

ESTIMATIVAS DE VAZÕES MÁXIMAS PARA CURSOS D'ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPEMIRIM

EVALUATION OF MAXIMUM WATER DISCHARGES FOR WATERCOURSES IN THE ITAPEMIRIM RIVER WATERSHED

Matheus Magnago Ferreira¹; José Antônio Tosta dos Reis²; Antônio Sérgio Ferreira Mandonça³

¹Graduando em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, ES. CEP: 29.075-910. E-mail: magnagomatheus@gmail.com

^{2,3}Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento de Engenharia Ambiental. Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, ES. CEP: 29.075-910. E-mail: ²tosta@ct.ufes.br; ³anserfm@terra.com.br

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo principal estimar e analisar vazões de máximas correspondentes a diferentes períodos de recorrência para cursos d'água localizados na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, importante sistema hídrico do estado do Espírito Santo. Para estimativa das vazões máximas foram consideradas séries históricas de vazões registradas em estações instaladas e em operação na bacia, identificadas na base de dados da Agência Nacional de Águas. Para apropriação das vazões máximas foram empregados os métodos de Foster, Füller e a distribuição probabilística de Gumbel. O teste de Wilcoxon foi empregado para confrontação das vazões máximas estimadas pelos diferentes métodos. Os resultados indicaram que o Método de Füller sistematicamente estimou as menores vazões máximas. No entanto, os resultados decorrentes da aplicação do teste de Wilcoxon, para um nível de significância de 5%, indicaram que os métodos de Foster, Füller e Gumbel apresentam-se equivalentes.

Palavras-chave: Cheias; Vazões Máximas; Füller; Foster; Gumbel; Rio Itapemirim.

ABSTRACT

The research aimed to estimate and analyze maximum water discharges corresponding to different return periods for watercourses located in the Itapemirim river watershed, important water resources system for Espírito Santo state, Brazil. For estimating maximum discharges there were considered historical water discharges series, corresponding to flow gage stations installed and operated in the watershed, identified in the Brazilian National Water Agency hydrologic database. For estimating peak flows, Foster, Fuller and Gumbel probabilistic methods were employed. Wilcoxon test was utilized for comparisons among peak flows estimated by different methods. The results indicated that the Füller method systematically estimated the lower peak flows. However, the results from the Wilcoxon test, for a 5%, significance level indicated that Foster, Fuller and Gumbel methods were equivalent.

Keywords: Flood; Maximum Flows; Füller; Foster; Gumbel; Itapemirim River.

1. INTRODUÇÃO

O entendimento do regime de vazões dos cursos d'água é de fundamental importância para a manutenção das sociedades modernas. As estiagens severas podem comprometer diferentes usos dos corpos d'água, podendo restringir ou inviabilizar o fornecimento de água para abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais e abastecimento humano, dentre outros. As cheias, por

sua vez, podem produzir severas perdas econômicas, comprometer ou retardar o desenvolvimento de regiões e, em situações extremas, conduzir a perda de vidas humanas.

Genovez (2003) observa, adicionalmente, que o entendimento do comportamento das vazões máximas pode permitir a adequada tomada de decisão sobre medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações urbanas, além de constituir informação indispensável para o dimensionamento de dispositivos de micro e macrodrenagem, dimensionamento de pontes e a adequada implantação de sistemas de abastecimento de água, sistemas de irrigação e pequenas centrais elétricas.

As previsões das vazões máximas podem ser de curto ou de longo prazo. A previsão de cheia de curto prazo permite o acompanhamento contínuo do parâmetro hidrológico monitorado (por exemplo, cota ou vazão) sendo conformada por uma rede de captação, transmissão e processamento dos dados. A previsão de longo prazo, por sua vez, consiste na obtenção de valores de vazões máximas com base em séries históricas (TUCCI, 1993).

Dentre as abordagens mais usualmente empregadas para previsão de longo prazo está a análise probabilística, por meio da qual distribuições de probabilidade são ajustados às de séries históricas de vazões máximas anuais. Constituem exemplos desta abordagem os trabalhos de Gumbel (1941), Vogel e Wilson (1996), Kroll e Vogel (2002) e Douglas e Vogel (2006). No entanto, trabalhos como os de Sangal (1983), Silva e Tucci (1998) e Fill e Steiner (2003) estabelecem expressões empíricas para a avaliação de vazões máximas, abordagem que, ainda que usualmente expedita e de fácil condução, é de difícil generalização.

Este trabalho teve por objetivo principal a avaliação de longo prazo das vazões máximas para os cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Itapemirim, importante sistema hídrico da porção sul do estado do Espírito Santo. Para a condução do trabalho foram empregados a distribuição probabilística de Gumbel e os métodos de Foster e de Füller. Com auxílio de um teste de hipótese, as diferentes abordagens empregadas para apropriação das vazões máximas foram comparadas entre si.

2. ÁREA DE ESTUDO

O rio Itapemirim, principal curso d'água da bacia hidrográfica do rio Itapemirim, possui extensão de 135,44 km, a partir da confluência dos afluentes Braço Norte Esquerdo (com extensão de 83,28 km) e o Braço Norte Direito (com extensão de 70,95 km). A foz do rio Itapemirim está localizada no município de Itapemirim, município da porção sul do estado do Espírito Santo. A bacia hidrográfica do rio Itapemirim ocupa uma área de aproximadamente 5.919,5 km², abrangendo os municípios de Alegre, Atílio Vivacqua, Cachoeiro de Itapemirim, Castelo, Conceição do Castelo, Ibitirama, Jerônimo Monteiro, Marataízes, Muniz Freire, e Venda Nova do Imigrante em sua totalidade, além de abranger parcialmente os municípios de Ibatiba, Iúna, Irupi, Muqui, Itapemirim, Marataízes, Presidente Kennedy e Vargem Alta.

As precipitações na faixa litorânea da bacia variam entre 1.020 e 1.240 mm anuais. Na região da serra do Caparaó (porção da bacia que abrange o Pico da Bandeira, com altitude máxima de 2.892 m), a precipitação aumenta, atingindo 1.570 mm anuais.

As principais atividades econômicas da região são a extração e beneficiamento de mármore e granito e a produção agropecuária. A região também reúne indústrias alcooleiras, frigoríficos e cooperativas de derivados do leite.

A distribuição espacial das estações fluviométricas instaladas e em operação na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim que servirão de base para este estudo pode ser visualizada na Figura 1.

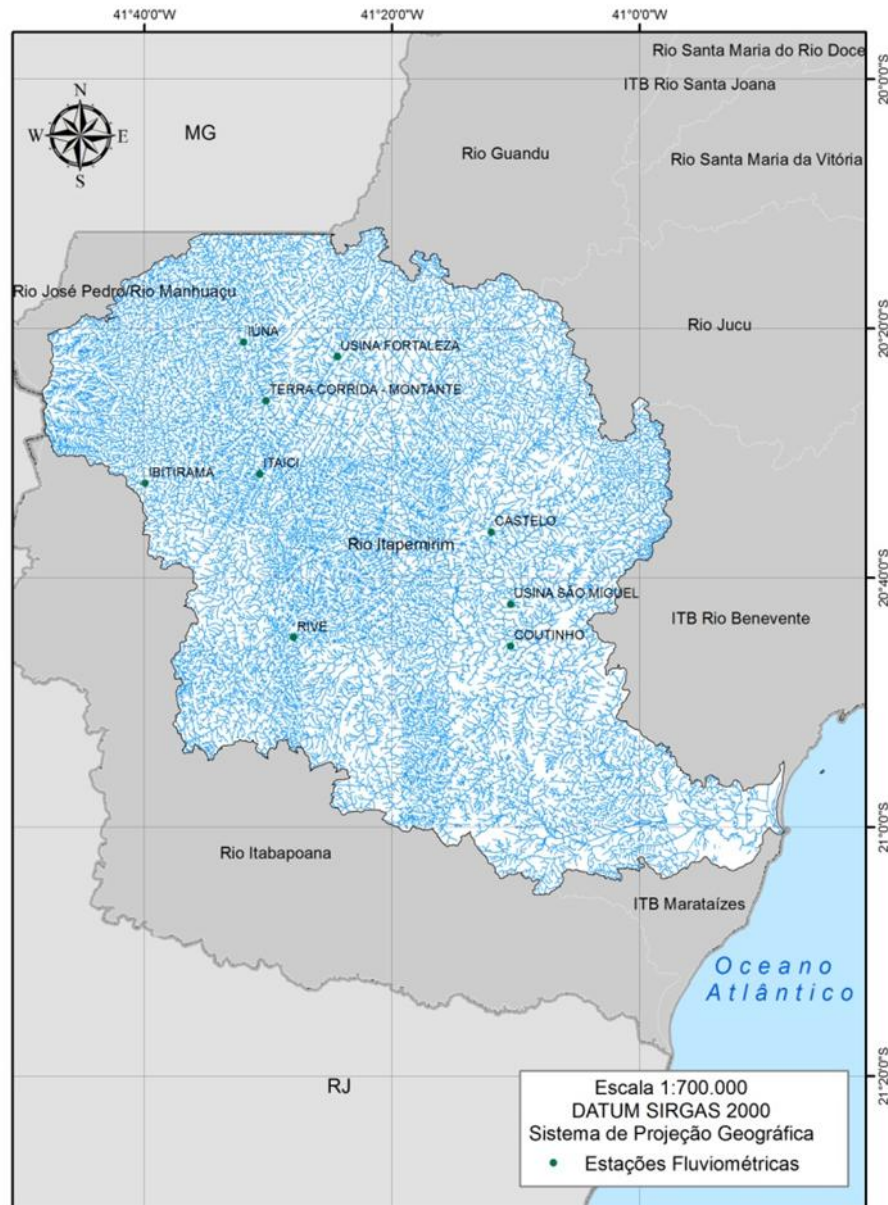


Figura 1 – Distribuição espacial das estações fluviométricas em estudo na bacia do rio Itapemirim.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Informações Hidrológicas

Os registros fluviométricos utilizados neste trabalho foram obtidos a partir da base de dados gerenciada pela Agência Nacional das Águas (ANA) com auxílio do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb). Para a manipulação das séries históricas de vazões foi empregado o programa Hidro, programa de domínio público produzido e distribuído pela ANA.

As estações fluviométricas consideradas no presente estudo, incluindo-se informações sobre localização, altitude, estão indicadas na Tabela 1. As séries históricas empregadas para a apropriação das vazões máximas apresentaram extensão mínima de 30 anos.

Tabela 1 – Estações fluviométricas instaladas e em operação em cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Itapemirim.

Estações	Curso d'água	Municípios	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Castelo	Rio Castelo	Castelo	20°36'22"	41°11'59"	107
Coutinho	Rio Itapemirim	Cachoeiro de Itapemirim	20°45'30"	41°10'25"	15
Ibitirama	Rio Braço Norte Direito	Alegre	20°32'26"	41°39'56"	710
Itaici	Rio Braço Norte Esquerdo	Muniz Freire	20°31'42"	41°30'41"	374
Iuna	Rio Pardo	Iuna	20°21'08"	41°31'58"	640
Rive	Rio Itapemirim	Alegre	20°44'49"	41°27'58"	128
Terra Corrida - Montante	Rio Pardo	Muniz Freire	20°25'49"	41°30'10"	380
Usina Fortaleza	Rio Braço Norte Esquerdo	Muniz Freire	20°22'7"	41°24'32"	554
Usina São Miguel	Rio Castelo	Cachoeiro de Itapemirim	20°42'09"	41°10'25"	200

3.2. Métodos para avaliação das vazões máximas

3.2.1. Método de Gumbel

A distribuição probabilística de Gumbel (GUMBEL, 1941) é usualmente empregada para avaliação de eventos extremos de vazão. Quando aplicada à avaliação de vazões máximas, a função de densidade de probabilidade da distribuição de Gumbel assume a forma da equação (1).

$$p = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (1)$$

Na expressão (1), p representa a probabilidade de que um determinado valor de vazão máxima seja igualado ou superado e y a variável reduzida da distribuição de Gumbel. Considerando-se que a probabilidade de ocorrência de uma vazão máxima corresponde ao inverso do período de retorno, a equação (1) pode ser reescrita conforme a equação (2).

$$Y = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \quad (2)$$

A apropriação da variável y, por sua vez, envolve o emprego combinado das expressões (3) e (4).

$$y = (Q_{\max} - x_f) \frac{\sigma_n}{\sigma} \quad (3)$$

$$x_f = \bar{Q} - \sigma \left(\frac{\bar{Y}_n}{\bar{\sigma}_n} \right) \quad (4)$$

Nas duas últimas expressões σ_n e $\bar{Y}_n$ representam, respectivamente, o desvio padrão e a média da variável reduzida. Os valores de σ_n e $\bar{Y}_n$ são estabelecido em função do tamanho da série histórica de vazões máximas anuais, conforme Tabela 2. As variáveis σ e $\bar{Q}$, por sua vez, correspondem ao desvio

padrão e a média das vazões máximas anuais e $Q_{\max}$ a vazão máxima associada ao período de retorno empregado para apropriação da variável reduzida Y .

Tabela 2 - Valores da média $\bar{Y}_n$ e desvio-padrão σ_n da variável reduzida em função da extensão da série histórica de vazões máximas anuais.

n (anos)	$\bar{Y}_n$	σ_n
10	0,4967	0,9573
20	0,5236	1,0628
30	0,5362	1,1124
40	0,5436	1,1413
50	0,5485	1,1607
60	0,5521	1,1747
70	0,5548	1,1854
80	0,5569	1,1938
90	0,5586	1,2007
100	0,5600	1,2065

Fonte: Villela e Mattos (1975).

Desta forma, a avaliação das vazões máximas com auxílio da distribuição de Gumbel envolve as seguintes etapas:

- Definição do período de retorno cuja vazão máxima se deseja estimar e determinação da variável reduzida Y com auxílio da expressão (2);
- Apropriação dos valores de média e desvio padrão da variável reduzida a partir da extensão da série histórica;
- Apropriação dos valores de média e desvio padrão das vazões máximas anuais;
- Apropriação da variável auxiliar x_f com emprego da expressão (4);
- Determinação, a partir da expressão (3), da vazão máxima associada ao período inicialmente definido.

3.2.2. Método de Foster

O método de Foster, detalhadamente apresentado por Scuisiato (2013), envolve a aplicação da distribuição Pearson III para a descrição do comportamento das vazões máximas anuais.

Para a aplicação do Método de Foster devem ser determinados, para a série histórica de vazões máximas anuais, os parâmetros da distribuição Pearson III, (média, desvio padrão e o coeficiente de obliquidade de Pearson). Esta tarefa é levada à termo com auxílio das expressões (5), (6) e (7).

$$\bar{Q} = \frac{Q_i}{n}$$

(5)

$$\sigma = \sqrt{\frac{(Q_i - \bar{Q})^2}{n - 1}}$$

(6)

$$C_o = \frac{\sum (Q_i - \bar{Q})^3}{2\sigma \sum (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (7)$$

Nas três últimas expressões $\bar{Q}$ e σ representam, respectivamente, média e desvio padrão da série de vazões máximas anuais, n o tamanho da série histórica de vazões e Q_i os diferentes valores de vazão que conformam a série histórica de vazões máximas anuais.

Na sequência, o emprego do Método de Foster impõe a correção do coeficiente de obliquidade, conforme equação (8).

$$C'_o = \left(1 + 8, \frac{5}{n}\right) C_o \quad (8)$$

A etapa subsequente envolve a determinação da área sob a curva de densidade de probabilidade da distribuição Pearson III. Esta tarefa envolve o coeficiente de obliquidade corrigido, uma variável auxiliar A (equação (9)) e a Tabela 3.

$$A = \left(1 - \frac{1}{T_r}\right) \quad (9)$$

Tabela 3 – Curva de frequência assimétrica da distribuição Pearson III.

Valores de A (%)	Desvios q'/σ					
	Coeficiente de obliquidade corrigido					
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0,01	-3,73	-2,92	-2,18	-1,63	-1,25	-1,00
0,1	-3,09	-2,54	-2,03	-1,59	-1,24	-1,00
1	-2,33	-2,03	-1,74	-1,45	-1,19	-0,99
5	-1,65	-1,51	-1,38	-1,25	-1,11	-0,97
10	-1,28	-1,22	-1,16	1,08	-1,00	-0,90
20	-0,84	-0,85	-0,86	-0,85	-0,82	-0,78
50	0,00	-0,06	-0,13	-0,19	-0,25	-0,30
80	0,84	0,82	0,78	0,74	0,68	-0,61
90	1,28	1,32	1,34	1,35	1,33	1,30
95	1,65	1,74	1,83	1,90	1,96	2,00
99	2,33	2,62	2,90	3,15	3,40	3,60
99,9	3,09	3,67	4,25	4,82	5,39	5,91
99,99	3,73	4,60	5,48	6,37	7,28	8,21
99,999	4,27	5,42	6,61	7,85	9,17	10,51
99,9999	4,76	6,24	7,82	9,45	11,12	12,81

Fonte: Villela e Mattos (1975).

A Tabela 3 permite a determinação da relação q'/σ , sendo q' uma variável auxiliar que, a partir da expressão (10), se relaciona com a vazão máxima ($Q_{\max}$) associada ao período de retorno previamente definido.

$$Q_{\max} = q' + \frac{Q - q'}{n} \quad (10)$$

3.2.3. Método de Füller

O Método de Füller é um método de extrapolação de dados históricos de vazão, estabelecido originalmente a partir da análise das cheias do Rio Tohickson, nos Estados Unidos. O Método não envolve o emprego de uma distribuição de frequência, mas o uso de uma regra de probabilidade. Conforme descrevem detalhadamente Villela e Mattos (1975), a aplicação do Método de Füller envolve a seguinte sequência de passos:

- O valor mais provável do período de retorno da enchente de ordem i é $\frac{n}{i}$, sendo n o número de anos de dados;
- O valor mais provável (Q) da vazão de ordem i é a média progressiva dos valores das vazões colocadas em ordem decrescente (equação (11)).

$$Q = \frac{1}{i} \sum_{j=1}^i Q_j \quad (11)$$

- Existe entre as vazões e os logaritmos dos períodos de retornos mais prováveis uma relação linear (equação (12)) que permite extrapolação.

$$\frac{Q}{\bar{Q}} = a + b \log \frac{T_r}{T_1} \quad (12)$$

- Sendo $\bar{Q}$ a média das vazões de enchentes consideradas, Q a vazão média diária mais provável com período de retorno (T_r) e a e b são constantes determinadas com os dados de vazão.

3.2.4. Teste de Wilcoxon

Para comparação das respostas oferecidas pelos métodos de apropriação de vazões máximas empregou-se o Teste de Wilcoxon, teste que permite análise não paramétrica para duas amostras independentes. Conforme detalhadamente discutido por Levine *et al.* (2005), o Teste de Wilcoxon serve como opção adicional para o teste t de *student* para amostras pareadas. O teste de Wilcoxon pode ser usado com dados ordinais, intervalares ou proporcionais, a série pode possuir menos do que 30 dados e não ter necessariamente o comportamento de uma distribuição Normal.

Para o emprego do teste de Wilcoxon, os valores de vazões máximas estimadas por dois dos métodos empregados para a condução do presente trabalho (métodos Foster ou Füller e distribuição de Gumbel), para as diferentes estações fluviométricas da área de estudo e para um determinado período de retorno, foram dispostas em ordem crescente de valores, atribuindo-se a cada uma delas um peso de acordo com sua posição na escala crescente de valores. Na sequência foi realizada a soma (T_1) dos pesos associados aos registros de vazão. Para que os valores de vazão estimados pelos diferentes métodos fossem considerados equivalentes, o valor da referida soma deveria atender aos limites estabelecidos pelos valores críticos, tabelados em função do tamanho da amostra. Para a apropriação dos valores críticos assumiu-se, neste trabalho, um nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vazões máximas estimadas para diferentes cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Itapemirim a partir da aplicação dos métodos Foster e Füller e da distribuição de Gumbel, considerando-se períodos de retorno entre 2 e 100 anos, estão reunidas nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4– Vazões máximas (em m³/s) para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos estimadas pelo método de Gumbel para cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Itapemirim.

Estações	Curso d'água	Períodos de Retorno (anos)					
		2	5	10	20	50	100
Castelo	Rio Castelo	112,7	155,9	184,4	211,8	247,3	273,9
Coutinho	Rio Itapemirim	471,3	695,1	843,3	985,4	1169,4	1307,3
Ibitirama	Rio Braço Norte Direito	110,5	156,7	187,2	216,5	254,5	282,9
Itaici	Rio Braço Norte Esquerdo	94,9	140,3	170,3	199,1	236,4	198,2
Iuna	Rio Pardo	36,2	53,9	65,6	76,8	91,4	102,2
Rive	Rio Itapemirim	329,5	561,0	714,3	861,4	1051,7	1194,3
Terra Corrida	Rio Pardo	61,5	106,7	136,6	165,3	202,4	230,1
Usina Fortaleza	Rio Braço Norte Esquerdo	49,3	83,3	105,7	127,3	155,2	176,1
Usina São Miguel	Rio Castelo	138,6	197,6	236,7	274,2	322,8	359,1

Tabela 5 – Vazões máximas (em m³/s) para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos estimadas pelo método de Foster para cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Itapemirim.

Estações	Curso d'água	Períodos de Retorno (anos)					
		2	5	10	20	50	100
Castelo	Rio Castelo	113,2	160,1	188,8	230,2	272,6	324,6
Coutinho	Rio Itapemirim	467,8	678,7	813,6	1007,1	1122,1	1572,7
Ibitirama	Rio Braço Norte Direito	113,2	155,0	181,6	204,9	249,5	255,8
Itaici	Rio Braço Norte Esquerdo	95,3	137,5	164,1	202,9	226,2	246,3
Iuna	Rio Pardo	37,0	52,0	63,1	77,6	86,2	92,4
Rive	Rio Itapemirim	359,4	568,7	780,9	900,9	1088,8	1193,8
Terra Corrida	Rio Pardo	52,2	76,9	124,2	159,5	179,8	241,9
Usina Fortaleza	Rio Braço Norte Esquerdo	44,4	50,9	98,8	122,4	133,6	176,5
Usina São Miguel	Rio Castelo	132,7	187,9	226,6	264,2	297,8	350,1

Tabela 6 – Vazões máximas (em m³/s) para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos estimadas pelo método de Füller para cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Itapemirim.

Estações	Curso d'água	Períodos de Retorno (anos)					
		2	5	10	20	50	100
Castelo	Rio Castelo	104,7	153,1	184,8	226,4	264,8	311,5
Coutinho	Rio Itapemirim	274,5	266,9	429,9	592,9	808,4	1193,6
Ibitirama	Rio Braço Norte Direito	12,2	62,47	100,5	138,5	188,8	226,8
Itaici	Rio Braço Norte Esquerdo	74,1	115,6	147,0	178,3	219,8	251,1
Iuna	Rio Pardo	13,5	26,6	36,1	45,7	58,3	67,9
Rive	Rio Itapemirim	27,0	207,3	343,7	480,1	660,4	796,8
Terra Corrida	Rio Pardo	45,8	42,1	68,5	95,0	130,0	195,1
Usina Fortaleza	Rio Braço Norte Esquerdo	14,3	32,8	46,7	60,7	79,1	93,0
Usina São Miguel	Rio Castelo	19,9	80,1	125,5	170,9	231,0	276,4

As variações das vazões máximas estimadas para as estações de Castelo e Rive são representadas graficamente com auxílio das figuras 2 e 3, respectivamente. Gráficos semelhantes foram produzidos para as demais estações fluviométricas estudadas.

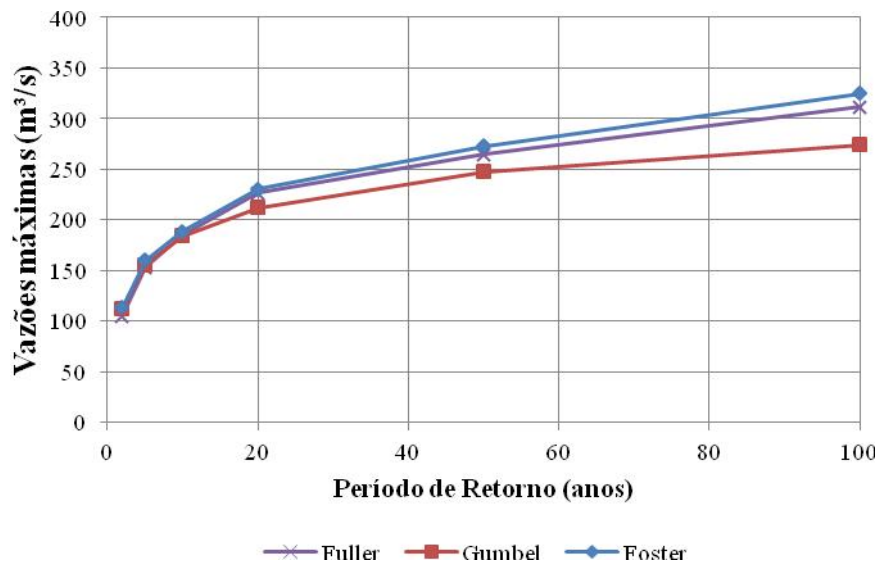


Figura 2 - Vazões máximas estimadas para a estação fluviométrica de Castelo.

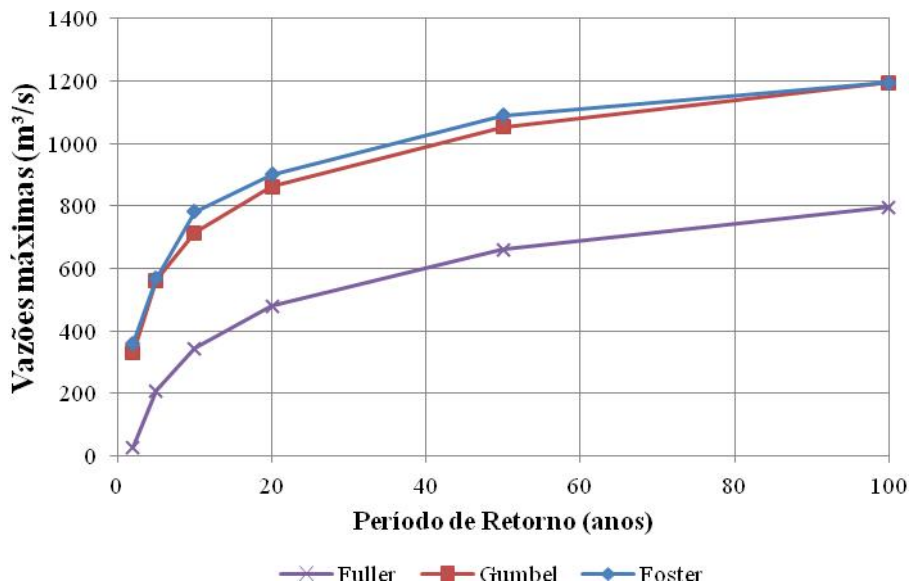


Figura 3 – Vazões máximas estimadas para a estação fluviométrica de Rive.

A partir da simples inspeção dos valores reunidos nas tabelas 4, 5 e 6 é relevante observar que o Método de Füller conduziu recorrentemente aos menores vazões de vazões máximas. Exceções foram observadas **a)** na estação de Castelo, para períodos de retorno entre 10 e 100 anos, situação na qual os valores estimados pelo Método de Füller excederam àqueles estimados pelo Método de Gambel e **b)** na estação de Itací, para o período de retorno de 100 anos, condição na qual a vazão máxima estimada pelo Método de Füller superou a vazão máxima estimada pelo método de Foster. Os

métodos de Gumbel e Foster, por sua vez, alternaram-se na estimativa das maiores vazões máximas para conjunto de estações fluviométricas considerado no presente trabalho.

O teste de Wilcoxon, utilizado para a verificação da equivalência entre os métodos de estimativa de vazões máximas considerados no presente estudo, forneceu os valores reunidos nas tabelas de 7 a 12 .

Tabela 7 – Resultados obtidos pelo Teste de Wilcoxon, para as estações em operação da bacia do rio Itapemirim para o período de retorno (T_r) de 2 anos.

Limites críticos		Métodos Pareados	T_1
Limite inferior	Limite superior		
62	109	Gumbel–Foster	89
		Gumbel–Füller	111
		Foster –Füller	107

Tabela 8 – Resultados obtidos pelo Teste de Wilcoxon, para as estações em operação da bacia do rio Itapemirim para o período de retorno (T_r) de 5 anos.

Limites críticos		Métodos Pareados	T_1
Limite inferior	Limite superior		
62	109	Gumbel–Foster	90
		Gumbel–Füller	102
		Foster –Füller	93

Tabela 9 – Resultados obtidos pelo Teste de Wilcoxon, para as estações em operação da bacia do rio Itapemirim para o período de retorno (T_r) de 10 anos.

Limites críticos		Métodos Pareados	T_1
Limite inferior	Limite superior		
62	109	Gumbel–Foster	89
		Gumbel–Füller	99
		Foster –Füller	97

Tabela 10 – Resultados obtidos pelo Teste de Wilcoxon, para as estações em operação da bacia do Rio Itapemirim para o período de retorno (T_r) de 20 anos.

Limites críticos		Métodos Pareados	T_1
Limite inferior	Limite superior		
62	109	Gumbel–Foster	86
		Gumbel–Füller	97
		Foster –Füller	97

Tabela 11 – Resultados obtidos pelo Teste de Wilcoxon, para as estações em operação da bacia do rio Itapemirim para o período de retorno (T_r) de 50 anos.

Limites críticos		Métodos Pareados	T_1
Limite inferior	Limite superior		
62	109	Gumbel–Foster	96
		Gumbel–Füller	97
		Foster –Füller	101

Tabela 12– Resultados obtidos pelo Teste de Wilcoxon, para as estações em operação da bacia do rio Itapemirim para o período de retorno (T_r) de 100 anos.

Limites críticos		Métodos Pareados	T_1
Limite inferior	Limite superior		
62	109	Gumbel–Foster	96
		Gumbel–Füller	96
		Foster –Füller	87

A partir dos resultados reunidos nas tabelas de 7 a 12 é relevante observar que a análise em pareado realizada com auxílio do teste de Wilcoxon indicou, para a área de estudo e a partir da adoção de um nível de significância de 5%, a equivalência entre as vazões máximas estimadas pelos métodos de Foster e de Füller e pela distribuição probabilística de Gumbel. Para todos os períodos de retorno, a variável auxiliar T_1 apresentou-se dentro do intervalo de valores críticos, salvo quando da comparação entre os métodos de Gumbel e Füller para o período de retorno de dois anos, situação na qual o valor de T_1 mostrou-se ligeiramente superior ao valor crítico.

5. CONCLUSÕES

Dentre os Métodos de avaliação de vazões máximas considerados no presente estudo, o Método de Füller recorrentemente estimou as menores vazões máximas para as estações fluviométricas instaladas e em operação nos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Itapemirim. Os métodos de Gumbel e Foster alternaram-se na estimativa das maiores vazões máximas para a área de estudo.

A despeito das diferenças entre as estimativas associadas aos métodos de Gumbel, Foster e Füller, o teste de Wilcoxon indicou, para um nível de significância de 5%, que as vazões máximas apropriadas pelos referidos métodos são equivalentes no conjunto de estações fluviométricas estudadas.

6. REFERÊNCIAS

- DOUGLAS, E. M.; VOGEL, R. M. Probabilistic behavior of floods of record in the United States. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 11, n. 5, p. 482-488, 2006.
- FILL, H. D.; STEINER, A. A. Estimating instantaneous peak flow from mean daily flow data. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 8, n. 6, p. 365-369, 2003.

GENOVEZ, A. M. Vazões máximas. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (organizadores) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p.628. 2003;

GUMBEL, E. J. The Return Period of Flood Flows. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 12, n. 2, p. 163-190, 1941.

KROLL, C. N.; VOGEL, R. M. Probability distribution of low streamflow series in the United States. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 7, n. 2, p. 137-146, 2002.

LEVINE, D.M.; STEPHAN, D.; KREHBIEL, T.C.; BERENSON, M.L. **Estatística – Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2005;

SANGAL, B. P. Practical method of estimating peak flow. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 109, n. 4, p. 549-563, 1983.

SCUISSIATO, C; Comparação dos métodos de séries de duração parcial e séries de máximos anuais na estimativa de cheias de projeto. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013;

SILVA, E. A.; TUCCI, C. E. M. Relação entre as vazões máximas diária e instantânea. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n.1, p. 133-151, 1998,

TUCCI, C.E.M. (Organizador). **Hidrologia. Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 1993.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. Editora McGraw-Hill do Brasil; São Paulo, 1975.

VOGEL, R. M.; WILSON, I. Probability distribution of annual maximum, mean, and minimum streamflows in the United States. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 1, n.2, p. 69-76, 1996