

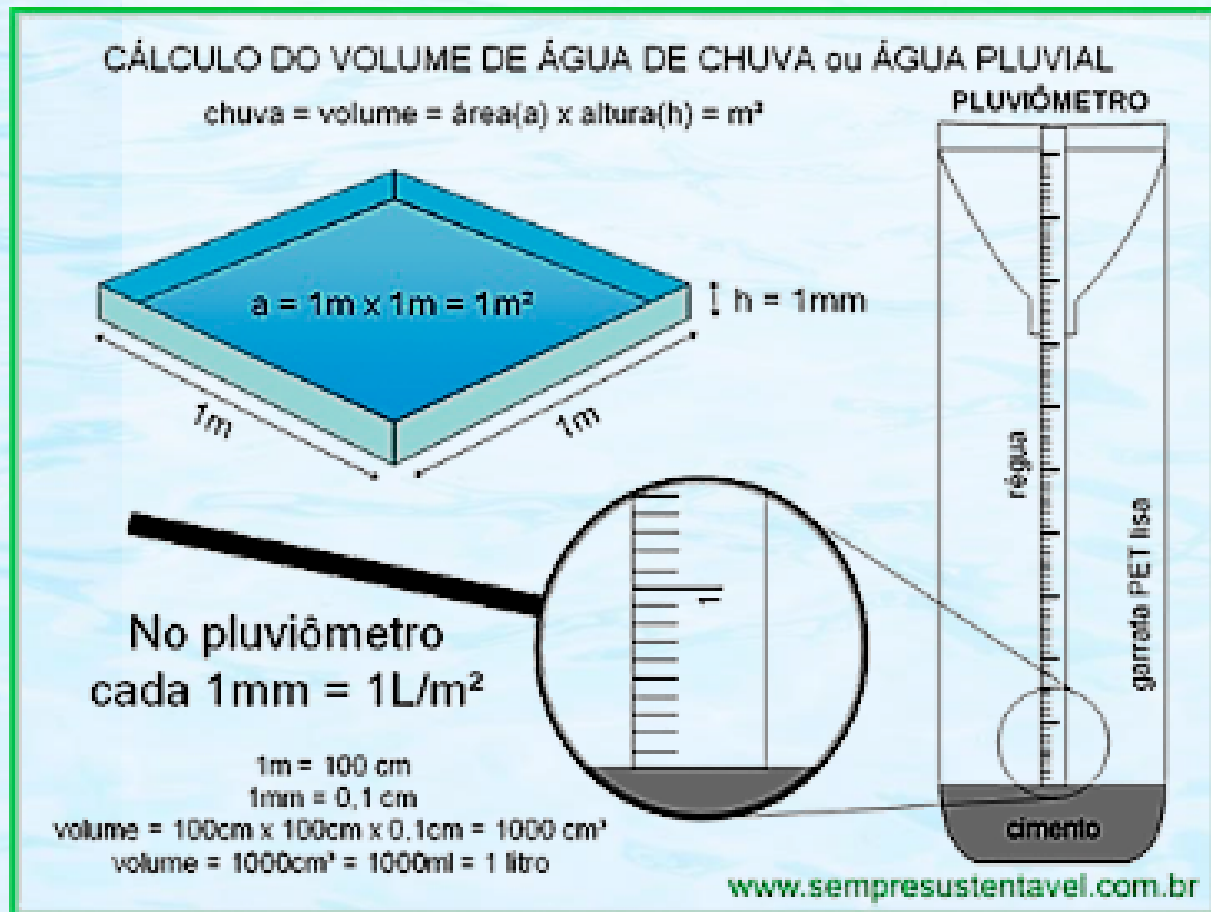
Recursos Hídricos

Caderno Nº 1 – Balanço Hídrico

Docente: Eduardo Ferreira da Silva

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Noção importante a reter



1mm diz respeito ao volume de água com uma altura de 1mm em um quadrado de 1m de lado, ou seja, 1 litro de água de chuva. Corresponde a um indicador do volume de água que cai em um intervalo de tempo.

Podemos classificar o tipo de chuva de acordo com o volume de água, exemplo:

- Chuva fraca: menos de 2,5mm
- Chuva moderada: de 2,5mm a 10mm
- Chuva forte: de 10mm e 50mm
- Chuva muito forte: acima de 50mm

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

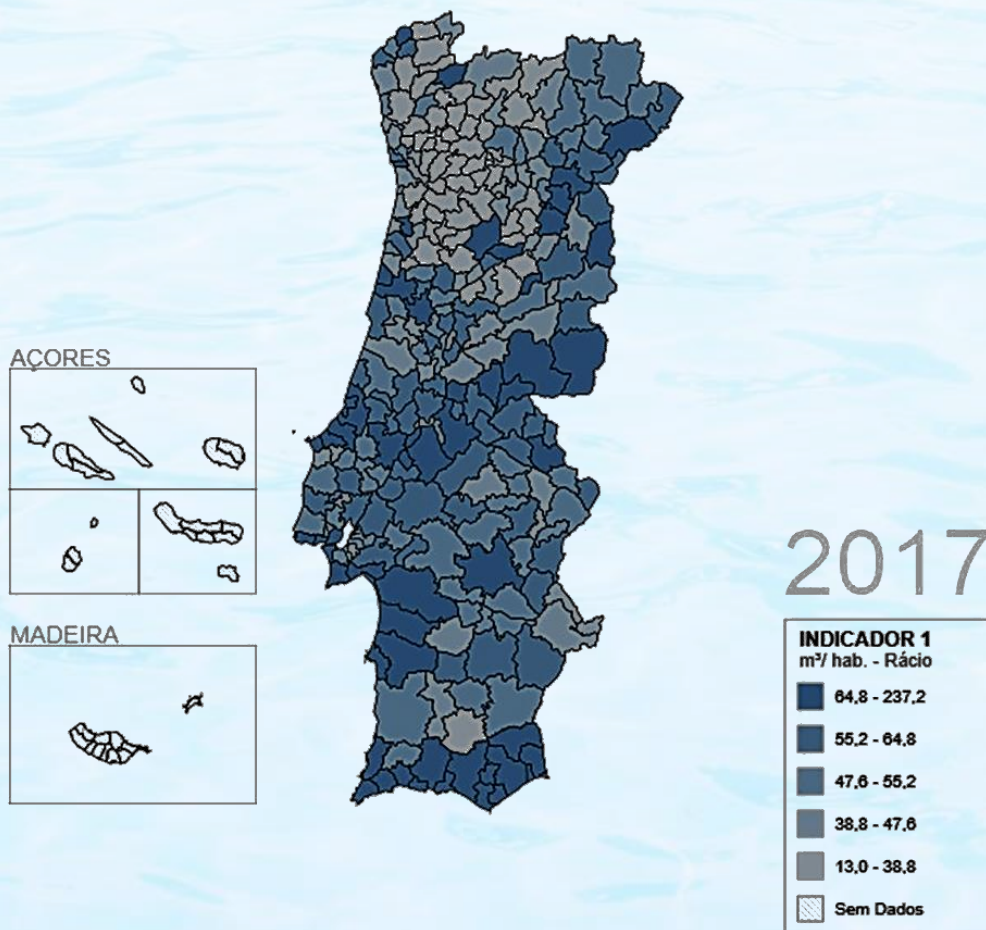
Exercício nº1

Em Portugal Continental, com uma área de 89 000 km² e 10 000 000 de habitantes, o abastecimento público de água é, em média, de cerca de 200 l/hab/dia. Tendo em consideração os dados estimar em mm/ano o volume anual de água abastecido.

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº1

Em Portugal Continental, com uma área de 89 000 km² e 10 000 000 de habitantes, o abastecimento público de água é, em média, de cerca de 200 l/hab/dia. Tendo em consideração os dados estimar em mm/ano o volume anual de água abastecido.



Volume anual de água necessária para abastecer diariamente a população

$$\frac{1 \text{ habitante}}{10000000 \text{ habitantes}} \rightarrow \frac{200 \text{ litros}}{x} \Rightarrow x = 2000 \times 10^6 \text{ litros}$$

Volume total de água necessária para abastecer anualmente a população

$$\frac{1 \text{ dia}}{365 \text{ dias}} \rightarrow \frac{2000 \times 10^6 \text{ litros}}{x} \Rightarrow x = 730 \times 10^9 \text{ litros}$$

$$\text{Altura} = \frac{730 \times 10^9 \text{ litros}}{89 \times 10^9 \text{ m}^2} \Rightarrow x = 8,2 \text{ mm}$$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº2

Durante uma chuvada intensa com a duração de 10 minutos, a altura de precipitação sobre um parque de estacionamento com uma área de 38 hectares foi de 25 mm. A drenagem do parque de estacionamento faz-se por uma linha de água onde o caudal médio durante a chuvada era de 3 m³/s. Determinar o aumento do caudal na linha de água devido à drenagem do parque de estacionamento.

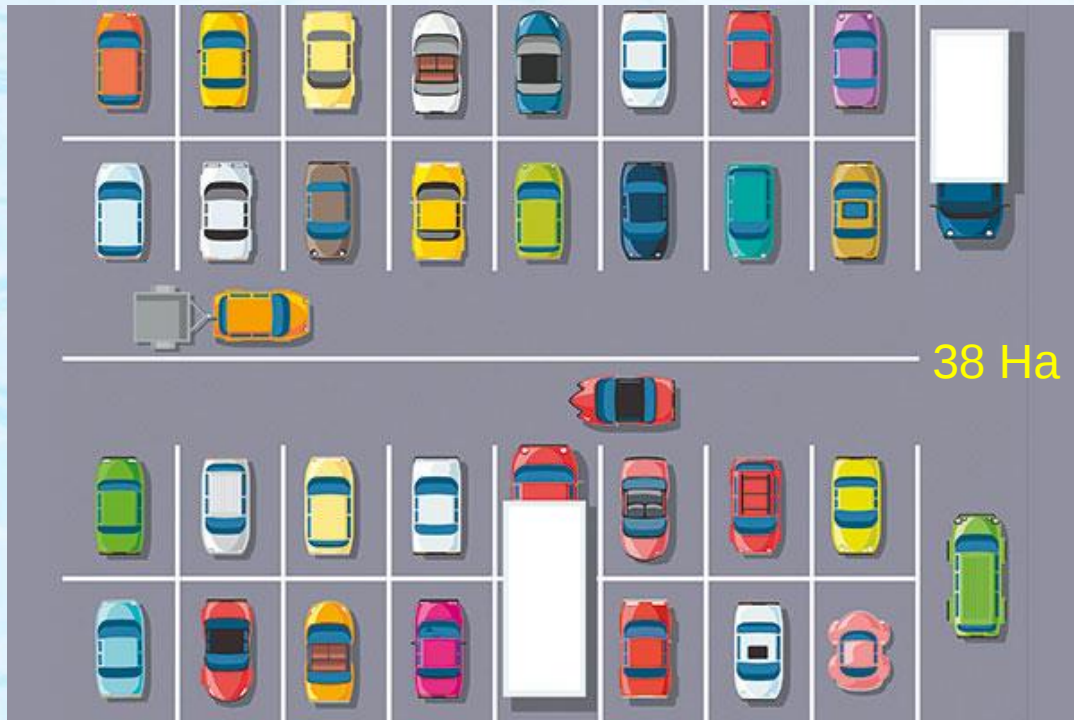



$$Q_1 = 3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº2

Durante uma chuvada intensa com a duração de 10 minutos, a altura de precipitação sobre um parque de estacionamento com uma área de 38 hectares foi de 25 mm. A drenagem do parque de estacionamento faz-se por uma linha de água onde o caudal médio durante a chuvada era de $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Determinar o aumento do caudal na linha de água devido à drenagem do parque de estacionamento.



 $Q_1 = 3 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Volume = 25 \text{ l/m}^2 \times 38 \times 10^4 \text{ m}^2$$

$$Volume = 9500000 \text{ l} = 9500 \text{ m}^3$$

Volume de água caído durante o evento

$$Q_2 = \frac{9500000 \text{ l}}{10 \text{ min} \times 60 \text{ s}} = 15833 \text{ l/s} = 15,83 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aumento do caudal originado pela precipitação

$$Q_2 - Q_1 = 15,83 \text{ m}^3/\text{s} - 3 \text{ m}^3/\text{s} = 12,83 \text{ m}^3/\text{s}$$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº3

Um temporal sobre uma bacia de 510 km^2 originou uma altura de precipitação de 225 mm . Se 20 por cento da precipitação se transformou em escoamento de cheia, qual o volume de armazenamento necessário para conter inteiramente esse escoamento?



Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº3

Um temporal sobre uma bacia de 510 km^2 originou uma altura de precipitação de 225 mm . Se 20 por cento da precipitação se transformou em escoamento de cheia, qual o volume de armazenamento necessário para conter inteiramente esse escoamento?



$$\text{Escoamento} = 225 \text{ mm} \times 0,2 = 45 \text{ mm}$$

$$\text{Volume} = 45 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} \times 510 \times 10^6 \text{ m}^2 = 22950 \times 10^6 \text{ l}$$

$$\text{Volume} = 22950 \times 10^3 \text{ m}^3$$

ou

$$\text{Volume} = 225 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} \times 510 \times 10^6 \text{ m}^2 = 1,1475 \times 10^{11} \text{ l}$$

$$\text{Volume} = 1,1475 \times 10^{11} \text{ l} \times 0,2 = 2,295 \times 10^7 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = 22950 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ ou } 22,95 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

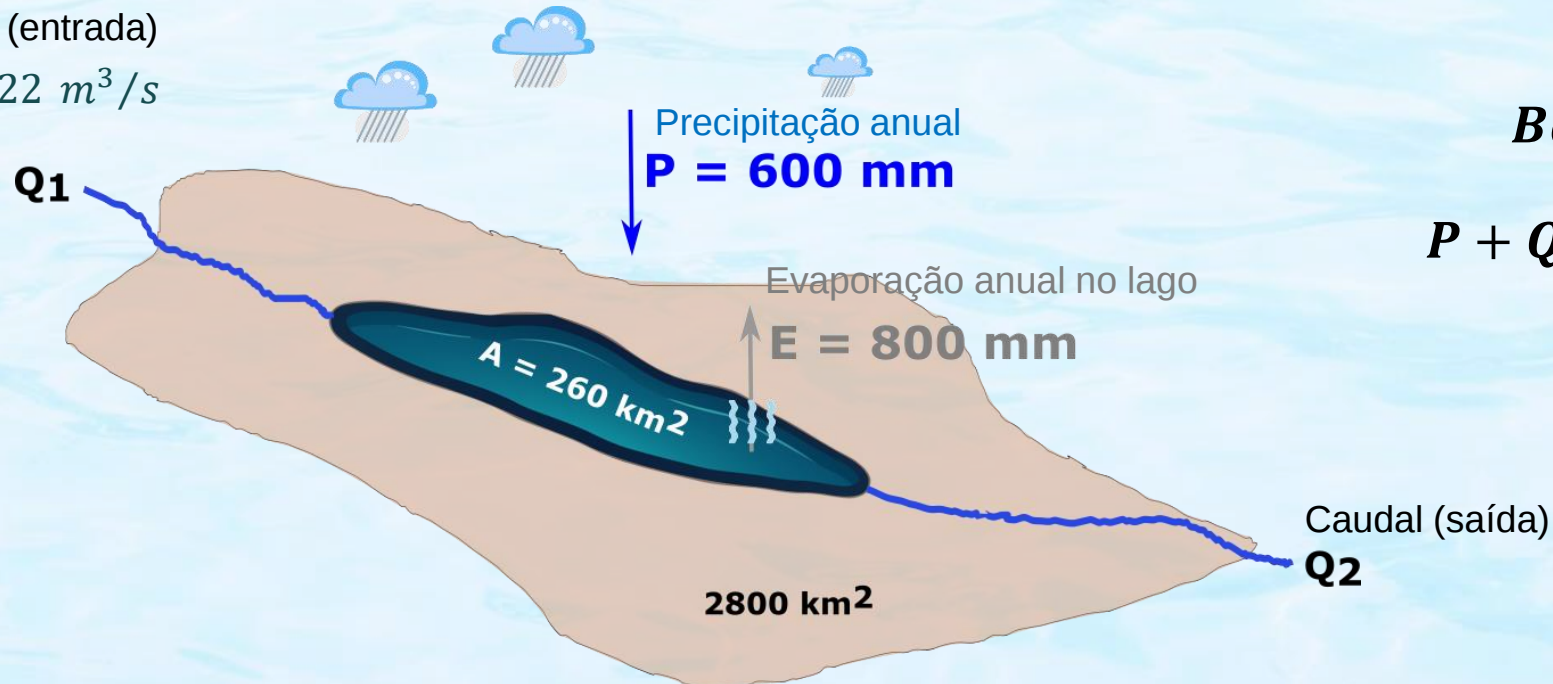
Exercício nº4

Considere um lago com uma saída natural. A área do lago é de 260 km^2 e a da bacia hidrográfica, de 2800 km^2 (incluindo a área do lago). Durante um ano hidrológico verificou-se que a precipitação na região foi de 600 mm e a evaporação no lago, de 800 mm , não se tendo verificado uma variação sensível do nível do lago. O caudal médio na saída do lago ao longo do ano foi de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

- (a) calcular o caudal drenado da bacia para o lago;
- (b) calcular a evapotranspiração na bacia hidrográfica.

Caudal (entrada)

$$Q_1 = 22 \text{ m}^3/\text{s}$$



Balanço:

$$P + Q_1 = E + Q_2$$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

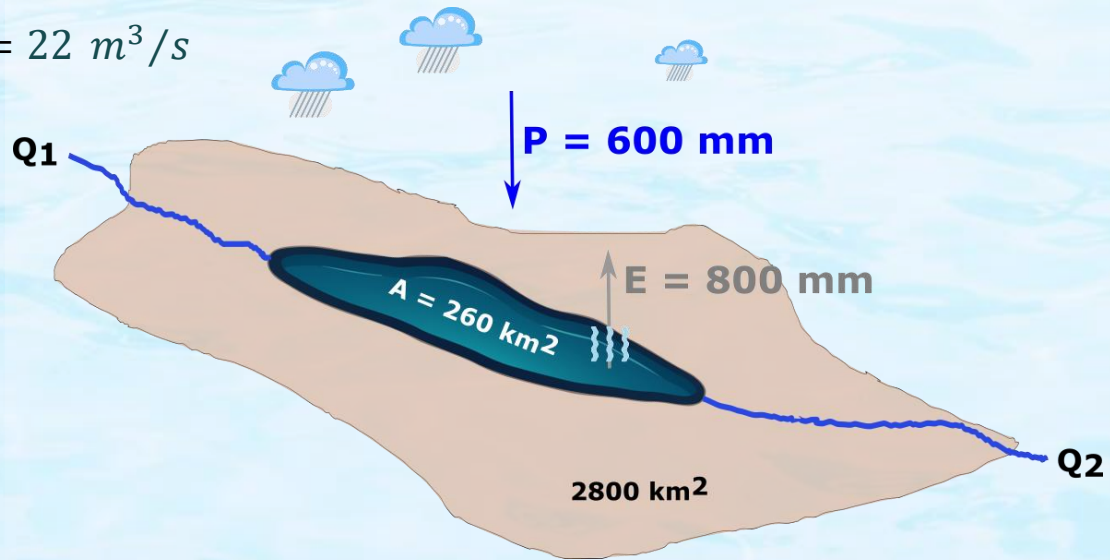
Exercício nº4

Considere um lago com uma saída natural. A área do lago é de 260 km^2 e a da bacia hidrográfica, de 2800 km^2 (incluindo a área do lago). Durante um ano hidrológico verificou-se que a precipitação na região foi de 600 mm e a evaporação no lago, de 800 mm , não se tendo verificado uma variação sensível do nível do lago. O caudal médio na saída do lago ao longo do ano foi de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

- (a) calcular o caudal drenado da bacia para o lago;
- (b) calcular a evapotranspiração na bacia hidrográfica.

$$P + Q_1 = E + Q_2$$

$$Q_1 = 22 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$Q_2 = \frac{4,5 \text{ m}^3/\text{s} \times 365 \text{ dias} \times 86400 \text{ s}}{2800 \times 10^6 \text{ m}^2} = 51 \text{ mm}$$

$$600 \text{ mm} + Q_1 = 800 \text{ mm} + 51 \text{ mm}$$

$$Q_1 = 251 \text{ mm}$$

$$Q_1 = \frac{251 \text{ l}}{1 \text{ m}^2} \times \frac{2800 \times 10^6 \times 10^{-3}}{365 \text{ dias} \times 86400 \text{ s}} = 22 \text{ m}^3/\text{s}$$

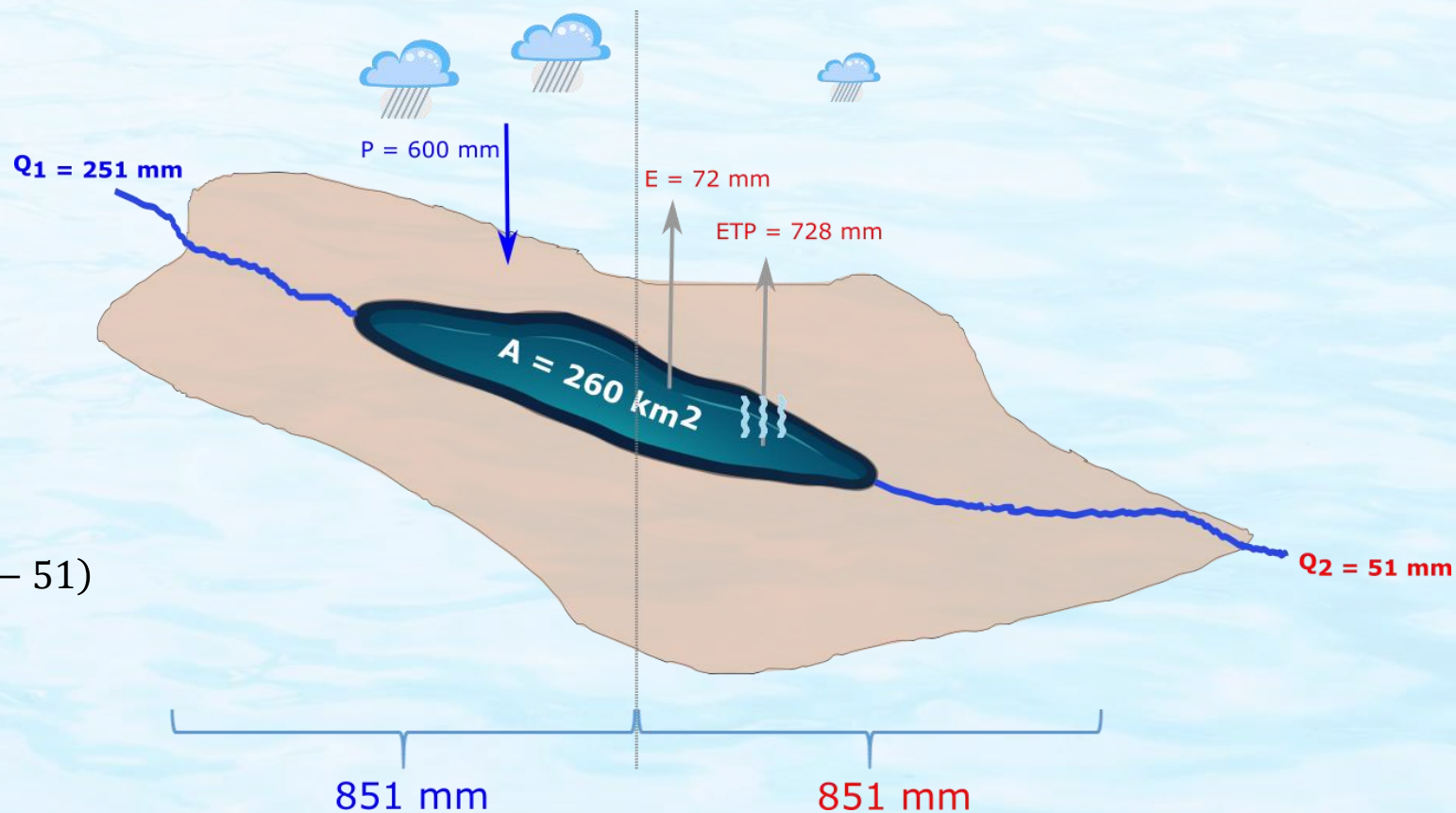
Recursos Hídricos – Balanço hídrico

$$P = ETP + E + \Delta Q$$

$$\frac{260 \text{ km}^2}{2800 \text{ km}^2} = 0,09$$

$$600 \text{ mm} = (ETP \times 0,91) + (800 \times 0,09) + (251 - 51)$$

$$ETP = 800 \text{ mm}$$



Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº5:

Fomos chamados para fazer um anteprojecto de uma barragem que irá abastecer uma cidade de 100.000 habitantes e uma área a ser irrigada de 5000 hectares. Verificar através do balanço hídrico se a barragem terá condições para atender a procura total com base nos seguintes dados:

- Área da bacia hidrográfica delimitada pela barragem: 300 km²
- Precipitação média anual na bacia: 1.300 mm
- Evapotranspiração anual na bacia: 1.000 mm
- Evaporação anual de superfícies líquidas: 1.500 mm
- Área média do espelho de água do reservatório: 18 km²
- Necessidade do abastecimento: 150 l/hab/dia
- Necessidade anual de irrigação: 9.000 m³/hectare

$$\textit{Volume necessário} = \textit{Volume}_{\text{abastecimento}} + \textit{Volume}_{\text{irrigação}}$$



Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº5:

Fomos chamados para fazer um anteprojecto de uma barragem que irá abastecer uma cidade de 100.000 habitantes e uma área a ser irrigada de 5000 hectares. Verificar através do balanço hídrico se a barragem terá condições para atender a procura total com base nos seguintes dados:

- Área da bacia hidrográfica delimitada pela barragem: 300 km²
- Precipitação média anual na bacia: 1.300 mm
- Evapotranspiração anual na bacia: 1.000 mm
- Evaporação anual de superfícies líquidas: 1.500 mm
- Área média do espelho de água do reservatório: 18 km²
- Necessidade do abastecimento: 150 l/hab/dia
- Necessidade anual de irrigação: 9.000 m³/hectare



$$\text{Volume necessário} = \text{Volume}_{\text{abastecimento}} + \text{Volume}_{\text{irrigação}}$$

$$\text{Volume}_{\text{abastecimento}} = 150 \text{ l} \times 100000 \times 365 = 5,475 \times 10^9 \text{ l} = 5,475 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume}_{\text{irrigação}} = 9000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 5000 = 4,5 \times 10^7 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume necessário} = 5,475 \times 10^6 \text{ m}^3 + 4,5 \times 10^7 \text{ m}^3 = 5,0475 \times 10^7 \text{ m}^3$$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Quantidade de água que a barragem pode fornecer $\Rightarrow P - (E + ETP) = \Delta\text{Reserva}$

$$\text{Precipitação} = \frac{1300 \text{ l}}{\text{m}^2} \times 300 \times 10^6 = 3900 \times 10^5 \text{ m}^3 = 3,9 \times 10^8 \text{ m}^3$$

$$\text{Evaporação} = \frac{1500 \text{ l}}{\text{m}^2} \times 18 \times 10^6 = 27000 \times 10^6 \text{ l} = 0,27 \times 10^8 \text{ m}^3$$

$$\text{Evapotranspiração} = \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^2} \times (300 - 18) \times 10^6 = 282000 \times 10^6 \text{ l} = 2,82 \times 10^8 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{P - (E + ETP) = \Delta\text{Reserva}}$$

$$3,9 \times 10^8 \text{ m}^3 - (0,27 \times 10^8 \text{ m}^3 + 2,82 \times 10^8 \text{ m}^3) = 0,81 \times 10^8 \text{ m}^3$$

$$\text{Necessidades} = 5,475 \times 10^6 \text{ m}^3 + 4,5 \times 10^7 \text{ m}^3 = 5,0475 \times 10^7 \text{ m}^3$$

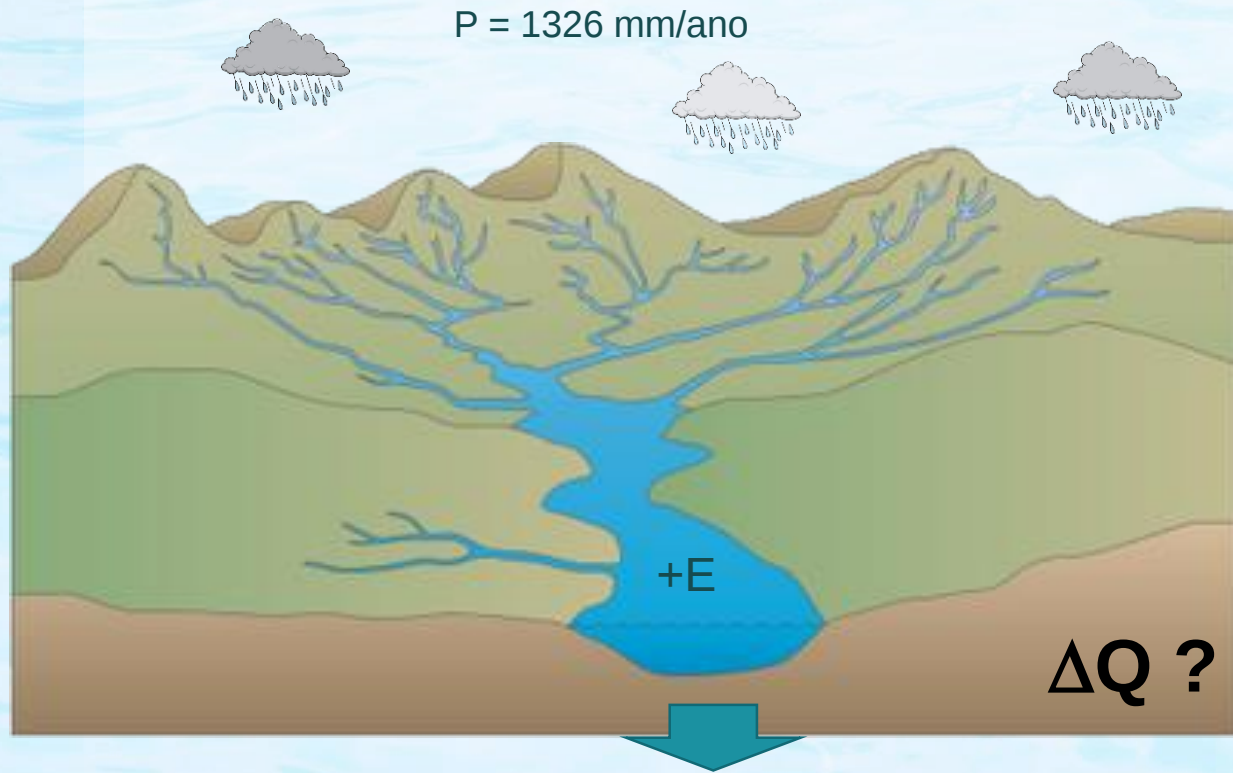
$$\text{Volume de água} = 8,1 \times 10^7 \text{ m}^3$$

Em princípio, a barragem será suficiente salvo a ocorrência de anos hidrológicos caracterizados por precipitação insuficiente

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº6

Considere uma bacia de drenagem de $130\,000\text{ m}^2$ onde o total anual precipitado é, em média, de 1326 mm/ano . A vazão específica na saída é igual a $14,3\text{ l/s.km}^2$. Nessa bacia pretende-se implantar um lago inundando metade da área total da bacia. Nessas circunstâncias haverá um acréscimo no total evaporado por ano na bacia, devido ao espelho de água, e o consequente decréscimo na vazão média anual. Supondo que a evaporação directa do reservatório é estimada em 1100 mm/ano , calcular o decréscimo percentual na vazão média.

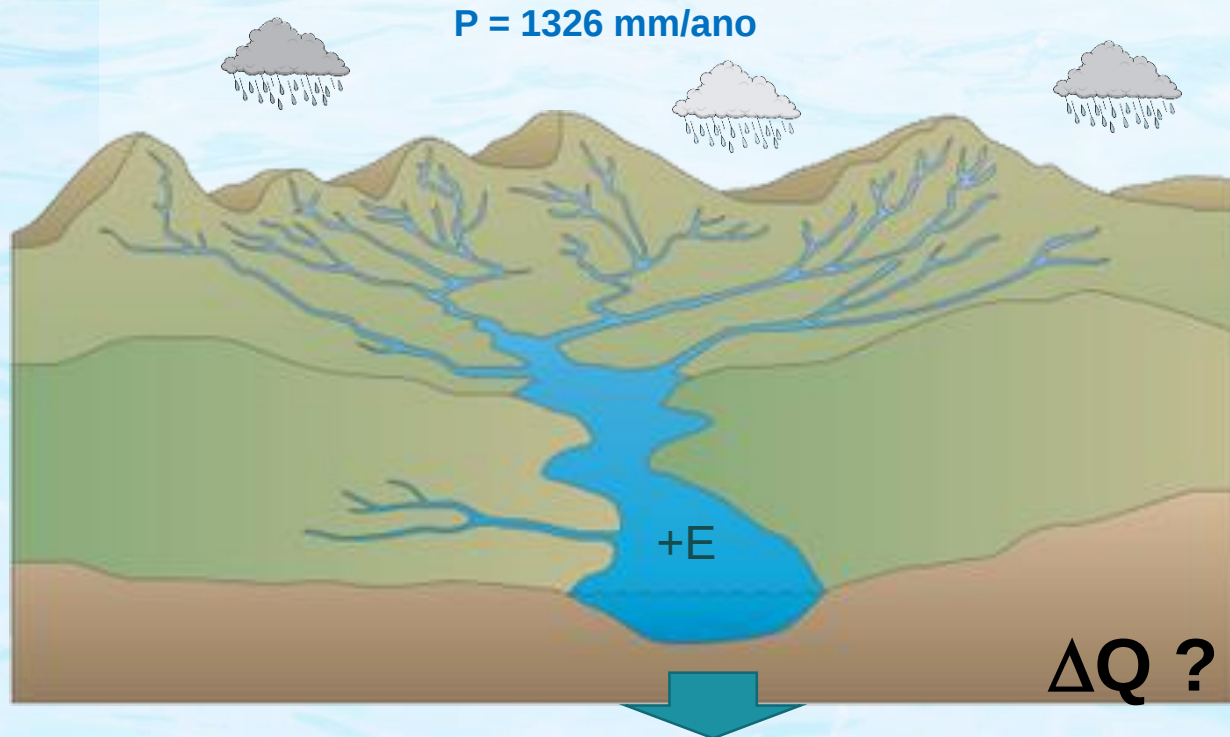


Vazão específica = $14,3\text{ l/s km}^2$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº6

Considere uma bacia de drenagem de $130\ 000\text{ m}^2$ onde o total anual precipitado é, em média, de 1326 mm/ano . A vazão específica na saída é igual a $14,3\text{ l/s.km}^2$. Nessa bacia pretende-se implantar um lago inundando metade da área total da bacia. Nessas circunstâncias haverá um acréscimo no total evaporado por ano na bacia, devido ao espelho de água, e o consequente decréscimo na vazão média anual. Supondo que a evaporação directa do reservatório é estimada em 1100 mm/ano , calcular o decréscimo percentual na vazão média.



Vazão específica = $14,3\text{ l/s km}^2$

Lago = 50% da área total da bacia = 65000 m^2

$$\frac{14,3}{x} \rightarrow \frac{1000000}{130000} \Rightarrow x = 1,86\text{ l/s}$$

$$\frac{1,86\text{ l}}{x} \rightarrow \frac{1\text{ s}}{365\text{ dias} \times 86400\text{ s}} \Rightarrow x = 58656960\text{ l}$$

$$\frac{58656960\text{ l}}{x} \rightarrow \frac{130000\text{ m}^2}{1\text{ m}^2} \rightarrow x = 451,2\text{ mm/ano}$$

$$1326 = ETP + E + Q \Rightarrow 1326 = ETP + 0 + 451,2$$

$$ETP = 874,8\text{ mm/ano}$$

$$1326 = 437,4 + 550 + Q_2 \Rightarrow Q_2 = 338,6\text{ mm/ano}$$

$$\Delta Q = 25\%$$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº7

A vazão específica média de longo período de uma bacia hidrográfica era, antes da implantação de um reservatório, de 19 l/s.km^2 . Depois da implantação do reservatório, passou a ser de 18 l/s.km^2 . Sabendo que a precipitação média anual é de 1500 mm e que a evaporação calculada vale, em média, 1000 mm por ano, calcular a percentagem da área da bacia que foi inundada pelo reservatório.



Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº7

A vazão específica média de longo período de uma bacia hidrográfica era, antes da implantação de um reservatório, de 19 l/s.km^2 . Depois da implantação do reservatório, passou a ser de 18 l/s.km^2 . Sabendo que a precipitação média anual é de 1500 mm e que a evaporação calculada vale, em média, 1000 mm por ano, calcular a percentagem da área da bacia que foi inundada pelo reservatório.



$$Q_1 = \frac{19 \text{ l/s km}^2 \times 365 \times 86400}{10^6}$$

↘ $Q_1 = 599,2 \text{ mm}$

↘ $Q_2 = \frac{18 \text{ l/s km}^2 \times 365 \times 86400}{10^6} = 567,6 \text{ mm}$

$$P = \text{ETP} + E + Q \Rightarrow 1500 \text{ mm} = \text{ETP} + 0 + 599,2 \text{ mm} \Rightarrow \text{ETP} = 900,8 \text{ mm}$$

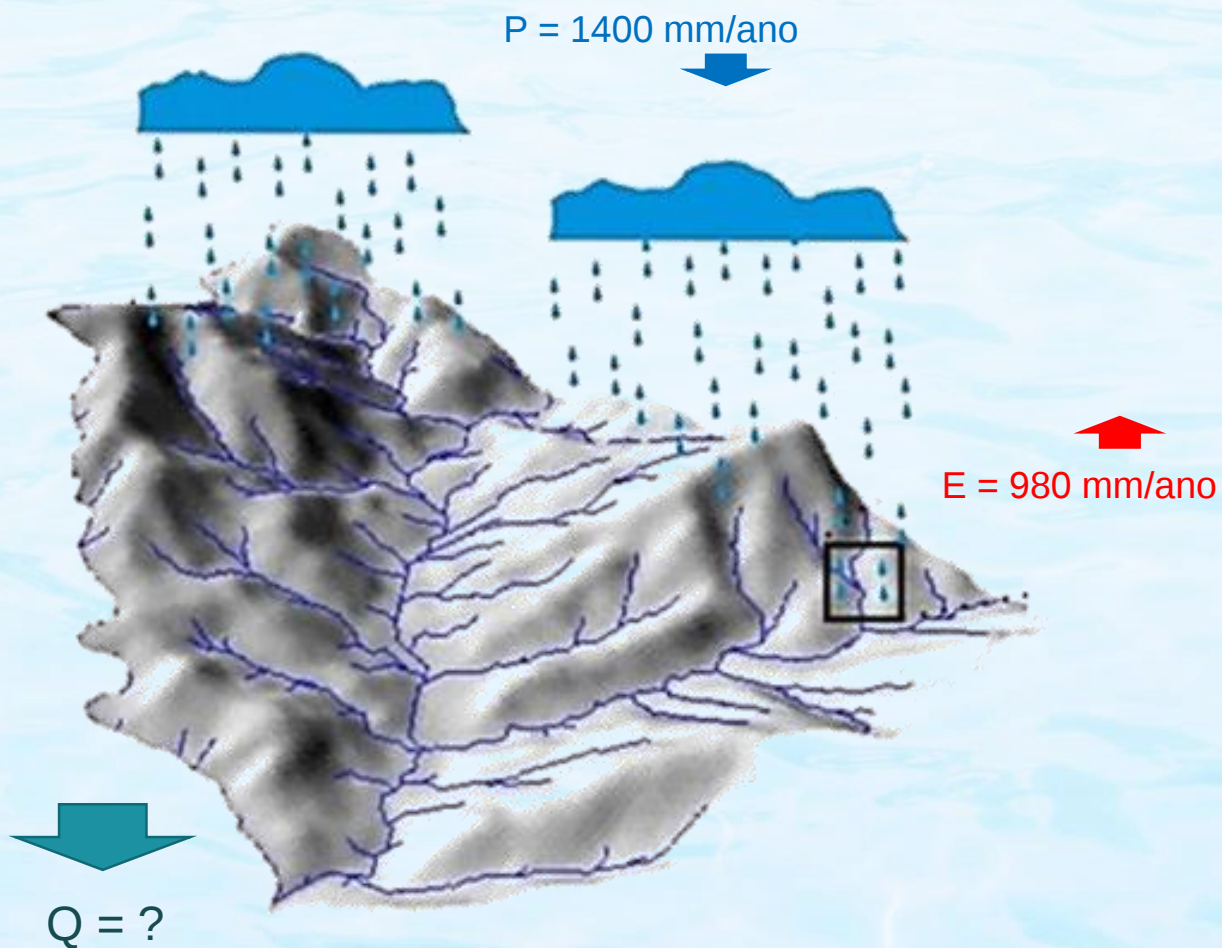
$$1500 \text{ mm} = (900,8 \text{ mm} (1 - x)) + (1000 x) + 567,6 \Rightarrow x = \frac{31,54}{99,18}$$

$$x = 0,318 \text{ da área da bacia (31,8\%)}$$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº8:

Numa bacia hidrográfica a precipitação média anual é de 1400 mm e as perdas por evapotranspiração valem 980 mm. Qual é o valor da vazão específica, na saída da bacia, em l/s.km^2 ?



Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº8:

Numa bacia hidrográfica a precipitação média anual é de 1400 mm e as perdas por evapotranspiração valem 980 mm. Qual é o valor da vazão específica, na saída da bacia, em l/s.km²?

$$P = ETP + E + Q \Rightarrow 1400 \text{ mm} = 980 \text{ mm} + 0 + Q \Rightarrow Q = 420 \text{ mm} = 420 \text{ l/m}^2$$

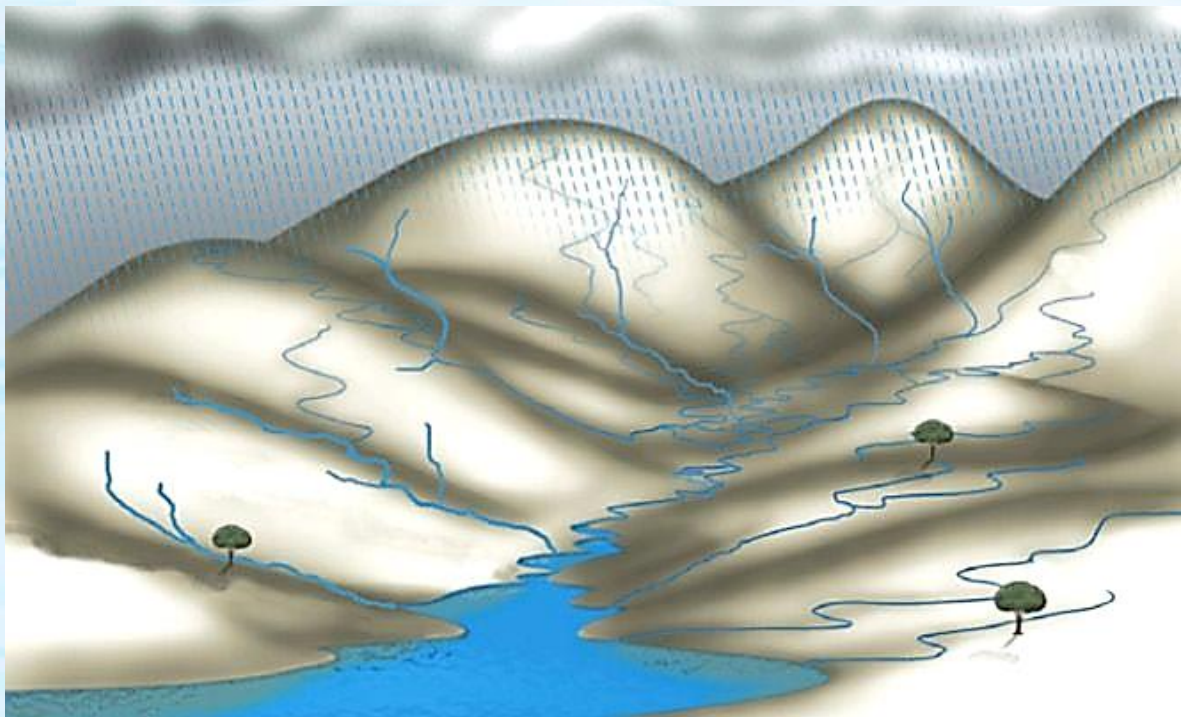
$$Q_{\text{específico}} = \frac{420}{365 \times 86400 \times 10^{-6}} = \frac{420}{31536000 \times 10^{-6}}$$

$$Q_{\text{específico}} = 13,3 \text{ l/s km}^2$$

Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº9:

Estudos realizados numa determinada bacia mostram que o coeficiente de escoamento superficial na região é da ordem de 30%. Este coeficiente representa a relação entre o volume escoado e o volume precipitado na bacia. Em 2006 o total precipitado foi de 1239 mm. Calcule o valor da vazão média anual para aquele ano na bacia em questão, sabendo-se que a sua área de drenagem é de 380 km². Apresente a sua resposta nas unidades m³/s e l/s.km².



Recursos Hídricos – Balanço hídrico

Exercício nº9:

Estudos realizados numa determinada bacia mostram que o coeficiente de escoamento superficial na região é da ordem de 30%. Este coeficiente representa a relação entre o volume escoado e o volume precipitado na bacia. Em 2006 o total precipitado foi de 1239 mm. Calcule o valor da vazão média anual para aquele ano na bacia em questão, sabendo-se que a sua área de drenagem é de 380 km². Apresente a sua resposta nas unidades m³/s e l/s.km².

$$\frac{\text{Escoamento}}{\text{Precipitação}} = 0,30 \Rightarrow \frac{\text{Escoamento}}{1239} = 0,30$$

$$\text{Escoamento} = 0,3 \times 1239 \text{ mm} = 371,7 \text{ mm} = 371 \text{ l/m}^2.\text{ano}$$

$$Q = \frac{371 \text{ l.ano} \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 380 \times 10^6 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2 \times 365 \times 86400 \text{ s}} = \frac{141246 \times 10^3 \text{ m}^3}{31536 \text{ s}}$$

$$Q = 4,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

ou

$$Q = \frac{371 \text{ l.ano}}{1 \text{ m}^2 \times 10^6 \text{ km}^2 \times 365 \times 86400 \text{ s}} = 11,8 \text{ l/s.km}^2$$