

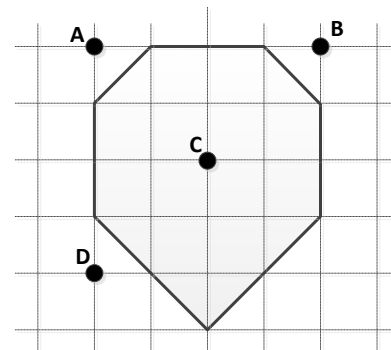


**INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO**  
**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**  
**Hidrologia, Ambiente e Recursos Hídricos**  
**Ano lectivo de 2014/15 – Exame 2 – Duração total: 2 horas**

(Cada pergunta vale 2 valores)

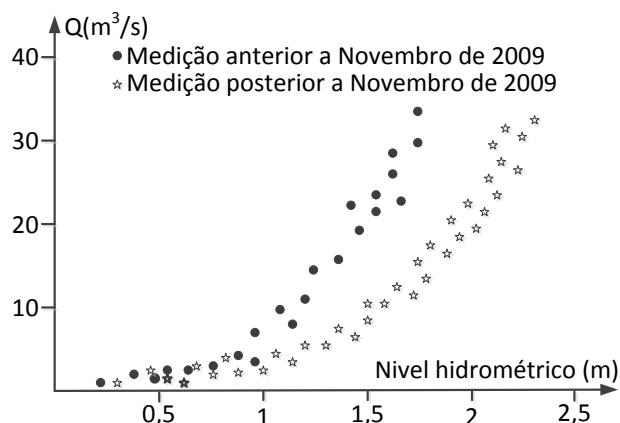
1. Considere uma bacia hidrográfica de uma barragem com  $1000 \text{ km}^2$ . A área da albufeira criada pela barragem tem  $15 \text{ km}^2$  (incluídos na bacia hidrográfica). Num dado ano hidrológico em que a precipitação sobre a bacia foi  $900 \text{ mm}$  e a evapotranspiração foi  $550 \text{ mm}$ , o volume de água armazenada na albufeira aumentou  $45 \text{ hm}^3$ , apesar de terem sido fornecidos  $300 \text{ hm}^3$  para vários usos. Estime o valor da evaporação anual, em  $\text{mm}$ , a partir da albufeira.

2. Considere a bacia hidrográfica com  $1500 \text{ km}^2$  representada na figura e a localização de quatro estações udométricas onde foram registados os seguintes valores de precipitação anual:  $P_A=800 \text{ mm}$ ;  $P_B=900 \text{ mm}$ ,  $P_C=700 \text{ mm}$  e  $P_D=750 \text{ mm}$ . Utilize o método dos polígonos de Thiessen para estimar a precipitação anual sobre a bacia hidrográfica.



3. Num determinado dia em que a radiação solar no topo da atmosfera é  $35 \text{ MJ/m}^2/\text{dia}$ , a radiação incidente numa determinada área da superfície terrestre é  $20 \text{ MJ/m}^2/\text{dia}$ , a radiação reflectida pela superfície terrestre é  $5 \text{ MJ/m}^2/\text{dia}$  e o balanço líquido das trocas de energia entre a atmosfera e a superfície terrestre é  $-1 \text{ MJ/m}^2/\text{dia}$  (comprimento onda longo). Calcule o albedo dessa área da superfície terrestre nesse dia.

4. A figura apresenta várias medições de caudal realizadas numa dada secção, antes e depois de uma cheia que ocorreu em Novembro de 2009. Explique a dispersão dos pontos apresentados no gráfico. Trace no gráfico a curva de vazão posterior a Novembro de 2009 e estime o valor de caudal que ocorre no final de Dezembro de 2010, quando o valor da altura hidrométrica é  $1,5 \text{ m}$ . Justifique a sua resposta.



5. A análise do registo de 30 anos de caudais médios diários de uma estação hidrométrica permitiu calcular as seguintes percentagens de valores acima de certos valores de caudal. Esboce a curva de duração média do caudal médio diário e determine o módulo e o caudal mediano da estação hidrométrica. Estime ainda o número médio de dias por ano que uma central hidroeléctrica pode operar se a sua gama de operação for  $2$  a  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$Q^*$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	60	20	8	4	2	1
Percentagem de valores acima de $Q^*$	5%	20%	40%	60%	80%	100%

6. O registo dos máximos anuais do caudal máximo de uma estação hidrométrica localizada a montante de uma localidade possui as seguintes estatísticas e revela que a distribuição de valores do caudal máximo por ser representada por distribuição de Gumbel. Sabendo que ocorrem inundações sempre que o caudal excede os  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ , estime o período de retorno das inundações.

	N	Média ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Coef. Variação	Coef. Assimetria
Q	30	83,9	1,28	4,2
$\ln Q$	30	3,9	0,26	0,0

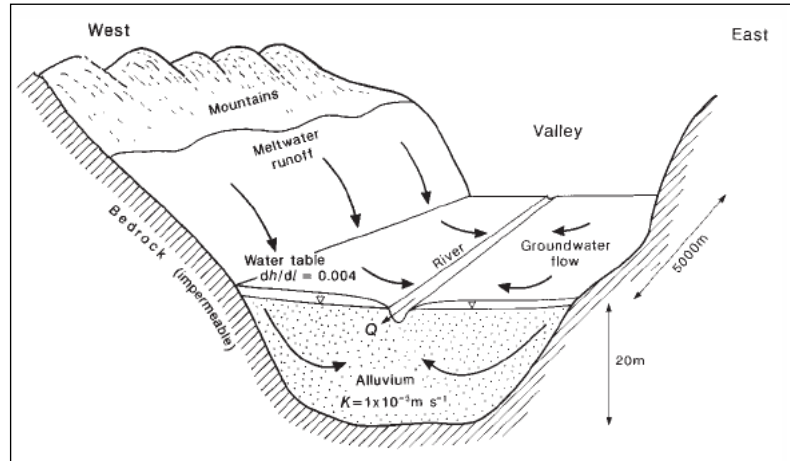
7. Uma precipitação de  $20 \text{ mm/h}$  com  $180 \text{ min}$  de duração sobre um determinado solo dá origem a escoamento superficial desde o início da chuvada. O escoamento é inicialmente nulo, mas inicia-se imediatamente e aumenta até  $16 \text{ mm/h}$ , quando estabiliza. O volume acumulado de escoamento aos  $180 \text{ min}$  de chuvada é  $37,5 \text{ mm}$ . Assumindo o modelo de infiltração de Horton, estime a constante característica do solo,  $k$ .



**INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO**  
**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**  
**Hidrologia, Ambiente e Recursos Hídricos**  
**Ano lectivo de 2014/15 – Exame 2 – Duração total: 2 horas**

8. A aplicação do modelo de Thornthwaite-Matter a uma bacia hidrográfica, assumindo um valor de  $H_{max}$  igual a 150 mm, apresenta os seguintes valores para um dado mês: Excesso de água no mês anterior = 80 mm, Volume inicial de água no solo = 120 mm, Precipitação = 150 mm e Evapotranspiração potencial 100 mm. Calcule o excesso de água e o escoamento superficial no mês em análise.

9. Considere a situação hidrogeológica ilustrada na figura, onde o aquífero aluvial é recarregado por água de degelo proveniente das montanhas adjacentes impermeáveis que se desenvolvem paralelas ao eixo do vale. As águas subterrâneas que se acumulam no aquífero descarregam para o rio. Assumindo que o rio é inteiramente alimentado pela descarga de águas subterrâneas, estime o caudal do rio ( $Q$ ) à saída do vale, em condições de fluxo uniforme estável.



10. Considere uma bacia hidrográfica com o hidrograma unitário para 10 min apresentado no quadro, situada numa região para a qual se estimou a seguinte curva de possibilidade udométrica para um período de retorno de 50 anos:  $P = 25 \cdot D^{0.6}$ , com  $P$  em mm e  $D$  em horas. Assumindo que 35% da precipitação se infiltra, estime o caudal de ponta de cheia para uma chuvada uniforme com um período de retorno de 50 anos.

T (min)	0	10	20	30	40	50	60	70
u (m <sup>3</sup> /s/mm)	0	10	40	80	75	30	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 de Gumbel:  $K_G = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \{0,5772 + \ln[-\ln(F(x))]\}$

Modelo de Horton:  $f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$       $F = \int_0^t f \cdot dt = f_c t + \frac{f_0 - f_c}{k} (1 - e^{-kt})$

Modelo de Thornthwaite-Matter:

$$H_t^{disp} = \begin{cases} \min \left( (ETP_t - P_t) \cdot \frac{H_{t-1}}{H^{max}}; \min(H_{t-1}, H^{max}) \right) & \text{se } P_t \leq ETP_t \\ \text{Não é necessário calcular} & \text{se } P_t \geq ETP_t \end{cases}$$

$$ETR_t = \begin{cases} ETP_t & \text{se } ETP_t \leq P_t + H_t^{disp} \\ P_t + H_t^{disp} & \text{se } ETP_t \geq P_t + H_t^{disp} \end{cases}$$

$$H_t = \begin{cases} H^{max} & \text{se } P_t - ETR_t \geq H^{max} - H_{t-1} \\ H_{t-1} + P_t - ETR_t & \text{se } P_t - ETR_t \leq H^{max} - H_{t-1} \end{cases}$$

$$X_t = P_t - ETR_t$$

$$Q_t = 0,5 \cdot X_t + 0,5 \cdot X_{t-1}$$