



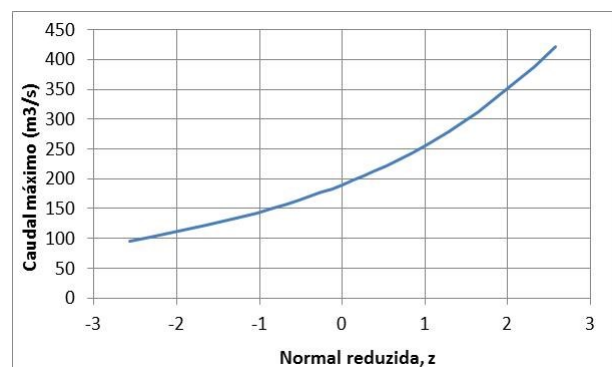
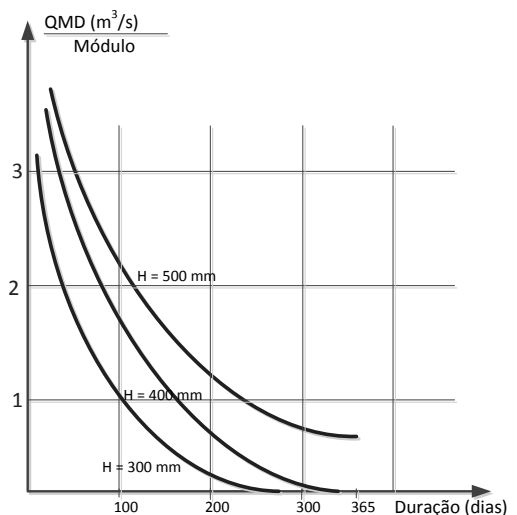
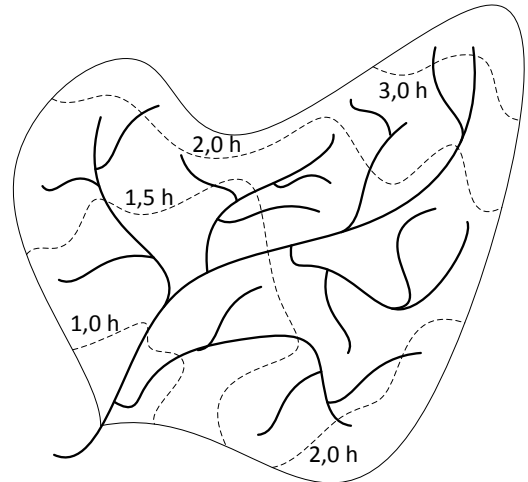
**INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO**  
**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**  
**Hidrologia, Ambiente e Recursos Hídricos**  
**Ano lectivo de 2013/14 – Exame 2 – Duração total: 2 horas**

(Cada pergunta vale 2 valores)

1. A bacia hidrográfica do rio Tejo possui 80'600 km<sup>2</sup>, distribuídos por 24'800 km<sup>2</sup> em Portugal e 55 800 km<sup>2</sup> em Espanha. A precipitação anual média em Portugal e Espanha é, respectivamente 875 mm e 655 mm; e o módulo em regime natural do rio Tejo na fronteira e na foz é, respectivamente, 280 e 700 m<sup>3</sup>/s. Estime a evapotranspiração em Portugal e em Espanha, em mm.
2. A figura apresenta uma bacia hidrográfica com respectiva rede hidrográfica e isócronas (a tracejado). Determine o índice de bifurcação média e o tempo de concentração da bacia hidrográfica.
3. A equação de Penman para o cálculo da evaporação é a soma de duas parcelas. Explique o significado físico de cada parcela fazendo referência às variáveis nelas incluídas.

$$E = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{24 \cdot 60 \cdot R}{L} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot 0,35 \cdot (e_a^* - e_a) \cdot \left(1 + \frac{V}{100}\right)$$

4. A figura apresenta as curvas de duração média anual do caudal médio diário de três bacias hidrográficas de Portugal continental. Considerando uma central hidroeléctrica instalada numa secção com uma bacia hidrográfica a montante de 350 km<sup>2</sup> que produz um escoamento com um módulo de 4,4 m<sup>3</sup>/s, estime o número médio de dias por ano que pode operar se a sua gama de operação for 2 a 4 m<sup>3</sup>/s.
5. O registo dos máximos anuais do caudal máximo de uma estação hidrométrica revela que a distribuição de caudais pode ser representada por uma função de Gumbel, conforme mostra o gráfico. Calcule a média e o desvio padrão do caudal máximo e o período de retorno associado a um caudal igual a 300 m<sup>3</sup>/s.

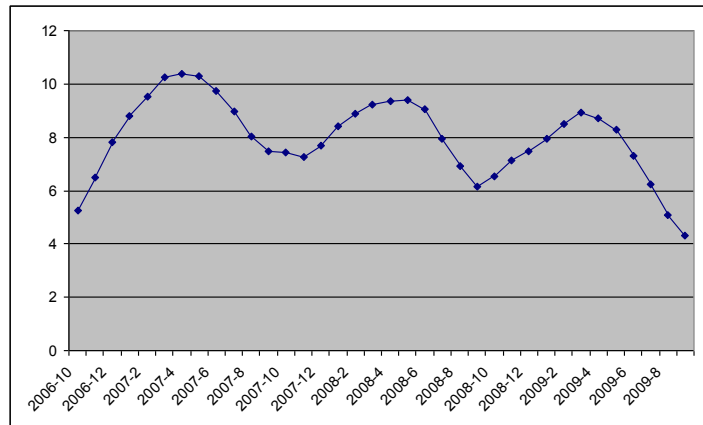


6. Estime a quantidade de água, em mm, existente num solo com 60 cm de profundidade, uma porosidade de 0,5 e um grau de saturação de 0,8. Sabendo que a massa volúmica das partículas de solo é 2650 kg/m<sup>3</sup>, calcule a massa volúmica aparente do solo húmido, em kg/m<sup>3</sup>.
7. Considere um solo com um teor volúmico de humidade em saturação igual a 0,4 e com uma permeabilidade, quando saturado, de 0,5 mm/min. Num momento em que o teor volúmico de humidade do solo é igual a 0,25, ocorre um evento pluvioso extremo, com uma duração de 30 min e uma intensidade precipitação uniforme igual a 80 mm/h. Esse evento gera a ocorrência quase imediata de escoamento superficial que totaliza 17 mm até ao final da chuvada. Estime a sucção na frente de humedecimento, em mm.



**INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO**  
**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**  
**Hidrologia, Ambiente e Recursos Hídricos**  
**Ano lectivo de 2013/14 – Exame 2 – Duração total: 2 horas**

8. Na figura está representada a série temporal piezométrica (valores em m) referente a 3 anos hidrológicos registada na captação 595/1028 no aquífero Querença-Silves. Calcule o valor médio de recarga para cada um dos dois primeiros anos utilizando o método de flutuação dos níveis freáticos. O valor da porosidade efectiva é de 0,12.



9. Considere uma bacia com uma área de 300 km<sup>2</sup> e um curso de água principal com 100 km de comprimento e 0.005 de declive médio. Sabendo que a curva de possibilidade udométrica para um período de retorno de 100 anos assume a fórmula  $P = 38 \cdot D^{0.48}$ , com P em mm e D em horas, determine o caudal de ponta de cheia assumindo uma precipitação não uniforme. Recorra às fórmulas de Kirpich e à fórmula racional com C igual a 0,7.

10. Considere uma bacia hidrográfica onde uma precipitação útil de 30 mm com uma duração de 20 min gera hidrograma apresentado no quadro.

- Qual é o tempo de concentração da bacia, em horas?
- Qual é a área da bacia hidrográfica.
- Determine o hidrograma de cheia que resulta de um evento pluvioso de 30 mm com uma duração de 40 min.

T (min)	0	10	20	30	40	50	60	70
Q (m <sup>3</sup> /s)	0	30	90	105	75	45	15	0

**Fórmulas úteis:**

Normal reduzida:

p	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	0.99
z	-2.33	-1.64	-1.28	-0.84	-0.52	-0.25	0.00	0.25	0.52	0.84	1.28	1.64	2.33

Factor de probabilidade da lei de Gumbel:

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

Equação de Green e Ampt:

$$f = K_s - \frac{K_s \Psi_f (\theta_s - \theta_i)}{F} \quad F = K_s t + \frac{b}{K_s} \ln \left( 1 + \frac{K_s \cdot F}{b} \right) \quad b = -K_s \Psi_f (\theta_s - \theta_i) \quad t_e = \frac{(-\Psi_f)(\theta_s - \theta_i)}{p \left( \frac{p}{K_s} - 1 \right)}, p > K_s$$

Fórmula de Kirpich:  $T_c = 0,3 \cdot \left( \frac{L}{d^{0,3}} \right)^{0,76}$ , Tc em horas, L em km, d sem unidades.

Factor de majoração da fórmula racional:  $f = 2 - \sqrt{n}$