

# Hidrologia

## AULA TEÓRICA 1

0. Hidrologia: o que é a Hidrologia, suas aplicações

1. Ciclo Hidrológico e Balanço Hidrológico

1.1 Ciclo Hidrológico

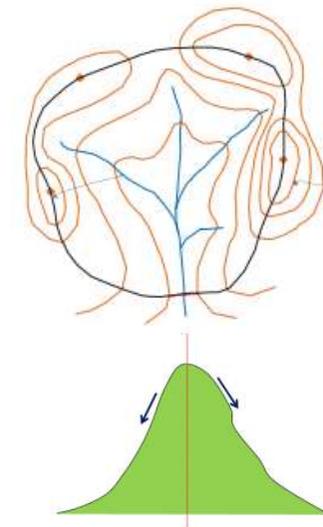
1.2 Bacia Hidrográfica

1.2.1 Conceitos

1.2.2 Características fisiográficas (a desenvolver na aula prática)

1.2.3 Balanço Hidrológico à Escala da Bacia Hidrográfica

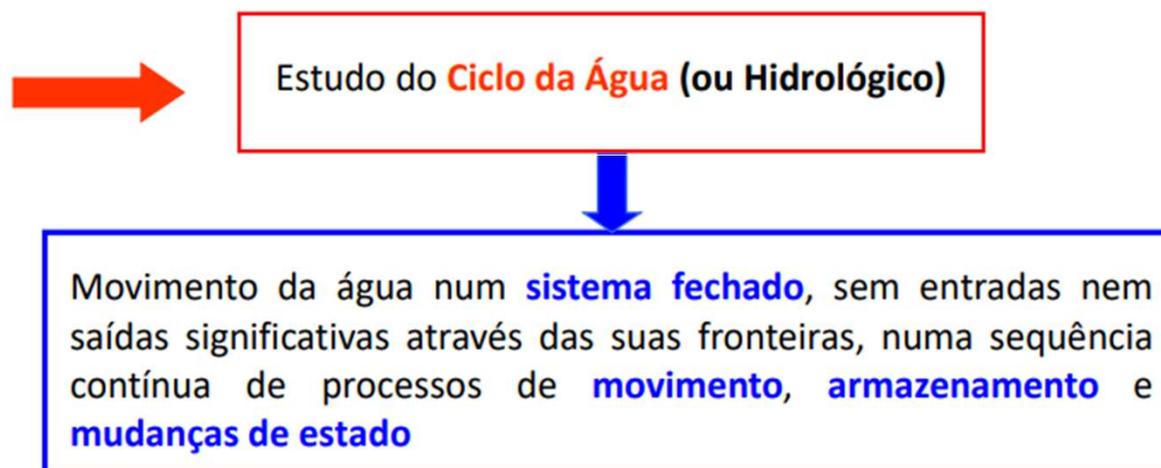
1.3 Balanço Hidrológico de Portugal Continental



## 0. HIDROLOGIA

❖ O que é a Hidrologia?

É a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, distribuição e circulação, das suas propriedades físicas e químicas e da sua interação com o meio ambiente, incluindo a interação com os seres vivos, em particular com os humanos (US Federal Council for Science and Technology)



## Hidrologia (sentido lato)



O estudo dos ramos aéreo e oceânico é feito em disciplinas específicas, ficando a hidrologia propriamente dita dedicada ao ramo terrestre.

## ❖ Aplicações da Hidrologia

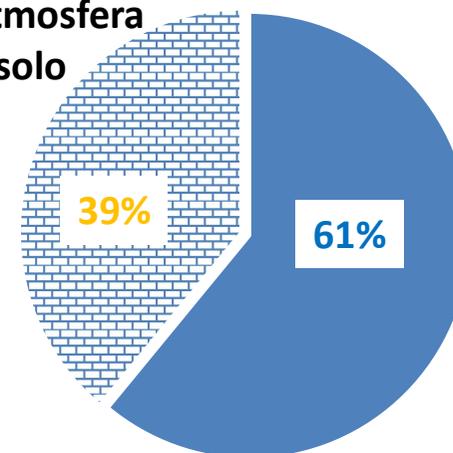


3 % da água existente no planeta é água doce

água subterrânea



Atmosfera e solo



Rios e lagos

## ❖ Aplicações da Hidrologia

Uso eficiente da água exige projetos de:

- Rega.
- Abastecimento de água.
- Controlo de cheias.
- Energia hídrica.
- Colheita do escoamento (*water harvesting*).

Para o que é necessário o **dimensionamento** de diversas estruturas, como:

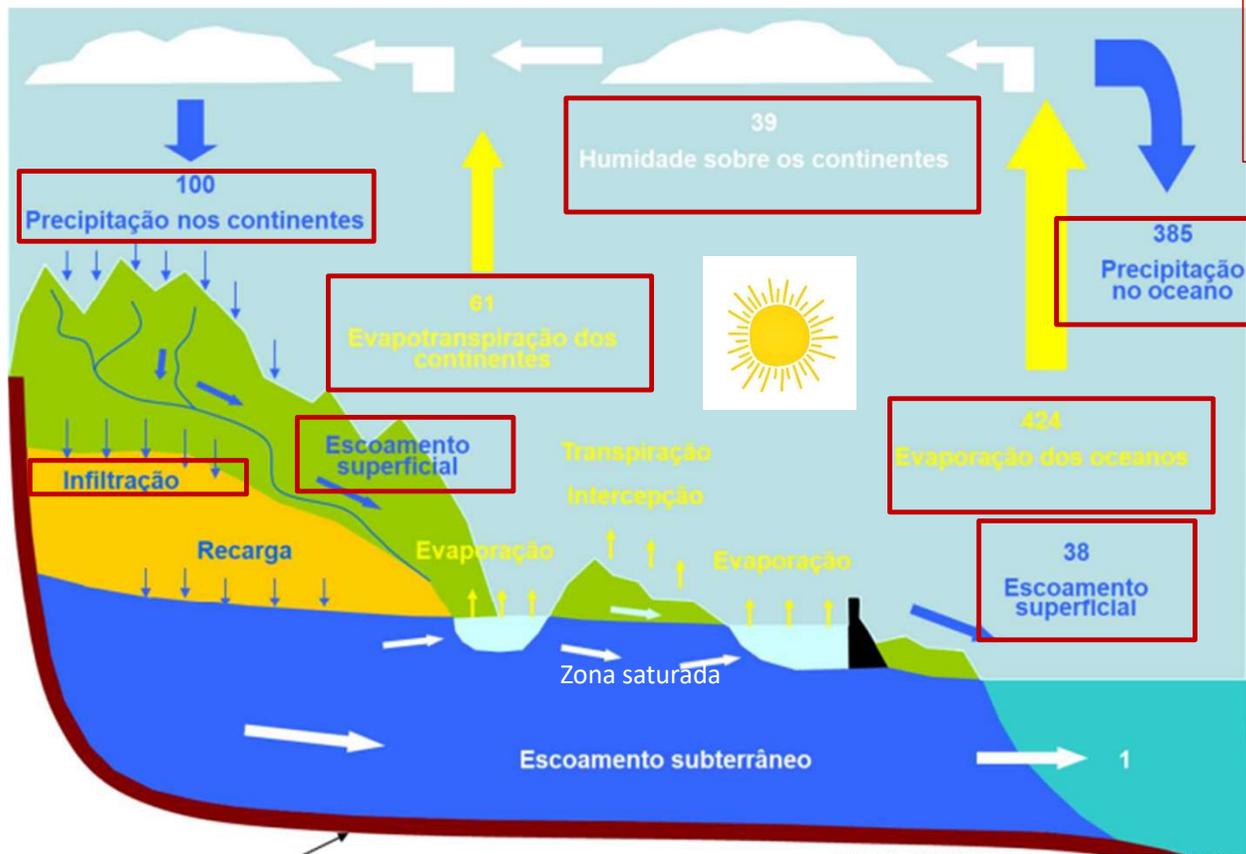
- Dissipadores de energia.
- De transporte.
- De armazenamento.

O que, por sua vez, requer **estudos hidrológicos** relativos a:

- Capacidade de armazenamento de reservatórios.
- Magnitude e frequência de cheias, em termos de volume e de caudal.
- Variações sazonais do escoamento.

## 1.1 CICLO HIDROLÓGICO

Descreve os diversos caminhos através dos quais a água na natureza **circula** e se **transforma**, constituindo um sistema de grande complexidade. Não tem início nem fim. O ponto de início para a sua descrição é arbitrário.



### Componentes:

- Precipitação (chuva, neve, granizo, etc);
- Intercepção;
- Evaporação e transpiração;
- Infiltração;
- Escoamento superficial e subterrâneo;

- A água está em constante movimento;
- Motor do ciclo: energia solar;
- Principal força actuante: gravidade
- Neste ciclo não há perdas;

Na componente terrestre do ciclo hidrológico, o sistema preferencial de análise corresponde à **BACIA HIDROGRÁFICA**.

## Acção do Homem sobre o ciclo hidrológico

Exemplos:

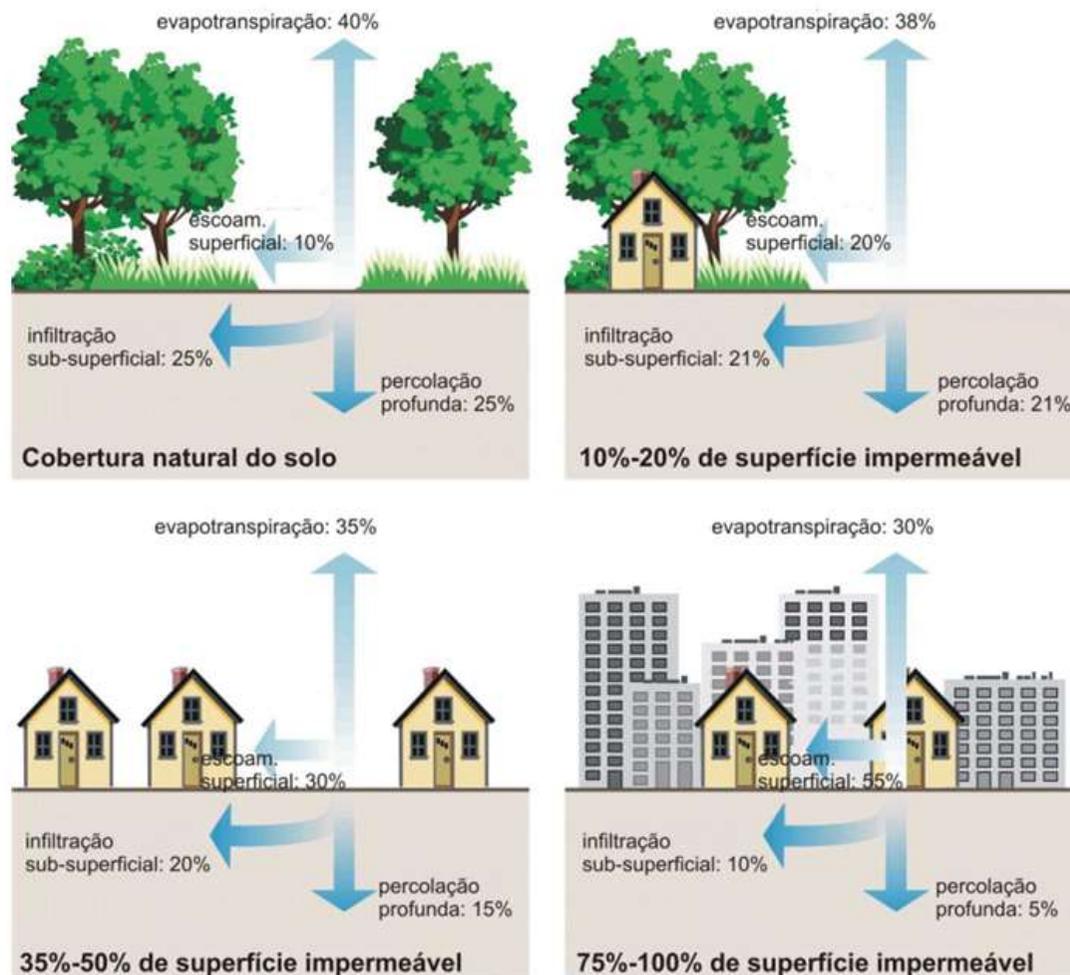
### Construção de barragens e outros tipos de armazenamento

Influencia:

- Escoamento superficial
- Evaporação
- Escoamento subterrâneo

### Urbanização

- Impermeabilização dos solos
  - diminui infiltração
  - aumenta o escoamento superficial
- Diminui a ET



## □ 1.2. A BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica constitui a **unidade especial preferencial** para a análise do balanço hidrológico.

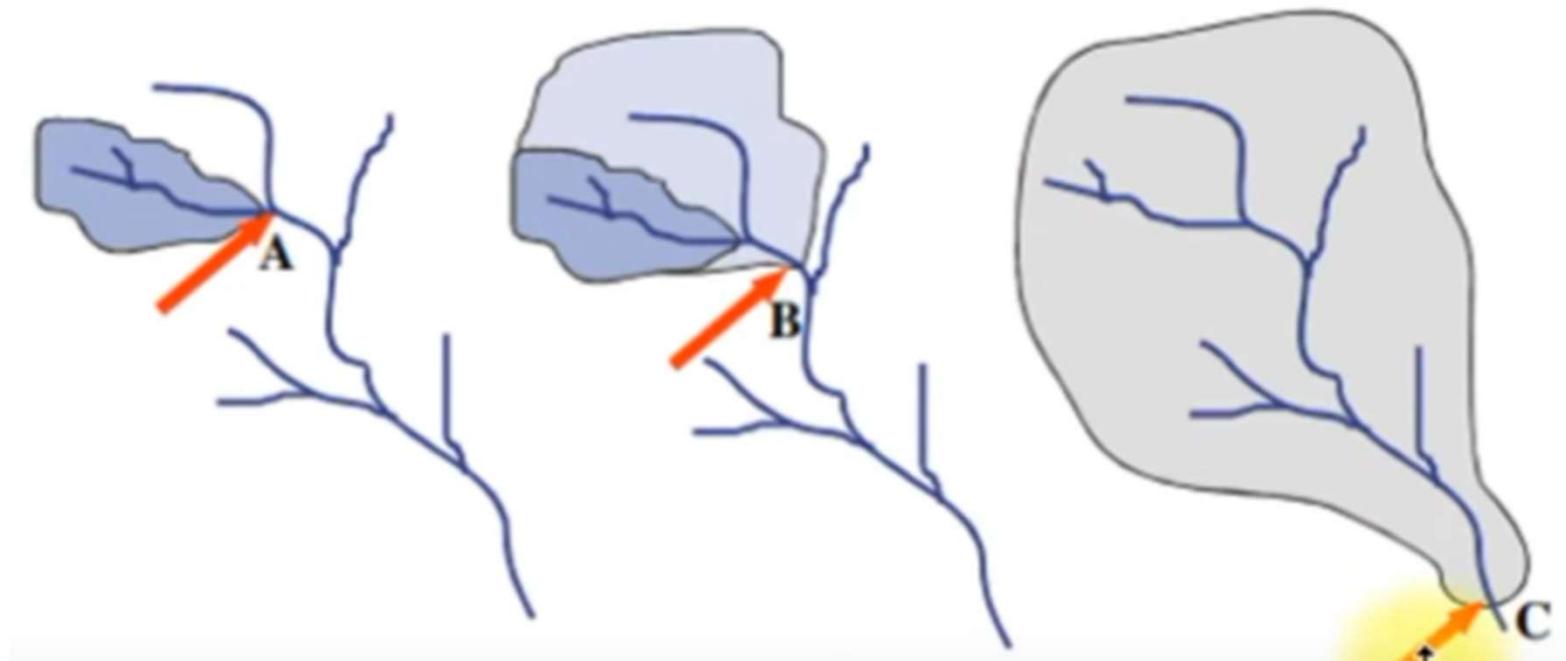
A bacia hidrográfica pode definir-se como a *superfície limitada pelo contorno no interior do qual a água precipitada se dirige para uma determinada secção de saída - secção de referência.*

Cada bacia hidrográfica define-se relativamente a uma **secção de um curso de água** – secção de referência da bacia hidrográfica.



É um **sistema impermeável a fluxos laterais** (a água não atravessa os contornos)

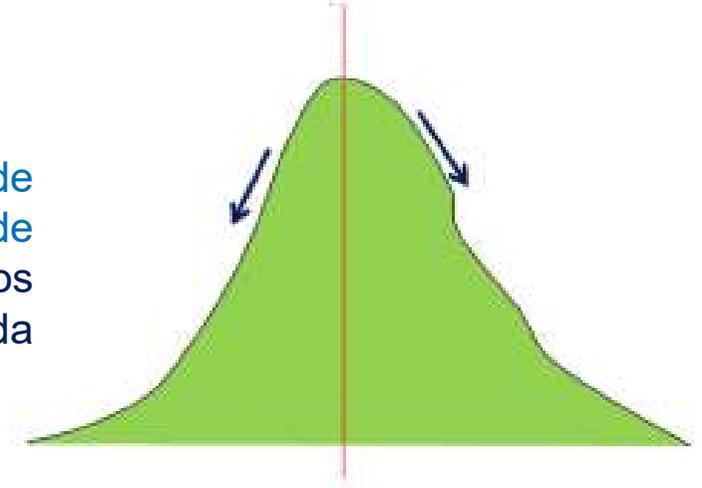
- Cada bacia hidrográfica define-se relativamente a uma **secção de um curso de água** – secção de referência da bacia hidrográfica.



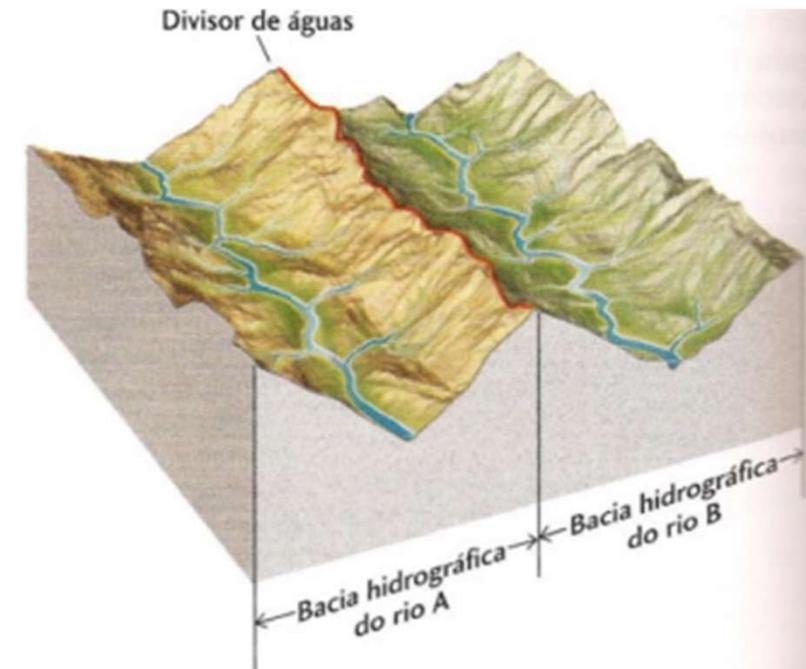
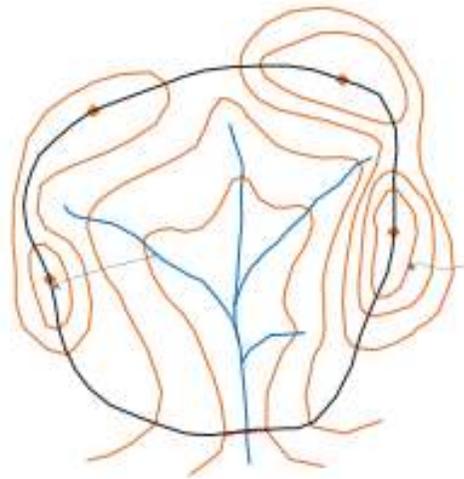
- A secção de referência da bacia hidrográfica é escolhida por nós, de acordo com o objetivo do estudo

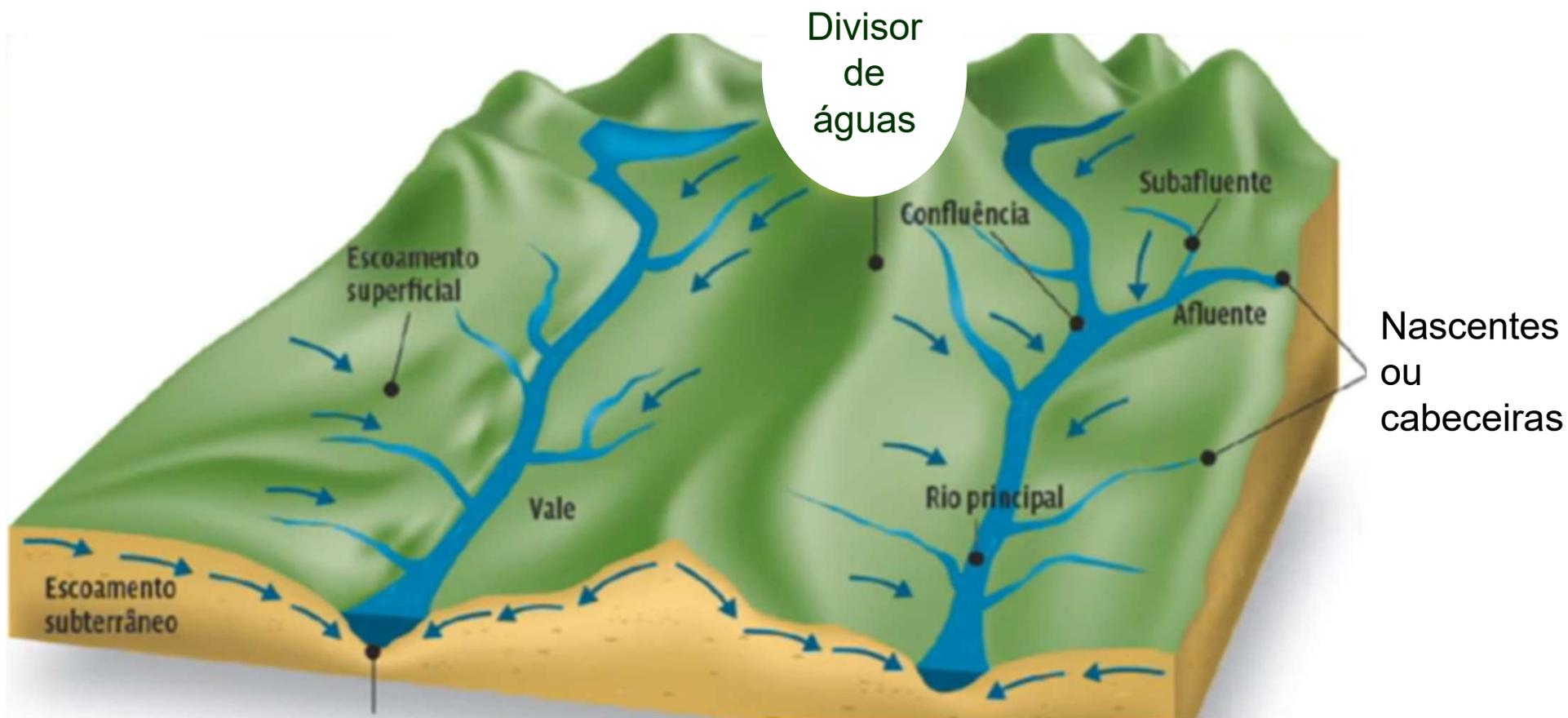


Linha de festo ou de cumeada ou de separação de águas é a linha que une os pontos de cota mais elevada localmente.

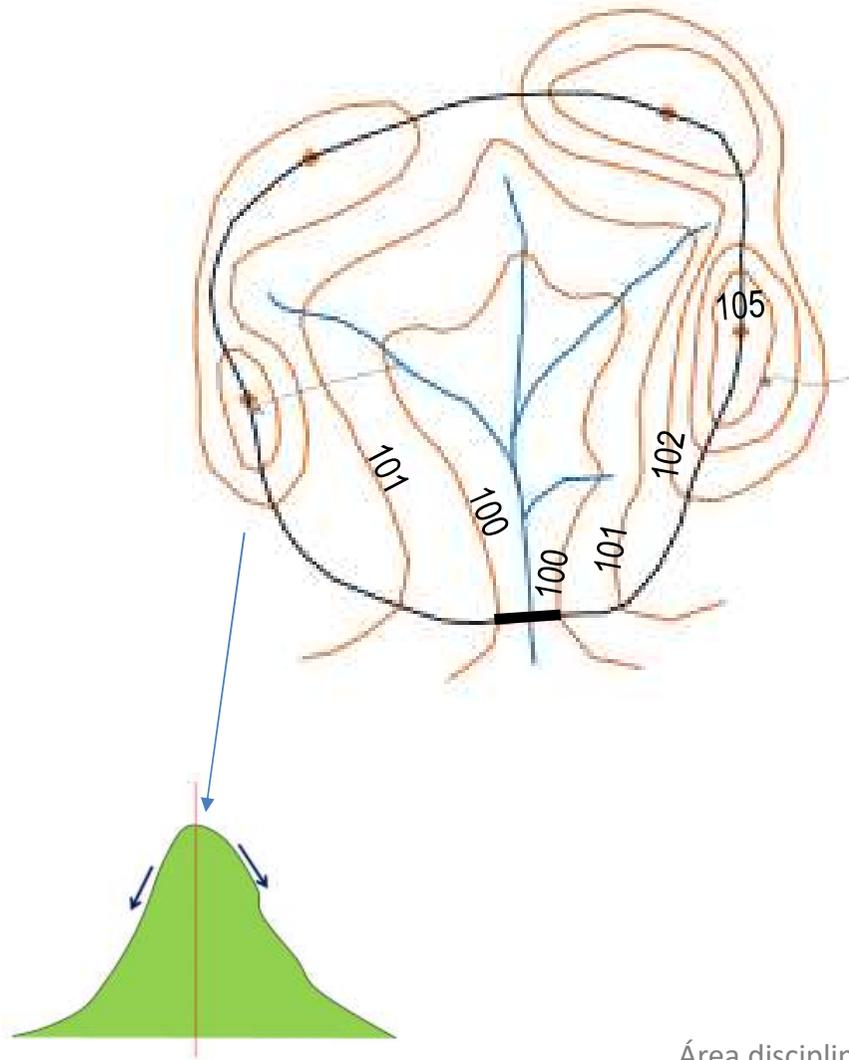


Talvegue ou linha de água é a linha que une os pontos de cota mais baixa ao longo de um vale. É a linha seguida pelos cursos de água.





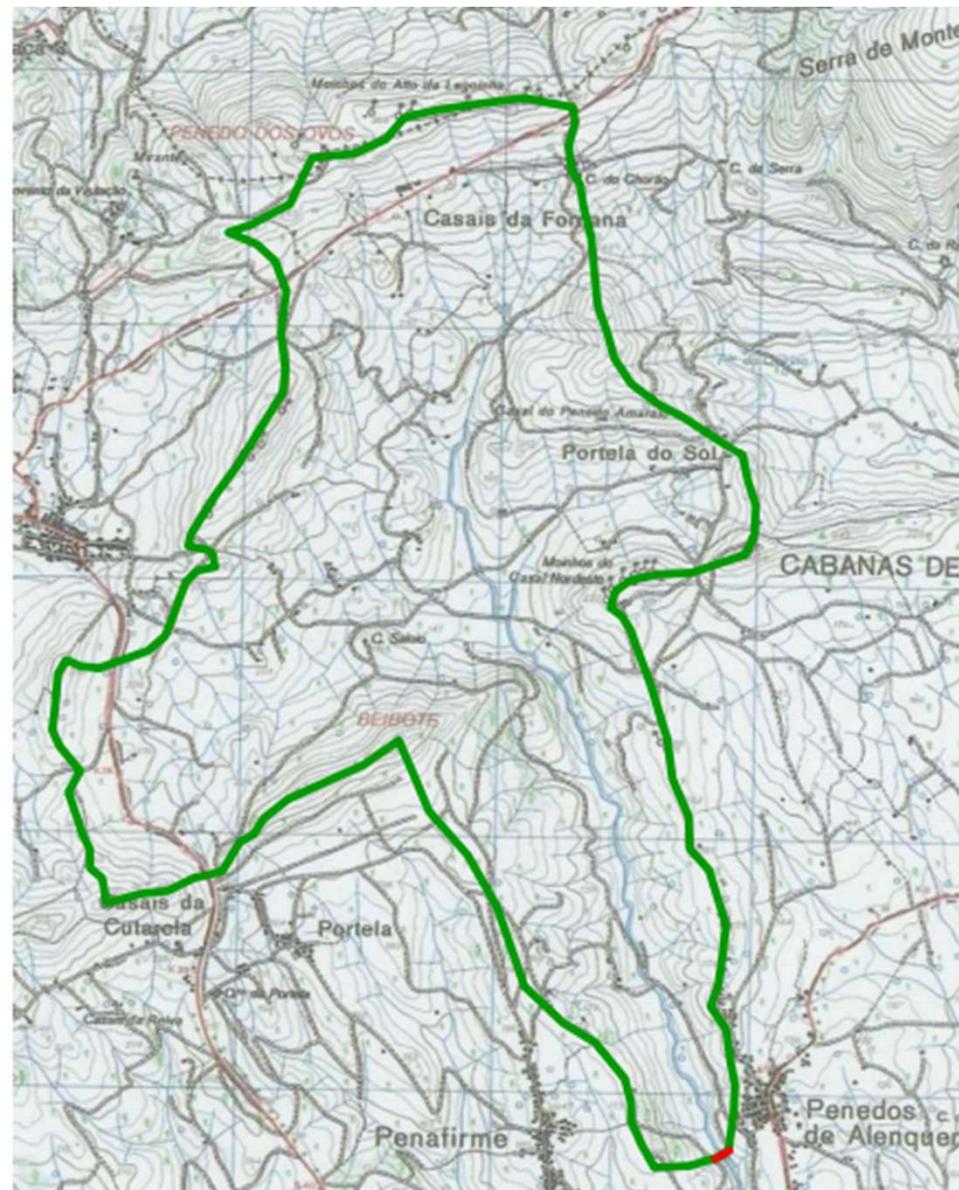
### Delimitação de bacias hidrográficas numa carta



Identificar os **vales** e as **cumeadas**, a partir das concavidades das curvas de nível.

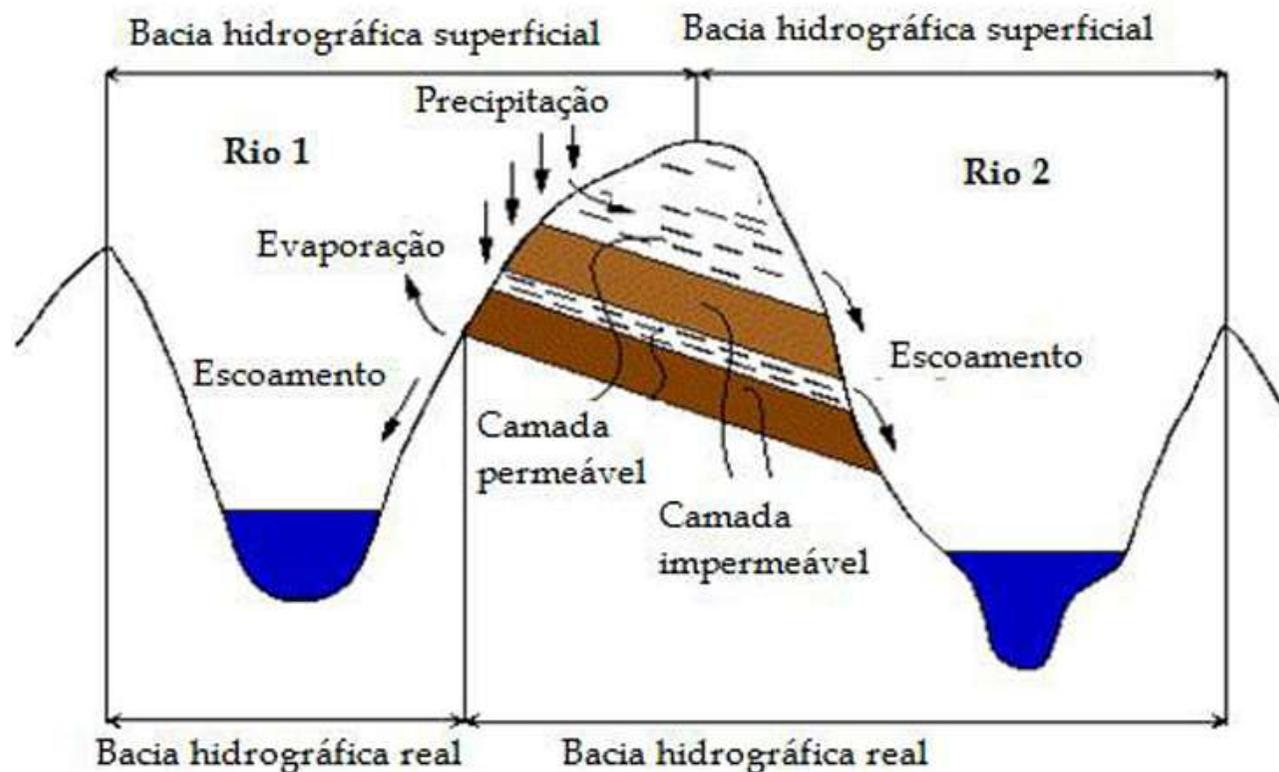
O contorno da bacia hidrográfica é definido pela **linha de separação de águas** entre bacias adjacentes.

- Curva de nível
- Linha de água
- Secção de referência
- Limite da bacia hidrográfica



Área disciplinar de Engª Rural

A bacia hidrográfica real pode não coincidir com a bacia hidrográfica “topográfica” (ex: solos permeáveis onde há escoamentos subterrâneos)



O escoamento adicional subterrâneo

- pode ser significativo em bacias de reduzidas dimensões
- é negligível em bacias de grandes dimensões

Bacia Hidrográfica Exorreica: bacia com águas levadas diretamente para o mar aberto.

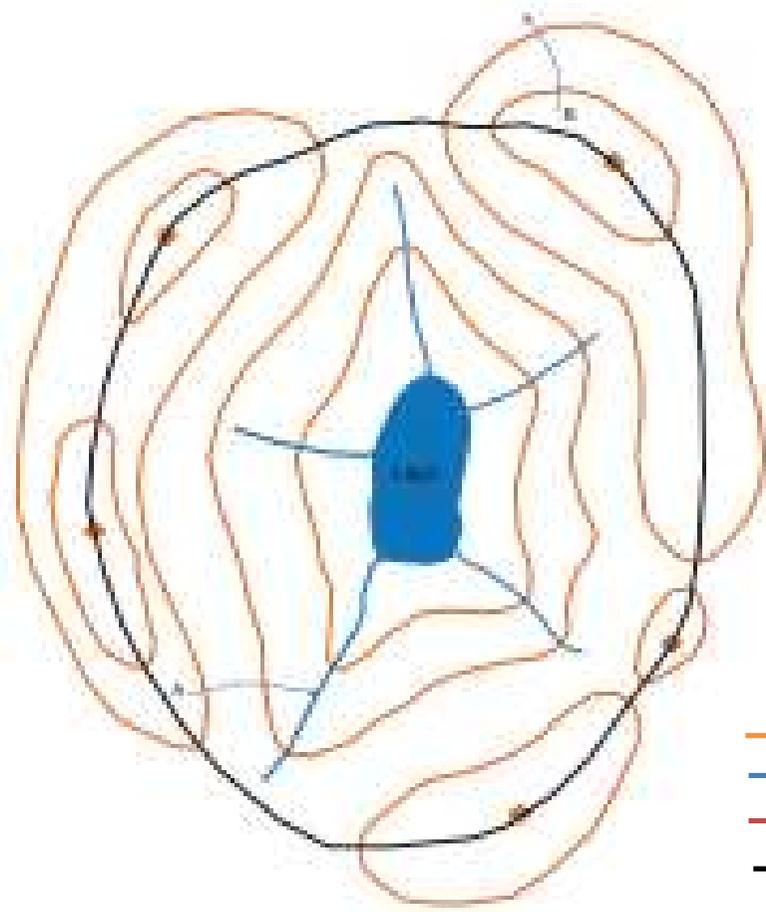


**Amazonas (Brasil)**



**Nilo (Egito)**

Bacia Hidrográfica Endorreica: desagua num lago ou em um mar fechado, não chegando ao mar aberto



- Curva de nível
- Linha de água
- Secção de referência
- Limite da bacia hidrográfica

## 1.2.2 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS

### Matéria a desenvolver a aplicar na primeira aula prática

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função das características climáticas da região e das características fisiográficas das bacias

#### Características fisiográficas das bacias:

- Características geométricas: tamanho, forma
- Características do sistema de drenagem;
- Características do relevo: declive, orientação;

*Exemplo*

Uma BH estreita e longa (fator de forma baixo), está menos sujeita à ocorrência de cheias pois a contribuição dos afluentes atinge o curso de água principal em diferentes secções do mesmo

**Características físicas:** geologia, tipo e uso dos solos, incluindo cobertura vegetal e ocupação humana.

*Exemplo*

A presença de floresta elimina o choque direto das gotas de chuva com a superfície do solo e favorece a infiltração. Reduz a velocidade de escoamento superficial contribuindo para a redução da erosão e ocorrência de cheias e também para o aumento das reservas hídricas subterrâneas

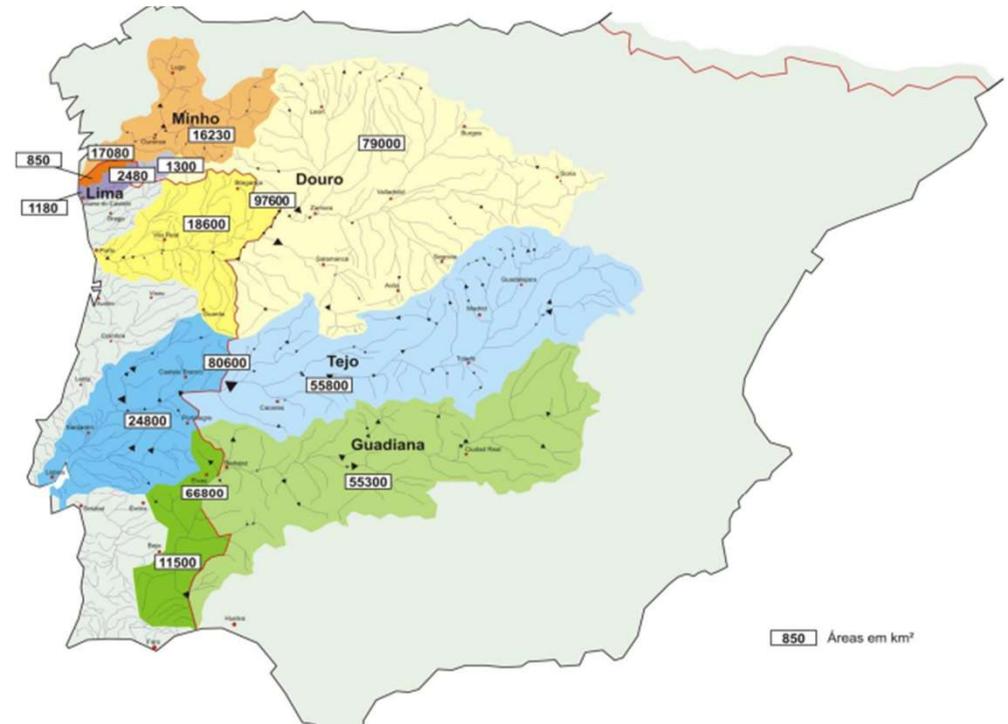
#### Importância do conhecimento das características fisiográficas:

- comparar bacias hidrográficas;
- interpretar fenômenos hidrológicos passados;
- efetuar “previsões” de descarga de um rio;

❖ Bacias hidrográficas em Portugal Continental



❖ Bacias hidrográficas Luso-Espanholas (INAG, 2001)



## Equação de balanço

$$e(t) - s(t) = \frac{dA}{dt}$$

### Aproximação diferencial

- Grande exigência computacional
- Mais usada em investigação

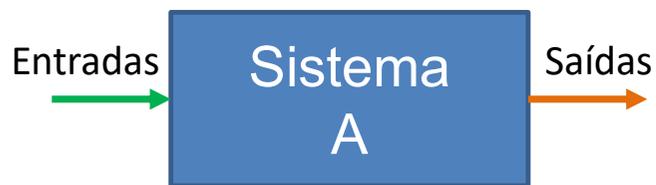
ou

$$E - S = \Delta A$$

### Aproximação da diferenças finitas

- Menor exigência computacional
- Aplicada em engenharia

Um sistema aberto é definido pelas suas fronteiras através das quais ocorrem os fluxos



Onde:

A é o armazenamento;

t é o tempo;

e(t) é o fluxo de entrada e

s(t) é o fluxo de saída

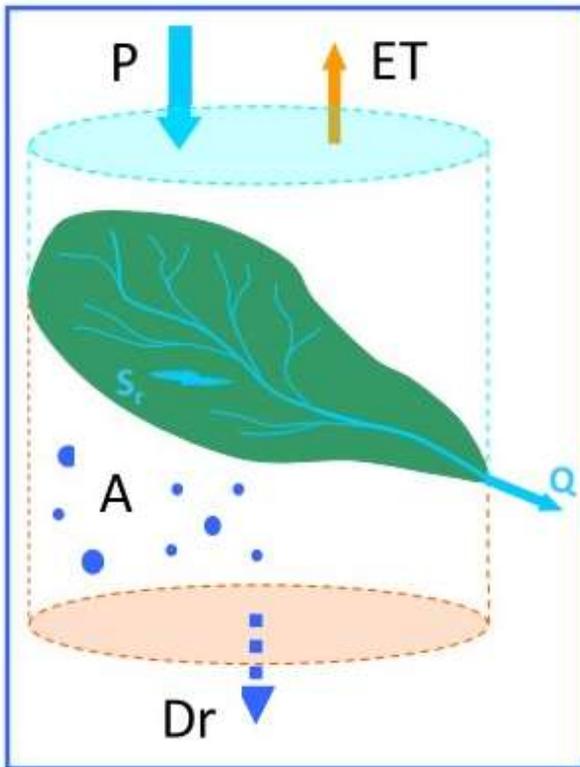
E e S são as entradas e saídas num determinado período de tempo

### 1.2.3 BALANÇO HIDROLÓGICO À ESCALA DA BACIA HIDROGRÁFICA

**Balanço hidrológico**  $\Leftrightarrow E - S = \Delta A$

A equação geral do balanço hidrológico, aplicada a um determinado período de tempo  $\Delta t$ , pode ser simplificada se:

a) A área de aplicação for a bacia hidrográfica



- Só há uma entrada de água (P)
- só há uma saída de escoamento (Q)

$$P - (ET + Q + Dr) = \Delta A$$

*P, ET, Q e Dr são quantidades ou alturas para um determinado período (ex:mm ou m³)*

$$p \Delta t - (et \Delta t + q \Delta t + dr \Delta t) = \Delta A$$

*p, et, q e dr são taxas (por exemplo mm/h ou m³/h)*

Balanço hidrológico  $\Leftrightarrow E - S = \Delta A$

b) O período de tempo for o ano hidrológico



- intervalo de tempo de 12 meses em que são medidos os totais de precipitação;
- O ano hidrológico pode ter início numa data diferente do ano civil e depende da região;
- No hemisfério norte, o ano hidrológico tem geralmente início em 1 de outubro.

Se  $\Delta t$  for o ano hidrológico  $\Rightarrow \Delta A \approx 0 \Rightarrow$

$$P = ET + Q + Dr$$

NOTA: Em Portugal, os serviços oficiais consideram que o ano hidrológico começa a 1 de Outubro e termina a 30 de Setembro.

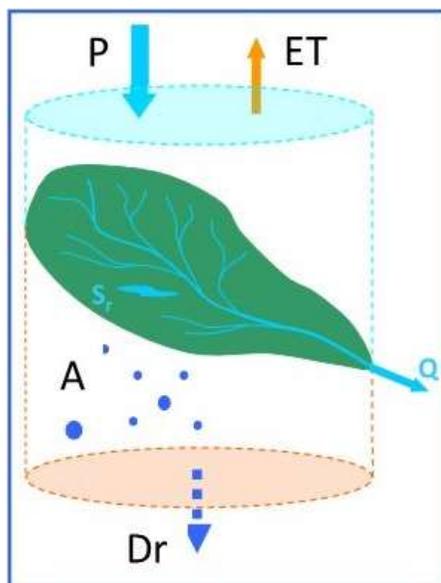


### 1.3 BALANÇO HIDROLÓGICO DE PORTUGAL CONTINENTAL

Valores Médios dos Termos da Equação de Balanço Hidrológico para Portugal Continental

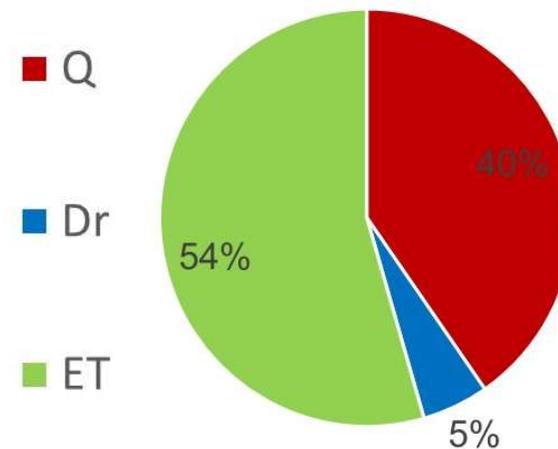
Precipitação	Escoamento $Q$		Percolação $Dr$		Evapotranspiração $ET$	
P (mm)	(mm)	(% de P)	(mm)	(% de P)	(mm)	(% de P)
917	370	40,3	48	5,2	499	54,4

Fonte: Henriques (1985), considerando a área de Portugal = 88 916 km<sup>2</sup>



Área disciplinar de Engª Rural

Termos do balanço hidrológico em Portugal continental em percentagem da precipitação



### *Nota relativa às unidades das variáveis hidrológicas*

- ◆ As grandezas hidrológicas nos diferentes intervalos de tempo, podem ser expressas em volume (km<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>), ou
- ◆ em alturas de água uniformemente distribuídas sobre a projeção horizontal das áreas a que os volumes se referem:

$$H = \frac{V}{A}$$

- 
- **H**, corresponde a uma altura de água (mm) **por cada m<sup>2</sup>** de superfície
  - **1mm** de altura de água, num **m<sup>2</sup>** de área, equivale a um volume de **1litro**

**Exemplo:**

A precipitação (P) e a evapotranspiração (ET) média anual numa bacia de A = 35 ha valem 1250 e 800 mm, respetivamente. Determine os seus valores em m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>

Resolução para o caso da precipitação:

$$1250 \text{ mm} = 1250 \frac{\text{L}}{\text{m}^2}$$

$$1250 \frac{\text{L}}{\text{m}^2} \cdot 350\,000 \text{ m}^2 = 4.375 \times 10^8 \text{ L} = \frac{4.375 \times 10^8}{1000} \text{ m}^3 = 4.375 \times 10^5 \text{ m}^3$$