

**VAZÃO MÍNIMA $Q_{7,10}$ NO AMAPÁ ESTIMADA POR MODELOS PROBABILÍSTICOS**

Calina Grazielli Dias Barros¹, Francisco Carlos Lira Pessoa², Laila Rover Santana³, Yashmin Keiller Lisboa Lopes⁴ & Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa⁵

1 - Engenheira Ambiental, Professora da UFSM/Rio Grande do Sul-RS, calina.grazielli@gmail.com

2 - Engenheiro Sanitarista, Professor da UFPA/Belém-PA, fcpessoa@ufpa.br

3 - Engenheira Ambiental, Discente do PPGEC-UFPA/Belém-PA, lailasrover@gmail.com

4 - Engenheira Ambiental, Discente do PPGEC-UFPA/Belém-PA, yashmink@hotmail.com

5 - Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Discente do PPGEC-UFPA/Belém-PA, eduardoaguiaresc@hotmail.com

Palavras-chave

distribuição de probabilidade
teste de aderência
estações fluviométricas

RESUMO

O estado do Amapá conta com uma pequena rede de estações fluviométricas e pluviométricas, não atendendo adequadamente toda sua extensão territorial, dificultando a tomada de decisão quanto à gestão dos recursos hídricos. Este trabalho teve como objetivo o ajuste de distribuição de probabilidade das séries de vazões mínimas de 7 dias consecutivos, com período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$). Utilizou-se dados de 12 estações fluviométricas distribuídas nos limites do estado do Amapá. Foram ajustadas as distribuições de probabilidade teórica de Log-Normal 2 parâmetros (LN-2P), Gumbel para mínimos e Weibull. Para avaliar a aderência, foram usados os testes de Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov. Como base nos testes de aderência e pela análise dos gráficos, considerou-se a distribuição de Weibull como a mais indicada para a estimativa das vazões mínimas $Q_{7,10}$.

Keywords:

adherence test
probability distributions
flow gauge stations

MINIMUM FLOW $Q_{7,10}$ IN AMAPÁ ESTIMATED BY PROBABILISTIC MODELS**ABSTRACT**

The state of Amapá has a small network of water and rainfall stations, not adequately attending to all its territorial extension, making it difficult to make decisions regarding the management of water resources. This study aimed to adjust the probability distribution of the minimum flows series of 7 consecutive days with return period of 10 years ($Q_{7,10}$). Data from 12 fluviometric stations distributed in Amapá State were used. The theoretical probability distributions of Log-Normal 2 parameters (LN-2P), Gumbel for minimum and Weibull were adjusted. The Chi-Square and Kolmogorov-Smirnov tests were used to evaluate the adherence. As a source for the adherence tests and for the graphs analysis, the Weibull distribution was considered as the most suitable one for estimating the minimum flows $Q_{7,10}$.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica é temática prioritária nos debates mundiais acerca dos recursos naturais, devido ao aumento da demanda por água e a ocorrência de conflitos em algumas regiões brasileiras (RODRIGUES *et al.*, 2015). Neste sentido, estudos hidrológicos são fundamentais para o planejamento, elaboração de projetos e operação de obras que estejam relacionadas aos recursos hídricos e seu adequado gerenciamento (BARBOSA *et al.*, 2005).

Quantificar as vazões mínimas é de suma importância, visto que fornece subsídios para o estabelecimento de parâmetros para outorga de uso da água e diluição de efluentes, fatores que influenciam na gestão de conflitos pelo uso da água em situação de escassez hídrica. Geralmente, adota-se para a estimativa da vazão de projeto uma distribuição teórica de probabilidade aos dados observados e, com base nesta distribuição estatística, estima-se os valores da vazão mínima, associada a uma dada probabilidade.

Existem várias distribuições de probabilidade que podem ser aplicadas nos estudos de vazões mínimas. Entre estas, segundo Naghettini & Von Sperling (2007), se destacam para este fim as distribuições Gumbel para valores mínimos, Weibull, Log-Person tipo III e Log-Normal.

Mamun *et al.* (2010) testaram várias distribuições para a análise de vazões mínimas. Em geral, a distribuição de valores extremos (GEV III) mostrou bom ajuste para a maioria das aplicações. Já no estudo realizado por Silva *et al.* (2006), concluíram que as vazões mínimas diárias anuais e mínima média de sete dias foram melhores representadas pelo modelo de probabilidades Log-normal de três parâmetros.

Segundo Victorino *et al.* (2014), somente as distribuições Log-normal de dois parâmetros e a Log-normal de três parâmetros foram consideradas adequadas perante todos os testes de aderência. Dentre estas, a distribuição Log-normal de dois parâmetros foi a que melhor se

ajustou, por apresentar menor valor de Qui-Quadrado calculado.

Almeida *et al.* (2014) analisaram a aplicação dos métodos de distribuição de probabilidade aos dados de vazões mínimas de sete dias consecutivos da bacia hidrográfica do rio Miranda, no estado do Mato Grosso. Aplicaram o método de Kolmogorov-Smirnov para verificar a aderência das probabilidades estimadas às frequências observadas. Comprovaram que a distribuição Log-Gumbel demonstrou maior precisão na representação dos dados da série histórica e alcançou melhor ajuste do valor da $Q_{7,10}$.

A utilização das distribuições de probabilidade se dá de maneira multidisciplinar, pois além de ser muito aplicada na determinação de vazões de referência, vêm sendo utilizadas para estimativa da precipitação (JERSZURKI *et al.*, 2015; DALLACORT *et al.*, 2011; MARTINS *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2016; SOBRINHO *et al.*, 2014).

A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos é um dos principais instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997). Em alguns estados brasileiros, como São Paulo e Minas Gerais, a outorga é calculada com base nos valores de vazão mínima de referência, como a vazão $Q_{7,10}$, que simula uma situação crítica de escassez de água (BRASIL, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2014).

O estado do Amapá é caracterizado por uma forte política preservacionista, pois 75% dos municípios possuem áreas protegidas e, antagonicamente, a região conta com pequena rede de estações fluviométricas e pluviométricas, não atendendo adequadamente toda sua extensão territorial, dificultando a tomada de decisão quanto à gestão dos recursos hídricos.

Portanto, este estudo tem o objetivo de analisar e comparar as distribuições de probabilidades teóricas Log-Normal 2 parâmetros (LN-2P), Gumbel para mínimos e Weibull, ajustadas a uma série histórica de vazões médias mínimas anuais de sete dias consecutivos para o estado

do Amapá.

MATERIAL E MÉTODOS

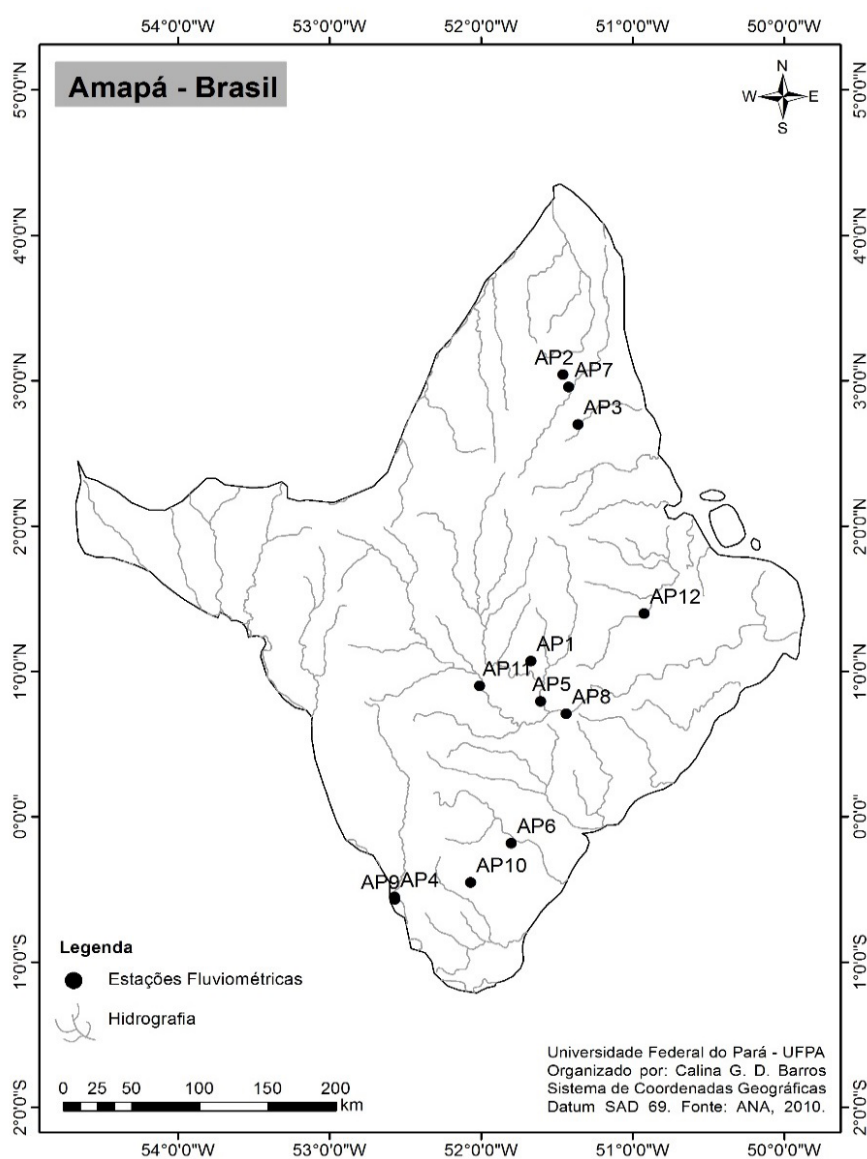
Foram analisados os dados de 12 estações fluviométricas (Tabela 1) instaladas nos limites do estado do Amapá (Figura 1), com séries históricas iguais ou superiores a 10 anos, obtidas no sistema de informações hidrológicas (Hidroweb) da Agência Nacional de Águas (ANA).

O estado do Amapá está localizado na região

Norte do Brasil e compreende uma área de aproximadamente 143.000 km², com 669.526 habitantes (IBGE, 2010).

O clima da região, de acordo com o sistema de classificação climática Köppen, é quente com uma variação sazonal de 25,8 °C a 29 °C. Ele apresenta um período de monções entre fevereiro e maio, com precipitação anual média de 3.300 mm (ALVARES, 2013).

É importante destacar que, devido à pouca disponibilidade de dados nas estações fluviométricas, foram utilizados todos os anos



Fonte: Autores (2017)

Figura 1. Distribuição espacial das estações fluviométricas no estado do Amapá.

Tabela 1. Estações fluviométricas no estado do Amapá, Agência Nacional de Águas.

ID	Código	Nome	Rio	Latitude	Longitude	Tamanho da série (anos)	Período
AP1	30080000	Capivara	Araguari	1°,070	-51°,671	22	1982 - 2004
AP2	30058000	Cooperativa 1 Braço	Varador	3°,042	-51°,461	15	1998 - 2015
AP3	30070000	Cunani	Cunani	2°,698	-51°,361	14	1996 - 2014
AP4	19100000	Iratapuru	Iratapuru	-0°,552	-52°,570	23	1981 - 2014
AP5	30200000	Leônidas (bambu)	Araguari	0°,793	-51°,606	16	1973 - 1997
AP6	19300000	Pancada	Maraca Pucu	-0°,183	-51°,800	8	1983 - 1990
AP7	30055000	Ponte Cassipore	Cacipóre	2°,957	-51°,422	11	1998 - 2014
AP8	30400000	Porto Platon	Araguari	0°,708	-51°,439	47	1952 - 2015
AP9	19150000	São Francisco	Jari	-0°,568	-52°,569	43	1969 - 2013
AP10	19200000	São Pedro	Cajari	-0°,452	-52°,070	16	1999 - 2015
AP11	30300000	Serra do Navio	Amapari	0°,901	-52°,010	34	1973 - 2014
AP12	30075000	Tartarugal Grande	Tartarugal Grande	1°,398	-50°,925	12	1999 - 2015

Fonte: Autores (2017)

com dados disponíveis de vazão. Dentre as 12 estações utilizadas, apenas a estação Pancada tem o intervalo de tempo sem falhas, enquanto as demais apresentam períodos com falhas, que são: o ano de 2003 na estação Capirava; os anos de 2009, 2011 e 2013 na estação Cooperativa 1 Braço; os anos de 2000, 2009, 2010, 2011 e 2013 na estação Cunani; os anos de 1987, 1988, 1991, 1992, 1993, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012 e 2013 na estação Iratapuru; o intervalo de 1987 a 1997 na estação Leônidas (bambu); os anos de 2000, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2013 na estação Ponte Cassipore; o intervalo de 1958 a 1972 e os anos de 2006 e 2008 na estação Porto Platon; os anos de 1972 e 2005 na estação São Francisco; o ano de 2008 na estação São Pedro; os anos de 1981, 2006 a 2009 e 2011 a 2013 na estação Serra do Navio; e o intervalo de 2007 a 2011 na estação Tartarugal Grande.

Distribuições de probabilidades

Para cada uma destas séries históricas de

vazão média mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), foram ajustadas as distribuições Log-normal com 2 parâmetros (LN-2P), Gumbel para mínimos e Weibull (NAGHETTINI & PINTO, 2007). Segundo os autores, para verificar a aderência das probabilidades estimadas às frequências observadas foram utilizados os testes de Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov, que junto com os testes de Anderson-Darling e de Filliben, são os principais testes de aderência utilizados na hidrologia estatística.

As vazões mínimas de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos foram obtidas computando-se as médias móveis das vazões diárias com janelas de sete dias ao longo de um ano hidrológico. A mínima dessas médias é retida. O processo é repetido para cada ano hidrológico da série histórica, obtendo-se uma série de valores mínimos de vazões médias em dias consecutivos para cada ano.

As vazões foram tabeladas em ordem crescente

de magnitude, juntamente com a frequência de ocorrência e o tempo de retorno (Equação 1). O tempo de retorno (T_r) é o inverso de f .

$$f = \frac{m}{n - 1} \quad (1)$$

em que,

f = a frequência de ocorrência;
 m = a ordem da vazão amostral; e
 n = o tamanho da amostra.

A distribuição Log-normal de 2 parâmetros busca aproximar os dados, que a princípio apresentam distribuição de frequência assimétrica, a uma Distribuição Normal, por intermédio da transformação logarítmica dos dados da série histórica. Assim, sua função densidade tem a seguinte forma:

$$f(x) = \frac{1}{x \cdot \sigma_n \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-0,5 \cdot \left(\frac{\ln(x) - \mu_n}{\sigma_n}\right)^2} \quad (2)$$

em que,

$f(x)$ = a função densidade de probabilidade da variável (com $x > 0$);
 μ_n = é a média dos logaritmos de x ; e
 σ_n = é o desvio padrão dos logaritmos de x , sendo μ_n e σ_n os parâmetros da distribuição.

A distribuição Gumbel para mínimos busca estimar a probabilidade de não excedência de um dado valor x . Esta distribuição tem como função de densidade de probabilidade:

$$f(x) = \alpha \cdot \exp\{\alpha \cdot (x - \mu) - \exp[\alpha \cdot (x - \mu)]\} \quad (3)$$

em que,

μ = o parâmetro de escala; e
 α = o parâmetro de posição.

A definição dos parâmetros (μ e α) é dada pelo Método dos Momentos, conforme equações 4 e 5.

$$\alpha = \frac{1,2826}{s} \quad (4)$$

$$\mu = \bar{x} + 0,45 \cdot s \quad (5)$$

A Função Cumulativa de Probabilidade (FCP), na forma de probabilidade de não excedência, é dada pela equação 6.

$$FCP: F(X \leq x) = 1 - e^{-e^{\alpha(x-\mu)}} \quad (6)$$

A distribuição Weibull ou extremo tipo III pertence à família da distribuição Gumbel. É útil para representar a distribuição de valores mínimos, especialmente para séries de vazões mínimas ou mínimas em 7 dias consecutivos. De acordo com Naghettini & Sperling (2007), sua função de densidade de probabilidade é apresentada de diversas formas, sendo a mais comum:

$$FCP: F = (X \leq x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad (7)$$

em que,

α e β são parâmetros de forma e escala, respectivamente.

A estimativa de α e β pode ser feita baseada nas relações auxiliares do coeficiente de variação (CV) da série de vazões mínimas e $A_{(\alpha)}$. Para a determinação dos parâmetros α e β , serão utilizadas as seguintes equações:

$$CV = \frac{s_x}{\bar{x}} \quad (8)$$

$$\alpha = 1,0122 * CV^{-1,0779} \quad (9)$$

$$A_{(\alpha)} = 0,9982 - 0,4419 * CV + 0,4360 * CV^2 \quad (10)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{A_{(\alpha)}} \quad (11)$$

A variável x é calculada por:

$$x = \beta \left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T_r}\right) \right]^{1/\alpha} \quad (12)$$

Testes de Aderência Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov

O teste de Qui-quadrado (χ^2) é um tanto rigoroso e tem uma estatística baseada no somatório do quadrado dos desvios das frequências, favorecendo

o aspecto cumulativo dos erros (CATALUNHA *et. al.*, 2002). A comparação entre as frequências observadas e as frequências teóricas, em cada classe de frequência da amostra, é efetuada por intermédio do $\chi^2_{calculado}$, dada por:

$$\chi^2_{calculado} = \sum_{i=1}^n \frac{(f_o - f_t)^2}{f_t} \quad (13)$$

em que,

n = o número de classes; f_o e f_t são, respectivamente, as frequências observadas e teóricas na classe i .

No teste de qui-quadrado, a comparação é feita entre o valor de $\chi^2_{calculado}$ e o valor de $\chi^2_{tabelado}$, adotando-se o valor tabelado com base em graus de liberdade e nível de significância. Para que o modelo de probabilidade seja considerado adequado, o valor de $\chi^2_{calculado}$ deve ser menor do que o tabelado (MELLO & SILVA, 2013).

O teste de aderência por Kolmogorov-Smirnov é realizado por meio da diferença entre as frequências observadas e as frequências teóricas (estimado pelos modelos probabilísticos), essa diferença é calculada em módulo, conforme Equação 14.

$$\Delta F_{calculado} = |F_{observado} - F_{teórico}| \quad (14)$$

Compara-se a máxima diferença obtida com o desvio máximo tabelado ($\Delta F_{tabelado}$), onde n é o tamanho da amostra e α é o nível de significância a ser adotado. Para este estudo, utilizou-se 5% de significância.

De acordo com Mello & Silva (2013), no teste Kolmogorov-Smirnov, o valor tabelado é estatisticamente nulo, então conclui-se que valores menores ou iguais a este serão estatisticamente nulos também. Se o contrário ocorrer, a distribuição não será adequada.

Para ambos os testes, considerou-se que a hipótese seja nula. Portanto, os valores de vazão observados e simulados deverão apresentar condições de igualdade. Caso obtido uma boa aderência e a amostra for razoavelmente grande,

admite-se que o modelo representa adequadamente o conjunto de informações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados os valores dos máximos desvios em módulos, resultantes da diferença entre os valores de frequências observadas e respectivas probabilidades teóricas estimadas (Tabela 2). Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância, cada estação apresentou um valor crítico do desvio tabelado. Para todas as distribuições analisadas, constata-se a não rejeição de hipótese nula, uma vez que os desvios máximos em módulos obtidos são inferiores ao valor crítico do desvio tabelado.

Ao analisar o teste de Qui-quadrado, observa-se que não houve aderência para todas as distribuições estudadas, pois os dados da estação Porto Platon aderiram apenas à distribuição Log Normal 2 parâmetros e os dados da estação São Francisco aderiram apenas as distribuições Log Normal 2 parâmetros e Weibull, pois apresentaram valores de Qui-quadrado calculado inferior ao valor de Qui-quadrado tabelado.

Contudo, o teste de aderência de Qui-Quadrado apresenta limitações, pois ele agrupa os dados da série histórica em classes de frequência e acumula os erros entre as frequências observadas e teóricas, com participação de todas as classes (MELLO & SILVA, 2013), perdendo informações, o que não ocorre no teste de Kolmogorov-Smirnov, que além de poder ser realizado com dados agrupados, pode também ser realizado com os dados isoladamente, sendo normalmente mais eficiente que o Qui-quadrado em pequenas amostras, ou seja, menos de 30 observações (SILVINO *et al.*, 2007).

Dessa forma, ao utilizar o teste de Qui-Quadrado para verificar o ajuste dos dados às distribuições utilizadas, pode-se observar que o teste revela que os modelos Log Normal 2 parâmetros e Weibull são os que melhor representaram os dados observados, assim como mostrado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Tabela 3).

A distribuição de Gumbel não apresentou uma

Tabela 2. Resultados dos testes de aderência Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov das estações fluviométricas do estado do Amapá.

Estação	Modelos	Qui-quadrado		Kolmogorov-Smirnov		Amostra (n)	Vazão $Q_{7,10}$ ($m^3.s^{-1}$)
		$X^2_{calculado}$	$X^2_{tabelado}$	$ \Delta F _{máx}_{calculado}$	$ \Delta F _{máx}_{tabelado}$		
Capivara	L-N 2P	2,892		0,120		22	4,55
	Gumbel	4,440	7,815	0,175	0,281		2,95
	Weibull	1,959		0,126			5,01
Cooperativa 1 Braço	L-N 2P	0,073		0,050		15	1,08
	Gumbel	2,318	3,841	0,151	0,338		0,93
	Weibull	0,536		0,076			0,94
Cunani	L-N 2P	3,784		0,173		14	0,03
	Gumbel	1,530	5,991	0,131	0,349		0,01
	Weibull	0,864		0,126			0,05
Iratapuru	L-N 2P	0,157		0,106		23	5,73
	Gumbel	3,282	3,841	0,200	0,275		5,18
	Weibull	0,245		0,117			5,63
Leônidas (Bambu)	L-N 2P	5,041		0,173		16	4,26
	Gumbel	5,735	7,815	0,191	0,327		0,34
	Weibull	2,981		0,163			4,68
Pancada - Manzagão	L-N 2P	3,258		0,164		8	2,54
	Gumbel	0,067	3,841	0,170	0,454		0,78
	Weibull	1,278		0,147			2,53
Ponte Cassiporé	L-N 2P	2,305		0,187		11	9,51
	Gumbel	0,042	3,841	0,126	0,391		9,40
	Weibull	0,699		0,136			9,35
Porto Platon	L-N 2P	5,754		0,095		47	53,46
	Gumbel	9,803	7,81	0,141	0,194		33,48
	Weibull	9,301		0,054			43,28
São Francisco	L-N 2P	4,005		0,092		43	71,29
	Gumbel	31,915	9,488	0,152	0,203		62,43
	Weibull	6,171		0,071			70,43
São Pedro	L-N 2P	3,355		0,123		16	0,05
	Gumbel	1,306	9,49	0,187	0,338		0,02
	Weibull	0,298		0,100			0,08
Serra do Navio	L-N 2P	4,447		0,156		34	34,77
	Gumbel	1,986	7,815	0,098	0,227		36,93
	Weibull	0,704		0,096			37,86
Tartarugal	L-N 2P	2,826		0,158		12	0,10
	Gumbel	3,777	5,991	0,208	0,375		0,02
	Weibull	3,003		0,198			0,16

Fonte: Autores (2017)

boa aderência dos dados. Entretanto, considerando como fator decisivo o teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, que é um dos testes mais apropriados para variáveis aleatórias contínuas como vazões (ALMEIDA *et al.*, 2014), observa-se que para a vazão mínima de 7 dias consecutivos com tempo de retorno de 10 anos, a distribuição de Weibull apresentou maior aderência, sendo essa normalmente utilizada para representar vazões mínimas (CLARK, 1993).

Em trabalho similar, Queiroz *et al.* (2010) considerando o teste de Kolmogorov Smirnov, concluíram que a distribuição Weibull foi a que

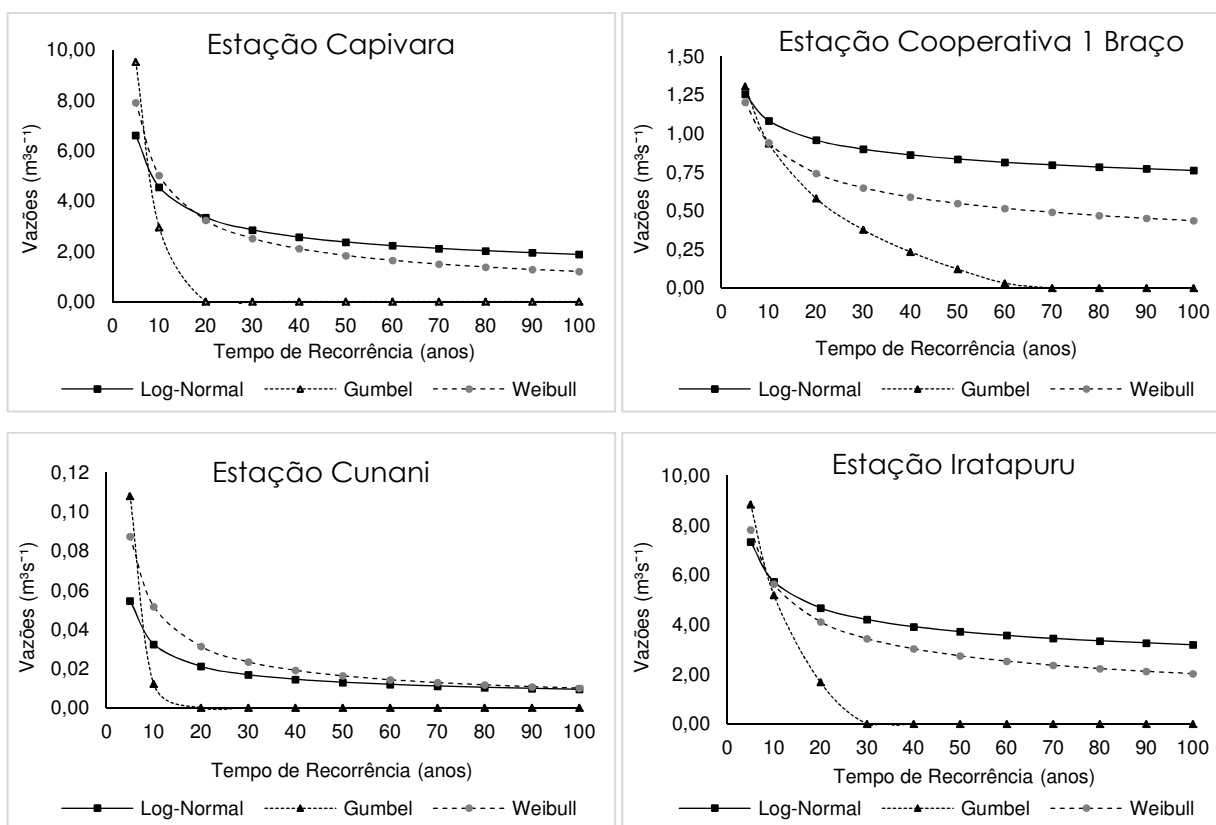
melhor se ajustou aos conjuntos de dados. O mesmo resultado foi encontrado no trabalho de Santos *et al.* (2011), onde os autores verificaram que o cálculo da vazão de referência $Q_{7,10}$, pelo ajuste de Weibull, é o mais recomendado para a bacia do rio Miranda (MS), pois, por ser mais restritivo, oferece maior confiabilidade no atendimento às demandas outorgadas.

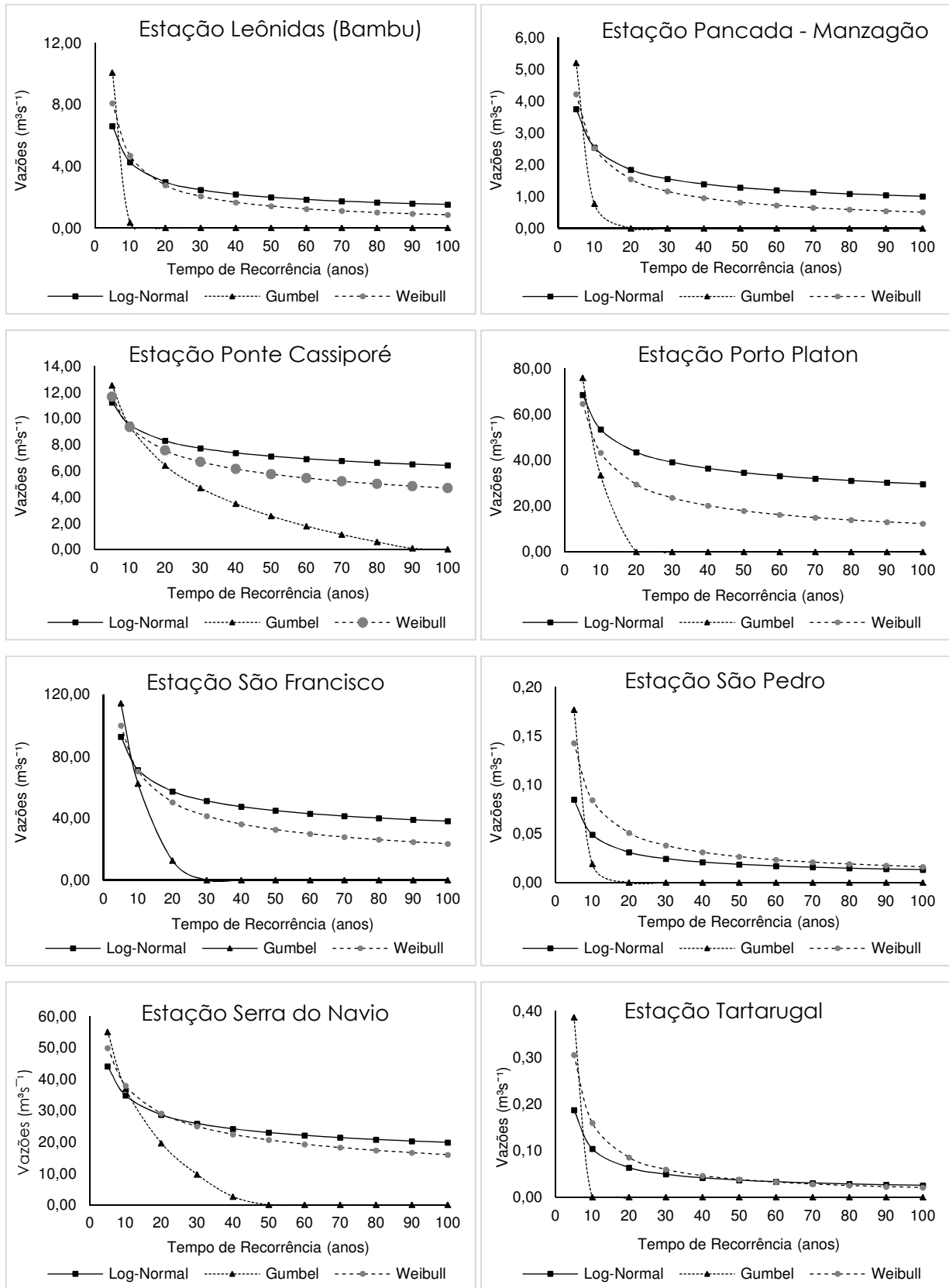
Observam-se os valores das vazões ajustadas pelas diferentes distribuições de probabilidade em função do tempo de recorrência (Figura 2) e pode-se avaliar qual dos resultados melhor se aplica à série de dados estudada.

Tabela 3. Porcentagem de estações de acordo com o modelo de probabilidade que melhor se ajustou aos testes de aderência

Modelos	Teste Qui-Quadrado		Teste Kolmogorov-Smirnov	
L-N 2P	5	42%	4	33%
Gumbel	2	17%	1	8%
Weibull	5	42%	7	58%
Total de estações	12	100%	12	100%

Fonte: Autores (2017)





Fonte: Autores (2017)

Figura 2. Variação da vazão em função do tempo de recorrência para as 12 estações fluviométricas do estado do Amapá.

A Figura 2 corrobora com os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3, facilitando a visualização da discrepância que a distribuição de Gumbel possui quando comparada com as demais distribuições de probabilidade, subestimando as vazões mínimas de 7 dias consecutivos para os diversos períodos de retorno. Assim sendo, a distribuição de Gumbel não é a que melhor se ajusta os dados obtidos para o estado do Amapá.

Fica nítido a proximidade dos valores das vazões mínimas de 7 dias consecutivos para os diversos períodos de retorno, para as distribuições Log Normal 2 parâmetros e Weibull, dificultando uma escolha da distribuição que melhor represente os dados observados. Dessa forma, em conjunto com as Tabelas 2 e 3, foi possível determinar que a distribuição de Weibull é um método adequado para determinar as vazões $Q_{7,10}$ no estado do Amapá.

CONCLUSÕES

- A distribuição de probabilidade de Weibull mostrou-se ser a mais adequada para explicar o comportamento dos dados de $Q_{7,10}$ nas bacias hidrográficas analisadas no estado do Amapá;
- A as distribuições Log Normal 2 parâmetros e distribuição de Weibull apresentaram bons resultados, porém a Weibull foi a mais confiável para determinar vazões mínimas $Q_{7,10}$, uma vez que apresentou maior aderência, segundo os testes de Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov;
- A distribuição de Gumbel foi a que pior se ajustou aos dados, subestimando as vazões mínimas de 7 dias consecutivos para os diversos períodos de retorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, I.K., SOBRINHO, T.A., SANTOS, B.B., STEFFEN, J.L., BACCHI, C.G.V. Métodos estatísticos na determinação de vazão de referência. *Comunicata Scientiae*. v5, n.1, p.11-17, 2014.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C; GONÇALVES, J.L.M; SPAROVEK, G. Köppen's Climate Classification Map for Brazil.

Meteorologische Zeitschrift, v22, n.6, p. 711-728, 2013.

BARBOSA, S.E.S., BARBOSA JÚNIOR, A.R., SILVA, G.Q., CAMPOS, E.N.B., RODRIGUES, V.C. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a bacia do rio do Carmo, Minas Gerais. *Engenharia Sanitária Ambiental*. V.10, p.64-71, 2005.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. MMA/SRH, Brasil.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Outorga de direito de uso de recursos hídricos: Caderno de capacitação em recursos hídricos. Brasília: ANA, 2011. Disponível em: < <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/OutorgaDeDireitoDeUsoDeRecursosHidricos.pdf>>. Acesso em: 12/02/2018

CLARKE, R.T. Hidrologia estatística. *Hidrologia Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS. Livros da Coleção ABRH, Cap. 17. 1993.

DALLACORT, R.; MARTINS, J.A.; INOUE, M.H.; FREITAS, P.S.L. DE; COLETTI, A.J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.33, n.2, p.193-200, 2011.

JERSZURKI, D.; SOUZA, J.L.M.; EVANGELISTA, A.W.P. Distribuição de probabilidade e movimento temporal da precipitação na região de Telêmaco Borba, Paraná. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.10, n.1, p.110-116, 2015.

LEMOS, R.S., MAGALHÃES JUNIOR, A.P. Reflexões sobre os critérios de cálculo de vazões outorgáveis em áreas de conflito do estado de Minas Gerais: o caso da Bacia do Ribeirão Ribeiro Bonito. *Revista Espinhaço* v.4, p.4-12, 2015.

LOPES, T.R., PRADO, G., ZOLIN, C.A., PAULINO, J., ANTONIEL, L.S. Regionalização

de vazões máximas e mínimas para a bacia do rio Ivaí –PR. Irriga, v.21, p.188-201, 2016.

MAMUN, A.A.; HASHIM, A.; DAOUD, J.I. Regionalisation of low frequency curves for the Peninsular Malaysia. *Journal of Hydrology*, v.381, p.174-180, 2010.

MARTINS, J.A.; DALLACORT, R.; INOUE, A.S.; SANTI, A.; KOLLING, E.M.; COLETTI, A.J. 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.

MELLO, C.R.; SILVA, A.M. Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455p.

NAGHETTINI, M., PINTO, E.J.A. 2007. Hidrologia Estatística. CPRM, Belo Horizonte, Brasil. 552p.

NAGHETTINI, M.; VON SPERLING, M.. Características hidrológicas de rios. In Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Org. por Von Sperling, M., Editora UFMG, Belo Horizonte - MG, 2007, p.59-96.

PINTO, L.C., LIMA, P.T., SILVA JUNIOR, J.J. Probabilistic models for estimation extreme values of watershed flow rates. *Revista Agrogeoambiental*, v.7, p.105-112, 2015.

QUEIROZ, M.M.F., SAMPAIO, S.C., GOMES, B.M., LOST, C. Estudo de vazões mínimas $Q_{1,10}$ e $Q_{7,10}$ de rios do Paraná segundo distribuição generalizada. *Revista Verde*. v.5, n.3, p.32-46, 2010.

RODRIGUES, J.A.M., ANDRADE, A.C.O., VIOLA, M.R., MORAIS, M.A.V. Indicadores hidrológicos para a gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Manuel Alves da Natividade, Tocantins. *Revista Scientia Agraria (SA)*, v.16, p.58-79, 2015.

SANTOS, B.B.; SOBRINHO, T.A.; ALMEIDA, I.K.; FARIA, B.P.; MACHADO, D.O. Avaliação da disponibilidade hídrica para concessão de outorgas baseada em vazões mínimas de referência. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011.

SANTOS, V.C., STEVAUX, J.C. Estimativa e regionalização hidrológica de vazões médias e produção de sólidos suspensos para a bacia hidrográfica do rio Ivaí Estado do Paraná. *Geographia Meridionalis*. v.1, p.384-404, 2015.

SILVA, A.M.; OLIVEIRA, P.M.; MELLO, C.E.; PIERANGELI, C. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.10, n.2, p.374-380, 2006.

SILVINO, A.N.O.; SILVEIRA, A.; MUSIS, C.R.; WYREPKOWSKI, C.C.; CONCEIÇÃO, F.T. Determinação de vazões extremas para diversos períodos de retorno para o rio Paraguai utilizando métodos estatísticos. *Revista Geociências*, v.26, n.4, p.369-378, 2007.

SOBRINHO, V.F.; RODRIGUES, J.O.; MENDONÇA, L.A.R.; ANDRADE, E.M.; TAVARES, P.R.L. Desenvolvimento de equações Intensidade-Duração-Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*. v.18, n.7, 2014.

SOUZA, V.A.S.; DIAS, R.H.S.; SILVA FILHO, E.P.; NUNES, M.L.A.; ANDRADE, C.D.; ROSA, A.L.D. Determining IDF equations for the State of Rondônia. *Revista Brasileira de Climatologia*. v.18, n.12, 2016.

VICTORINO, E.C.; MATIAS, G.C.; SILVA, T.B.S.; ALVES, R.C.P.; CARVALHO, L.G.. Adequabilidade de diferentes distribuições de probabilidade aplicadas a uma série histórica de vazões mínimas para o rio Grande, na região de Barreiras (BA). In XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campo Grande, Jul. 2014.