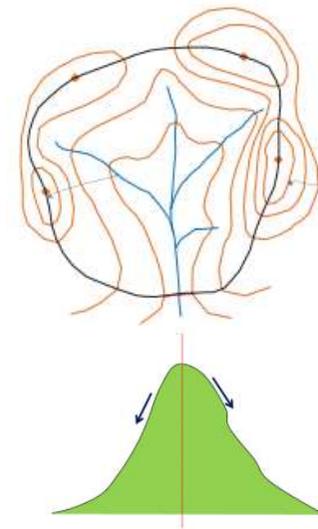
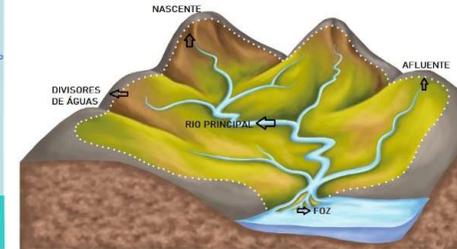




# Hidrologia

## AULA PRÁTICA 1

### 1.2.2 Características fisiográficas das bacias hidrográficas



## 1.2.2 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de:

- características climáticas da região e
- características fisiográficas das bacias

Características fisiográficas das bacias (podem ser ret Exemplo cartas, fotografias aéreas, imagens de satélite) :

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

Características físicas:

- geologia,
- tipo de solos
- uso dos solos (incluindo cobertura vegetal e ocupação humana)

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

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 fenômenos hidrológicos;
- criação de fórmulas empíricas para generalizações regionais

## □ Principais características fisiográficas das bacias hidrográficas

São as características que podem ser extraídas de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite

### **Geométricas**

- Área de drenagem da bacia
- Índice de compacidade
- Fator de forma

### **Sistema de drenagem**

- Constância do escoamento
- Ordem
- Densidade de drenagem
- Percurso médio do escoamento superficial e comprimento médio da encosta

### **Características do relevo**

- Declividade da bacia
- Curva hipsométrica
- Perfil do curso de água principal

## □ Principais características fisiográficas das bacias hidrográficas

### 1) Geométricas

#### a) Área de drenagem da bacia

- É representada por uma área plana resultante da projeção horizontal da bacia;
- Determina o potencial de produção de volume de escoamento, desde que a chuvada cubra toda a bacia

> área  $\Rightarrow$  > produção de escoamento superficial

- É normalmente determinada por:
  - planimetria em mapas à escala,
  - através de cálculos matemáticos em mapas digitais arquivados em SIG;
  - fórmulas empíricas  $q_p = c A^n$

em que  $q_p$  é o caudal de ponta,  $A$  é a área e  $c$  e  $n$  são parâmetros de ajustamento

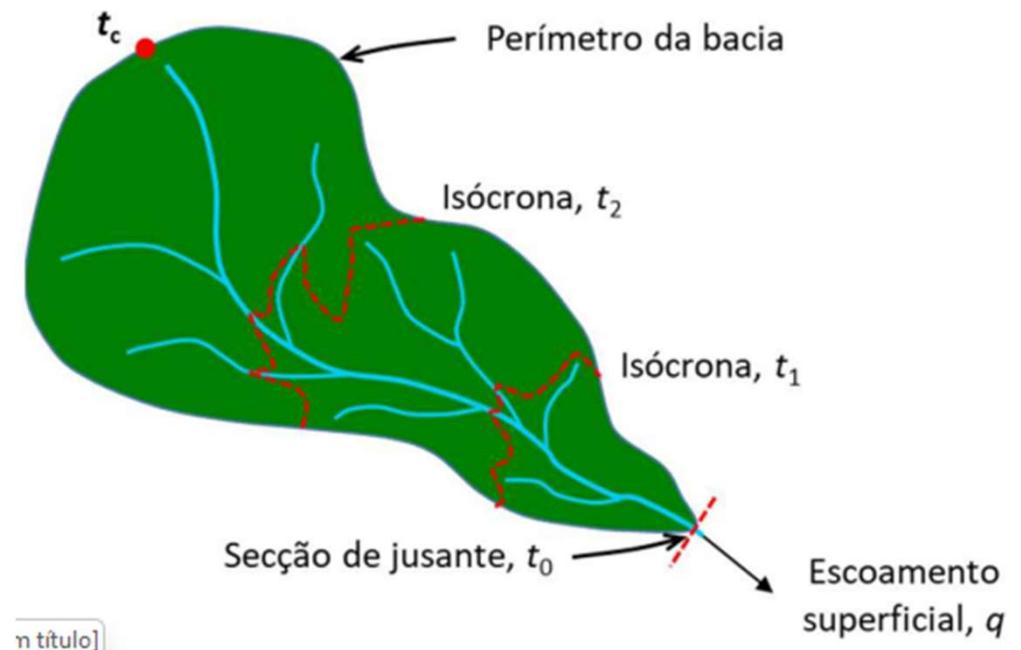
## b) Forma da bacia

Influencia o tempo de concentração da bacia.

### Tempo de concentração de uma bacia hidrográfica

= tempo correspondente ao trajeto da água desde o ponto mais remoto da bacia até à secção de referência.

- Só ao fim deste tempo toda a bacia contribui com escoamento superficial para a secção.
- O seu conhecimento é fundamental para o estudo das cheias.



A forma da bacia é analisada principalmente através do cálculo de índices que relacionam a forma da bacia com formas geométricas conhecidas. Os índices mais utilizados são:

i) Coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius,  $K_c$

É a relação entre o perímetro da bacia,  $P$ , e o perímetro de uma bacia de igual área,  $A$ , mas de forma **circular**:

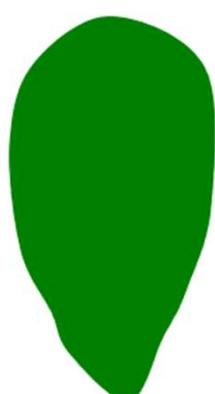
$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$



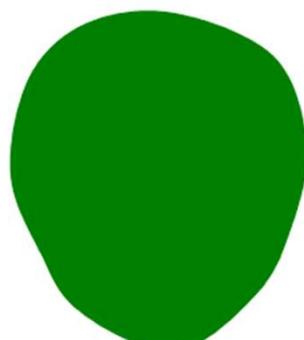
$K_c = 1.6$



$K_c = 1.3$



$K_c = 1.2$



$K_c = 1.1$

Índice adimensional, independente da área da bacia

É sempre maior ou igual à unidade

Quanto maior é, menos compacta é a bacia

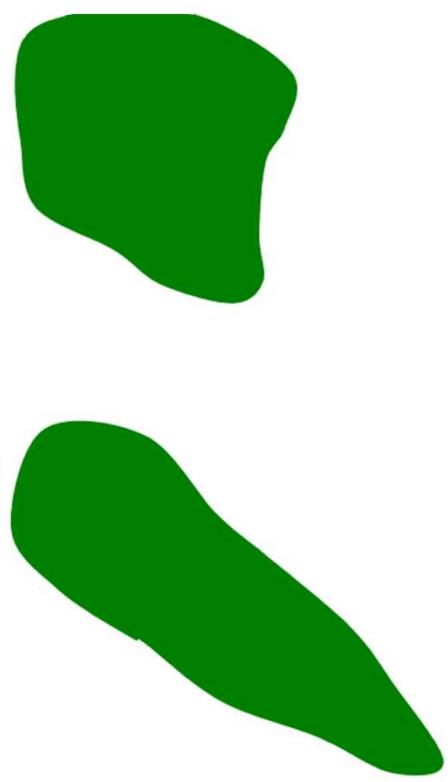
Se imaginarmos uma precipitação instantânea e uniforme sobre a bacia, o escoamento a que ela dará origem surgirá na secção de saída concentrado no tempo ou mais distribuído ao longo do tempo conforme a bacia tenha uma forma próxima da circular ou uma forma irregular.

Assim um valor de  $K_c$  mais próximo de 1, indicará, em igualdade de circunstâncias, uma maior tendência para pontas de cheia mais altas nessa bacia.

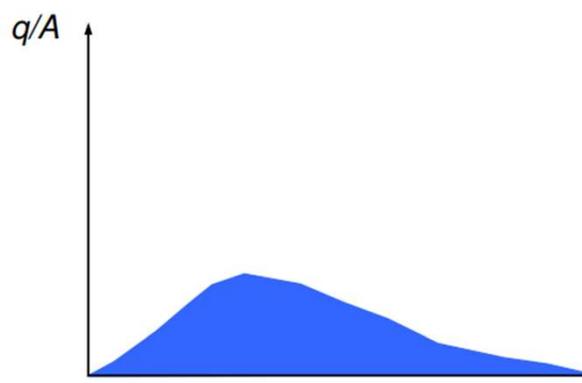
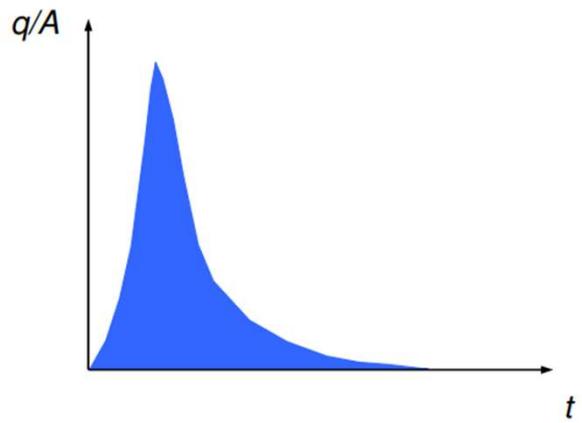
$K_c < 1.13 \Rightarrow$  bacias arredondadas

Kc	Característica da bacia
1,00 – 1,25	Bacia com alta propensão a grandes enchentes
1,25 – 1,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
> 1,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes

Influência da forma da bacia na produção de escoamento



Características geométricas



ii) Fator de forma ,  $K_f$

- É a relação entre a **largura média** de uma bacia ,  $\bar{L}$ , e o **comprimento axial** da bacia,  $L_x$ ;
- Indica também a maior ou menor tendência para a ocorrência de cheias na bacia hidrográfica;
- Muito utilizado na obtenção de hidrogramas unitários sintéticos.

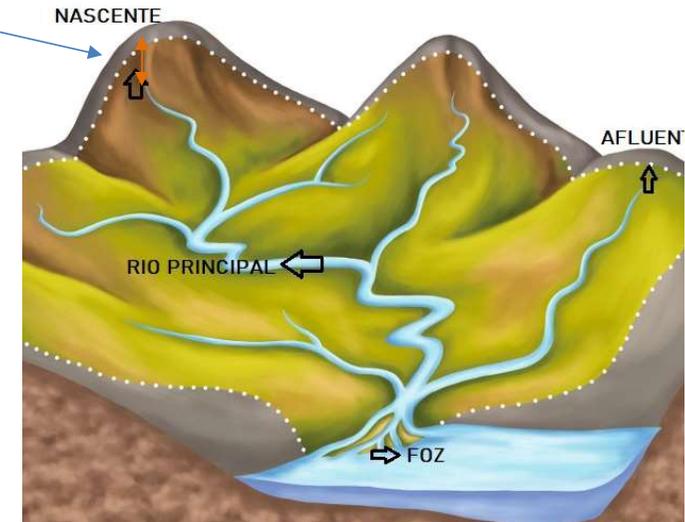
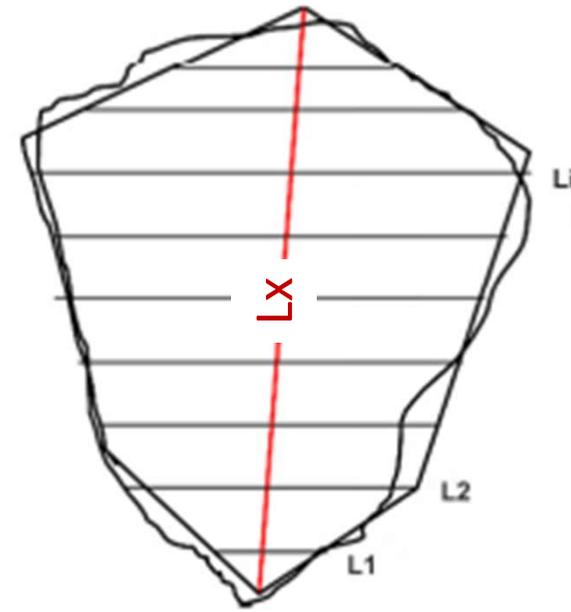
Considera-se como **comprimento axial da bacia**,  $L_x$ , o comprimento do respectivo curso de água principal (mais longo), somado ao comprimento medido desde a cabeceira (nascente) desta até à linha de cumeada mais próxima.

A **largura média da bacia** é definida como:

$$\bar{L} = \frac{A}{L_x}$$

Logo, o fator de forma é dado por:

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L_x} = \frac{A}{L_x^2}$$



$$K_f = \frac{\bar{L}}{Lx} = \frac{A}{L_x^2}$$

Quanto menor o fator de forma mais comprida é a bacia

- Uma bacia com **fator de forma baixo** (formas estreitas e irregulares) é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho porém com maior fator de forma; os escoamentos surgem na secção de saída mais distribuídos ao longo do tempo;
- No limite,  $K_f = 1$ , o que corresponde a uma bacia quadrada

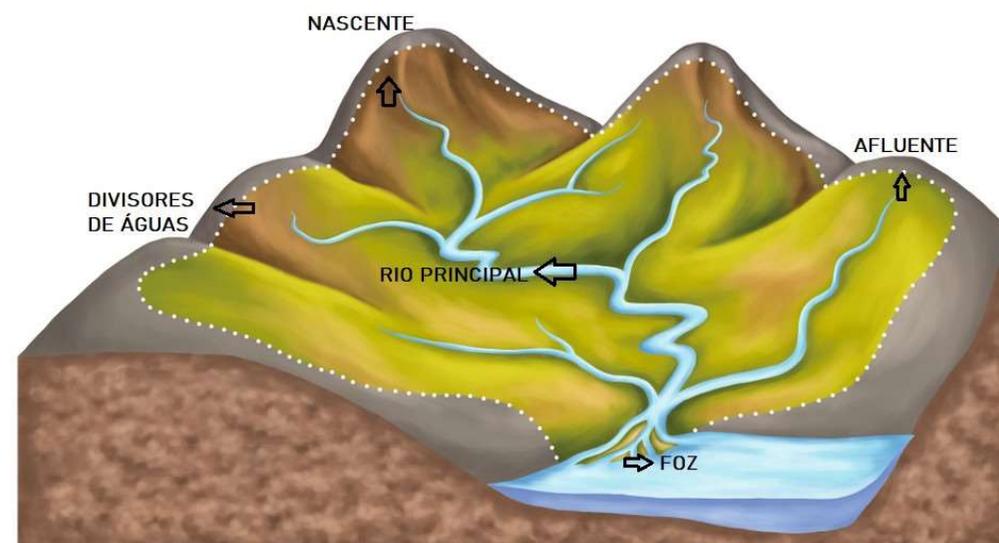
<b>Kf</b>	<b>Característica da bacia</b>
<b>1,00 – 0,75</b>	<b>Bacia com alta propensão a grandes enchentes</b>
<b>0,75 – 0,50</b>	<b>Bacia com tendência mediana a grandes enchentes</b>
<b>&lt; 0,50</b>	<b>Bacia não sujeita a grandes enchentes</b>

## 2) Sistema de Drenagem:

É constituído pelos cursos de água; rio principal e seus afluentes.

### *Classificação dos cursos de água:*

- Perenes:
  - contém água durante todo o tempo  
(o escoamento durante períodos secos é mantido graças ao escoamento subterrâneo, vindo da toalha freática).
- Intermitentes:
  - em geral, escoam durante as estações de chuvas e secam nas de estiagem.
- Efêmeros:
  - existem apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação.



- O estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema de drenagem é importante pois indica a velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica;
- O sistema de drenagem é analisado principalmente em relação a dois índices:
  - ordem dos cursos de água e
  - densidade de drenagem.

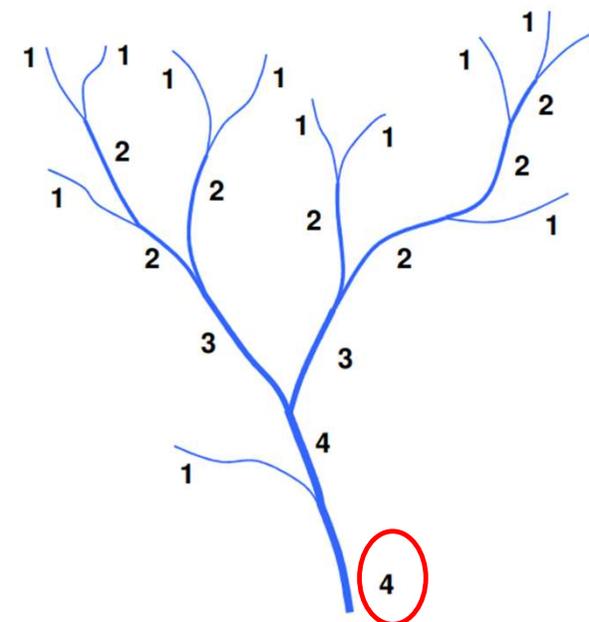
i) Ordem dos cursos de água: classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro da bacia.

Classificação de Strahler para determinação da ordem dos cursos de água

- REGRA 1 – Os primeiros tributários (afluentes) recebem a ordem 1;
- REGRA 2 – Dois cursos de água de ordem  $i$  ao se encontrarem formam um curso de água de ordem  $i + 1$ .
- REGRA 3 – dois cursos de ordem diferente dão origem a um curso da mesma ordem do curso de maior ordem

Obs: quanto maior a ordem da bacia, mais desenvolvida a rede de drenagem e maior a tendência para o pico de cheia.

Ordem dos cursos de água (Strahler):



ii) *Densidade de drenagem ( $D_d$ ):*

indica o desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica.

Este índice é expresso pela relação entre o comprimento total dos cursos de água ( $L_T$ ) e a área da bacia ( $A$ ).

$$D_d = \frac{L_T}{A}$$



Inclui os cursos efémeros

Bacias bem drenadas têm maior tendência para a ocorrência de cheia

A densidade de drenagem fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia.

Bacias com drenagem pobre  $\rightarrow D_d < 0,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem regular  $\rightarrow 0,5 \leq D_d < 1,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem boa  $\rightarrow 1,5 \leq D_d < 2,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem muito boa  $\rightarrow 2,5 \leq D_d < 3,5 \text{ km/km}^2$

Bacias excepcionalmente bem drenadas  $\rightarrow D_d \geq 3,5 \text{ km/km}^2$



Pobre

Regular

Muito boa

### iii) Percurso médio do escoamento superficial, $L_s$

Distância média que a água tem que percorrer até alcançar um curso de água

$$L_s = \frac{1}{2} L_{se}$$

$$L_s = \frac{1}{4D_d}$$

$D_d$  é a densidade de drenagem

Bacia bem drenada:  
 $D_d$  alta e  $L_{se}$  baixo;



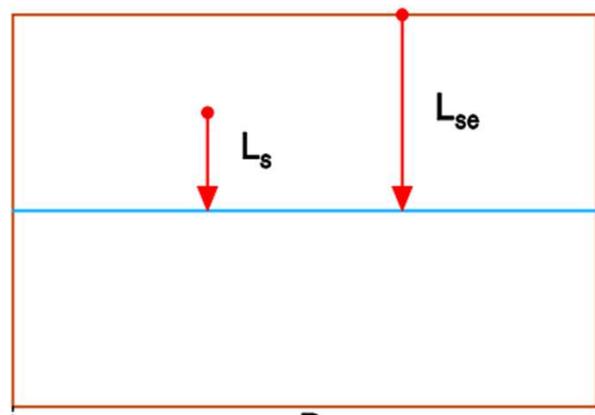
o escoamento superficial é rapidamente canalizado para linhas de água bem definidas e surge mais rapidamente concentrado na secção de referência da bacia.

Bacia mal drenada:  
 $D_d$  baixo e  $L_{se}$  alto.



A precipitação vai originar sobretudo um escoamento subsuperficial e um escoamento subterrâneo, que se processam com maior lentidão, não originando por isso pontas de cheia elevadas.

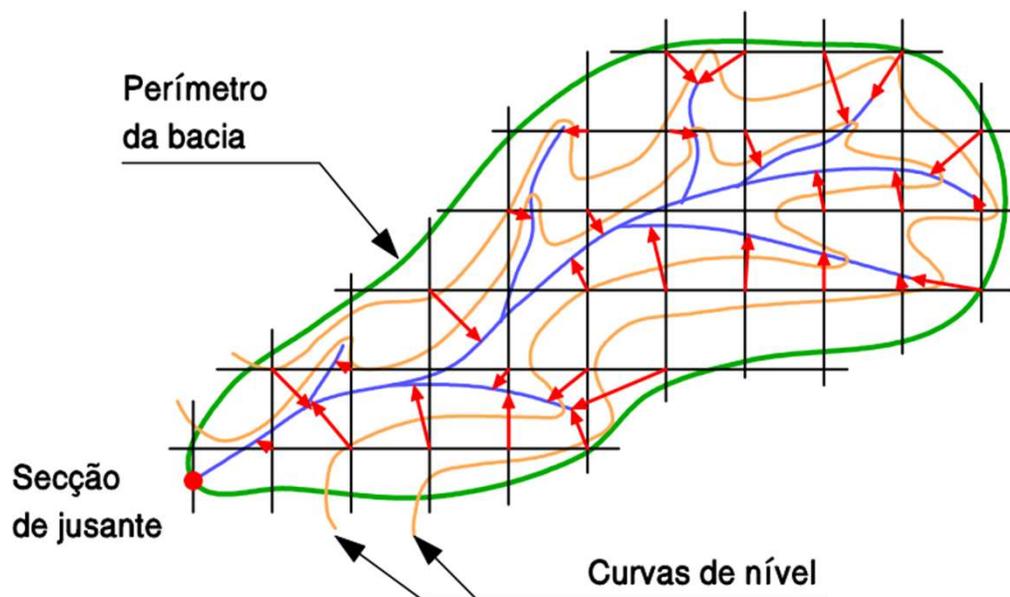
$L_{se}$  = comprimento médio da encosta



### 3. Relevo

#### i) Declive médio da bacia, $S_b$

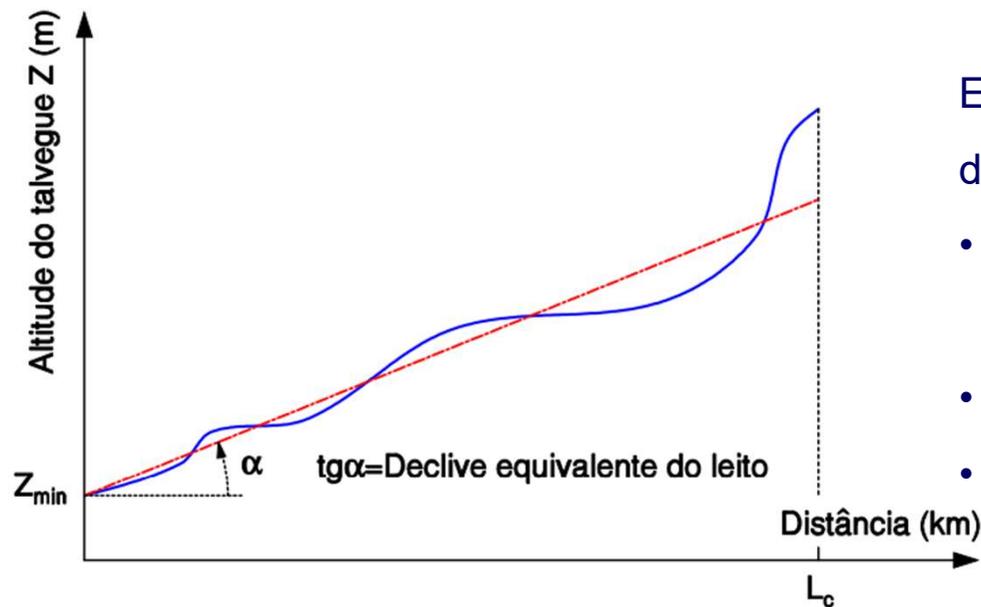
1. Método baseado na sobreposição de uma malha



Quanto maior for o declive dos terrenos, menor será a infiltração e maior será a velocidade com que se dá o escoamento superficial e menor será o tempo que a água leva a atingir o sistema de drenagem, facilitando o aparecimento de maiores pontas de cheia.

$$S_b = \frac{\sum_{i=1}^N S_{b_i}}{N}$$

ii) Perfil longitudinal do curso de água e respetivo declive médio



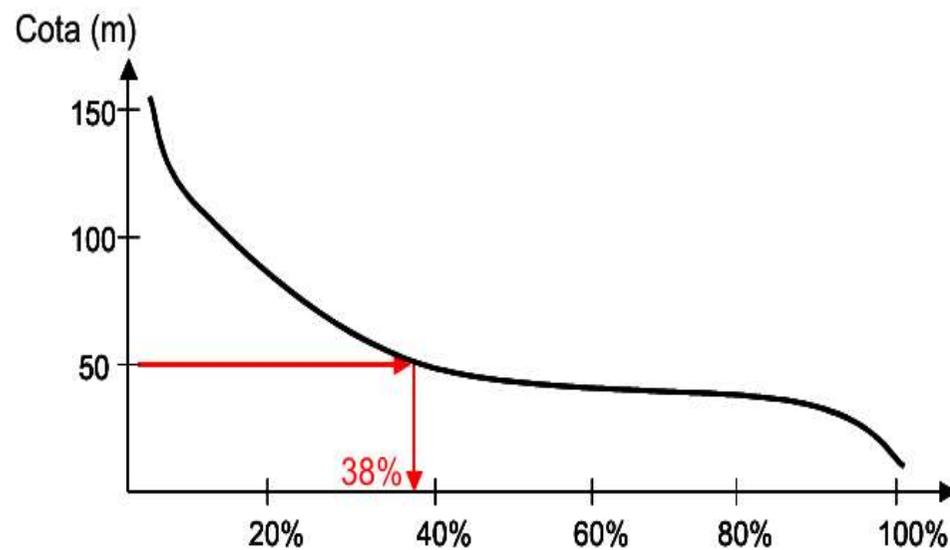
Existem vários métodos para calcular o declive do curso de água principal:

- Com base nas cotas dos extremos (ver exercício);
- Com base na área equivalente;
- Com base na declividade equivalente

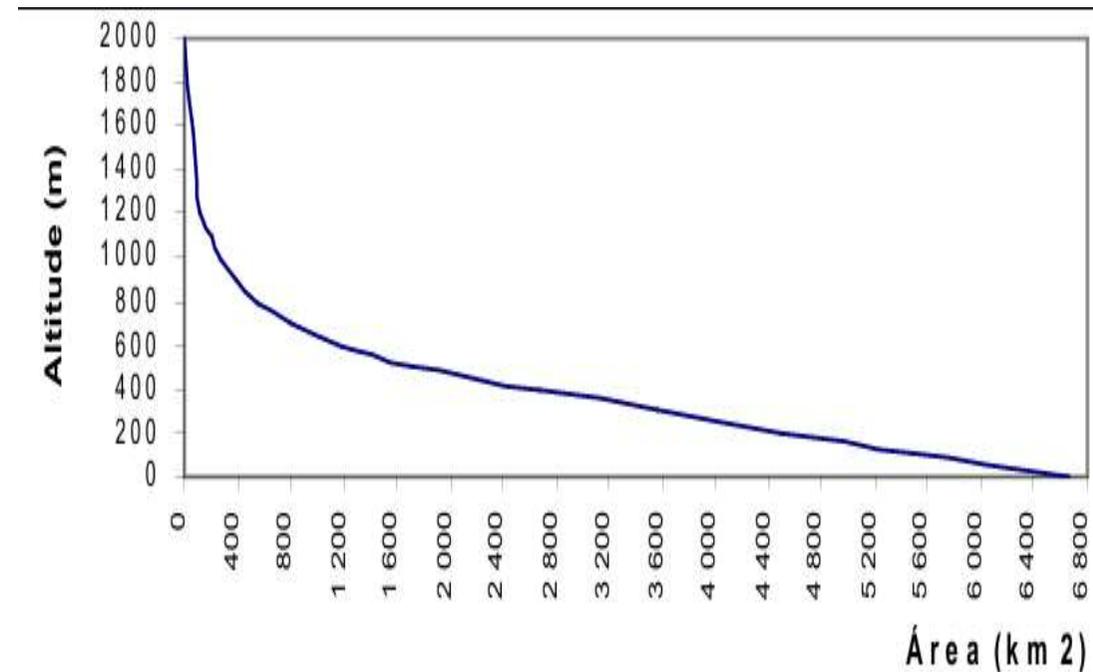
Quanto maior o declive, maior o escoamento e menor o tempo de concentração

**iii) Curva hipsométrica da bacia**

representação gráfica do relevo médio da bacia, indicando para cada cota do terreno a área ou a percentagem da área da bacia situada acima ou abaixo dessa cota.

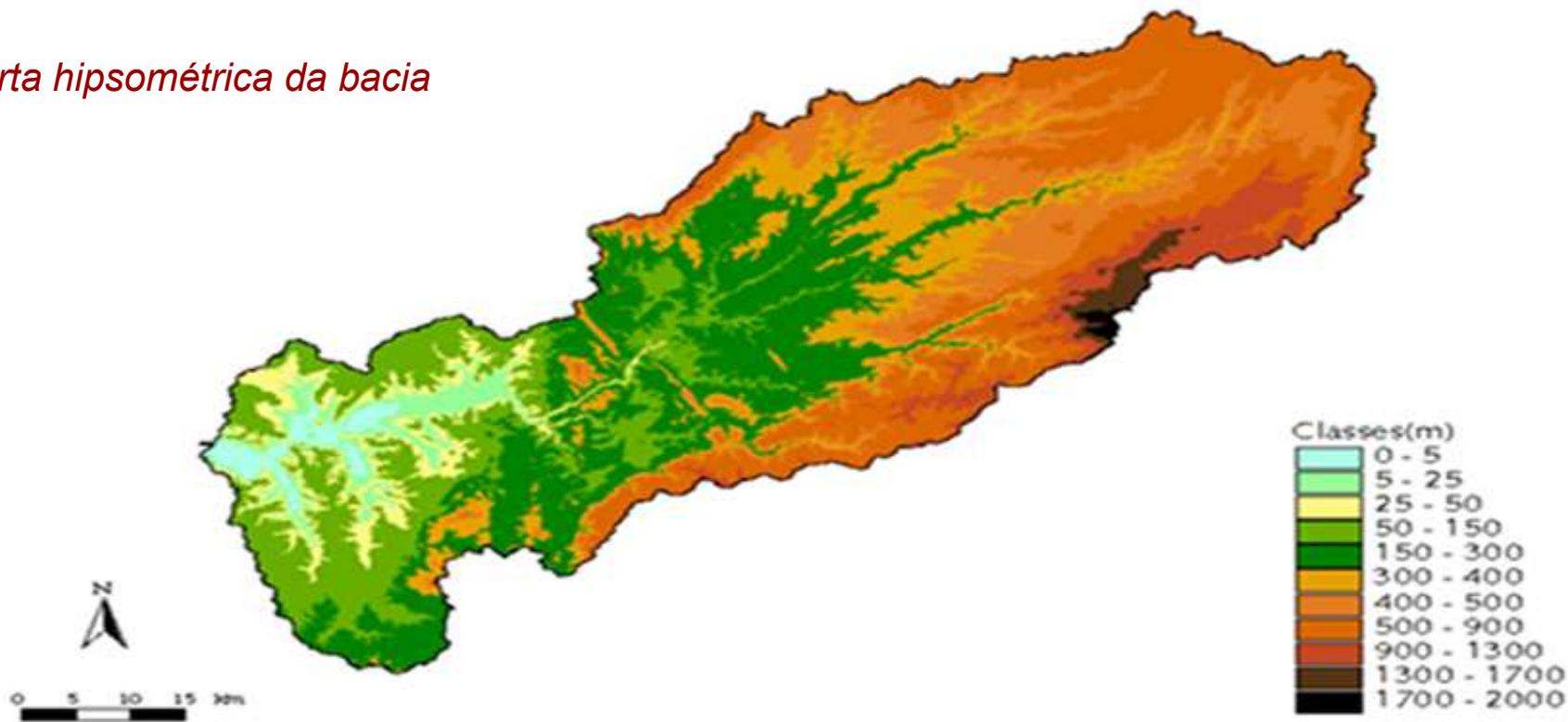


38% da área da bacia está situada acima da cota 50 m



Permite extrair a altitude máxima, a altitude mínima, a altitude média e a altitude mediana

iii) Carta hipsométrica da bacia



A altitude influencia a temperatura, a precipitação e a evaporação

## □ Principais características físicas das bacias hidrográficas

### 1) Cobertura do solo

- percentagem de ocupação florestal, agrícola, de planos de água, de zonas impermeáveis, etc.
- coeficiente de escoamento (*falaremos mais para a frente na aula sobre infiltração*)

### 2) Geologia e tipo de solos dela resultante

- determina a importância relativa entre águas subterrâneas e de superfície
- classificação hidrológica, classes A, B, C e D

As características dos solos que mais condicionam o movimento da água na bacia são a capacidade de infiltração (crescente com a granulometria) e a capacidade de retenção (decrecente com a granulometria) – *ver aula sobre a infiltração*