na aplicação de testes de aderência (ALMEIDA, 1995).

A fim de se verificar o ajuste de quatro modelos de probabilidade à série de dados em estudo, constante de 41 valores, foram aplicadas as seguintes distribuições de probabilidade à série de dados de precipitações pluviométricas máximas diárias anuais de Rio Branco, Acre:

### a) *Distribuição Gama*

De acordo com Catalunha et al., (2002), uma variável aleatória contínua  $X$ , sendo  $(0 < x < \infty)$ , com distribuição Gama de parâmetros  $v > 0$  e  $\beta > 0$ , apresenta a função cumulativa de probabilidade, conforme a equação 1:

$$F(x) = \frac{1}{\beta^v \Gamma(v)} \int_0^x u^{(v-1)} e^{-\frac{u}{\beta}} du \quad (1)$$

Os parâmetros da distribuição Gama ( $\beta$  e  $v$ ), foram calculados pelas equações 2 e 3, respectivamente:

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

$$v = \frac{(\bar{X})^2}{S^2} \quad (3)$$

Em que,  $S^2$  é o desvio padrão e  $\bar{X}$  é a média amostral da série histórica.

**b) Distribuição de Gumbel**

A distribuição de probabilidade de Gumbel é aplicada às séries históricas de valores extremos, especialmente, a precipitação máxima diária mensal ou anual, cuja função densidade de probabilidade, foi calculada pela equação 4 (GUMBEL, 1958):

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot \exp\left(-\frac{(x-\mu)}{\alpha} - \exp\left(\frac{(x-\mu)}{\alpha}\right)\right) \quad (4)$$

Onde,  $\alpha$  e  $\mu$  são parâmetros da distribuição.

A função cumulativa de probabilidade de Gumbel é dada pela equação 5:

$$P(x \geq x_i) = 1 - \exp(-\exp(-\alpha \cdot (x - \mu))) \quad (5)$$

Em que,  $x$  é o valor da variável hidrológica avaliada – no caso deste estudo precipitação máxima diária anual, e  $x_i$ , é um valor qualquer da mesma variável.

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\mu$  dados pelo método dos momentos foram calculados a partir da média ( $\bar{X}$ ) e desvio padrão ( $S$ ) amostrais, conforme as equações 6 e 7, respectivamente:

$$\beta = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi}\right) \cdot S \quad (6)$$

$$\mu = \bar{X} - 0,5772 \cdot \beta \quad (7)$$

**c) Distribuição Log-Normal a 2 parâmetros**

Segundo Righetto (1998), a distribuição Log-Normal é derivada do teorema do limite central, em que se demonstra que a soma de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas tem distribuição Normal. De acordo com Naghettini e Pinto (2007) a distribuição Log-Normal a 2 parâmetros é descrita pela função densidade de probabilidade, como apresentado na equação 8:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma n\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\ln(x) - \mu n}{\sigma n}\right)^2\right]; \quad x > 0 \quad (8)$$

Onde  $\mu n$  e  $\sigma n$  são os parâmetros da distribuição, média aritmética e desvio padrão do logaritmo dos dados, respectivamente.

A equação base para estudos hidrológicos, utilizando a distribuição Log-Normal a 2 parâmetros, é adaptada da equação geral de Ven Te Chow (HAAN, 1979), conforme a equação 9.

$$X_{TR} = \exp(\mu n + \sigma n \cdot K_{TR}) \quad (9)$$

Em que,  $X_{TR}$  é o valor da variável hidrológica associada a um tempo de retorno e  $K_{TR}$  é a variável reduzida da distribuição Normal, dada pelos valores de  $z$ , oriundos da tabela de mesmo nome.

**d) Distribuição normal**

Segundo Naghettini e Pinto (2007), a distribuição Normal é uma das mais importantes distribuições para as variáveis aleatórias contínuas. Uma variável aleatória, tem uma distribuição Normal, se sua função de densidade de probabilidade for da forma apresentada pela equação 10:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right); \quad -\infty < x < +\infty \quad (10)$$

Em que,  $\mu$  é a média amostral e  $\sigma$  é o desvio da variável aleatória.

**e) Teste de aderência**

Foi realizado o teste estatístico não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov a um nível de significância de 5%, descrito detalhadamente por Naghettini e Pinto (2007),

para verificar se as distribuições Gama, Gumbel, Log-Normal a 2 parâmetros e Normal representam os dados observados empiricamente. A estatística do teste Kolmogorov-Smirnov é o limite superior das diferenças em valor absoluto entre  $F_0(x)$  e  $F_n(x)$ , conforme a equação 11:

$$D_n = \max |F_n(x) - F_0(x)| ; x \in R \quad (11)$$

Em que  $F_n(x)$  é o valor da função de distribuição acumulada empírica dos dados,  $F_0(x)$  é o valor da função de distribuição acumulada assumida para os dados e  $D_n$  é a distância máxima vertical entre os gráficos de  $F_0(x)$  e  $F_n(x)$  sobre a amplitude dos possíveis valores de  $x$ . A regra de decisão é rejeitar  $H_0$  se as estatísticas de teste  $D_n$  é maior que o quantil  $1-\alpha$  para o teste Kolmogorov-Smirnov. Caso contrário, não se rejeita a hipótese  $H_0$ .

Hipóteses:

$H_0$ : O comportamento probabilístico da variável aleatória, em questão pode ser modelado pela seguinte distribuição  $x$  de probabilidade.

$H_1$ : O comportamento probabilístico da variável aleatória, em questão não pode ser modelado pela seguinte distribuição  $x$  de probabilidade.

Entende-se por período de retorno, o intervalo médio de tempo que separam um evento de dimensão conhecida de outro evento com dimensão igual ou superior (WANG et al., 2015), sendo esta medida imprescindível, ao analisar principalmente eventos extremos. O período de retorno para 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anos ( $\tau$ ) foi calculado por meio das equações 12 e 13:

$$\Delta = (1 - F(x)) \quad (12)$$

Em que,  $\Delta$  é a probabilidade de ocorrência de dado evento extremo e  $F(x)$  é a função densidade de probabilidade.

$$\tau = \frac{1}{\Delta} \quad (13)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As precipitações máximas anuais do município de Rio Branco, Acre, para o período de janeiro de 1970 a dezembro de 2010, são apresentadas na Tabela 1, com maior e menor altura de chuva de 135,20 mm (1987) e 54,30 mm (1995), respectivamente, e desvio de 18,64 mm (SD) em torno da média 94,9 mm ( $\bar{X}$ ).

A Tabela 2 apresenta os parâmetros de ajuste calculados para as funções de distribuições de probabilidades: Gama, Gumbel, Log-Normal a dois parâmetros e Normal, referentes à série histórica da precipitação máxima anual do município de Rio Branco, Acre, 1970-2010.

**Tabela 1** - Precipitações máximas anuais para o município de Rio Branco, Acre, série 1970-2010.

Ano	Precipitação		Ano	Precipitação	
	máxima (mm)	Posição		máxima (mm)	Posição
1970	78	34	1991	70,2	39
1971	132	2	1992	91,2	23
1972	92,4	21	1993	121,4	4
1973	91,9	22	1994	107,1	12
1974	118,2	6	1995	54,3	41
1975	72	38	1996	85,8	28
1976	114,4	7	1997	86,7	27
1977	99,4	15	1998	118,9	5
1978	97	17	1999	84	29
1979	113,5	9	2000	83	30
1980	92,8	20	2001	79,7	32
1981	78,6	33	2002	88,3	24
1982	87,2	26	2003	100,9	14
1983	95,2	18	2004	113,8	8
1984	77,6	35	2005	88	25
1985	129,2	3	2006	99,2	16
1986	102,2	13	2007	66,8	40
1987	135,2	1	2008	77,6	36
1988	107,6	11	2009	95,2	19
1989	75,6	37	2010	110,7	10
1990	80,4	31			
				SD (mm)	18,64
				$\bar{X}$	94,9

Fonte: Autoria própria com base em dados do INMET.

**Tabela 2** - Parâmetros de ajuste das funções de distribuições de probabilidades aplicadas à série de precipitação máxima diária anual de Rio Branco, Acre

Gama	Gumbel para máximos	Log- Normal a 2 P	Normal
$\beta=3,65$	$\alpha=14,54$	$\mu n=4,53$	$\mu=94,95$
$v=25,95$	$\mu=86,55$	$\sigma n=0,20$	$\rho =18,64$

A qualidade do ajuste das distribuições de probabilidades à série de dados de precipitações, foi verificada através do teste não paramétrico Kolmogorov-Smirnov (K-S), como usado nos trabalhos de Pinheiro (2014) e Santos et al., (2018). A Tabela 3 apresenta os valores da estatística do teste K-S na avaliação do ajuste dos modelos à precipitação máxima diária anual do município de Rio Branco, Acre.

**Tabela 3** - Valores das estatísticas do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. Rio Branco, Acre.

Modelo probabilístico	K-S ( $D_{Tabela}=0,21$ )	P-valor
	$D_n$ calculado	
Gumbel	0,412 <sup>NS</sup>	<0,01 <sup>NS</sup>
Gama	0,063*	0,993*
Normal	0,083*	0,921*
Log-Normal a 2 P	0,057*	0,998*

Fonte: Autoria própria com base em dados do INMET. \*Significativo a 5% de probabilidade; NS: Não significativo

Considerando os resultados estatísticos do teste de K-S (Tabela 3), constata-se, ao nível de 5% de probabilidade, que as distribuições Gama, Normal e Log-Normal, foram consideradas adequadas para o ajuste da precipitação máxima diária anual, uma vez que, os respectivos p-valores, foram superiores a 0,05, bem como os valores ( $D_n$ ) calculados, foram inferiores ao valor tabelado 0,21, com  $n=41$ . Resultados semelhantes foram obtidos por Junqueira Júnior et al., (2007), ao estimarem a precipitação provável na região do município de Madre de Deus, MG, pelos modelos de distribuição de frequência Gama, Normal e Lognormal a 2 e 3 parâmetros. Do mesmo modo, Rodrigues et al., (2013) constataram que as distribuições Gama, Log-Normal e Weibull estimaram satisfatoriamente a precipitação provável na cidade de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. Observa-se ainda, que a distribuição de Gumbel, foi rejeitada no teste de Kolmogorov-Smirnov, devido ao p-valor calculado ter sido inferior a 0,05 e o  $D_n$  calculado, superior a 0,21.

A tabela 4 apresenta a probabilidade de ocorrência de precipitação máxima anual ( $\Delta$ ) e as precipitações prováveis (mm), para sete períodos de retorno (ano), em Rio Branco, Acre.



**Tabela 4** - Probabilidade de evento extremo ( $\Delta$ ) e precipitação provável (mm/ano) para sete períodos de retorno (ano), em Rio Branco, Acre

Distribuição de probabilidade	Período de retorno (ano)						
	2	5	10	20	30	50	100
$\Delta = (1 - F(x))$							
Gama	0,495	0,196	0,1	0,05	0,033	0,02	0,01
Normal	0,499	0,2	0,1	0,05	0,033	0,02	0,01
Log-Normal a 2 P	0,501	0,2	0,098	0,05	0,033	0,02	0,01
Período de retorno (ano)							
	2	5	10	20	30	50	100
Gama	93,74	110,22	119,25	127,85	131,55	136,50	143,10
Normal	95	110,65	118,80	125,60	129,14	133,23	138,31
Log-Normal a 2 P	92,7	109,80	120,20	128,60	134,1	139,60	147,50

Fonte: Autoria própria com base em dados do INMET.

Observa-se na Tabela 4 que as precipitações prováveis para o período de retorno de 100 anos, foram de 138,31, 141,1 e 147,5 mm, para as distribuições de probabilidades: Normal, Gama e Lognormal a 2 parâmetros, respectivamente. Constata-se ainda, que a distribuição Lognormal a 2 parâmetros, evidenciou maiores estimativas de precipitação provável, para períodos de retorno iguais ou superiores a dez anos, em relação às demais distribuições de probabilidades avaliadas nesse estudo. Esses resultados, concordam parcialmente com os obtidos por Junqueira Júnior et al., (2007).

## CONCLUSÃO

Os resultados indicam que os modelos probabilísticos Gama, Log-Normal a 2 parâmetros e Normal ajustaram satisfatoriamente os dados de precipitação máxima diária anual para Rio Branco, Acre.

A distribuição de probabilidade Log-normal a 2 parâmetros, foi a que melhor se ajustou à série histórica de precipitações máximas anuais, com p-valor de 0,998.

O modelo de Gumbel não se adequou aos dados da série de precipitação máxima diária, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

Para região em estudo, as precipitações prováveis anuais oscilaram de 92,7mm para o período de retorno de 2 anos a 147,5 mm, para o período de retorno de 100 anos, ambos estimados, pela distribuição Log-normal a 2 parâmetros.

Vale ressaltar, que os resultados aqui relatados, poderão subsidiar novas pesquisas nessa área do conhecimento, tais como: equações de chuvas intensas e intensidade, duração e frequência-IDF, dentre outras fronteiras da agrometeorologia e climatologia.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. M. B. **Características climatológicas do regime de chuva em Minas Gerais**. 1995. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS: ABRH, 2004. 943 p.
- 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 no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.
- COTTA, H. H. A.; CORREA, W. S. C.; ALBUQUERQUE, T. T. A. Aplicação da distribuição de Gumbel para valores extremos de precipitação no município de Vitória-ES. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, p. 203-207, 2016.
- FREIRE, F. G. C.; OLIVEIRA, A. M. P.; SOBRINHO, J. E.; BATISTA, R. O.; SANTOS, W. O.; BARRETO, H. B. F. Estudo das precipitações máximas para o município de Mossoró-RN, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 22, n. 1, p. 3-7, 2012.
- GUMBEL, E. J. **Statistical of extremes**. 1. ed. New York: Columbia University Press, 1958. 375p. Disponível em: <https://www.worldcat.org/title/statistics-of-extremes/oclc/180577>. Acesso em: 25 abr. 2020.
- HAAN, C. T. **Statistical methods in hidrology**. 1. ed., Princeton: Ames: The Iowa State University, 1979. 237p. Disponível em: [https://www.worldcat.org/title/statistical-methods-in-hydrology/oclc/3240701/editions?start\\_edition=11&fq=](https://www.worldcat.org/title/statistical-methods-in-hydrology/oclc/3240701/editions?start_edition=11&fq=). Acesso em: 26 abr. 2020.
- JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; GOMES, N. M.; MELLO, A. R.; SILVA, A. M. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto rio Grande: modelos de probabilidades e valores característicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 3, n. 3, p. 842-850, 2007.
- KIST, A.; VIRGENS FILHO, J. S. Análise probabilística da distribuição de dados diários de chuva no estado do Paraná. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 172-181, 2015.
- MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2013. 455p.
- MURTHY, D. N. P.; BULMER, M.; ECCLESTON, J. A. Weibull model selection for reliability modelling. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 86, n. 3, p. 257-267, 2004.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de A. **Hidrologia estatística**. 4. ed. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 561p.

- PINHEIRO, E. C. **Contribuições em inferência e modelagem de valores extremos**. 2014. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. 2. ed. São Carlos: EESC/USP, 1998. 840p. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- RODRIGUES, J. A.; FILHO, J. S.; CHAVES, L. M. Funções densidade de probabilidade para a estimativa de precipitação mensal. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 34, n. 1, p. 03-08, 2013.
- SANTOS, E. B.; LUCIO, P. S.; SILVA, C. M. S. Estimating return periods for daily precipitation extreme events over the Brazilian Amazon. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 126, p.585–595, 2016.
- SANTOS, R. S.; VIEIRA, P. D.; EVANGELISTA, D. H. R.; OLIVEIRA, L. J. C.; NONATO, D. Caracterização de extremos mensais de precipitação em Cacoal (RO). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, n. 14, p. 267-290, 2018.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.
- WANG, J.; SHANSHAN, Q.; SHIQIANG J.; JIE, W. (2015). Estimation methods review and analysis of offshore extreme wind speeds and wind energy resources. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 42, p. 26–42, 2015.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION-WMO. **Guide to Hydrological Practices: Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices**. WMO-n. 168, Genebra, Sixth edition 2009.