

15 – Vazões mínimas

- Analisar as vazões mínimas
- Estimar vazão mínima

Estiagem

15

Condições extremas

Em alguns estudos, há a necessidade de determinação de condições extremas, por exemplo, a **vazão de cheia** com período de retorno de 10.000 anos.

Em outros estudos, há a necessidade de determinação de **vazões mínimas** para fins de abastecimento, navegação, geração de energia, ambientais, entre outros.

Análise de vazões mínimas → semelhante à análise de vazões máximas, exceto pelo fato que, no caso das vazões mínimas, o interesse é pela probabilidade de ocorrência de **vazões iguais ou menores** do que um determinado limite.

Estiagem é um período de baixa pluviosidade, sua ausência ou atraso, no qual a perda de umidade do solo é superior à sua reposição. Menos intensa e ocorre em períodos menores que as secas.

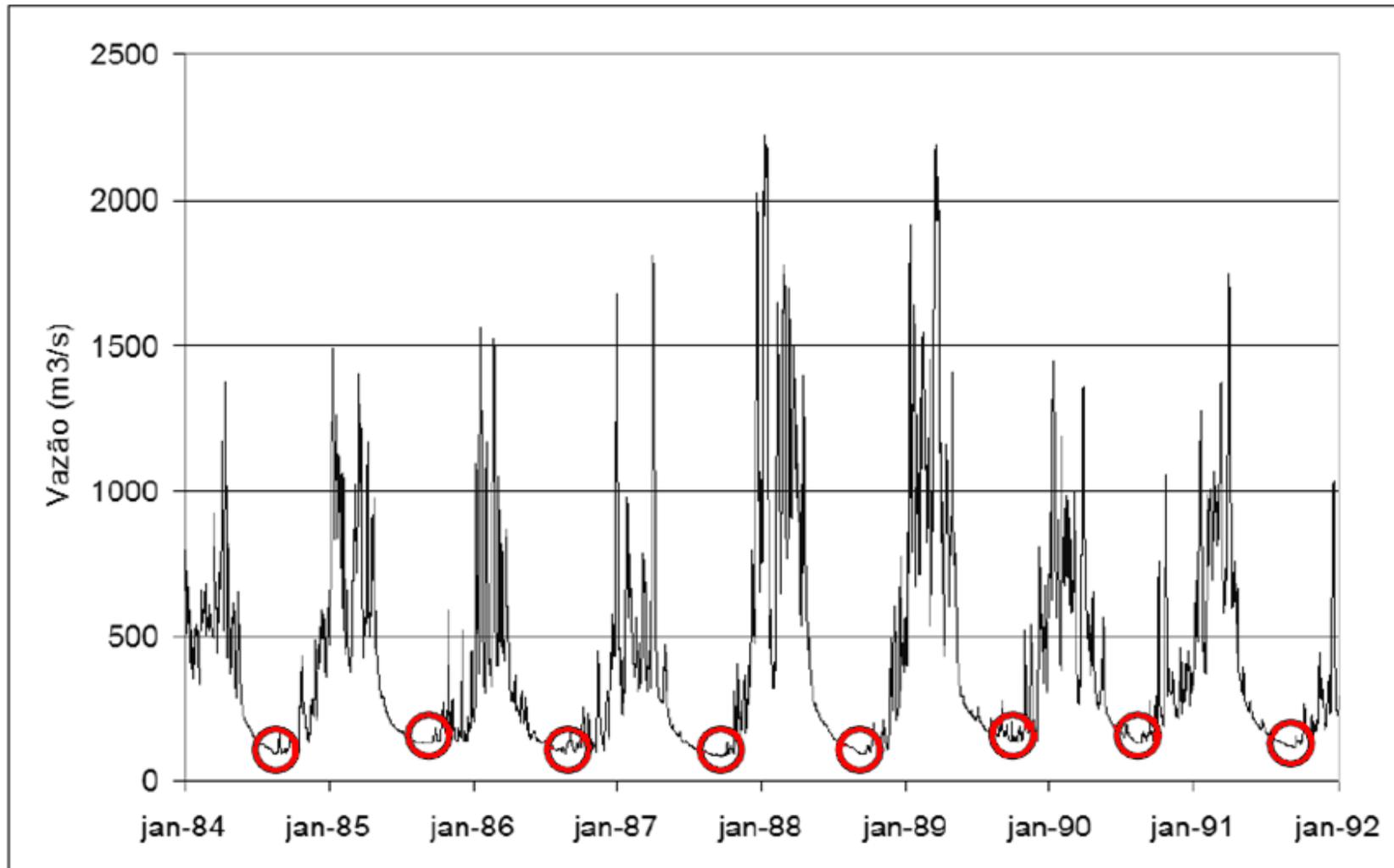
Seca é a ausência, deficiência acentuada ou fraca distribuição da chuva, num período de tempo prolongado, que provoque grave desequilíbrio hidrológico.

Série de vazões mínimas

[Ref.2]

15

A) VAZÃO MÍNIMA DE CADA ANO



B) VAZÕES MÍNIMAS COM DURAÇÃO DE VÁRIOS DIAS

(7, 15 ou 30 dias)

Para o caso de 7 dias:

- Para cada ano do registro histórico, encontra-se a menor média das vazões em sete dias consecutivos (médias móveis de 7 dias).
- $Q_{7,10}$ é a menor média das vazões em sete dias consecutivos com recorrência de 10 anos

Distribuição Probabilística Empírica

15

Análise utilizando probabilidades empíricas

- Para cada ano, tomar um registro de vazão mínima ocorrida
- Os valores de vazão devem ser organizados em ordem crescente (ao contrário da ordem decrescente utilizada no caso das vazões máximas).

Eventos extremos **mínimos**:

Séries anuais:

$$T_r = \frac{1}{P[X \leq x_T]}$$

$$F[X \leq x_T] = \frac{m}{n+1}$$

n: Número de anos de observação

m: Número da ordem de menor vazão

Exercício 01

15

Estação Fluviométrica

Ano	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s) Ordem crescente	Ordem m	$F[X \leq x_T] = \frac{m}{n+1}$	$T_r = \frac{1}{P[X \leq x_T]}$
1989	100				
1990	250				
1991	180				
1992	300				
1993	130				
1994	280				
1995	160				
1996	220				
1997	180				
1998	200				

Para $T_r \ll$ número de anos de observação ($n \rightarrow$ infinito)

$F \rightarrow P$ (probabilidade real)

Para T_r maiores (menos frequentes)

A repartição de frequência deve ser ajustada a uma lei probabilística teórica para cálculo mais correto da probabilidade

(O problema da estimativa empírica de probabilidades é que não é possível extrapolar a estimativa para tempos de retorno maiores.)

Teoria da distribuição de extremos

15

- Extremo Tipo I de Mínimos
(Distribuição de Gumbel – Mínimos)
- Extremo Tipo III ou Weibull

Distribuição de Gumbel (Mínimos) ou Extremo Tipo I de Mínimos

Função de probabilidade acumulada:

$$F(y) = 1 - e^{-e^y}$$

Onde:
$$y = \frac{x_{Tr} - \beta}{\alpha}$$

Dois parâmetros que
definem a distribuição:

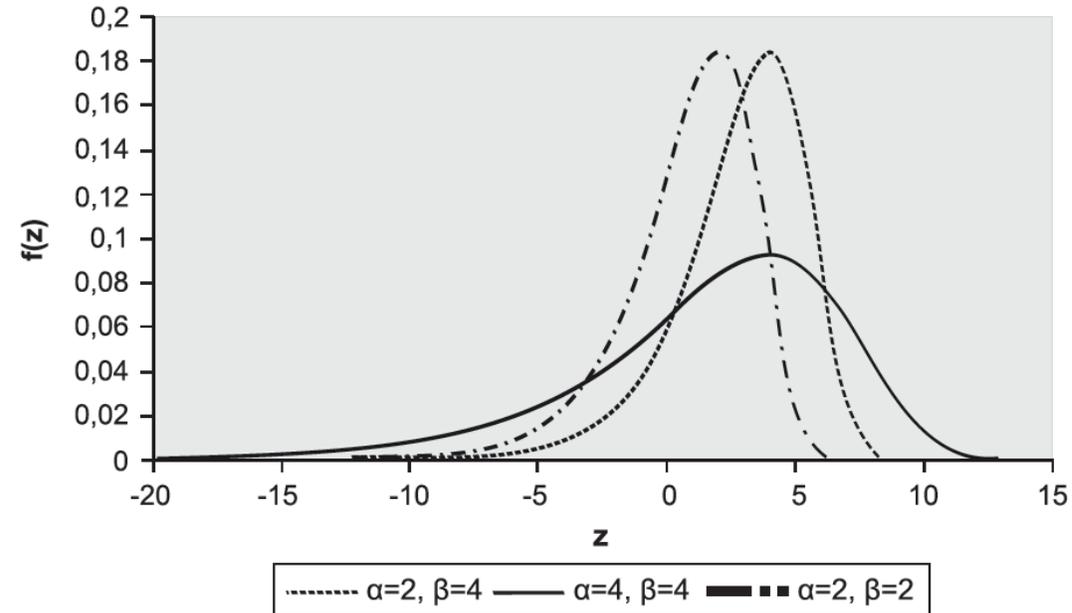
$$\alpha = 0,7797s$$

$$\beta = \bar{x} + 0,45s$$

Função
inversa de
FAP:

$$x_{Tr} = \bar{x} + 0,45s + 0,7797s \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right]$$

Função Densidade Gumbel (Mínimos)



[Ref.3]

Exemplo 2

[Ref.3]

15

Alguns estados brasileiros adotam como vazão de referência (para a outorga de direito de uso da água, estudo da capacidade de carga do corpo receptor) a vazão média mínima anual de 7 dias de duração e de tempo de retorno 10 anos, geralmente representada por $Q_{7,10}$. Para um dado ano de registros fluviométricos, o valor Q_7 anual corresponde a menor média de sete vazões consecutivas ocorridas naquele período. Suponha que as Q_7 anuais sejam denotadas pela variável aleatória Z e que, em um dado local, $E[Z] = 28,475 \text{ m}^3/\text{s}$ e $S[Z] = 7,5956 \text{ m}^3/\text{s}$. Calcule a vazão $Q_{7,10}$ pelo modelo de Gumbel (mínimos).

Resposta: $\alpha=5,922$; $\beta=31,893$; $Q_{7,10}=18,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Exercício 3

[Ref.1]

15

As vazões mínimas anuais (média diária) de um local são dadas na tabela.

- Estimar a vazão de estiagem para $Tr=11$ anos pelo modelo de Gumbel (mínimos).
- Qual o tempo de retorno para a vazão mínima do período?

Resposta:

Média=200 m³/s

Desvio padrão=63,77 m³/s

a) $Q_{11} = 111,8$ m³/s

b) Tr para $Q=100$ m³/s $\rightarrow Tr = 13,8$ anos

Ano	Q (m ³ /s)
1989	100
1990	250
1991	180
1992	300
1993	130
1994	280
1995	160
1996	220
1997	180
1998	200

Referências bibliográficas

15

- [Ref.1] Prof. Fill e Prof. Miriam - DHS
- [Ref.2] PHD2307-USP
- [Ref.3] Naghettini & Andrade Pinto. 2007. Hidrologia estatística. CPRM. Download gratuito do livro: <http://www.cprm.gov.br/>
 - Link: Recursos Hídricos