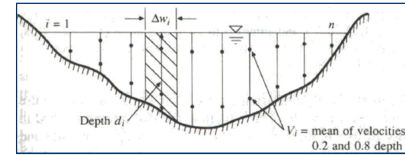


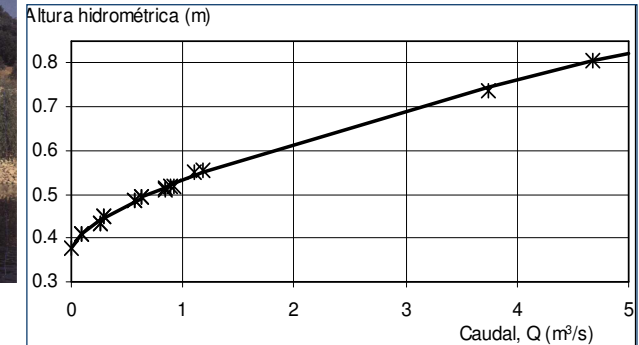
# HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

## Escoamento. Curvas de vazão (continuação)

.... da aula precedente... **Curva de vazão**

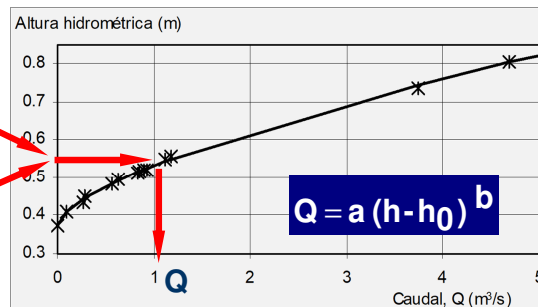
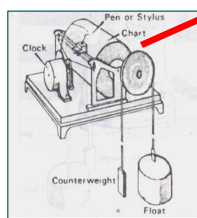


Com base nos pares de valores medidos na secção de uma dada estação hidrométrica da altura hidrométrica e do correspondente caudal, estabelecimento da **CURVA DE VAZÃO** válida para essa estação.

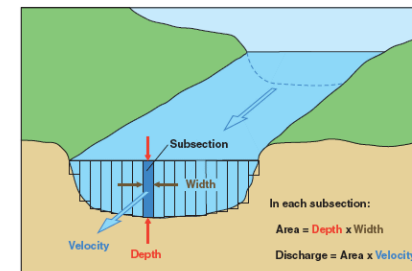
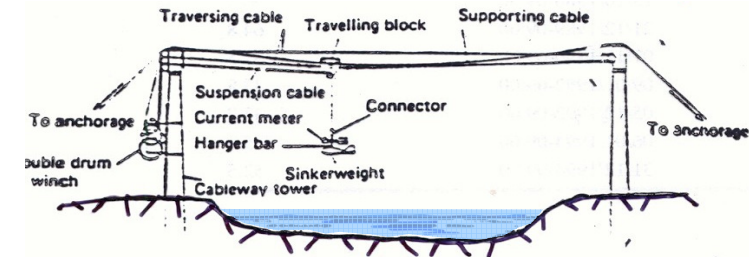


### Curva de vazão

Avaliação do **ESCOAMENTO** a partir dos registos de caudais (integração) → avaliação do caudal por medição da **ALTURA HIDROMÉTRICA** ou do correspondente **NÍVEL** → transformação desta altura em **CAUDAL** por utilização de **CURVAS DE VAZÃO**, estabelecida para a estação hidrométrica.



### Curva de vazão



$(Q_1, h_1), (Q_2, h_2), \dots, (Q_i, h_i), \dots$   
 $\dots (Q_n, h_n)$

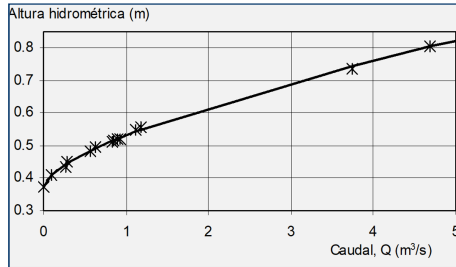
**$Q = a(h-h_0)^b$**

**a, b, h<sub>0</sub> ?**



### Curva de vazão

(Q1, h1), (Q2, h2), ..., (Qi, hi), ... (Qn, hn)



$$Q = a (h - h_0)^b$$

a, b, h<sub>0</sub> ?

$$\log Q = \log a + b \log (h - h_0)$$

✓ Arbitrio de h<sub>0</sub> ➔ Cálculo dos parâmetros a e b por análise de regressão linear simples no campo das transformadas logarítmicas (método dos mínimos quadrados).

Apreciação do ajuste da equação (visualmente, cálculo do coeficiente de correlação).

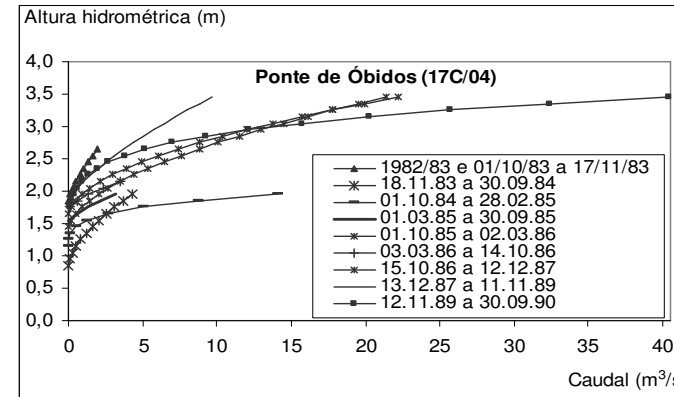
✓ Repetição do procedimento até identificar o conjunto de valores de a, b e h<sub>0</sub> que conduz ao melhor ajuste.



... assegurar, tanto quanto possível, a

### INVARIABILIDADE NO TEMPO DA CURVA DE VAZÃO:

- ✓ A secção não deve ser atingida por regolço provocado por cursos de água confluentes a jusante.
- ✓ O leito deve ser estável na secção e o nível de água comandado por uma secção permanente próxima (natural ou artificial) ou por um troço de rio suficientemente longo de leito estável.
- ✓ Quando o leito do curso de água é móvel é necessário estabelecer periodicamente a curva de vazão.



Curva de vazão com problemas ...



### Curva de vazão

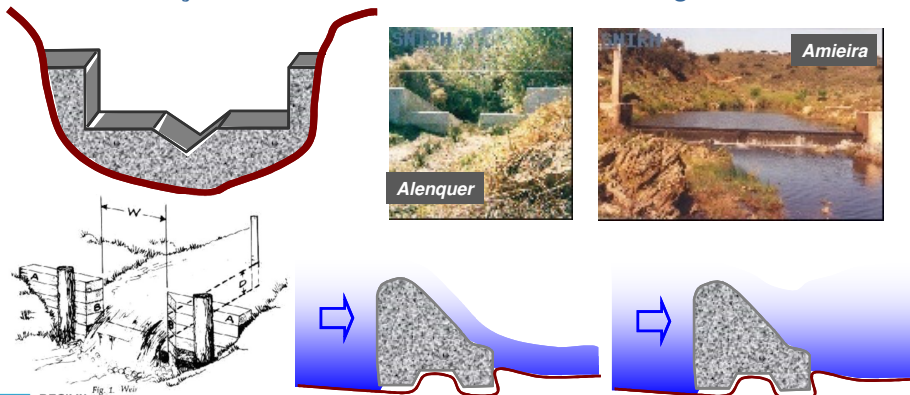
Leito de cheia

$$Q = a' (h - h_0')^{b'}$$

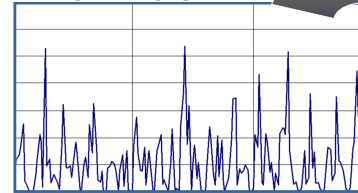
Leito normal

$$Q = a (h - h_0)^b$$

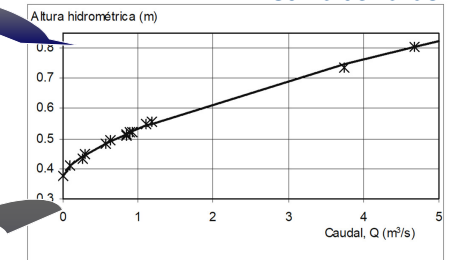
Secção com leito móvel - estrutura descarregadora.



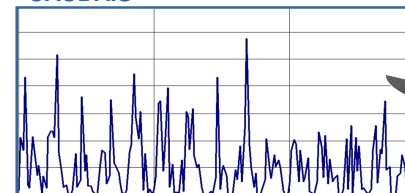
### REGISTOS DAS ALTURAS HIDROMÉTRICAS



### Curva de vazão



### SÉRIE CRONOLÓGICA DE CAUDAIS

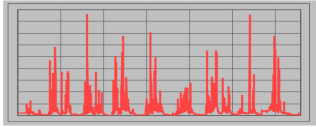


Escoamento no intervalo de tempo entre t1 e t2

$$V = \int_{t_1}^{t_2} Q(t) dt$$

$$H'' = \frac{V}{A}$$





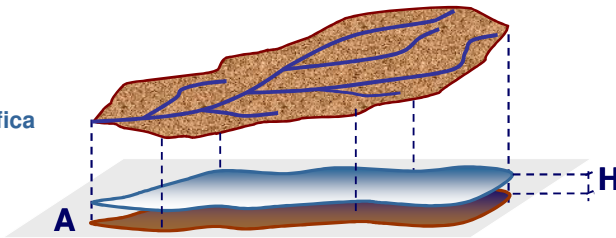
... sequência de caudais avaliados a partir das alturas hidrométricas por aplicação de curvas de vazão

... Por integração ao longo do tempo, obtenção do escoamento expresso em volume ...

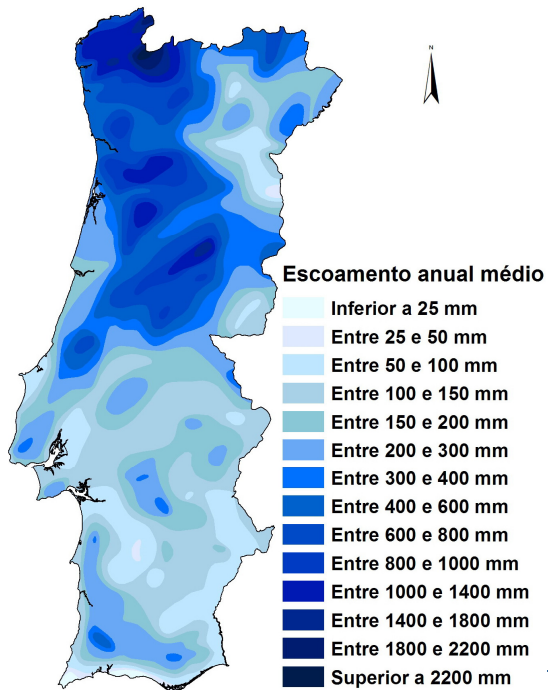
$$V = \int_{t1}^{t2} Q(t) dt$$

Altura do escoamento sobre a bacia hidrográfica

$$H'' = \frac{V}{A}$$



Escoamento anual médio expresso em altura de água (altura do escoamento anual médio) (mm)



Escoamento anual médio

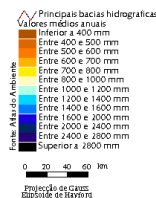
- Inferior a 25 mm
- Entre 25 e 50 mm
- Entre 50 e 100 mm
- Entre 100 e 150 mm
- Entre 150 e 200 mm
- Entre 200 e 300 mm
- Entre 300 e 400 mm
- Entre 400 e 600 mm
- Entre 600 e 800 mm
- Entre 800 e 1000 mm
- Entre 1000 e 1400 mm
- Entre 1400 e 1800 mm
- Entre 1800 e 2200 mm
- Superior a 2200 mm

Escoamento anual médio expresso em altura de água (altura do escoamento anual médio) (mm)



Precipitação anual média (mm)

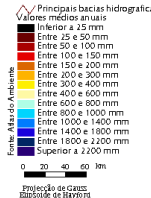
Precipitação: de 400 mm a mais de 2800 mm



- Principais bacias hidrográficas
- Valores médios anuais
- Inferior a 400 mm
- Entre 400 e 500 mm
- Entre 500 e 600 mm
- Entre 600 e 700 mm
- Entre 700 e 800 mm
- Entre 800 e 1000 mm
- Entre 1000 e 1200 mm
- Entre 1200 e 1400 mm
- Entre 1400 e 1600 mm
- Entre 1600 e 2000 mm
- Entre 2000 e 2400 mm
- Entre 2400 e 2800 mm
- Superior a 2800 mm

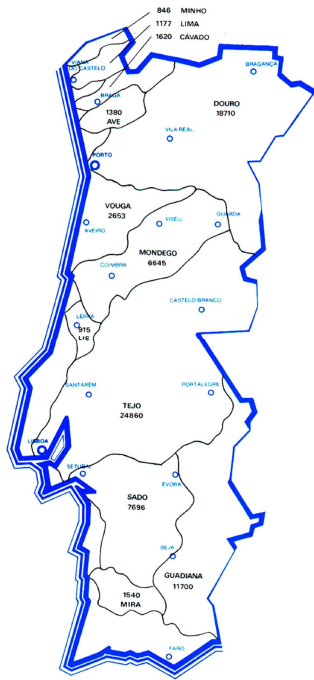
Escoamento anual médio (mm)

Escoamento: de 25 mm a mais de 2200 mm



- Principais bacias hidrográficas
- Valores médios anuais
- Inferior a 25 mm
- Entre 25 e 50 mm
- Entre 50 e 100 mm
- Entre 100 e 150 mm
- Entre 150 e 200 mm
- Entre 200 e 300 mm
- Entre 300 e 400 mm
- Entre 400 e 600 mm
- Entre 600 e 800 mm
- Entre 800 e 1000 mm
- Entre 1000 e 1400 mm
- Entre 1400 e 1800 mm
- Entre 1800 e 2200 mm
- Superior a 2200 mm





### Principais bacias hidrográficas portuguesas

Minho	846 km <sup>2</sup>
Lima	1177 km <sup>2</sup>
Cávado	1620 km <sup>2</sup>
Ave	1380 km <sup>2</sup>
Douro	18710 km <sup>2</sup>
Vouga	2653 km <sup>2</sup>
Mondego	6645 km <sup>2</sup>
Lis	915 km <sup>2</sup>
Tejo	24860 km <sup>2</sup>
Sado	7696 km <sup>2</sup>
Mira	1540 km <sup>2</sup>
Guadiana	11700 km <sup>2</sup>

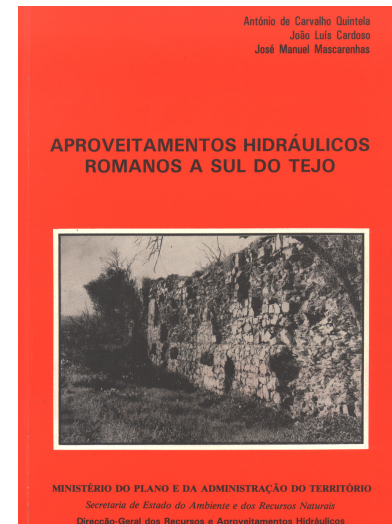


### ... A importância do “domínio” da água ...

**Barragem de Proserpina:** localizada a cerca de 5 km de Mérida é considerada a maior barragem da época romana do mundo mediterrânico, permitindo armazenar cerca de 6 milhões de m<sup>3</sup>. A altura da barragem poderá ter ascendido a cerca de 40 m.



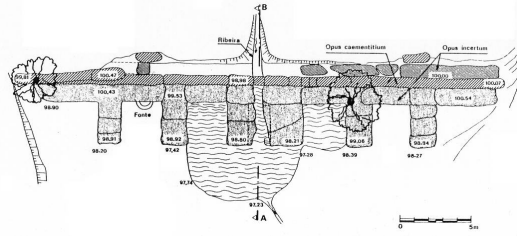
**Barragem de Cornalvo:** localizada a cerca de 16 km de Mérida. O corpo da barragem é formado por um muro triplo, cujo exterior apresenta um talude em degraus.



**Barragens romanas (de cima para baixo):**

- da Orca (distrito de Castelo Branco);
- do Muro (Campo Maior);
- “de Olisipo” (ribeira de Carenque);



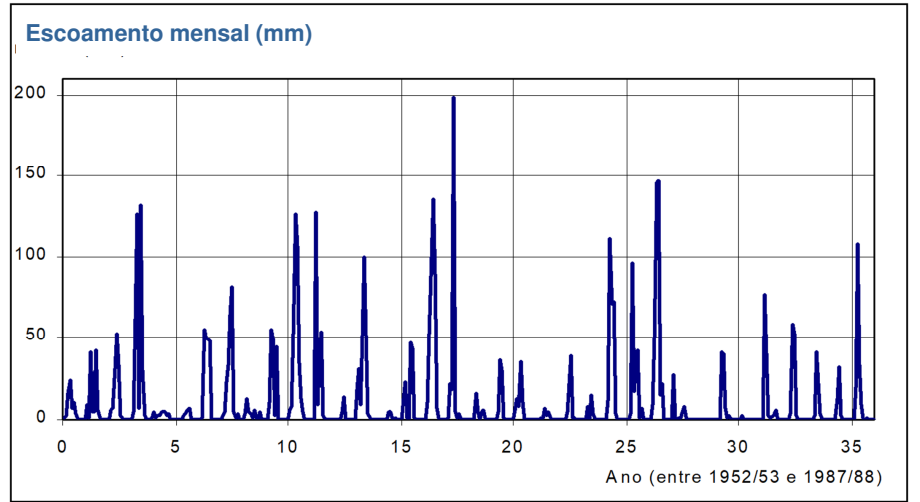


Barragens romanas (de cima para baixo):

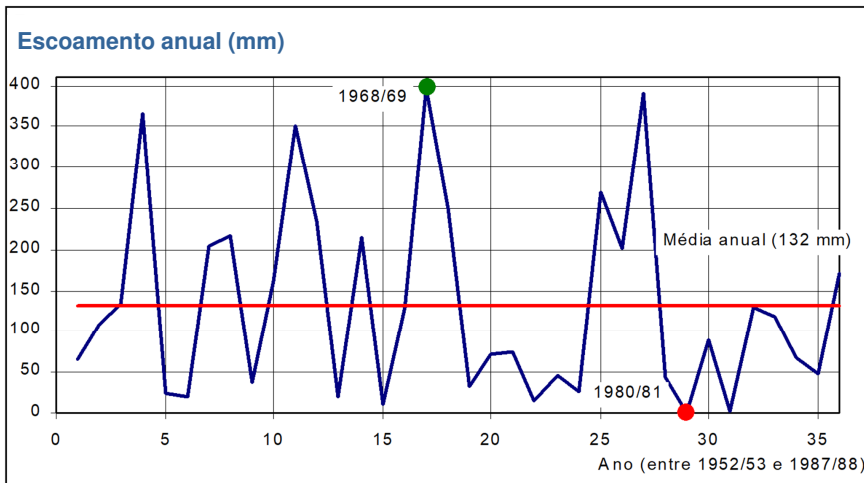
- de Pisões (Beja).
- de Vale Tesnado (Loulé);
- de Grândola e respetiva planta.



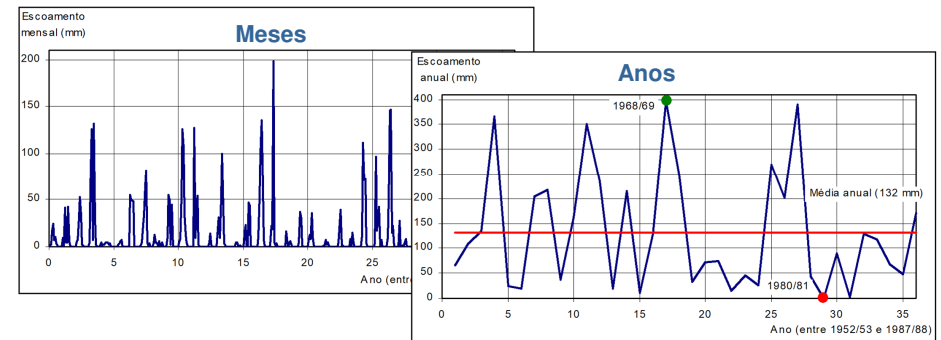
Diagramas cronológicos dos escoamentos mensais e anuais, na estação hidrométrica de Monte da Ponte, no rio Cobres (bacia hidrográfica do rio Guadiana), período de 36 anos compreendido entre 1952/53 e 1987/88



Diagramas cronológicos dos escoamentos mensais e anuais, na estação hidrométrica de Monte da Ponte, no rio Cobres (bacia hidrográfica do rio Guadiana), período de 36 anos compreendido entre 1952/53 e 1987/88



Diagramas cronológicos dos escoamentos mensais e anuais, na estação hidrométrica de Monte da Ponte, no rio Cobres (bacia hidrográfica do rio Guadiana), período de 36 anos compreendido entre 1952/53 e 1987/88



**ACENTUADA VARIABILIDADE TEMPORAL** do escoamento característica do clima de Portugal Continental → em média, cerca de **95%** do escoamento registado na estação hidrométrica de Monte da Ponte ocorreu no semestre de **húmido**, de Outubro a Março, e somente o remanescente, de **5%**, no semestre **seco**, de Abril a Setembro.

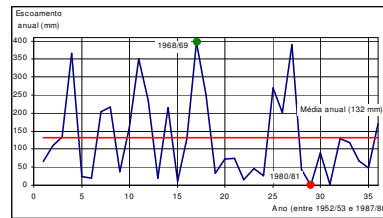
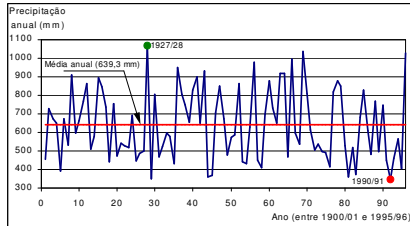




Em Portugal Continental, o ESCOAMENTO tem MAIOR VARIABILIDADE temporal do que a precipitação .... em média, mais de 95% do escoamento anual registado na estação hidrométrica de Monte da Ponte ocorreu no semestre de húmido, de Outubro a Março, e somente o remanescente, de 5%, no semestre seco, de Abril a Setembro

Precipitação registada no posto de Évora: 75% no semestre de húmido, de Outubro a Março, e o remanescente, de 25%, no semestre seco, de Abril a Setembro

Escoamento registado na estação de Monte da Ponte: 95% no semestre de húmido, de Outubro a Março, e o remanescente, de 5%, no semestre seco, de Abril a Setembro



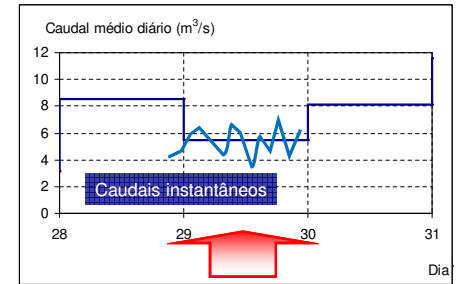
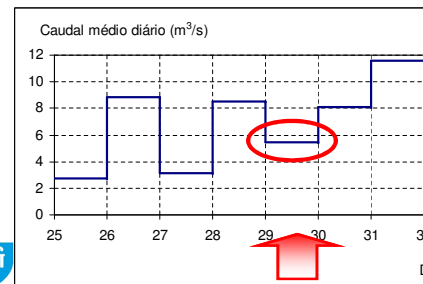
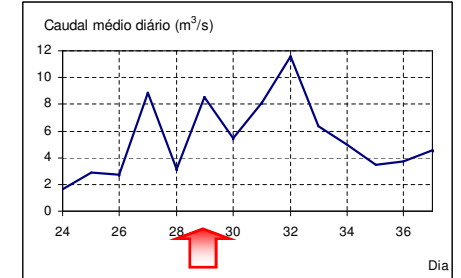
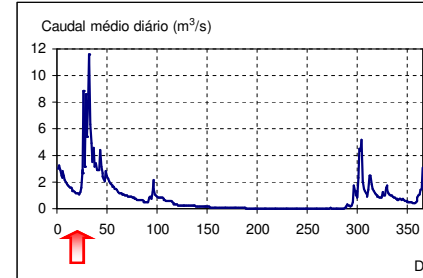
... em média ...

Precipitação: 70 e 30%

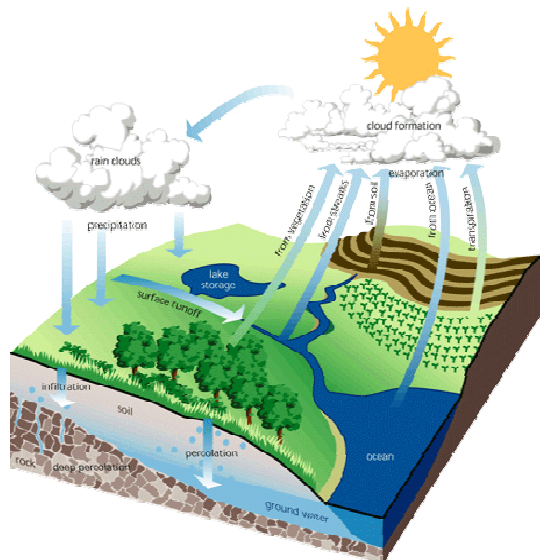
Escoamento: 80% e 20%



Diagrama cronológico do caudal médio diário (caudal fictício que ....).



EXERCÍCIO 20



20. Em determinada secção transversal de um curso de água observaram-se as alturas hidrométricas indicadas na tabela. Sabendo que na referida secção a curva de vazão é definida por

Data (AAMMDD)	Hora (HH:MM)	Altura (m)
991109	9:07	0.8
991110	9:32	0.7
991111	9:19	1.1
991111	12:37	1.5
991112	9:05	1.25
991113	9:42	0.5
991114	8:57	0.43

$$Q = 18.966 (h - 0.303)^{2.2575}$$

com Q em m³/s e h em m, estime pelo método dos trapézios o escoamento na secção entre as 0:00 de dia 10 e as 24:00 de dia 13 (m³). Estime também o caudal médio no referido período (m³/s).

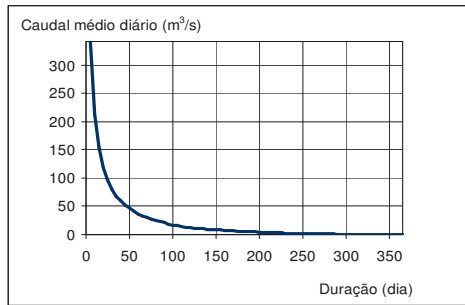
(R: 3 372 390 m³; 9.76 m³/s).



### Caracterização do regime diário de escoamentos ..... Curva de duração .....

Curva de duração **anual** do caudal médio diário numa dada secção de um curso de água

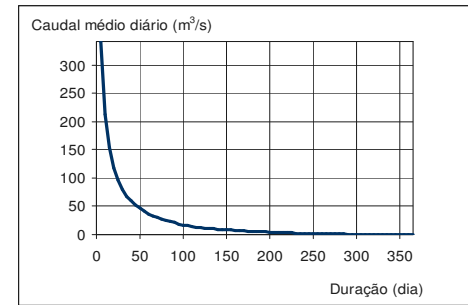
Número de dias **nesse ano** em que cada caudal foi igualado ou excedido



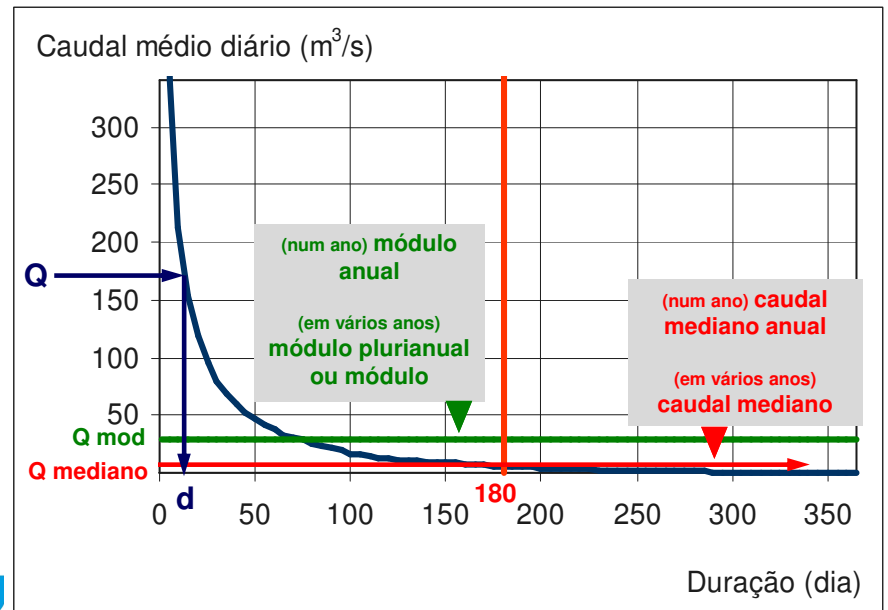
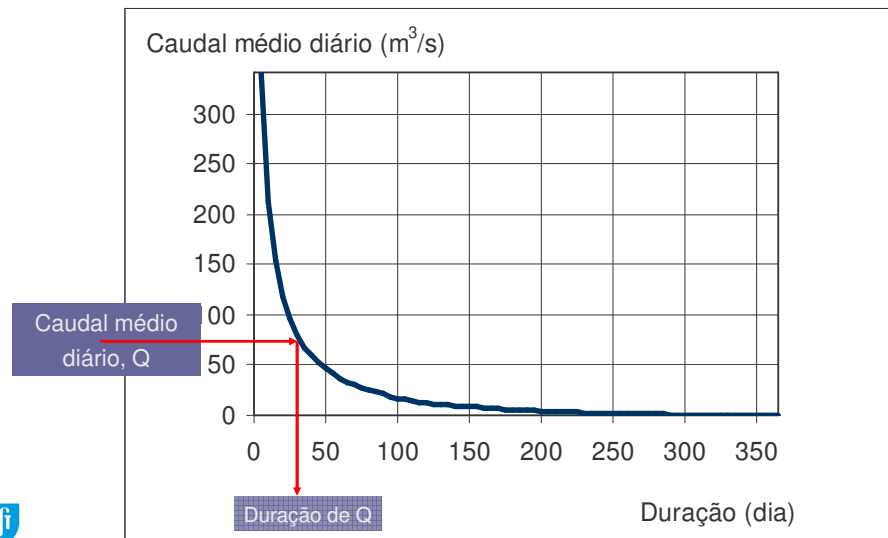
### Caracterização do regime diário de escoamentos ..... Curva de duração .....

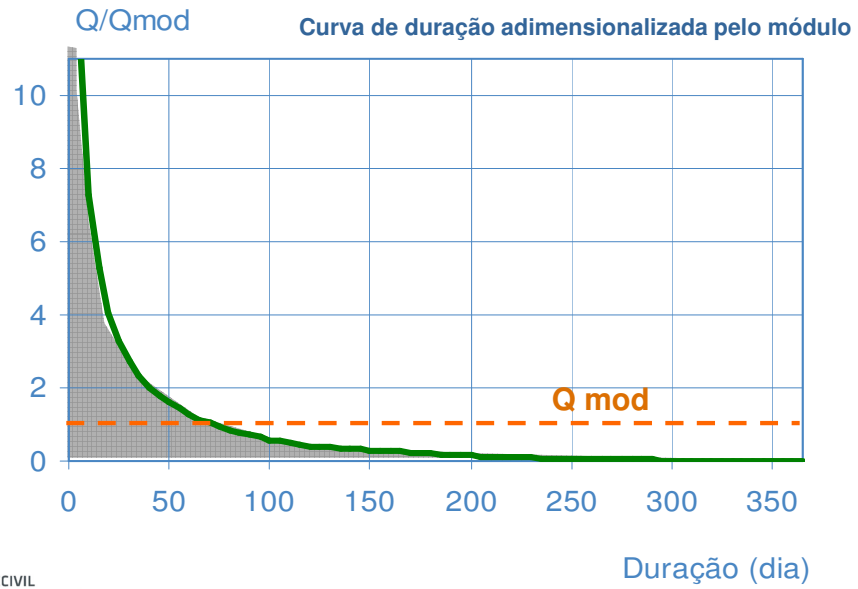
Curva de duração **média anual** do caudal médio diário numa dada secção de um curso de água

Número de dias **na média dos anos** em que cada caudal foi igualado ou excedido

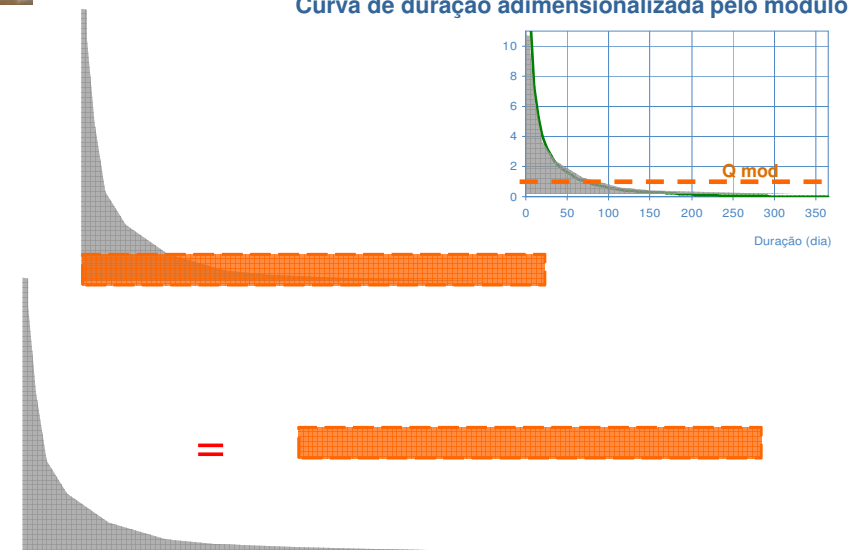


### Curva de duração (anual ou média anual) do caudal médio diário





**Curva de duração adimensionalizada pelo módulo**



... num ano .....na média dos anos ....



**Curva de duração com e sem unidades**

