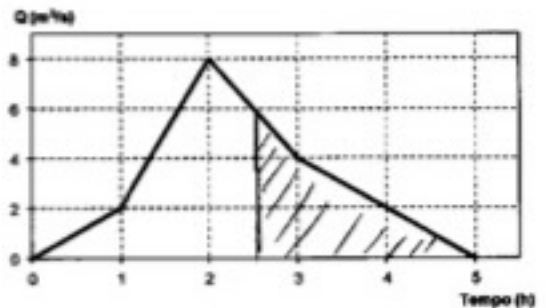


1. A figura ao lado esquematiza o hidrograma do escoamento direto resultante de uma precipitação efetiva que teve lugar entre as 0 h e a 1 h.

- Estime o volume dessa precipitação efetiva.
- Diga o que entende por detenção superficial.
- Sombreie na figura a área representativa do volume correspondente à detenção superficial entre as 2.5 h e o instante final do escoamento direto (5.0 h) e estime esse volume.



$$e) V_{PE} = (2 + 8 + 4 + 2) \times 3600 = 57600 \text{ m}^3$$

b) Bloco 3 e 4 das aulas teóricas

$$c) \left(\frac{6+4}{2} \times 0,5 + \frac{4 \times 2}{2} \right) \times 3600 = 23400 \text{ m}^3$$

2. A evaporação anual média estimada numa dada zona a partir dos registos fornecidos por um evaporímetro de tina da classe A é de cerca de 1050 mm. Nessa zona vai ser criada uma albufeira destinada ao abastecimento urbano a qual dará origem a um plano de água com uma área média de 18 km². A área da bacia hidrográfica a montante da albufeira (ou seja, não incluindo a área da albufeira) é de 138 km². Sabendo que, em média, se pretende manter constante a cota do plano de água no início de cada ano hidrológico e que os valores anuais médios da precipitação sobre a albufeira e do escoamento afluente à mesma são de 800 mm e 305 mm, respetivamente, determine o máximo volume anual médio suscetível de ser fornecido a partir da albufeira. Considere que o coeficiente de tina é igual a 0.80.

$$P A_{alb} + H A_{br} = V_{fornecido} + E V_{alb} A_{alb}$$

$$0,8 \times 18 \times 10^6 + 0,305 \times 138 \times 10^6 = V_{fornecido} + 1,05 \times 0,8 \times 18 \times 10^6$$

$$V_{fornecido} = 41,37 \text{ hm}^3$$

3. a) Indique pelo menos dois fatores meteorológicos de que depende a evapotranspiração.
 b) Distinga entre evapotranspirações potencial e real, indicando o que determina que tais evapotranspirações possam diferir entre si e, quando tal acontece, a ordem de grandeza relativa (maior, menor ou igual) entre as mesmas.

a) e b) blocos 11 e 12 das aulas teóricas

4. A tabela fornece a curva de duração média anual do caudal médio diário numa bacia hidrográfica com área de 252 km².
 Poderá o caudal mediano na anterior bacia hidrográfica ser de 8.0 m³/s? Justifique cuidadosamente a sua resposta, apresentando todos os cálculos para o efeito necessários e incluindo na mesma a definição de caudal mediano.

Duração (dia)	Caudal médio diário, Q (m ³ /s)
1	83.5
8	20.0
30	11.0
60	6.0
250	4.0
365	0.0

- Escoamento anual médio (integral de Q_{med})

$$V = 191,96 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$- Q_{mod} = 6,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

- $Q_{med} > Q_{mod}$ não é possível

- Blocos 9 e 10 das aulas teóricas

5. Nas condições do problema anterior e no pressuposto de aplicação da lei Normal, estime o escoamento anual na bacia hidrográfica (expresso em mm e hm³) que é excedido em 80% do tempo e indique o período de retorno desse escoamento (Nota: se não resolveu o problema anterior, para a resolução do presente problema adote o caudal modular de 10 m³/s).

$$H = \frac{V}{A} = 761,7 \text{ m}$$

$$A' = 2,74 H^{0,73} = 347,9 \text{ m}^2$$

$$z_f = -0,84$$

$$\hat{x} = \bar{x} + z_f A' = 469,5 \text{ mm} = H_{20\%}$$

$$V_{20\%} = H A = 118,3 \text{ hm}^3$$

6. Numa dada bacia hidrográfica, com a área de 50 km² e o tempo de concentração de 4 h, a precipitação total de projeto com o período de retorno de 100 anos foi caracterizada pelo hietograma apresentado na tabela. Determine o correspondente caudal de ponta de cheia. Admita perdas de precipitação de 20%.

Intervalo de tempo (h)	0.0-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0
Precipitação (mm)	35	21	6	1

$$Q = c \lambda A \quad \lambda = 4,375 \times 10^{-6} \text{ m/s} \quad c = 0,8$$

$$Q = 175 \text{ m}^3/\text{s}$$

7. A séries de caudais máximos anuais, Q, registados durante o período de N=35 anos numa estação hidrométrica localizada a montante de uma dada localidade apresenta as características estatísticas sistematizadas no quadro seguinte, no qual ln designa o logaritmo neperiano. Na localidade ocorrem cheias sempre que o caudal excede 150 m³/s.

Variável	N (ano)	Média	Coefficiente de variação (-)	Coefficiente de assimetria (-)
Q	35	60.6 m ³ /s	1.153	2.3
ln Q		3.5	0.337	0.1

a) De entre as seguintes duas leis estatísticas, qual delas aplicaria à estimativa do período de retorno do caudal de 150 m³/s: a lei Normal ou a lei de Galton? Justifique.

b) Estime, de modo aproximado, esse período de retorno de acordo com a lei que antes identificou.

a) Galton Bloco 16 aulas tópicos

$$b) \hat{X} = \bar{x} + k A' \quad \ln 150 = 3,5 + z \times 0,337 \times 3,5$$

$$z \approx 1,28 \Rightarrow T \approx 10 \text{ anos}$$

8. Na tabela seguinte indica-se o hidrograma de cheia do escoamento direto originado por uma precipitação efetiva com a duração de 1.5 h e intensidade uniforme de 4 mm/h.

Hidrograma do escoamento direto	Tempo (h)	0.0	0.5	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5
	Caudal (m ³ /s)	0.0	7.0	15.0	40.0	32.0	19.5	0.0

a) Determine a área da bacia hidrográfica e o correspondente tempo de concentração.

b) Determine o hidrograma unitário para a precipitação de 1 mm com a duração de 0.5 h. Se necessário, complete o hidrograma de cheia fornecido na tabela admitindo variação linear do caudal.

c) Confirme que o hidrograma unitário que obteve está certo.

$$a) V_{PE} = V_{ED} \quad \frac{4}{1000} \times 1,5 \times A = 141 \times 1800 \Rightarrow A = 42,3 \text{ km}^2$$

b) $t_c = 2,10 \text{ h}$

Tempo D	R	u (m ³ /h/mm)	P (mm)			Q (m ³ /s)
			2	2	2	
0	0,0	0	0	0	0	0
1	0,5	u ₁	2u ₁	0	0	7
2	1,0	u ₂	2u ₂	2u ₁	0	15
3	1,5	u ₃	2u ₃	2u ₂	2u ₁	27,5
4	2,0	u ₄	2u ₄	u ₃	2u ₂	40
5	2,5	u ₅	2u ₅	2u ₄	2u ₃	32
6	3,0	u ₆	2u ₆	2u ₅	2u ₄	19,5
7	3,5	---	---	---	---	0
8	4,0	---	---	---	---	0

$2u_1 = 7 \Rightarrow u_1 = 3,5 \text{ m}^3/\text{h/mm}$
 Razões idênticas
 $u_2 = 4 \text{ m}^3/\text{h/mm}$
 $u_3 = 6,25 \text{ m}^3/\text{h/mm}$
 $u_4 = 9,75 \text{ m}^3/\text{h/mm}$
 u_5 e u_6 não
 ordenadas, mas

$$c) V_{PE} = V_{ED} \quad \frac{1}{1000} \times A = \sum u_i \times D = 23,5 \times 1800$$

$$\Rightarrow A = 42,3 \text{ km}^2 \text{ Confirme}$$

9. De entre as medidas corretivas e preventivas dos efeitos das cheias distinguem-se as medidas estruturais e as não estruturais. Diferencie entre estes dois tipos de medidas e dê exemplos de ações que as concretizam.

Blow 23 das aulas teóricas

10. O solo de um terreno agrícola apresenta as seguintes características: taxa de infiltração máxima quando seco de 80.0 mm/h; taxa de infiltração correspondente à saturação de 4.6 mm/h; constante empírica da fórmula de Horton: 0.98/h.

Após uma seca prolongada, em que o solo ficou totalmente seco, ocorreu uma precipitação sensivelmente uniforme no espaço e no tempo a qual durou 40 min. Sensivelmente 20 min após o início de tal precipitação começou a formar-se escoamento à superfície do terreno. Determine as quantidades de água precipitada, infiltrada e correspondente ao escoamento superficial, expressas em mm.

$$t = 20 \text{ min} \quad f_{20} = 4,6 + (80 - 4,6) \times e^{-0,98 \times \frac{20}{60}} = 58,99 \text{ mm/h} = k$$

$$F_{20} = 22,97 \text{ mm}$$

$$t = 40 \text{ min} \quad F_{40} = 39,97 \text{ mm}$$

$$F_{\text{total}} \approx 58,99 \times \frac{20}{60} + 39,97 - 22,97 = 36,66 \text{ mm}$$

$$P = 58,99 \times \frac{40}{60} = 39,33 \text{ mm}$$

$$H = 39,33 - 36,66 = 2,66 \text{ mm}$$

Formulário

Probabilidade de não excedência	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
Normal reduzida, z	-1.28	-0.84	-0.52	-0.25	0.00	0.25	0.52	0.84	1.28	1.34	1.41	1.48	1.55	1.64	1.75	1.88	2.05	2.33	3.09

$$Q = C i A$$

$$K_p = \frac{2}{C_s} \left\{ \left[\left(z - \frac{C_s}{6} \right) \frac{C_s}{6} + 1 \right]^3 - 1 \right\}$$

$$K_G = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.577216 + \ln \left[\ln \left(\frac{1}{F} \right) \right] \right\}$$

$$s' = 2.74 H^{0.73}$$

$$\text{Green e Ampt: } f = K_s \left[1 - \frac{\Psi_s (\theta_s - \theta_i)}{F} \right]; F = K_s t + \frac{b}{K_s} \ln \left(1 + \frac{K_s F}{b} \right); b = -K_s \Psi_s (\theta_s - \theta_i)$$

$$\text{Horton: } f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}; F = f_c t + \frac{f_0 - f_c}{K} (1 - e^{-kt})$$