1. Da água doce existente no globo terrestre, cerca de $35x10^6$ km^3, 30% reside em média 1400 a nos aquíferos subterrâneos e 0,006% reside em média 16 d nos rios.
   Calcule o volume médio de renovação anual nos dois reservatórios e, com base no resultado obtido, refira de qual dos reservatórios se poderá utilizar de modo permanente maior quantidade de água.

2. O volume de água existente nos oceanos, que ocupam uma área superficial de 70% da superfície do globo terrestre, estima-se em cerca de $1338x10^6$ km^3. Sabendo que o coeficiente de dilatação térmica da água é cerca de 0,00015 K^{-1} e desprezando outros efeitos estime o aumento da profundidade média dos oceanos quando a sua temperatura se eleve uniformemente de 1 ºC.
   Considere que o raio médio da Terra é 6370 km.

3. O escoamento anual médio dos continentes é cerca de 316 mm. Sabendo que a área dos continentes é $150x10^6$ km^2 e que o escoamento do rio Amazonas corresponde a cerca de 12% do total, estime o caudal médio do referido rio em m^3/s.

4. Em Portugal Continental, com uma área de 89 000 km2 e 10 000 000 de habitantes, o abastecimento público de água é em média cerca de 200 l/hab/d. Estime em mm/a o volume anual de água abastecido.

5. Em determinada bacia hidrográfica obtiveram-se os seguintes elementos para análise do relevo

z (m)	204	220	240	260	280	300	306
A (km^2)	23,05	22,84	16,81	9,32	2,07	0,57	0,00

   onde z representa a cota e A a área de bacia acima dessa cota. Calcule a altura média da bacia hidrográfica.

6. A área de determinada bacia hidrográfica é 102 km^2 e a soma dos desenvolvimentos de todos os seus cursos de água é 300 km, numa dada escala cartográfica. Estime o percurso médio de escoamento sobre o terreno.

7. No quadro seguinte apresenta-se a contagem do número de segmentos de cursos de água de cada ordem, segundo a classificação de Strahler,

Ordem (i)	1	2	3	4	5
Número (N_i)	139	46	11	3	1

   Determine a razão de bifurcação média geométrica.

8. Para o traçado do perfil longitudinal de determinado curso de água determinaram-se os seguintes pontos

x (km)	0	2	4	7
z (m)	103	110	130	205

onde x representa a distância à secção de referência e z, a cota. Determine o declive médio e o declive equivalente do curso de água.

9. Numa bacia hidrográfica com 100 km^2 de área, para a qual são transferidos de bacia vizinha cerca de 8 hm^3 por mês, a precipitação e o escoamento em determinado ano hidrológico foram de 1000 mm e 1300 mm, respectivamente. Estime em mm o valor da evapotranspiração real nesse ano. Justifique.

10. De uma bacia hidrográfica com 100 km^2 de área, pretende-se transferir para bacia vizinha o máximo caudal médio compatível com um escoamento médio de 0,5 m^3/s na secção de referência da bacia de origem. Sabendo que a precipitação e a evapotranspiração anuais médias na bacia de origem são respectivamente de 1000 mm e 700 mm, estime o máximo caudal médio transferível em m^3/s. Justifique.

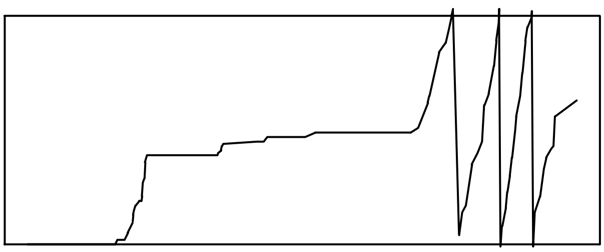
11. Os valores anuais médios da precipitação e do défice do escoamento numa bacia hidrográfica com a área de 40 km^2 foram estimados em 1500 e 850 mm, respectivamente. Determine o caudal anual médio na secção de referência da referida bacia em m^3/s.

12. O hietograma acumulado de determinada precipitação é representado no seguinte quadro:

t (min)	0	10	20	30	40	50	60
P (mm)	0	15	35	41	45	47	47

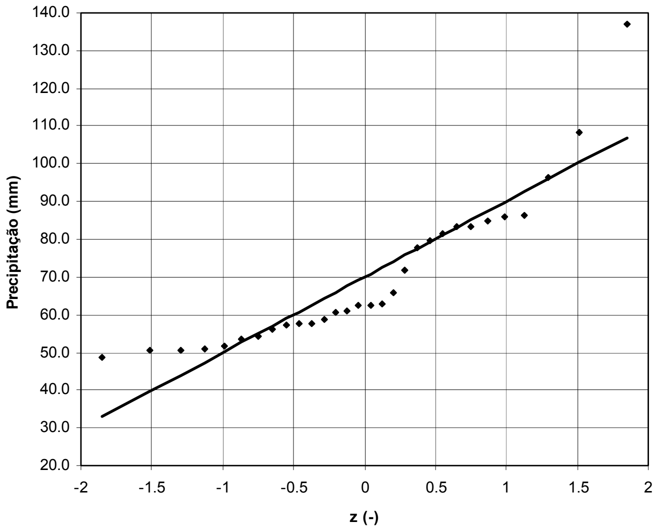
Determine a máxima intensidade média da precipitação em meia hora.

13. A figura abaixo representa um registo diário de um udógrafo de sifão. Sabendo que a escala vertical corresponde a 10 mm de precipitação estime a precipitação nesse dia.



14. Em três postos udométricos com áreas de influência de 10, 20 e 30 km^2 sobre determinada bacia hidrográfica registaram-se em dado período de tempo precipitações de 12, 18 e 23 mm, respectivamente. Estime pelo método de Thiessen a precipitação sobre a bacia nesse período de tempo.

15. Na Figura abaixo representa-se em papel de probabilidade Normal uma série de máximos anuais da precipitação diária e a lei Normal que lhe foi ajustada pelo método dos momentos.



a) Estime a média e o desvio-padrão da série amostral.
b) A série amostral tem um coeficiente de assimetria positivo ou negativo ? Justifique.
c) Sabendo que o factor de probabilidade da lei de Gumbel é

$$K_G = -\frac{\sqrt{6}}{\pi}\left\{0{,}5772 + \ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}$$

estime a precipitação máxima diária com um período de retorno de 100 a (se não respondeu à alínea a), arbitre valores plausíveis da média e do desvio-padrão).

16. Para determinada bacia hidrográfica estimou-se um escoamento médio anual de 200 mm. Sabendo que o coeficiente de variação do escoamento anual é

$$CV_H = 2{,}74\ \overline{H}^{-0{,}27}$$

e que para a lei normal se tem

F(x)	0,5	0,9	0,99	0,995	0,999
K_N	0,00	1,28	2,33	2,56	3,09

determine o escoamento anual que, segundo tal lei, tem a probabilidade de 90 % de ser excedido.

17. Sabendo que o factor de probabilidade da lei de Gumbel é definido por

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi}\{0{,}5772 + \ln[-\ln(F(x))]\}$$

estime o caudal máximo anual com um período de retorno de 500 a para a secção transversal de um curso de água onde a média e o coeficiente de variação dos caudais máximos anuais são respectivamente 1000 m^3/s e 0,270.

18. Em determinada obra dimensionaram-se os órgãos de descarga para um caudal máximo anual de 1280 $m^3\ s^{-1}$. Na secção onde a obra foi implantada a série dos caudais máximos anuais apresenta uma média e um desvio-padrão de 500 $m^3\ s^{-1}$ e 250 $m^3\ s^{-1}$, respectivamente. Nessas condições e admitindo a aplicabilidade da lei de Gumbel, determine:
    a) a probabilidade do caudal de dimensionamento não ser excedido num determinado ano;
    b) a probabilidade do caudal de dimensionamento ser excedido em pelo menos um dos quarenta anos que se sigam à conclusão da obra.

19. Numa estação hidrométrica obtiveram-se os seguintes pares de valores para a altura hidrométrica e para o caudal que lhe corresponde

Data (AAMMDD)	Altura (m)	Caudal (m^3/s)	Data (AAMMDD)	Altura (m)	Caudal (m^3/s)	Data (AAMMDD)	Altura (m)	Caudal (m^3/s)
791011	0.735	3.743	810513	0.42	0.132	840321	0.76	3.062
791011	0.805	4.68	811231	0.835	4.732	840330	0.59	1.006
791016	0.552	0.223	820115	0.52	0.61	840502	0.53	0.625
791123	0.45	0.286	820205	0.48	0.343	840605	0.5	0.353
791226	0.435	0.264	820331	0.495	0.302	840720	0.45	0.061
800116	0.495	0.631	820723	0.39	0.014	841107	0.45	0.123
800222	0.512	0.84	821210	0.395	0.03	841119	0.49	0.313
800416	0.485	0.564	830117	0.43	0.037	850121	1.3	19
800506	0.52	0.908	830221	0.415	0.036	850121	0.88	5.16
800609	0.41	0.095	830325	0.39	0.016	850121	1.18	14.2
810123	0.412	0.025	830422	0.4	0.035	850123	0.805	4.27
810216	0.415	0.029	831115	0.477	0.375	850129	0.675	2.02
810326	0.415	0.05	840105	0.547	0.759	850208	0.985	7.01
810402	0.53	0.702	840213	0.53	0.67	850212	0.707	2.48

Admitindo que a curva de vazão pode ser representada por uma função do tipo $Q = a\left(h - h_0\right)^b$, determine os parâmetros a, b e h_0 que minimizam a soma dos quadrados dos desvios entre o caudal medido e o caudal estimado e o coeficiente de correlação linear entre o caudal medido e o caudal estimado. Represente graficamente os pontos amostrais e a função que lhes foi ajustada.

20. Em determinada secção transversal de um curso de água observaram-se as seguintes alturas hidrométricas

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

Sabendo que na referida secção a curva de vazão é definida por

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

com Q em m^3/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 (m^3). Estime também o caudal médio no referido período (m^3/s).

21. Em determinada região a precipitação anual média é 1200 mm e a temperatura média anual é 14 ºC. Estime pelo método de Turc o escoamento anual médio (m^3) numa bacia hidrográfica dessa região e com 280 km^2 de área.

22. Estime o escoamento anual médio (mm) numa bacia hidrográfica de Portugal Continental, com solos dando origem a escoamento elevado, onde a temperatura média anual é 12 ºC e a precipitação anual média é 850 mm. Utilize as relações regionais de Quintela.

23. O caudal médio anual numa bacia hidrográfica em Portugal Continental com 100 km^2 de área é 2 m^3/s. Estime em m^3 o escoamento anual com a probabilidade de 80% de ser excedido. Justifique.

24. Utilizando as curvas de duração média anual de Quintela, estime o caudal médio diário (m^3/s) que em média é igualado ou excedido em 40 dias por ano, numa bacia hidrográfica com 410 mm de escoamento anual médio e 320 km^2 de área.

25. No Quadro seguinte apresentam-se os valores da temperatura média mensal e da insolação média diária em determinado local à latitude de 40 ºN.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
T (ºC)	5.1	6.0	8.5	10.6	14.3	18.6	21.7	21.0	18.0	13.6	8.0	5.1
n (h)	3.9	5.2	5.7	7.8	10.0	11.6	12.8	12.0	7.8	6.2	4.6	3.2

Estime pelos métodos de Thornthwaite e de Turc a evapotranspiração potencial mensal e anual nessa região. Considere que os coeficientes de Angstrom são α=0.23 e β=0.53 e despreze o efeito da humidade relativa na fórmula de Turc.

26. Em determinado local a temperatura e a velocidade do ar a 2m do solo são respectivamente 18 ºC e 20 km/h. Sabendo que a humidade relativa é de 40% calcule o poder evaporante do ar (mm d^{-1}).

27. Num dia em que o balanço de energia radiante foi 11.72 MJ m^{-2} d^{-1} e a pressão atmosférica 102 391 Pa o ar apresentou características idênticas às do problema anterior. Nestas condições, estime pela fórmula de Penman a evaporação nesse dia de uma superfície livre de água de pequena profundidade.

28. A massa volúmica aparente de um solo seco é 1750 kg m^{-3} e a massa volúmica dos sólidos é 2500 kg m^{-3}. Determine a porosidade do solo e a sua massa volúmica aparente quando saturado.

29. Um vaso, munido de um orifício no fundo, contém 5 ℓ de um solo com um teor volúmico de humidade de 0.15. Sabendo que a capacidade de campo do solo é 0.28, calcule a quantidade de água que sairá pelo orifício quando se deitar no vaso 1 ℓ de água.

30. Num terreno com 1 ha encontra-se instalada uma cultura agrícola com a profundidade radicular de 0.5 m. Sabendo que o solo tem uma capacidade de campo de 0.45 e que o mínimo teor volúmico de humidade admissível para produção é 0.24, estime o volume de água de rega para passar desse mínimo à capacidade de campo. Sabendo que a evapotranspiração média é de 3 mm/d estime também o intervalo de tempo entre duas regas sucessivas.

31. Calcule a que altura sobe a água num tubo de vidro com 1 mm de raio. Considere $\sigma = 0.072$ N m^{-1}, $\alpha = 0°$ e $\gamma = 9800$ N m^{-3}.

32. Determinado solo apresenta quando saturado um teor volúmico de humidade de 0.40 e uma permeabilidade de 0.4 mm/min. Partindo de um teor volúmico de humidade de 0.20 e sabendo que a sucção na frente de humedecimento é -50 mm, determine:
    a) A infiltração acumulada à capacidade do solo ao fim de uma hora.
    b) A intensidade média de infiltração nessa hora.
    c) O tempo necessário para infiltrar à capacidade do solo 60 mm de água.

33. Sobre um solo, com um teor volúmico de humidade inicial de 0.10, uma sucção na frente de humedecimento de -61.3 mm e que, quando saturado, apresenta uma permeabilidade de 0.5 mm/min e um teor volúmico de humidade de 0.37, ocorre com intensidade constante uma precipitação de 45 mm durante 30 min. Nestas condições estime:
    a) O tempo de encharcamento do solo.
    b) A infiltração acumulada até ao fim da precipitação.
    c) O excesso de precipitação que fica disponível à superfície.

34. A intensidade de infiltração à capacidade de um solo era inicialmente 85 mm/h e reduziu-se a 8 mm/h ao fim de 2 h. Nesse intervalo de tempo a infiltração acumulada foi 30 mm. Com base nestes dados estime a constante k da fórmula de Horton. Justifique.

35. Em determinada bacia hidrográfica, com 290 km^2, em períodos prolongados sem precipitação, o caudal na secção de referência segue com bastante aproximação uma lei de esgotamento do tipo

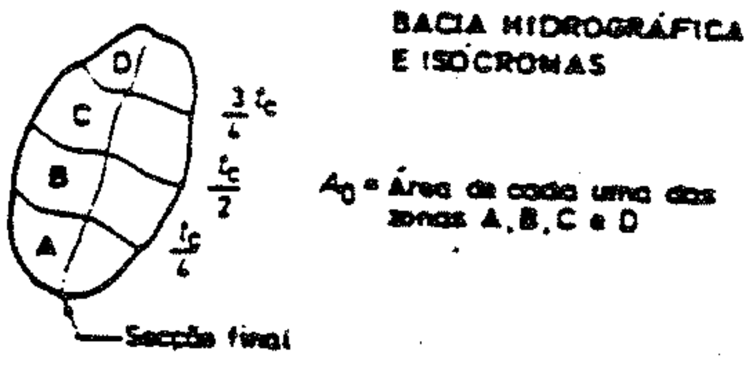
$$Q = Q_0 \; e^{-k(t-t_0)}$$

Sabendo que nessa bacia hidrográfica, às 9 horas de 4 de Março e de 13 de Março o caudal era respectivamente de 10,9 e 7,3 m^3/s e admitindo que não ocorreu precipitação, estime o volume de água que passou na secção de referência desde a última data até ao total esgotamento da bacia. Exprima esse volume em altura de água uniformemente distribuída sobre a bacia.

36. Um reservatório linear, com uma constante k=15x10^{-6} s^{-1}, apresenta em determinado instante um volume de água V_0=10^5 m^3. Sabendo que a partir desse instante foi alimentado de acordo com o hidrograma que se apresenta no quadro que se encontra abaixo, determine o hidrograma do caudal saído do reservatório (Q) desde o instante inicial até 18 h depois e represente graficamente os dois hidrogramas (I e Q).

t (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
I (m^3/s)	0	14	20	30	46	28	12	0

37.



Em cada uma das zonas da bacia hidrográfica acima representada ocorreu precipitação útil de acordo com as intensidades I_A, I_B, I_C e I_D que se apresentam no quadro seguinte:

$t/(t_c/4)$ (-)	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
I_A/I_0 (-)	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
I_B/I_0 (-)	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0
I_C/I_0 (-)	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0
I_D/I_0 (-)	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0

onde I_0 representa uma intensidade de referência e t_c, o tempo de concentração da bacia hidrográfica. Determine o hidrograma do caudal do escoamento directo resultante de tal precipitação, em unidades de $I_0\ A_0$.

38. Em determinada bacia hidrográfica, em resultado de precipitação útil com grande duração e intensidade constante de 60 mm/h, obteve-se o seguinte hidrograma do escoamento directo

t (h)	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	…
Q_d (m^3/s)	0	60	150	280	320	340	350	350	…

a) Determine a área da bacia hidrográfica.
b) Determine o hidrograma unitário para a duração de 0.25 h.

39. Em determinada bacia hidrográfica, em resultado de precipitação útil que de 30 min em 30 min foi 5 mm, 10 mm e 3 mm, obteve-se o seguinte hidrograma do escoamento directo

t (h)	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Q_d (m^3/s)	0	15	70	99	44	6	0

a) Determine o tempo de concentração da bacia.
b) Determine o hidrograma unitário para a duração de 0,5 h.

40. Em determinada bacia hidrográfica, em resultado de uma precipitação útil de 15 mm em 15 min e de 5 mm nos 15 min seguintes, obteve-se o seguinte hidrograma do escoamento directo:

t (h)	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
Q_d (m^3/s)	0	150	275	225	125	25	0

Determine o hidrograma unitário para a duração de 30 min.

41. Apresenta-se no quadro seguinte o hidrograma unitário de determinada bacia hidrográfica para a precipitação útil com a duração de 0.5 h:

t (h)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
u (m^3/s/mm)	0	15	34	17	9	0

a) Determine o tempo de concentração da bacia hidrográfica.
b) Determine a área da bacia hidrográfica.
c) Calcule o hidrograma do escoamento directo que resultaria na secção de referência dessa bacia hidrográfica de uma precipitação útil de 20 mm, 30 mm e 12 mm, em intervalos sucessivos de 30 min.

42. O hidrograma em S de determinada bacia hidrográfica encontra-se representado no seguinte quadro:

t (h)	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
S (m^3/s/mm)	0	2	10	20	36	36

Com base nesse hidrograma determine:
a) o tempo de concentração da bacia hidrográfica;
b) a área da bacia hidrográfica;
c) o respectivo hidrograma unitário para a duração de 0,5 h.

43. O hidrograma unitário de determinada bacia hidrográfica encontra-se representado no seguinte quadro:

t (h)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
u (m^3/s/mm)	0	10	30	25	12	6	0

Desprezando as perdas da precipitação e sabendo que a linha de possibilidade udométrica para o período de retorno de 100 a na região é

$$P = 5\ t^{0.5}$$

com P em mm e t em min, determine:

a) a distribuição temporal da precipitação que maximiza o caudal de ponta de cheia para esse período de retorno,
b) o referido caudal máximo de ponta de cheia,
c) o caudal de ponta de cheia que resultaria de uma precipitação com distribuição temporal uniforme.

44. Utilizando a fórmula racional com factor de majoração e C=0,8, estime o caudal de ponta de cheia com o período de retorno de 100 a numa bacia hidrográfica com 80 km^2 de área, 2,5 h de tempo de concentração e sobre a qual a linha de possibilidade udométrica para esse período de retorno, com P em mm e t em min, é

$$P = 4\ t^{0,45}$$

45. Determinada albufeira, com uma capacidade útil de 2304 dam^3, apresenta no início de um dado mês um volume útil armazenado de 1560 dam^3. Sabendo que durante esse mês afluiu à albufeira um volume de água, já descontada a evaporação, de 1680 dam^3 e que se forneceram 600 000 m^3 , estime o volume de água descarregado.