

ANÁLISE DAS VAZÕES MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS DA BACIA HIDROGRÁFICA SOROCABA MÉDIO TIETÊ

Douglas dos Santos Silva, Manuel Enrique Gamero Guandique, Telma de Assis Silveira. – Engenharia Ambiental – Engenharia Ambiental – Departamento de Engenharia Ambiental – UNESP Sorocaba – Campus Experimental de Sorocaba.

A crescente demanda por recursos hídricos impulsionada principalmente, pelo desenvolvimento sócio-econômico, obriga, a que critérios para o planejamento da disponibilidade de água numa determinada bacia hidrográfica sejam adotados, portanto, para uma gestão adequada, a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica precisa ser bem conhecida.

Esta bacia hidrográfica, encontra-se num local estratégico pela sua elevada demanda de água para uso industrial e urbano. Desta forma, há necessidade de estudar o comportamento hídrico da bacia para determinar o potencial fluviométrico para sua utilização.

Com base neste estudo, será possível realizar análises, projetos, previsões ou estimativas, regulamentações legais, operações e planejamentos de uso desta água para que o aproveitamento dela possa ser otimizado com o menor impacto ambiental.

De acordo com TUCCI (2002), a vazão máxima, que também é caracterizada pela frequência da sua ocorrência, serve como referência no planejamento, previsão e controle de enchentes numa determinada área.

Por outro lado, o estudo das vazões médias e mínimas relaciona-se com a utilização em abastecimento público, geração de energia, irrigação, navegação, entre outros. Tendo em vista a necessidade do desenvolvimento sustentável, elaborou-se o presente trabalho, que teve por objetivos efetuar a análise quantitativa das vazões máximas, médias e mínimas na região da bacia do rio Sorocaba Médio Tietê (SMT) estimando os riscos de enchentes para diferentes períodos, utilizando as distribuições estatísticas Gumbel e Log-Pearson III.

A caracterização fluviométrica da região foi realizada através do levantamento de informações dos seguintes postos fluviométricos pertencentes ao banco de dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), contidos no Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH, 2005): a) 4E-018 com 5.484 Km² e coordenadas geográficas 23° 31' 24" S e 47° 26' 58" W. Este posto apresenta dados de agosto de 1978 a dezembro de 2004; b) 4E-019 com 2.018 Km² e coordenadas geográficas 23° 21' 50" S e 47° 36' 54" W. Este posto apresenta dados de agosto de 1978 a dezembro de 2004; c) 4E-006 com 1.542 Km² com coordenadas geográficas 23° 23' 58" S e 47° 45' 24" W. Este posto permite dados de janeiro de 1966 a dezembro de 2004 e d) 4E-004 com 3.942 Km² e coordenadas geográficas 23° 19' 12" S e 47° 46' 42" W. Este posto apresenta dados de janeiro de 1960 a dezembro de 2004.

Uma análise preliminar foi realizada, utilizando-se de gráficos de dupla massa das estações selecionadas. Verificou-se inicialmente que existia uma boa consistência de dados e na etapa seguinte, realizaram-se pequenos ajustes através da correção das falhas pelo método da média aritmética. Esta bacia foi estudada por se encontrar numa região estratégica e bem desenvolvida, com intensivo uso da água.

As vazões máximas foram determinadas através das distribuições de Gumbel e Log de Pearson III com um determinado nível de risco, ou seja, associados a um período de retorno específico (T), fazendo-se necessário a utilização das equações 1 e 2 (Gumbel) e equações 3, 4, 5 e 6 (Log-Pearson III). Assim:

$$Y_T = -\ln\{-\ln[(T-1)/T]\} \quad (1)$$

$$Q_T = (Y_T * 0,7797 * S) + Q_M - 0,45 * S \quad (2)$$

Onde:

T é o período de retorno (anos);

Y_T é a variável reduzida;

Q_T é a probabilidade da vazão;

S é o desvio padrão das vazões coletadas;

Q_M é a média das vazões coletadas.

$$g = n * \sum (di^3) / (n-1) * (n-2) * S^3 \quad (3)$$

$$K_p = \text{intersecção entre } g \text{ e } T \quad (4)$$

$$Y_T = X + K_p * S \quad (5)$$

$$Q_M = 10^{Y_T} \quad (6)$$

Onde:

T é o período de retorno (anos);

g é o coeficiente de assimetria;

X_i é a vazão de cada ano;

X é a média do log de X_i ;

di é a diferença entre log da vazão e log médio da vazão;

S é o desvio padrão do log da vazão;

K_p é a assimetria;

n é o número de anos de coleta de dados;

Y_T é a variável reduzida;

Q_M é a média das vazões coletadas.

Já as vazões mínimas foram determinadas apenas pelo método de Gumbel (equações 1 e 2) relacionado a um período de retorno.

Para a apresentação dos gráficos fluviométricos foi utilizado o Software Microsoft Excel 2000, sendo estes dados apresentados nas figuras 1, 2 e 3.

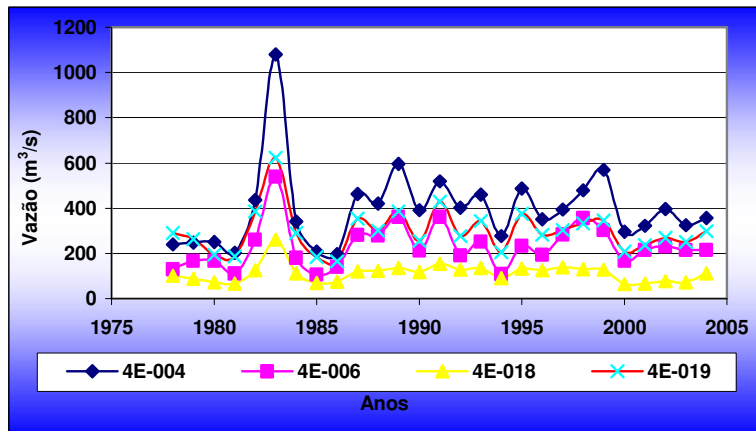


Figura 1. Vazões mínimas anuais.

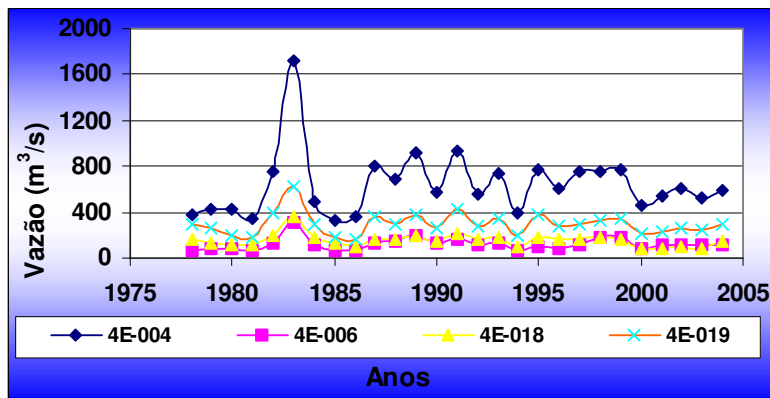


Figura 2. Vazões médias anuais.

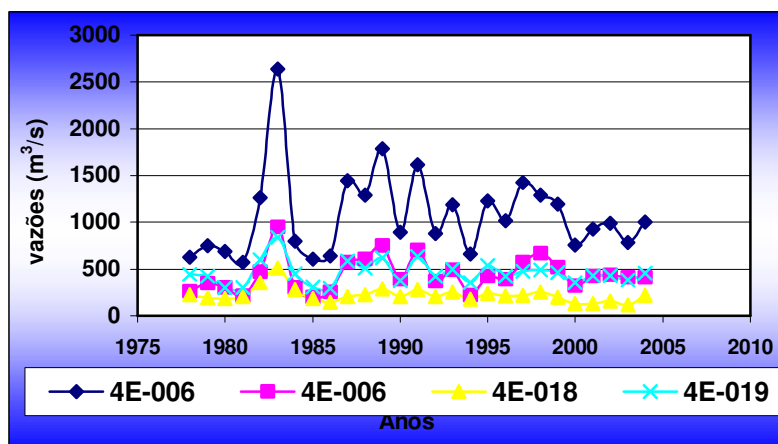


Figura 3. Vazões Máximas anuais.

O mesmo comportamento temporal da vazão mínima média anual foi observado para todos os pontos estudados (Figura 1). Observou-se que o posto 4E-004 mostra os maiores valores de vazão média anual para a bacia de $596 \text{ m}^3/\text{s}$, contudo, no ano de 1983 foi registrado o valor extremo de $1714 \text{ m}^3/\text{s}$ ligado ao fenômeno El Niño (GRIMM et. al., 1998).

Observa-se, na mesma figura, que o posto 4E-006 apresenta os menores valores de vazão média anual de $114 \text{ m}^3/\text{s}$. Neste ponto, foi observado o menor valor de vazão da bacia de $66,9 \text{ m}^3/\text{s}$ em 1985, como resultado da influência do fenômeno La Niña.

As Tabelas 1 e 2, apresentam os resultados das vazões máximas de projetos para oito diferentes períodos de retorno para os quatro postos estudados baseados nas distribuições de Gumbel e Log de Pearson III.

Tabela 1. Vazão máxima estimada pelo método de Gumbel

VAZÃO MÁXIMA DE PROJETO (m^3/s)				
PERÍODO DE RETORNO (anos)	4E-004	4E-006	4E-018	4E-019
2	83,14	34,44	17,34	36,61
5	116,49	47,78	23,14	45,60
10	138,56	56,61	26,97	51,55
25	166,46	67,78	31,82	59,07
50	187,15	76,06	35,42	64,65
100	207,69	84,28	38,99	70,19
200	228,15	92,47	42,54	75,71
1000	275,56	111,44	50,78	88,49

Tabela 2. Vazão máxima estimada pelo método de Log de Pearson III

VAZÃO MÁXIMA DE PROJETO (m^3/s)				
PERÍODO DE RETORNO (anos)	4E-004	4E-006	4E-018	4E-019
2	80,30	34,11	17,06	36,64
5	112,32	47,90	22,59	45,71
10	136,62	57,26	26,57	51,66
25	171,16	69,30	31,97	59,18
50	199,78	78,43	36,28	64,82
100	231,04	87,68	40,83	70,47
200	265,25	97,14	45,67	76,22
1000	358,94	120,05	58,29	90,13

Após a análise comparativa dos resultados obtidos pelos métodos utilizados relacionados nas Tabelas 1 e 2, constatou-se que os maiores valores estimados para as vazões máximas de projetos foram calculados pela distribuição Log de Pearson III. Portanto, os dados da segunda distribuição sugerem um maior margem de confiabilidade nos resultados e projetos civis que venham a ser realizados nessas áreas. Todavia, os custos financeiros para a implementação destes projetos e impactos ambientais acarretados devido a obras também seriam maiores para tal distribuição.

A Figura 4 apresenta as vazões mínimas associadas a um período de retorno utilizando a metodologia de GUMBEL.

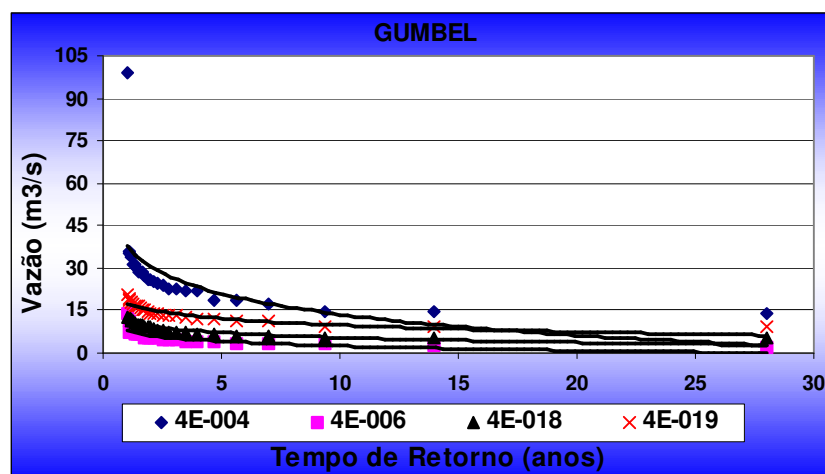


Figura 4. Vazões mínimas versus Tempo de retorno.

Verifica-se através da Figura 4, que o posto 4E-006 possui o índice mais crítico para os tempos de retornos associados.

Observa-se através das vazões naturais do rio Sorocaba analisadas através dos dados gerados pelas distribuições de Gumbel e Log de Pearson III para o período de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 e 1000 anos, analisadas no período 1978-2004, a necessidade do conhecimento das vazões máximas como elemento essencial para a estimativa da disponibilidade e potencialidade hídrica na área de estudo e por poder ser usadas para auxiliar no planejamento de obras de engenharia hidráulica na região de Sorocaba (SP).

Evidenciou-se que a distribuição de Gumbel representa melhor o comportamento da vazão quando se quer diminuir custos financeiros e impactos ao meio ambiente, no entanto, ao empregar-se esta, corre-se o risco de enchentes e até inundações em áreas próximas a obras civis que venham a ser implementadas.

Referências Bibliográficas

DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica). *Plano integrado de aproveitamento e gerenciamento dos recursos hídricos da bacia do rio Sorocaba*. Vol. 1, São Paulo: Núcleo de Engenharia Consultiva Ltda, 1993.

GRIMM, A. M., MÜLLER, I. I.; KRÜGER, C. M.; KAVISKI, E. *Variações pluviométricas nos estados de São Paulo e Paraná entre os períodos pré e pós 1970 e suas possíveis causas*. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Brasília – DF, 26 a 30 de outubro de 1998.

SIGRH (Sistema Integrado de Recursos Hídricos de São Paulo). Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhtm.exe/plu>>. Acesso em: 15 abril 2006.

TUCCI, C. E. M. (2002). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. UFRGS/ABRH Porto Alegre-RS, 944 p.