



Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica



Tópicos

2.1 Ciclo hidrológico

2.1.1 Global

2.1.2 Terrestre

2.1.3 Efeitos Antrópicos

2.2 Escalas dos processos hidrológicos

2.3 Bacia Hidrográfica

2.3.1 Principais características

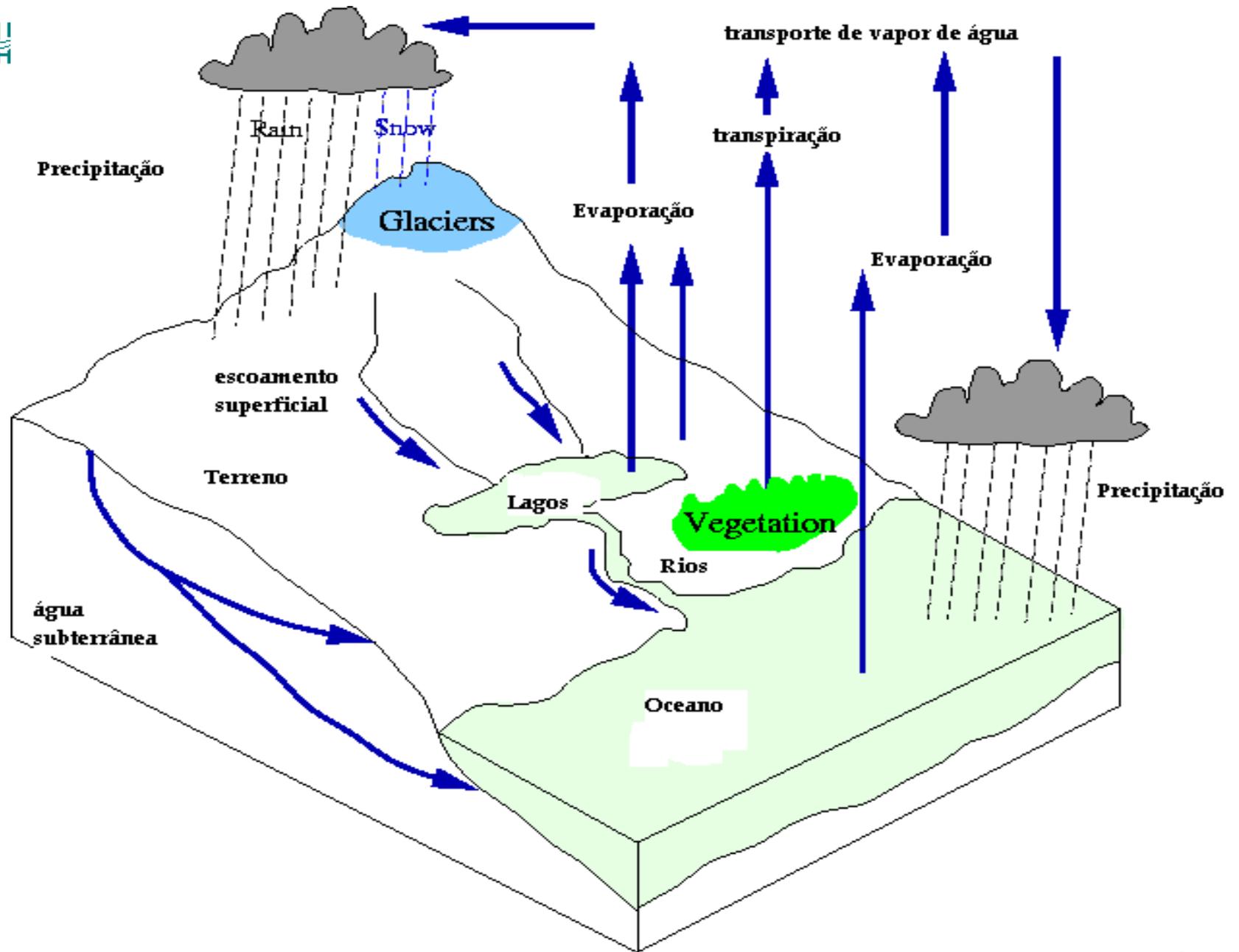
2.3.2 Relações entre variáveis

2.3.3 Funções de entrada e saída da bacia



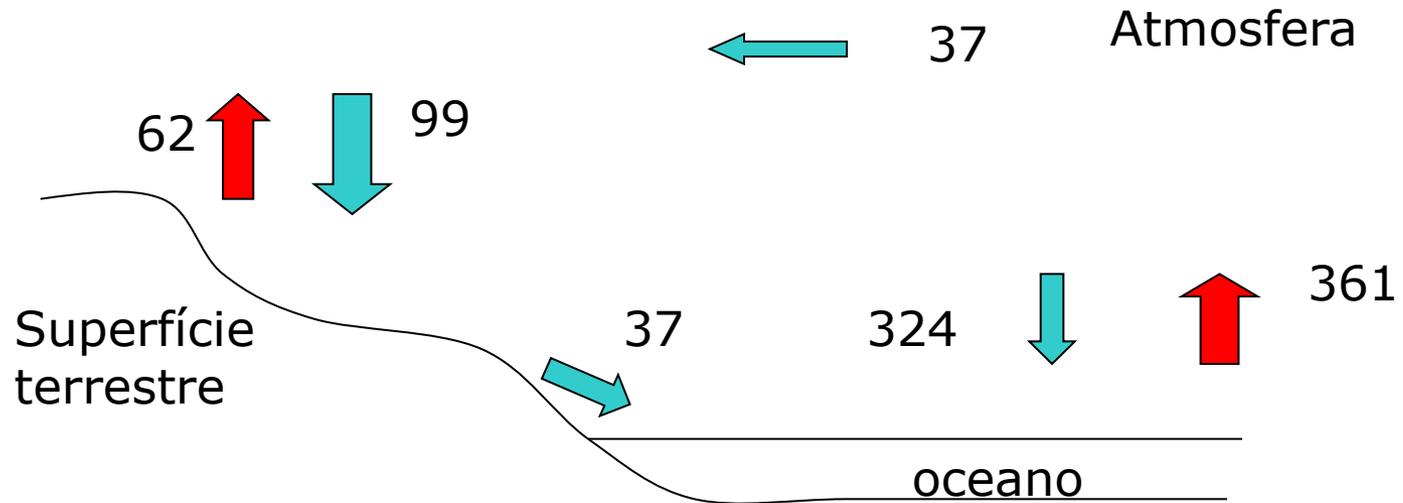
Ciclo hidrológico global

- Energia do sol que atua sobre o sistema terrestre: 36% de toda a energia que chega a terra é utilizada para a evaporação da terra e do mar;
- A água evaporada para a atmosfera fica em média dez dias na atmosfera;
- O fluxo sobre a superfície terrestre é positivo, ou seja a precipitação é maior que a evapotranspiração, resultando nas vazões dos rios;
- Nos oceanos o fluxo é negativo, já que ocorre maior evaporação sobre superfícies líquidas do que precipitação





Fluxos



Unidades : $10^{12} \text{ m}^3/\text{ano}$

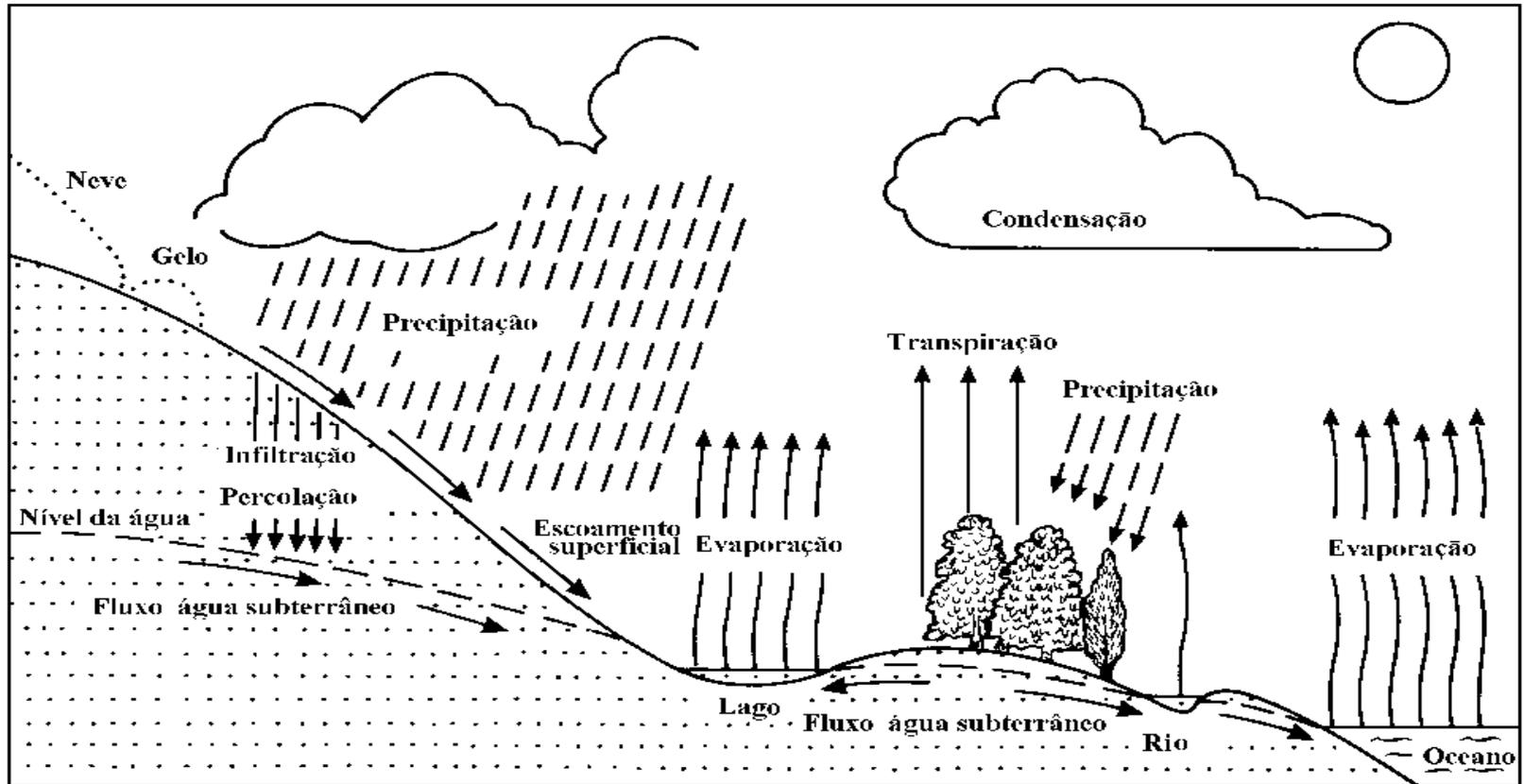


Reservatórios

- Oceanos $1.350 \times 10^{15} \text{ m}^3$
- Geleiras $25 \times 10^{15} \text{ m}^3$
- Águas subterrâneas $8,4 \times 10^{15} \text{ m}^3$
- Rios e Lagos $0,2 \times 10^{15} \text{ m}^3$
- Biosfera $0,0006 \times 10^{15} \text{ m}^3$
- Atmosfera $0,0130 \times 10^{15} \text{ m}^3$



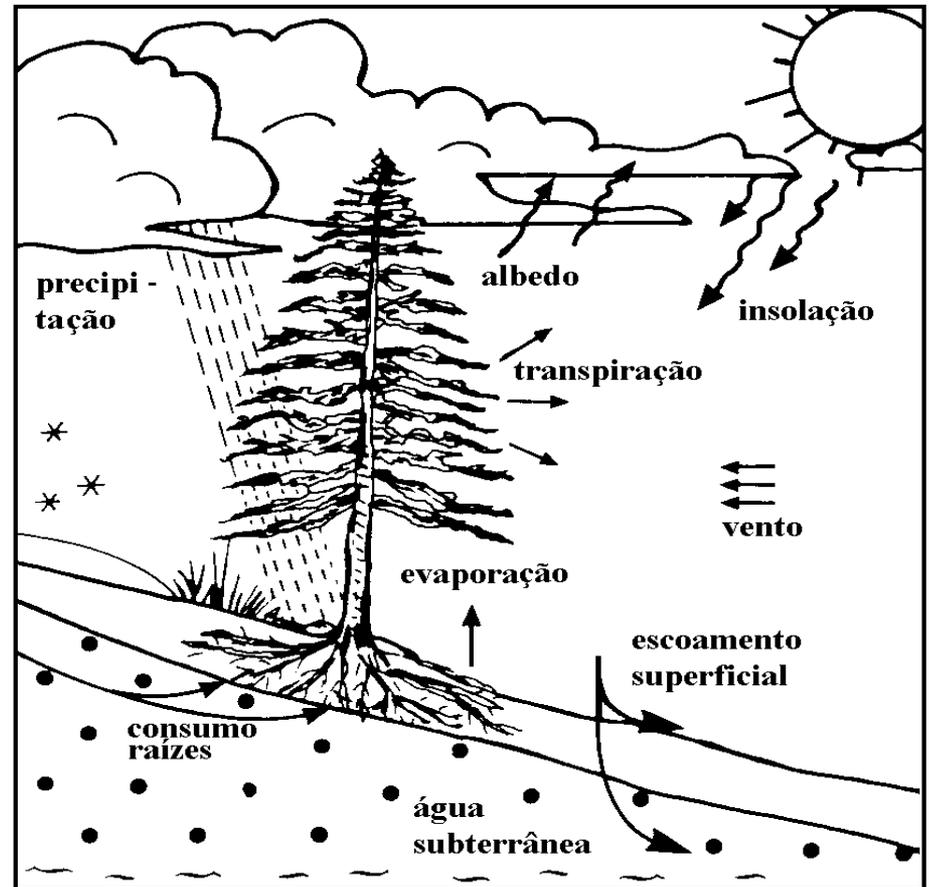
Processos hidrológicos terrestre





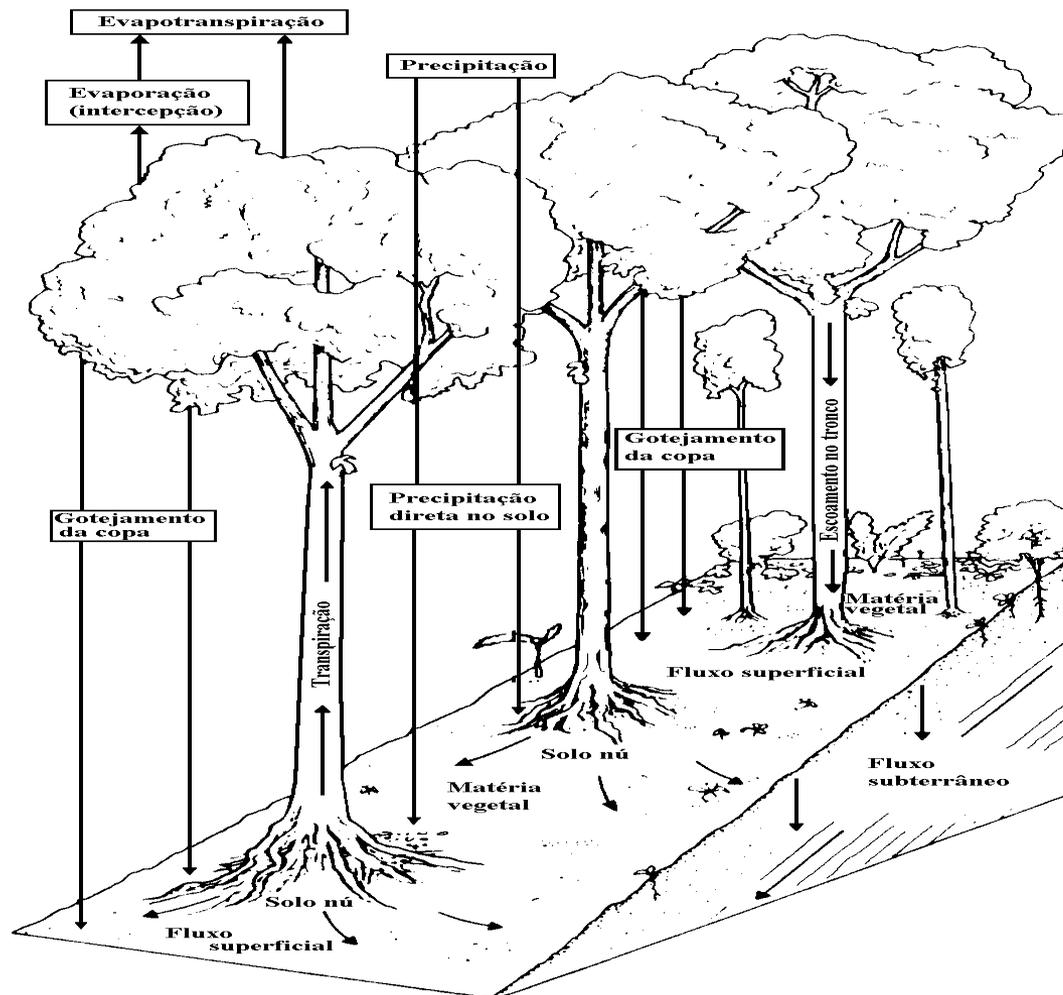
Processos Verticais

- Precipitação
- Interceptação
- Evapotranspiração
- evaporação
- Infiltração
- Percolação





Interceptação

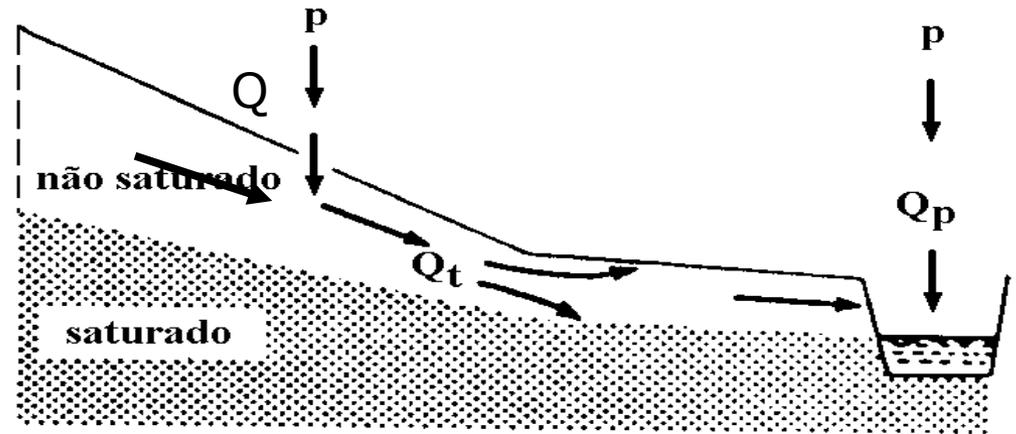




Escoamentos na bacia

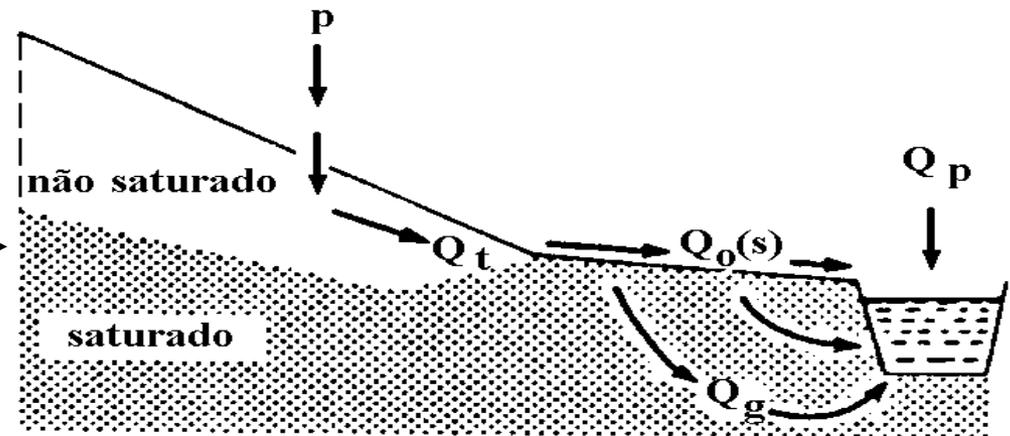
Hortoniano

Parte da chuva infiltra e não retorna a superfície



Áreas de saturação:

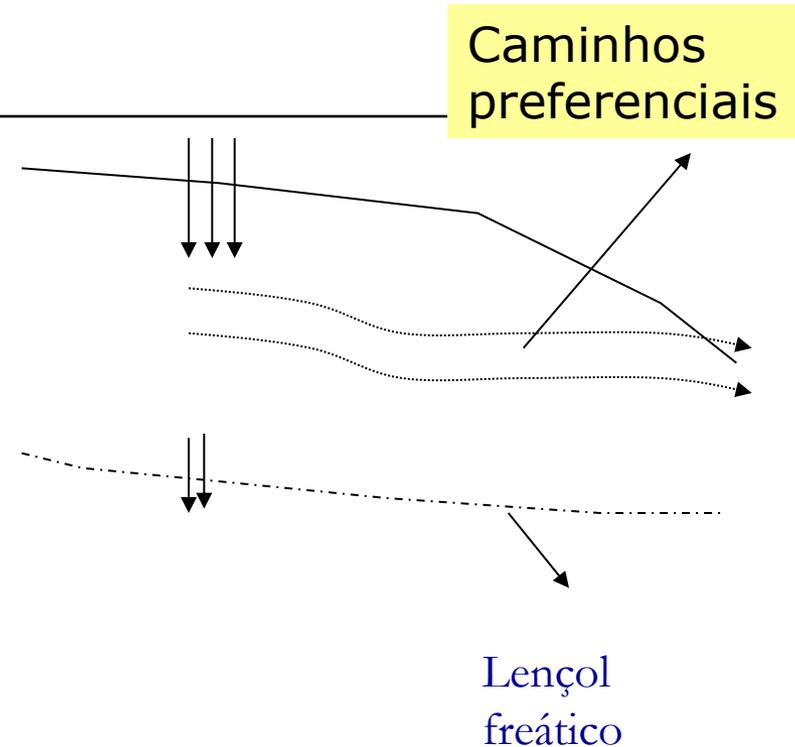
Existem áreas de recarga onde a precipitação infiltra e a jusante áreas em que parte deste volume retorna a superfície.





Processos

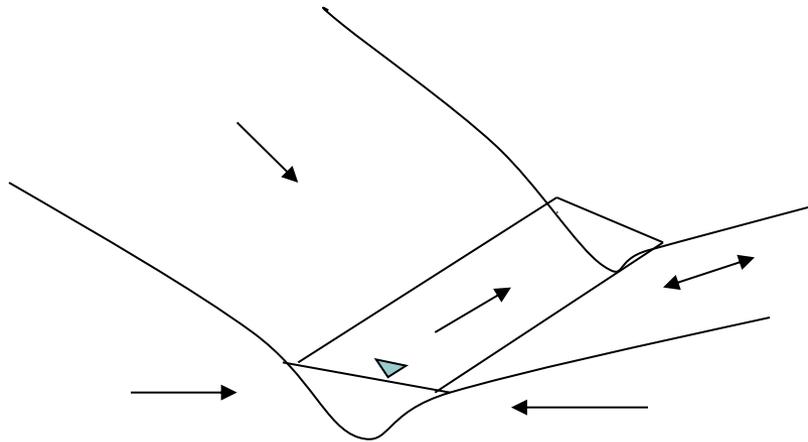
- Em bacias menores a água ao infiltrar percola para o subterrâneo, mas parte do volume cria caminhos preferenciais que podem gerar fluxos superficiais a jusante;
- O fluxo hortoniano é adotado para balanços de bacias maiores ($> 10-15 \text{ km}^2$) onde o efeito do escoamento sub-superficial fica integrado ao escoamento superficial.





Escoamento em rios e reservatórios

- Escoamento dentro de um sistema definido, depende do deslocamento da água ao longo de um leito definido. Dois efeitos principais : armazenamento e gravidade/rugosidade (dinâmica do fluxo).





Efeitos Antrópicos

- Alterações produzidas pelo homem sobre o ecossistema pode alterar parte do ciclo hidrológico quanto a quantidade e qualidade da água.
- *A nível global:* Emissões de gases para a atmosfera produz aumento no efeito estufa, alterando as condições das emissões da radiação térmica, poluição aérea, etc;
- *A nível local:* obras hidráulicas atua sobre o rios, lagos e oceanos; desmatamento atua sobre o comportamento da bacia hidrográfica; a urbanização também produz alterações localizadas nos processos do ciclo hidrológico terrestre, contaminação das águas, etc.



Modificação climática

- Tópico será abordado em capítulos posteriores
- O impacto da emissão de gases pode ser de alteração, além da variabilidade natural das condições de precipitação, evapotranspiração, radiação solar, etc em diferentes partes do globo;
- Existem a variabilidade natural e a modificação climática, a primeira se refere aos condicionantes sem efeitos antrópicos e o segundo devido aos efeitos antrópicos

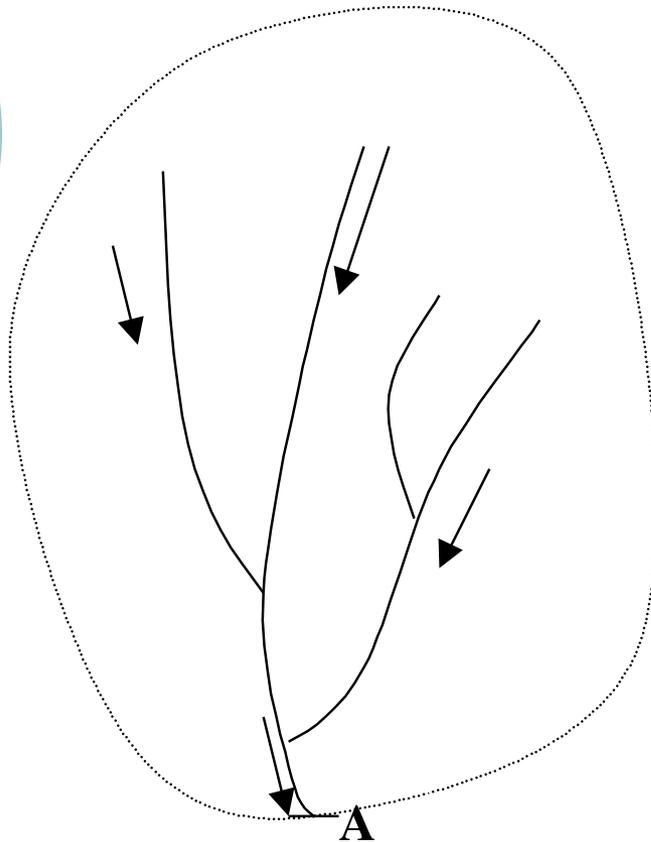


Bacia hidrográfica

- Definida por uma seção de rio
- Representa toda a área de contribuição superficial que a água escoar por gravidade até a seção do rio;
- A bacia hidrográfica do escoamento subterrâneo pode ser diferente. O erro pode diminuir com o aumento da bacia ou a escala da informação;
- Delimitação gráfica ou através de geoprocessamento;



Bacia hidrográfica



A - seção principal

..... Delimitação da
bacia

— Sistema
fluvial

- A bacia hidrográfica é definida por uma seção transversal;
- Drena toda a água que escoia superficialmente por gravidade para a seção principal;
- O divisor de água subterrâneo pode ser diferente do superficial. Efeito maior para bacias pequenas



Principais Variáveis

- **Área de drenagem** – A vazão de um rio depende da área da bacia -
 $Q = q \cdot A$ –
 q é a vazão específica (em mm ou l/s/km² e A ; em km²
Ex. Q médio de 30 m³/s numa bacia de 2000 km², a vazão específica é q
 $= Q/A = 15$ l/s/km²
- **Comprimento do rio principal:** é um indicador da característica da bacia e indiretamente da área
- **Declividade média do rio principal** – influencia as vazões máxima e mínimas. (Ex maior declividade maior pico e menor vazão de estiagem)
- **Densidade de drenagem** – maior densidade, maior escoamento e volume de escoamento.
- **Desnível.**



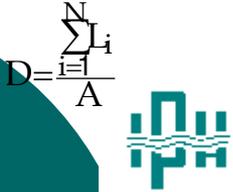
Caracterização

- **Área de drenagem de uma bacia (A)** : pode ser determinada por planímetro ou por técnicas de geoprocessamento;
- **Comprimento do rio principal (L)**: para cada bacia existe um rio principal. Define-se o rio principal de uma bacia hidrográfica como aquele que drena a maior área no interior da bacia. A medição do comprimento do rio pode ser realizada por curvímetro ou por geoprocessamento;

- **Declividade média do rio (S_m)** :

$$S_m = \frac{H(0,85L) - H(0,1L)}{0,75L}$$

$$S_m = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{L}$$



Densidade de drenagem

- D – densidade de drenagem; A a área de drenagem

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{A}$$

Frequência de drenagem

$$F = \frac{\sum_{i=1}^k N_i}{A_k}$$

$$\frac{F}{D^2} \approx 0,694$$



Relações entre variáveis

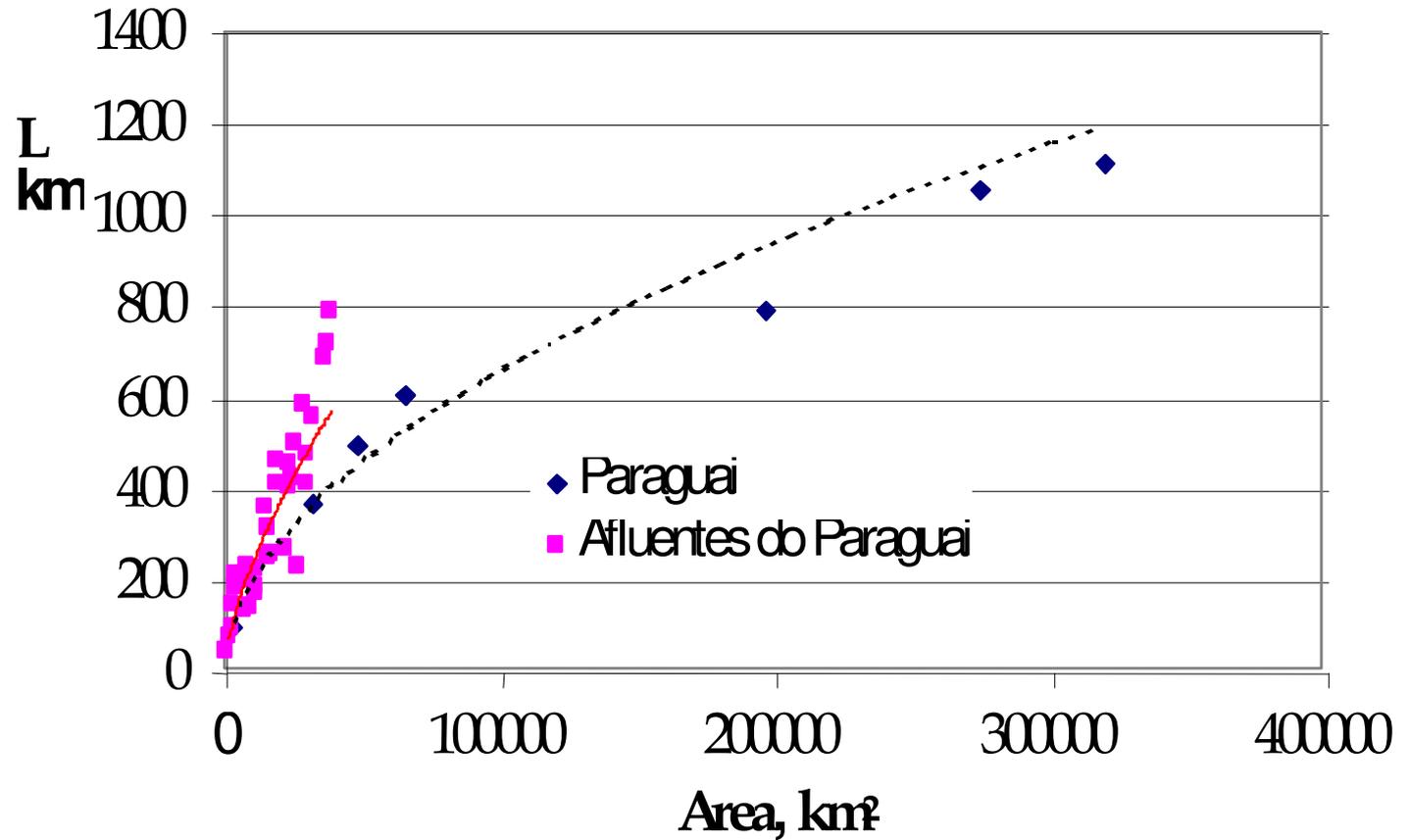
- **Área e comprimento**

- $L = a A^b$

Bacia	a	b	R ²
Brasil	1,64	0,538	-
Rio Uruguai	1,61	0,574	0,86
Afluentes do rio Paraguai	0,49	0,668	0,82
Rio Paraguai	1,76	0,514	0,98

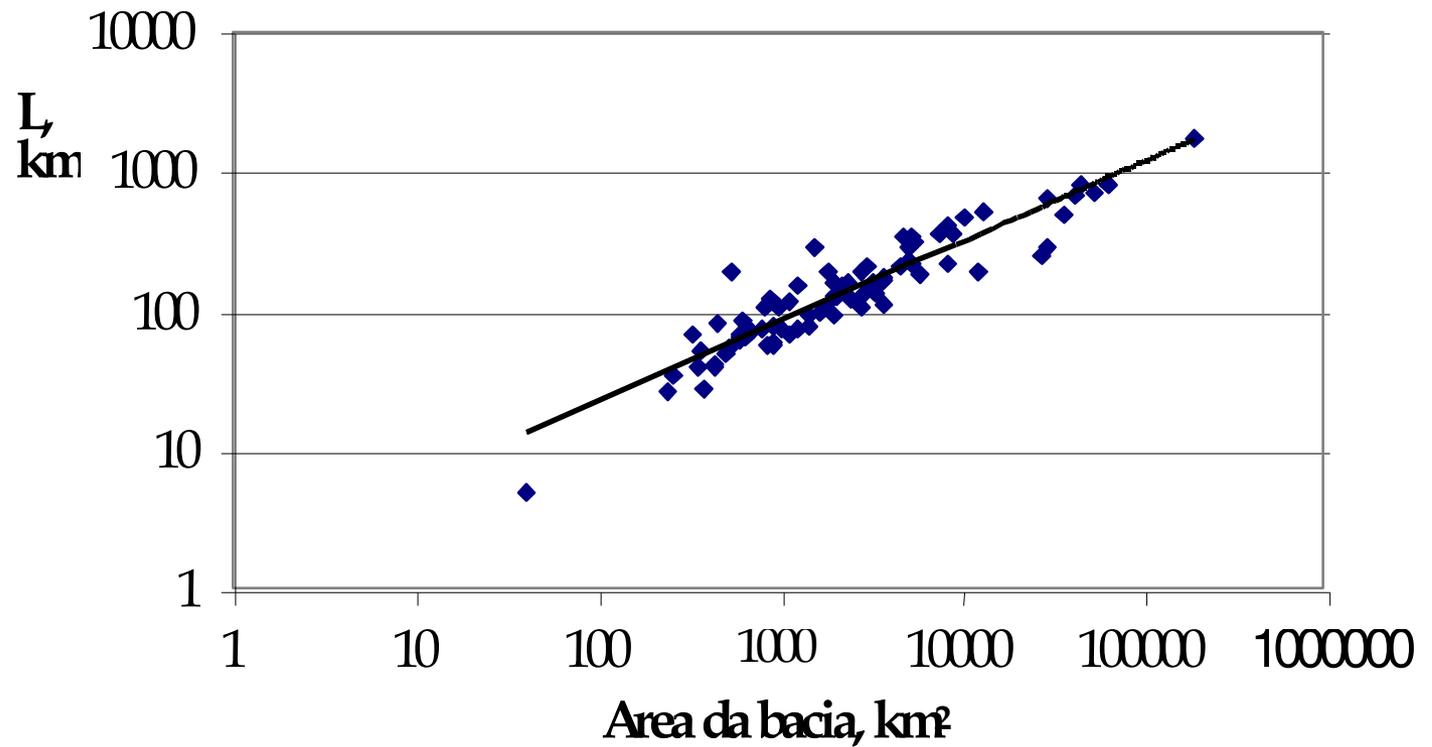


Rio Paraguai



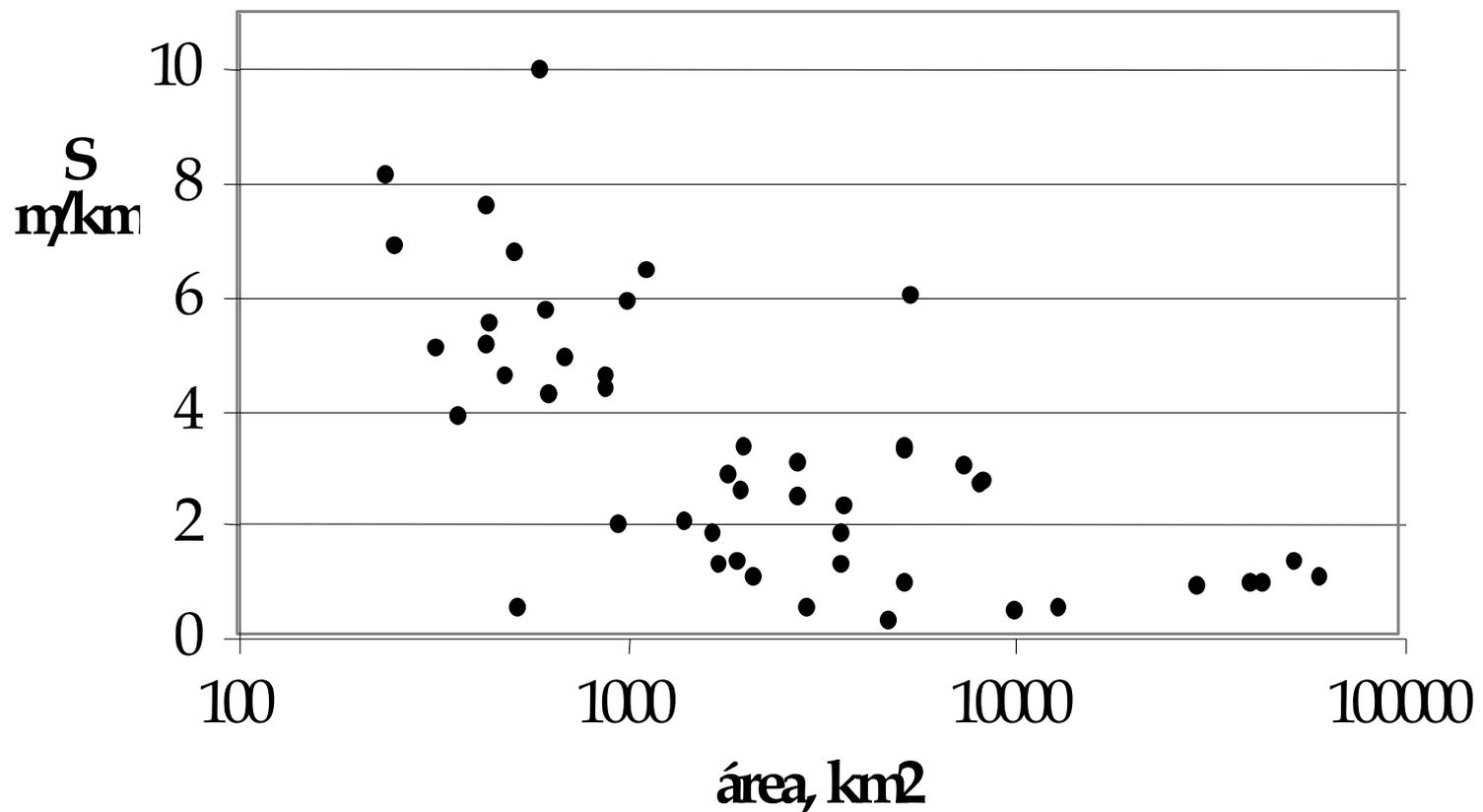


Rio Uruguai



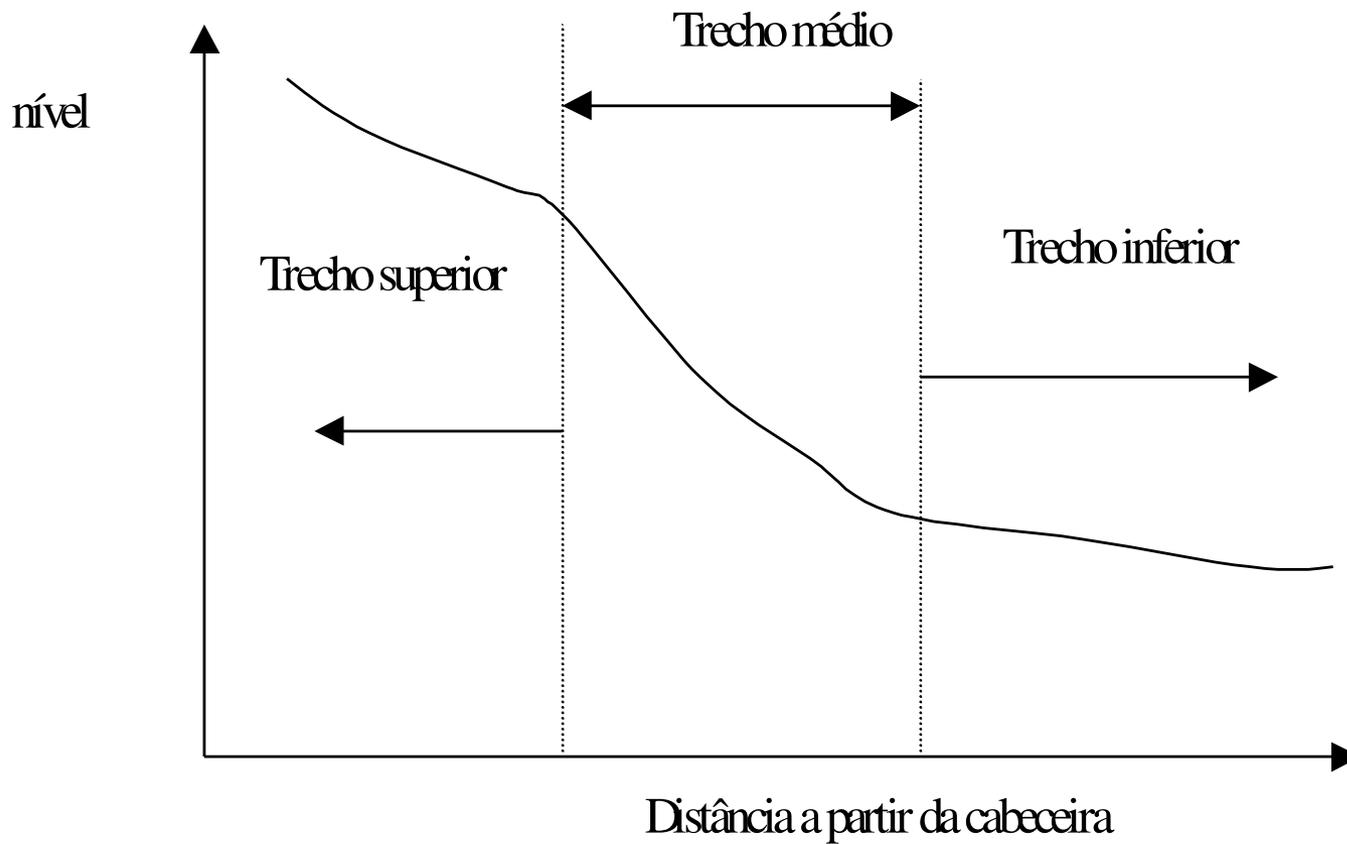


Área e declividade





Características da declividade dos rios





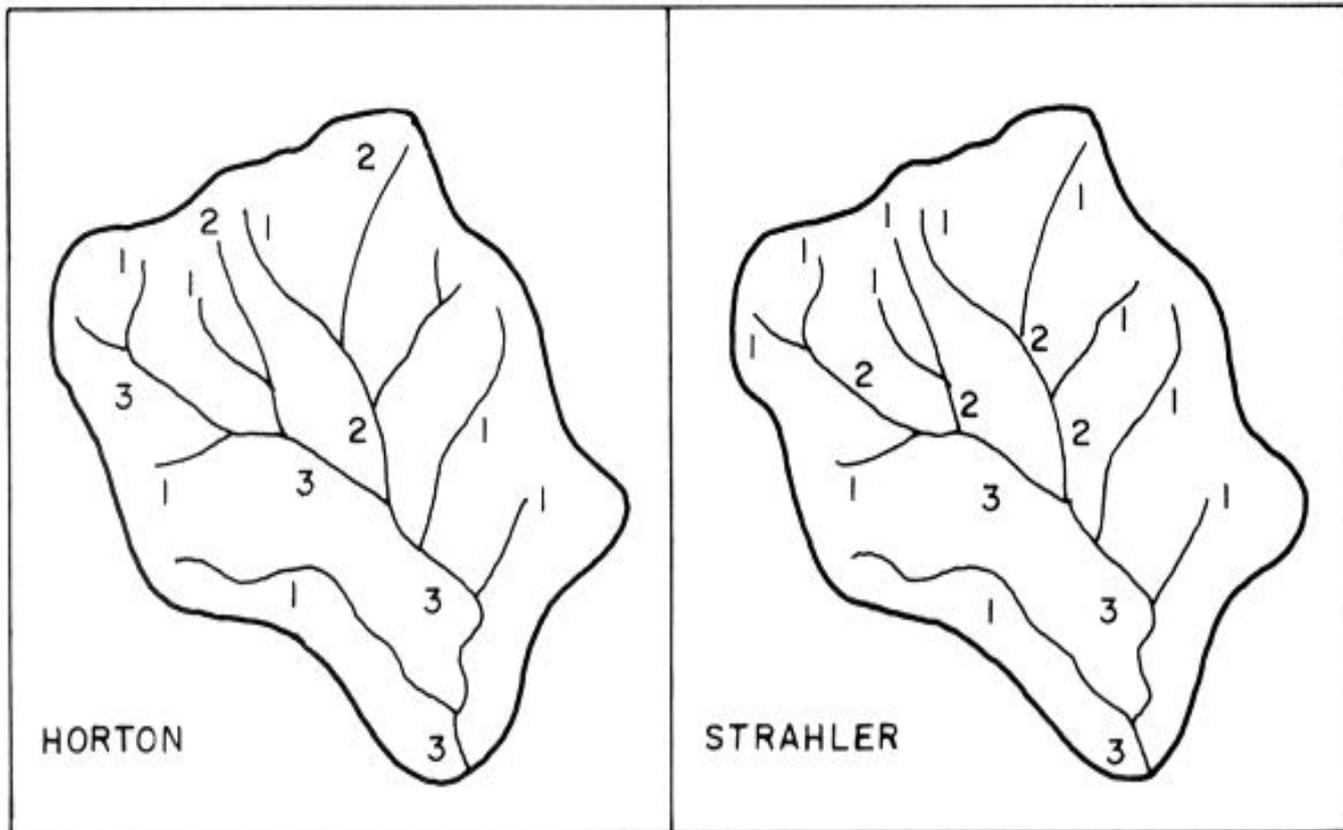
Ordem

- Horton: os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os canais de segunda ordem têm apenas afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem recebem afluência de canais de segunda ordem, podendo também receber diretamente canais de primeira ordem; sucessivamente, um canal de ordem u pode ter tributários de ordem $u-1$ até 1.
- Strahler: todos os canais sem tributários são de primeira ordem, mesmo que sejam nascentes dos rios principais e afluentes; os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem; os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem

Depende da escala analisada



Ordem





Caracterizações utilizadas na gestão

- **Ottobacia** – inicia pela seção principal da bacia, discretiza até 10 sub-bacias em distribuídas e pontuais, dando números ímpares para as pontuais e par para as distribuídas. Com esta codificação existirão até seis níveis de caracterização.
- Na gestão de recursos hídricos são definidas dentro a seqüência de até três níveis das bacias nacionais para serem elaborados Planos de bacia e instalação de comitê (???)verificar)



Hidrograma

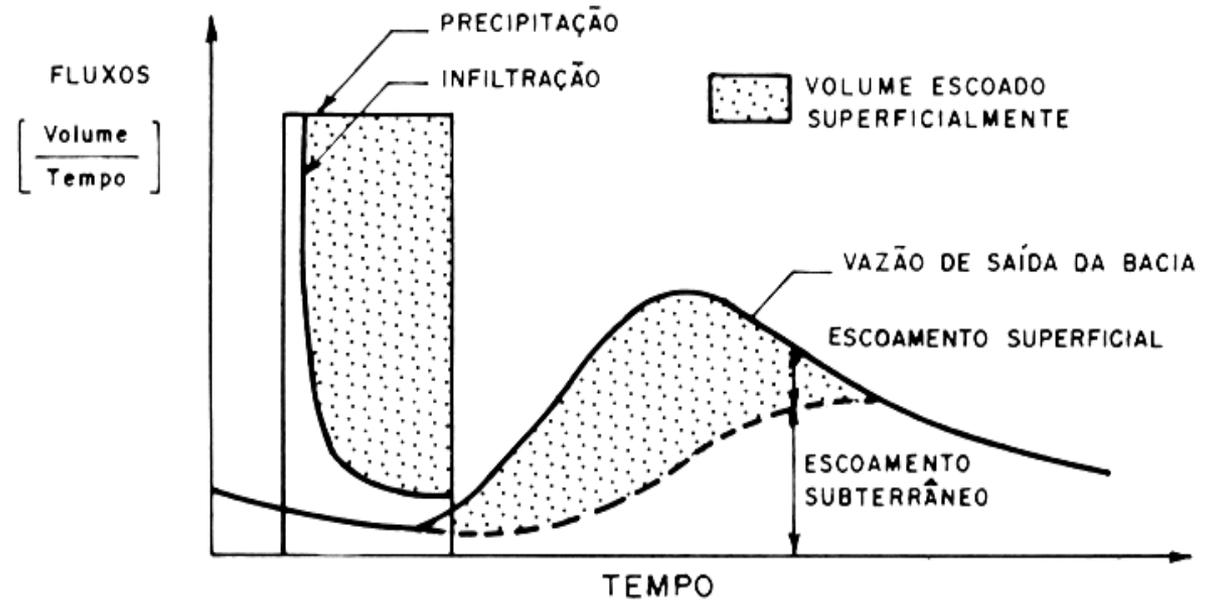
- As funções de entrada na bacia são $P(t)$ e $E(t)$

$P(t)$ = hietograma

- A saída é $Q(t)$

$Q(t)$ = hidrograma que integra no espaço o efeito da precipitação e de todas as variáveis e processos no espaço da bacia

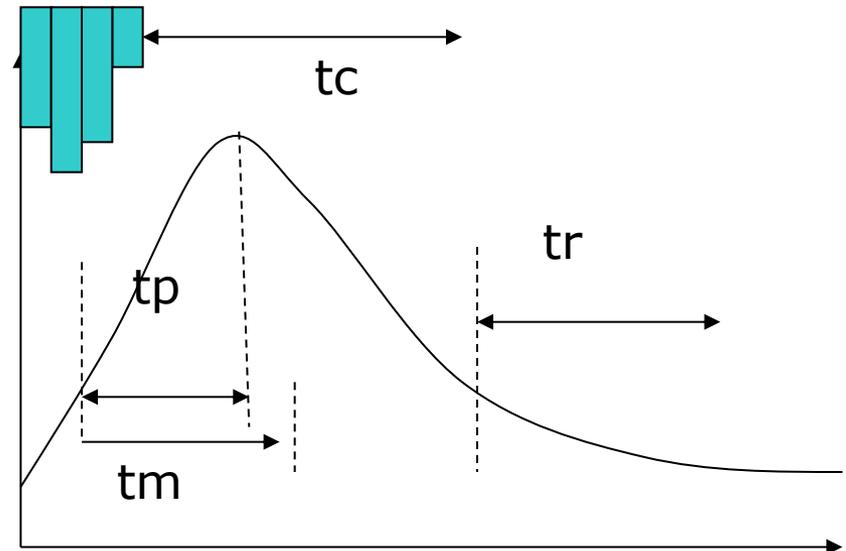
A vazão integra o escoamento superficial, sub-superficial e subterrâneo





Características do hidrograma

- Tempo de concentração: é o tempo que a água superficial leva para escoar do ponto mais distante até a seção principal;
- Tempo de pico: é o tempo entre o centro de gravidade da precipitação e o pico do hidrograma;
- Tempo médio de deslocamento da vazão: é o tempo entre o centro de gravidade do hietograma e o do hidrograma.
- Período de recessão: quando termina o escoamento superficial





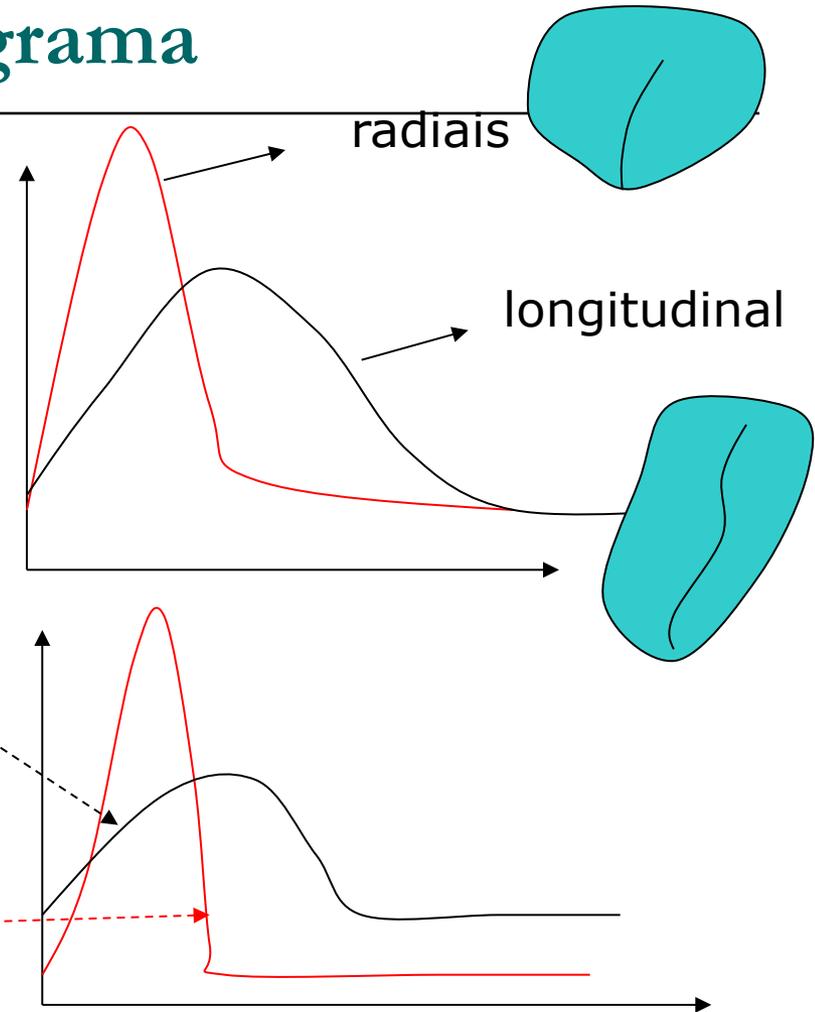
Variáveis que influenciam o hidrograma

- Precipitação: distribuição temporal e espacial
- Evapotranspiração e interceptação;
- Cobertura do solo;
- Tipo e espessura do solo;
- Relevo e forma: declividade do rio e da bacia, comprimento, área, densidade de drenagem, etc.
- Tipo de aquífero e formação rochosa.



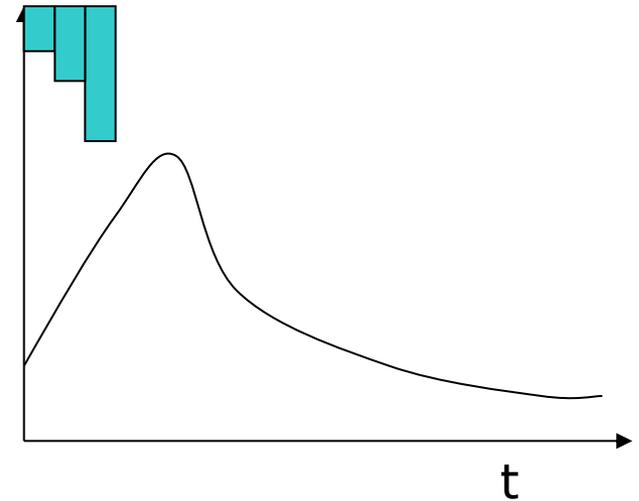
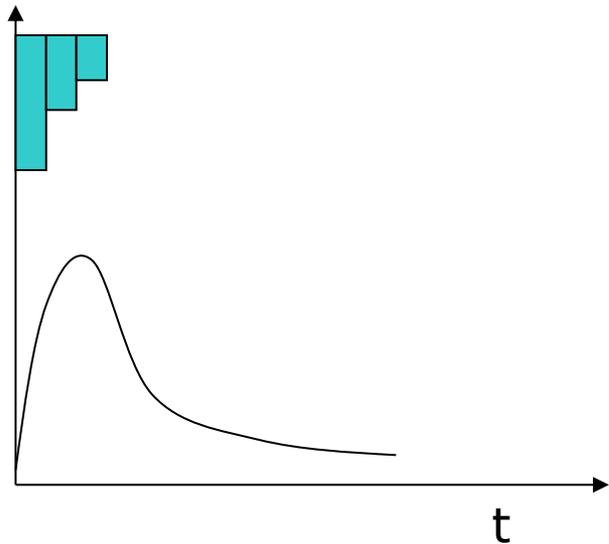
Efeito das características físicas no hidrograma

- *Bacias radiais* com declividade alta possuem tempo de concentração e hidrograma com maiores picos que as bacias *longitudinais*
- Bacias com aquífero com volume maior (p.ex. sedimentar) regulariza a vazão de estiagem, enquanto que uma bacia com pequena profundidade do solo e rocha tende a apresentar pequena regularização anual





Efeito da precipitação: distribuição temporal e espacial



- Efeito temporal da chuva
- Efeito espacial: chuva de montante para jusante pode sincronizar o pico