

3 – Balanço hídrico

- Quantificar um balanço hídrico com:
 - $\Delta S = 0$
 - $\Delta S \neq 0$

Introdução

3

Monte uma equação do **balanço hídrico** tomando como base a figura ao lado.

Balanço:

Entrada – Saída = Acumulado



Ciclo hidrológico

Balanço Hídrico

A quantificação do ciclo hidrológico é um balanço de massa:

$$\frac{dS}{dt} = \text{Input} - \text{Output}$$

S: Armazenamento

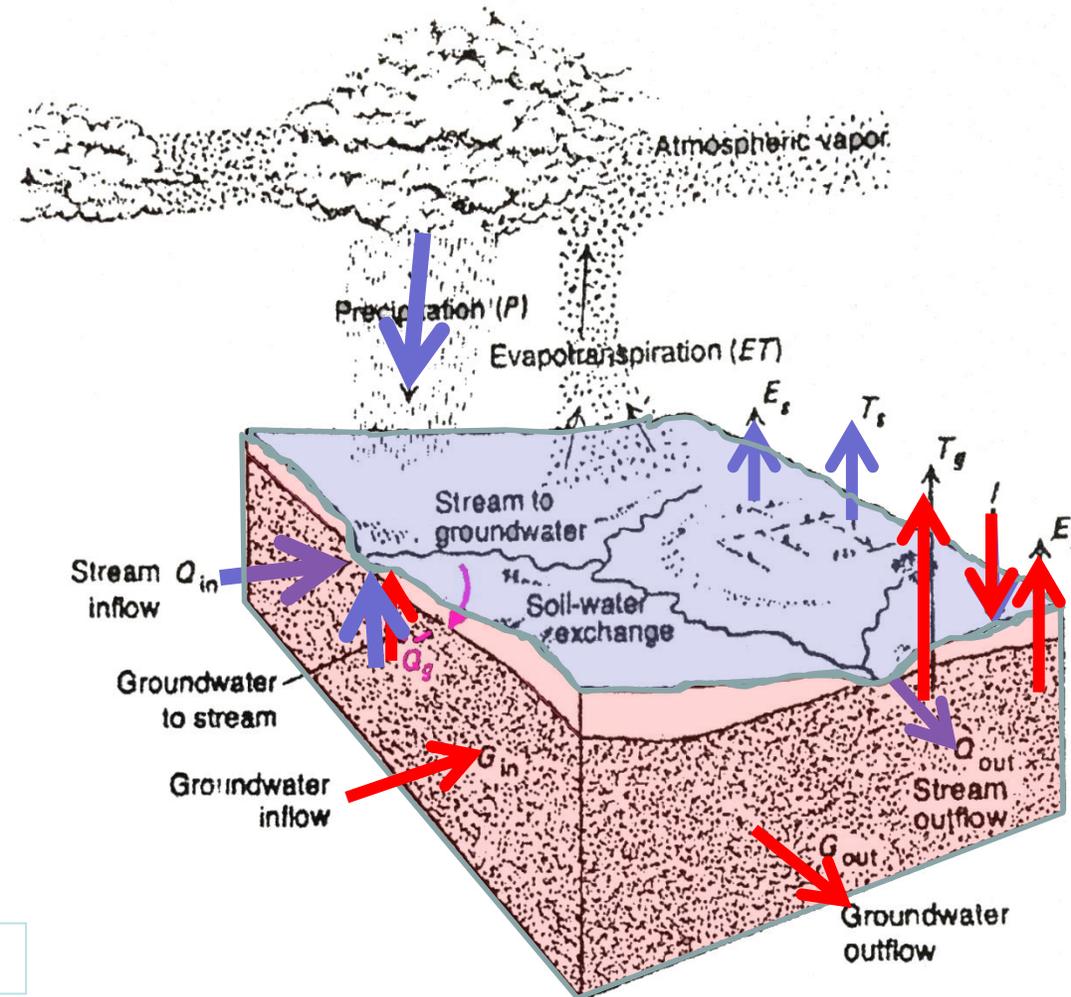
Definir o **volume de controle**, considerando sistema superficial e/ou subterrâneo

1) Balanço hídrico da superfície:

$$P + Q_{in} + Q_g - (Q_{out} + E_s + T_s + I) = \Delta S_s$$

2) Balanço hídrico subterrâneo:

$$I + G_{in} - (G_{out} + Q_g + E_g + T_g) = \Delta S_g$$



Balanço:
definir um período e um espaço

1) Balanço hídrico da superfície:

$$P + Q_{in} + Q_g - (Q_{out} + E_s + T_s + I) = \Delta S_s$$

2) Balanço hídrico subterrâneo:

$$I + G_{in} - (G_{out} + Q_g + E_g + T_g) = \Delta S_g$$

Somando as duas equações

$$P - (Q_{out} - Q_{in}) - (E_s + E_g) - (T_s + T_g) - (G_{out} - G_{in}) = \Delta S_s + \Delta S_g$$

Simplificando:

$$P - (Q + E + T + G) = \Delta S \quad \text{ou:} \quad P - (Q + ET + G) = \Delta S$$

| | |
|--|--|
| P | : Precipitação |
| Q_{in}, Q_{out} | : Vazões superficiais de entrada e saída do Volume de Controle |
| Q_g | : Escoamento subterrâneo no rio |
| E_s | : Evaporação superficial |
| T_s | : Transpiração proveniente da umidade da parte superficial do solo |
| I | : Infiltração |
| ΔS_s | : Variação do volume armazenado na superfície |
| G_{in}, G_{out} | : Vazões subterrâneas de entrada e saída do Volume de Controle |
| E_g | : Evaporação subterrânea |
| T_g | : Transpiração proveniente da umidade da parte subterrânea do solo |
| I | : Infiltração |
| ΔS_g | : Variação do volume armazenado no subsolo |

Método do balanço hídrico

Estudo em bacias hidrográficas

- Método de estimativa simples com base nos dados precipitação e vazão de uma bacia.

- A equação do balanço hídrico:

$$P - (Q + ET + G) = \Delta S$$

S – armazenamento

- Δt longos (como um ano ou seqüência de anos)
 - Desprezando a diferença entre $S(t+1) - S(t)$: $\Delta S \rightarrow 0$
 - $G_{in} \cong G_{out}$

$$Q = P - ET$$

Exemplo

3

Uma bacia (Rio Passo Fundo) com Precipitação média 1941 mm e Vazão de 803 mm (valores médios de 10 anos).

Determinar a evapotranspiração.

Determinar o coeficiente de deflúvio c .

Solução:

Como trata-se de valores médios de 10 anos, aceita-se a simplificação: $\Delta S \rightarrow 0$

A evapotranspiração real é :

$$ET = P - Q = 1941 - 803 = 1137 \text{ mm}$$

O coeficiente de escoamento ou de deflúvio é a relação entre Q/P

$$C = 803/1941 = 0,41$$

ou 41% da precipitação gera escoamento superficial

Exercício 1

3

Em uma bacia hidrográfica a precipitação média anual por um período de 20 anos é de 1500 mm e a vazão específica, na exutória da bacia, é de 15,855 l/s/km². Quais as perdas por evapotranspiração em mm?

Exercício 2

3

Qual será a nova vazão na exutória da bacia (em mm e em l/s/km²), no caso da questão anterior, se for implantado um reservatório que inunde 15% da área total, sujeito a taxas de evaporação anual da ordem de 1200 mm?

Exercício 3

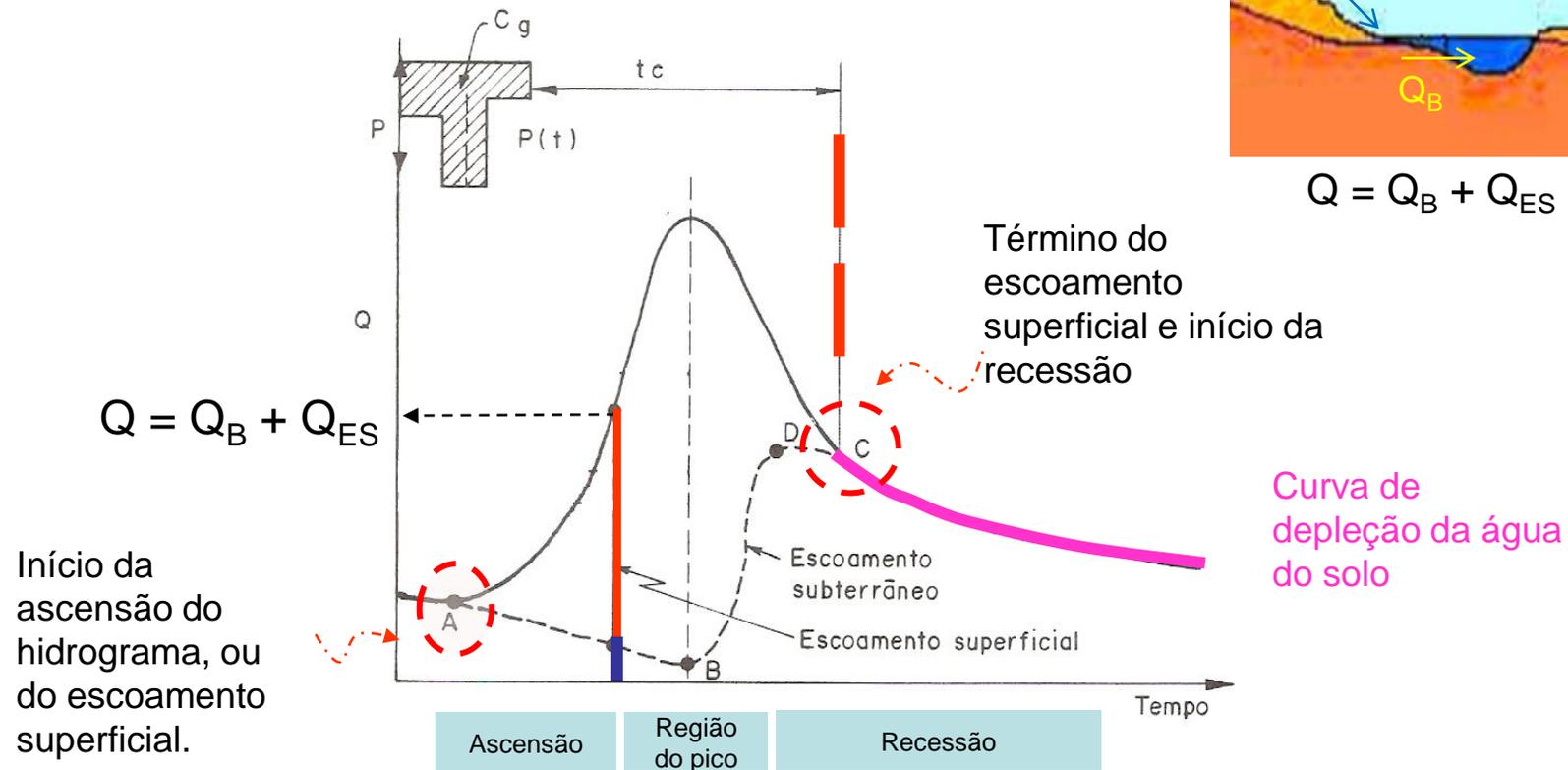
3

Em determinada bacia de drenagem a vazão específica na exutória é de 15 l/s/km^2 . Após a construção de um lago, inundando metade da área da bacia, houve um decréscimo de 20% no valor desta vazão. Considerando um total anual precipitado de 1500 mm, calcule a altura de água evaporada da superfície do lago. (2ª.Ch/1993/RS)

Balanço hídrico: $\Delta S \neq 0$

Obs.: Hidrograma será visto posteriormente em Escoamento Superficial

Hidrograma: $Q \times t$



Curva de depleção do escoamento subterrâneo

No hidrograma, a curva após C é chamada de curva de depleção da água do solo.

A equação da curva de depleção pode ser deduzida, considerando a seguinte hipótese simplificadora:

Q_B = Vazão no exutório proveniente apenas da contribuição subterrânea

V_B = Volume de água armazenado no subsolo

$$Q_B = \alpha V_B \quad (1)$$

$$dQ_B = \alpha dV_B \quad (2)$$

Definição (continuidade):

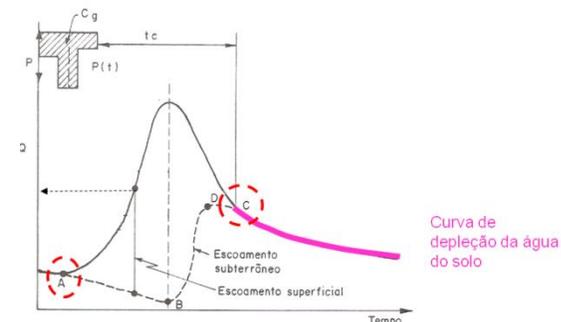
$$Q_B = -\frac{dV_B}{dt} \quad (3)$$

$$\frac{dQ_B}{Q_B} = -\alpha dt$$

Constante para o aquífero em particular: **constante de depleção (constante de recessão)**

$$\int_{Q_0}^Q \frac{dQ}{Q} = -\alpha \int_{t_0}^t dt \quad \Rightarrow \quad \ln \frac{Q}{Q_0} = -\alpha(t - t_0) \quad \Rightarrow \quad Q = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$$

Reta



Exemplo 4

3

Durante o ano de 1974, a vazão média de um rio que drena uma área de 3500 km² foi de 46,5 m³/s. O total anual precipitado foi de 1500 mm e as perdas por evapotranspiração foram 1000 mm. Não choveu durante Dezembro/73, nem durante Dezembro/74. A vazão média no dia 1/1/74 foi de 21,65 m³/s e no dia 1/1/75 foi de 50 m³/s. Caso não houvesse chovido durante o mês de Janeiro/75, qual teria sido a vazão média do dia 1/2/75? Comentar as hipóteses simplificadoras.

Método do Balanço Hídrico em Regiões Úmidas

3

Para estimar evapotranspiração, no caso de reservatórios em regiões úmidas, grandes erros impedem sua utilização prática.

Análise da precisão dada pelo método do balanço hídrico em regiões úmidas.

Limitação evidente quando se diz que pluviômetros, linígrafos e curvas de descarga devem informar sobre evaporação de um lago de 160 km² e 150m de profundidade.

Exemplos:

Exercício 5

3

Um açude no semi-árido do NE tem vazão afluyente nula durante uma estiagem de 8 meses. Nesse período, o nível baixou 2,27m e foi retirado um volume de $1,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ para irrigação e abastecimento. A área média do açude é de 10 km^2 . Estimar a evaporação anual em mm. (Apresentar resultados com a equação do balanço hídrico no açude)