

2 –Bacia hidrográfica

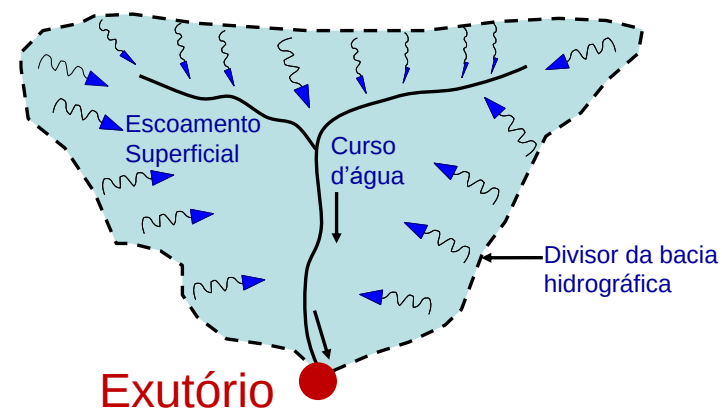
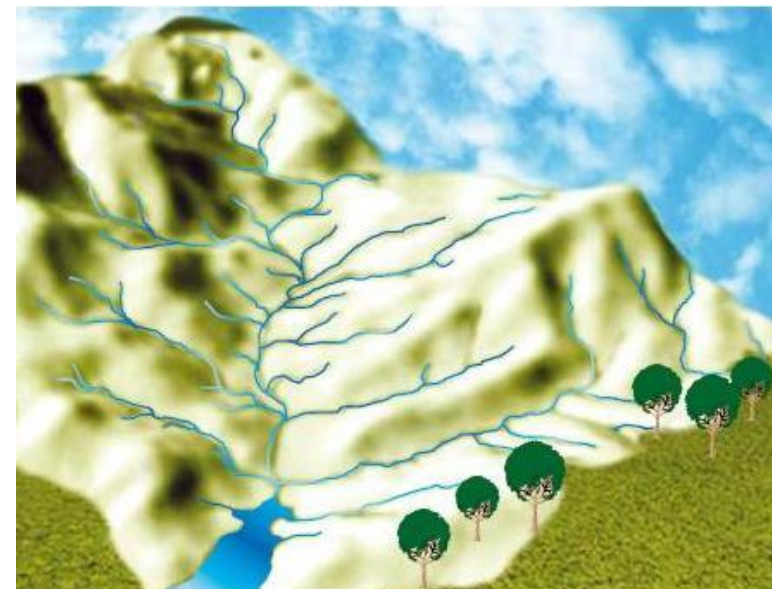
- Determinar as características fisiográficas da bacia
- Relacionar com o ciclo hidrológico

Bacia hidrográfica

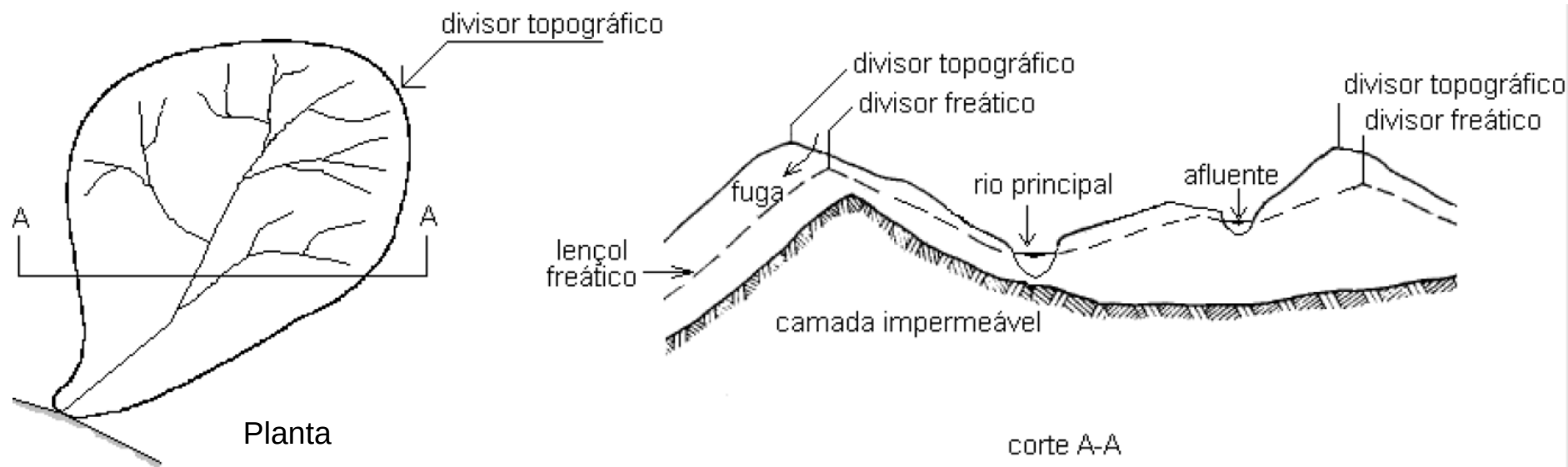
1 - Definição de bacia hidrográfica

- área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu **exutório** (Tucci, 1997)

O **exutório** do curso principal coincide com o ponto mais inferior para onde converge toda a descarga hídrica desta bacia.



Divisores: Topográfico e Freático



Corte transversal de uma bacia

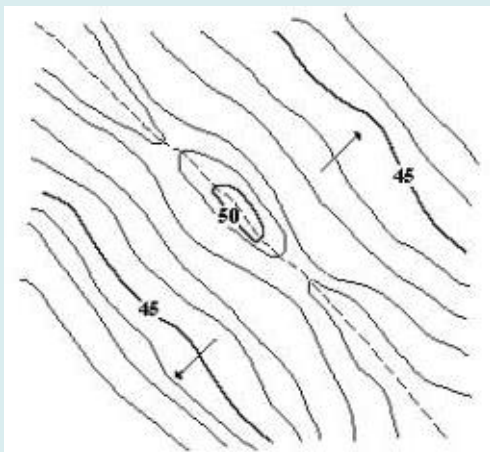
Fonte: Villela & Mattos, 1975

A bacia hidrográfica do escoamento subterrâneo pode ser diferente.
O erro pode diminuir com o aumento da bacia ou a escala da informação.

Delimitação de bacias

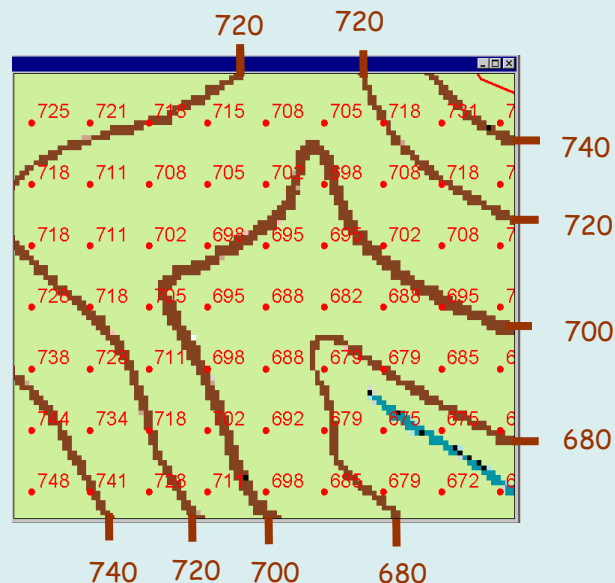
Representação do relevo

Cartas topográficas



MNT

Modelo Numérico do Terreno



Manual
Gráfica

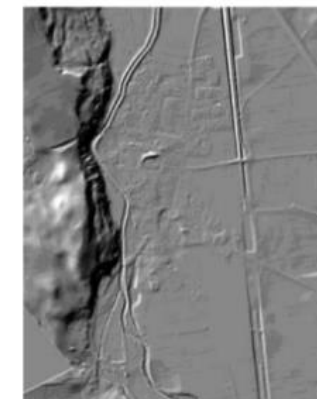
Automática com software
de geoprocessamento

Delimitação

MDE: Modelo Digital de Elevação
DEM: Digital Elevation Model



Digital Surface Model



Digital Terrain Model

Consideram

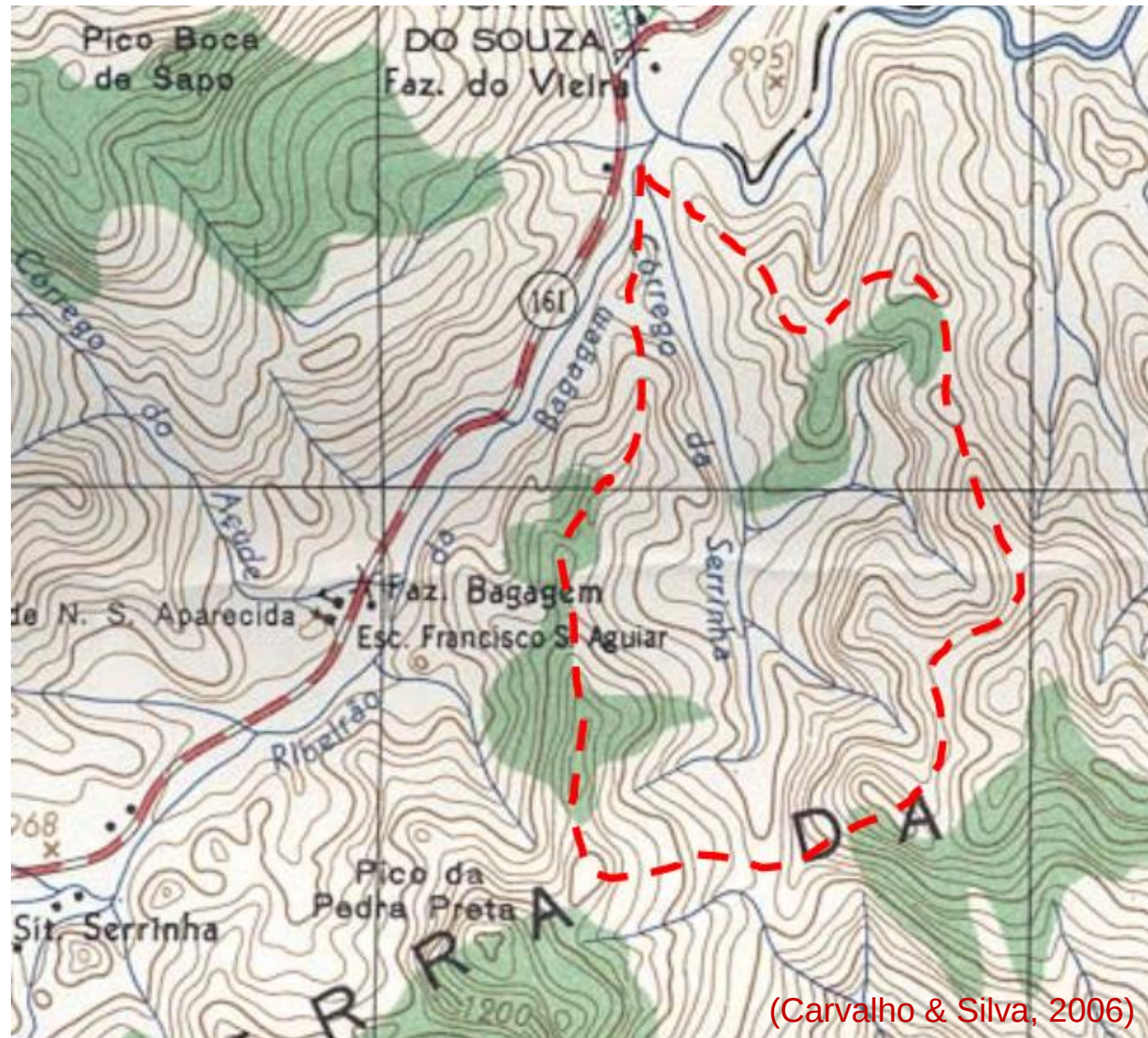
Não consideram

características acima do solo (por
exemplo, árvores, edifícios)

MNT derivado de mapa por interpolação ou diretamente
por sensoriamento remoto e fotogrametria.

Delimitação manual

2

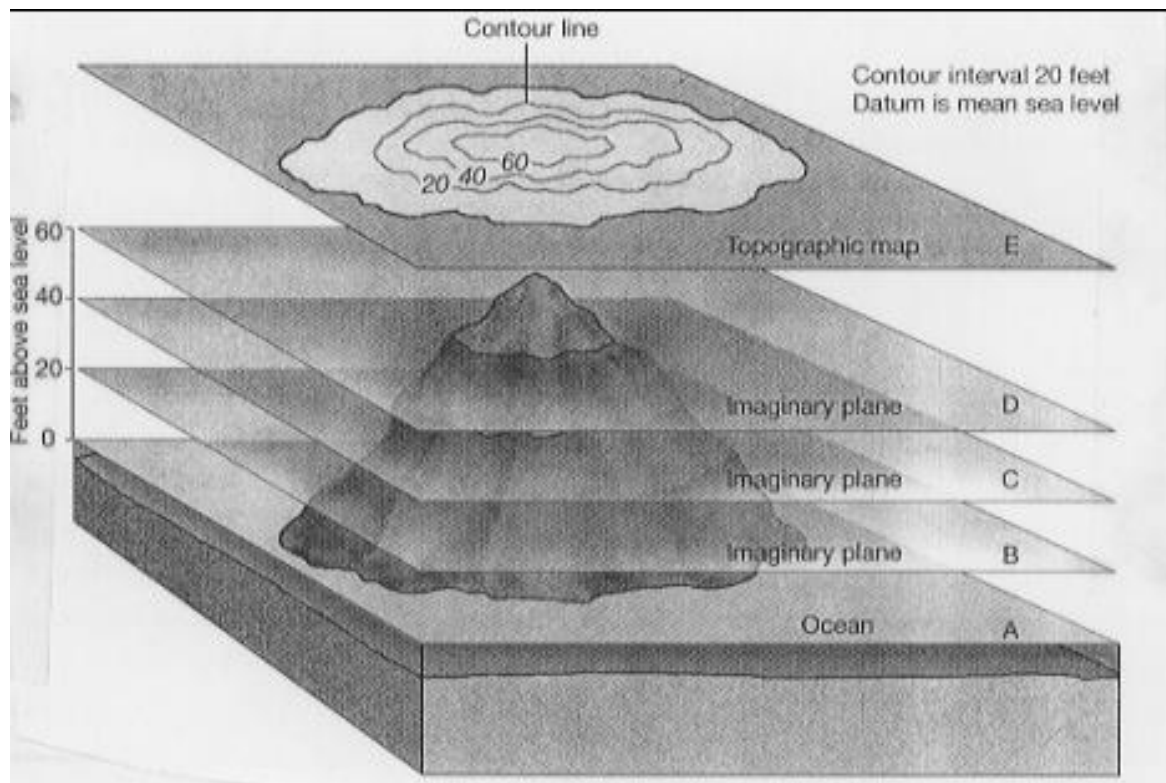


Curvas de nível

O resultado de um modelo/análise depende da qualidade dos **dados de entrada**.

Neste caso, a escala do mapa.

A informação entre as curvas é desconhecida.



Escala **Eqüidistância**

1:500 0,5 m

1:1.000 1 m

1:2.000 2 m

1:10.000 10 m

Escala **Eqüidistância**

1:25.000 10 m

1:50.000 25 m

1:100.000 50 m

1:200.000 100 m

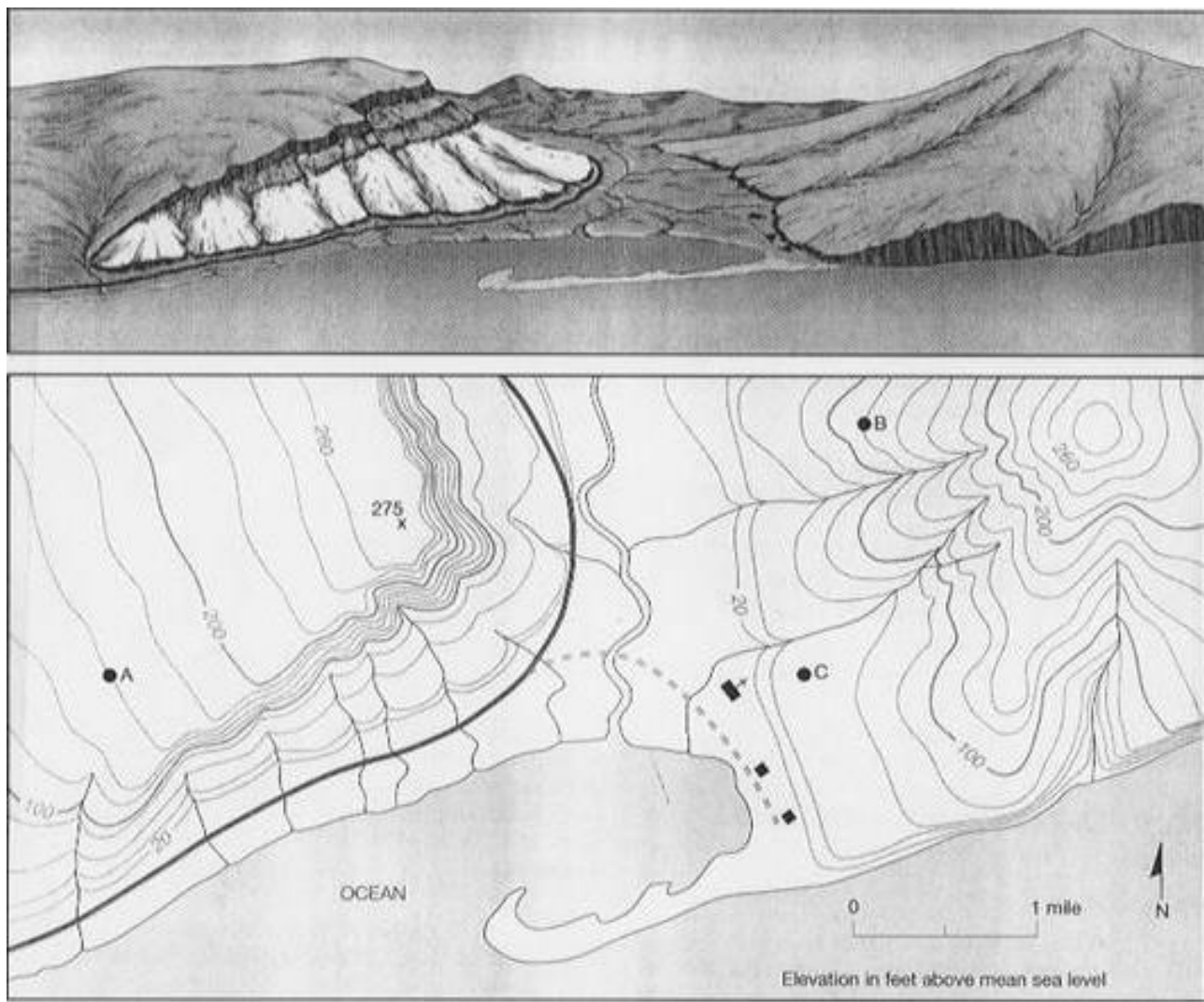
Escala **Eqüidistância**

1:250.000 100 m

1:500.000 200 m

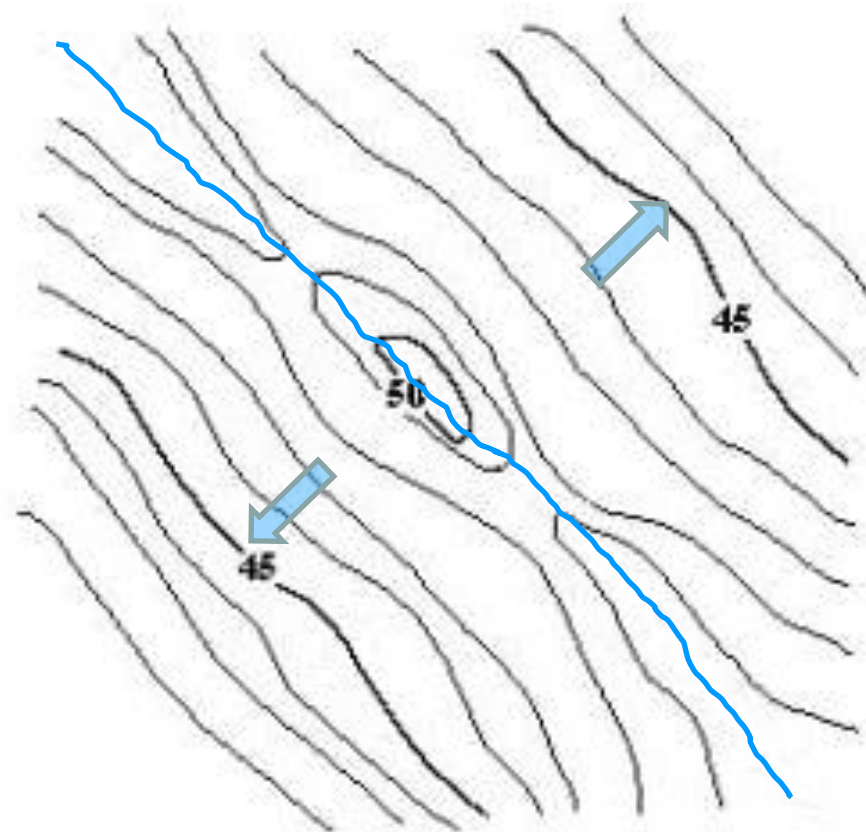
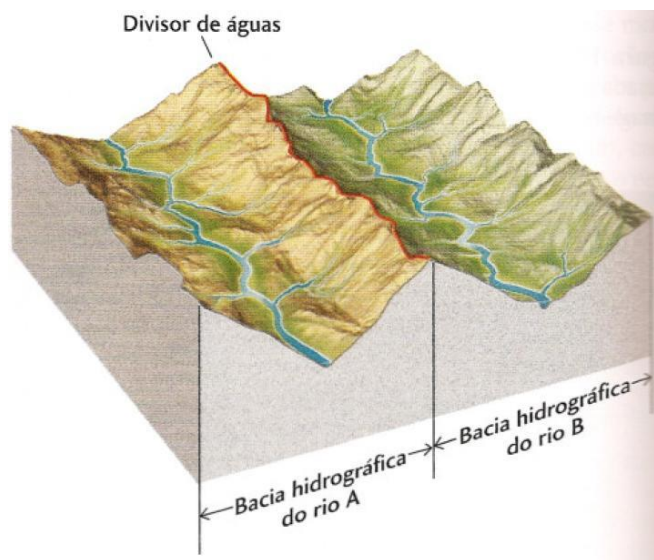
1:1.000.000 200 m

1:10.000.000 500 m



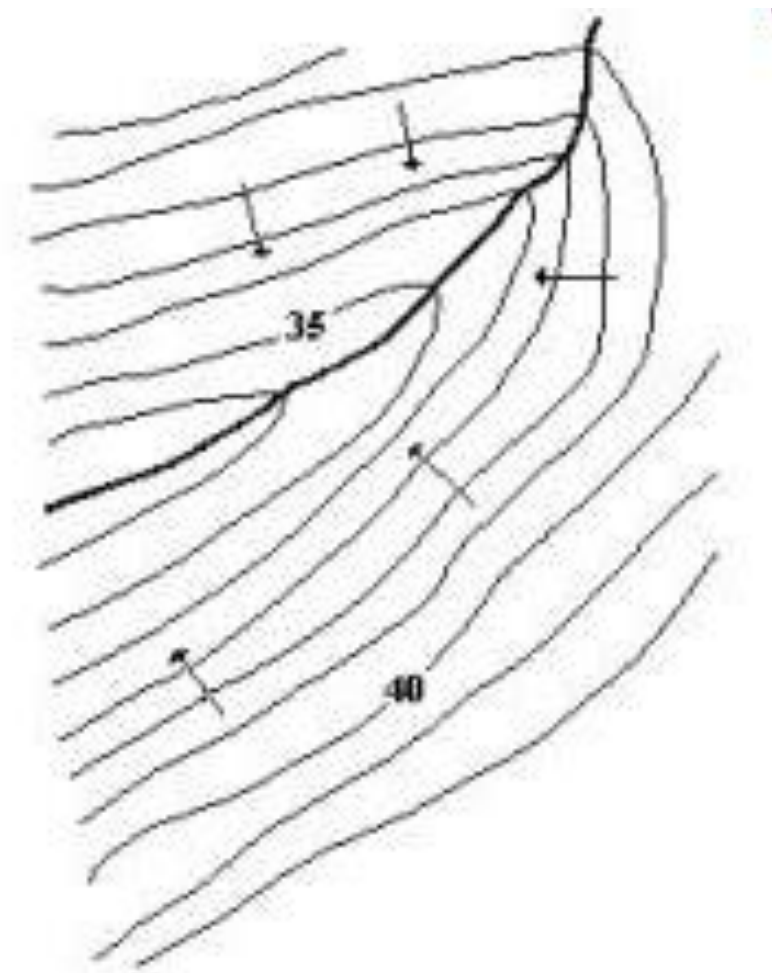
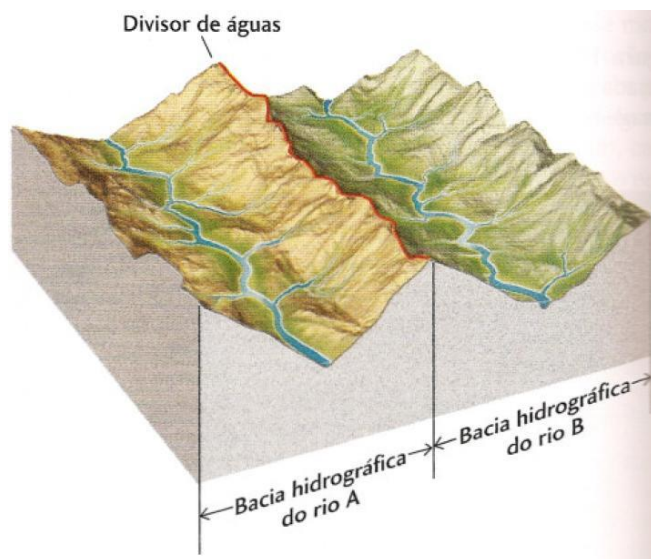
Divisor de águas

*Divisor de águas: linha formada pelo encontro de **duas vertentes opostas (pelos cumes)** e segundo a qual as águas se dividem para uma e outra destas vertentes.* Figura de DOMINGUES (1979).



Talvegue

Talvegue: linha de encontro de **duas vertentes opostas (pela base)** e segundo a qual as águas tendem a se acumular formando os rios ou cursos d'água. Figura de DOMINGUES (1979).

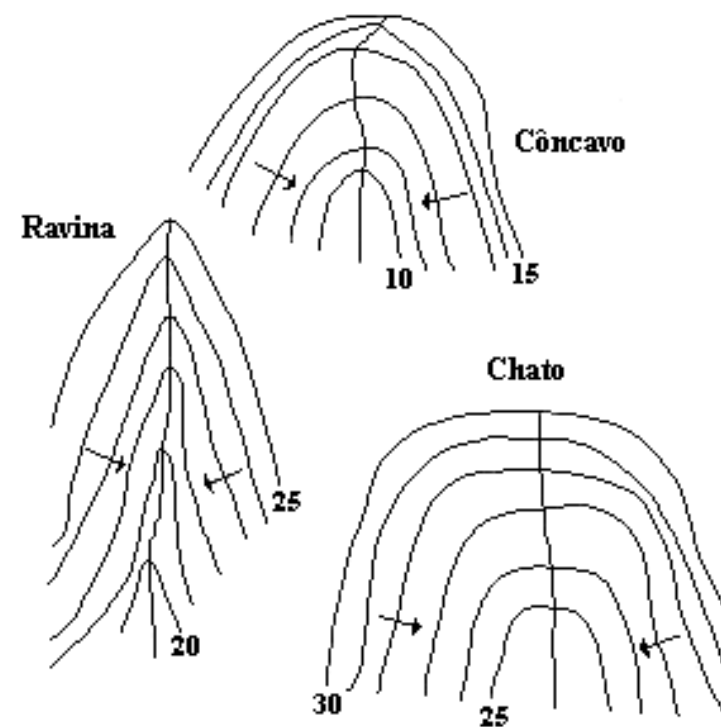
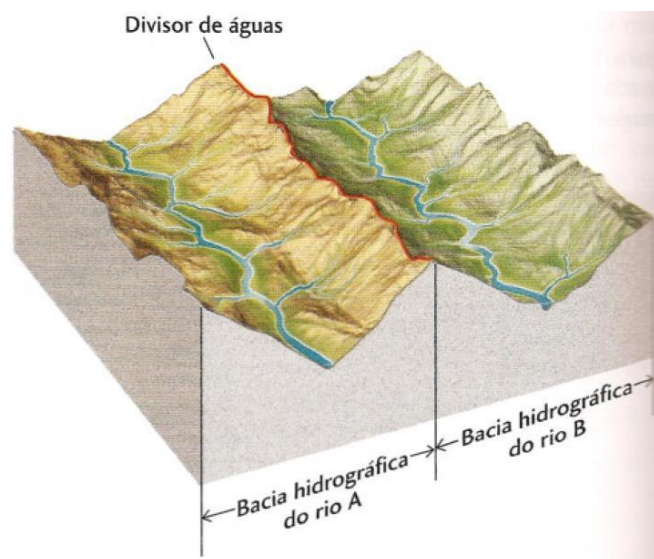


Vale

Vale: superfície côncava formada pela reunião de duas vertentes opostas (pela base).

As curvas de nível de maior valor envolvem as de menor.

Talvegue está associado ao *vale*

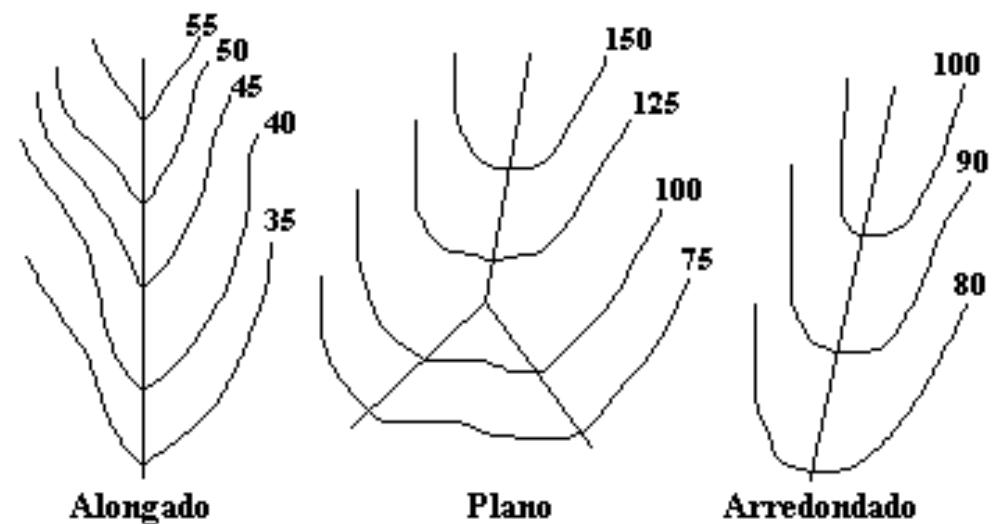
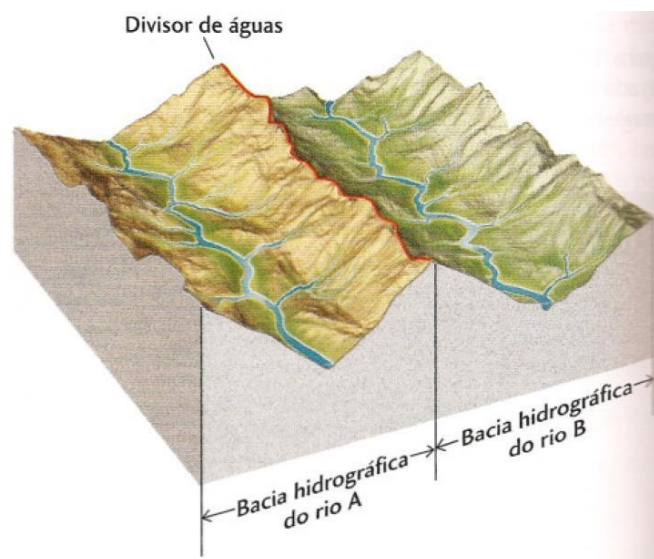


Dorso

Dorso: superfície convexa formada pela reunião de duas vertentes opostas (pelos cumes).

As curvas de nível de menor valor envolvem as de maior.

Divisor de águas está associado ao *dorso*



Delimitação automática de bacias

2

MNT

85	98	98	100	99	99	96	93
90	95	99	100	100	100	98	97
90	98	100	101	102	101	101	98
90	92	90	85	81	90	90	101
92	87	86	86	72	85	100	102
88	86	85	84	65	86	87	97
88	87	90	80	47	51	50	96

Fluxo da água

	32	16	16	64	128	128	
	4	2	2	4	8	4	
	4	1	2	4	8	8	
	2	2	2	4	8	16	
	1	2	2	4	4	4	

Bacia

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
	1	1	1	1
		1		

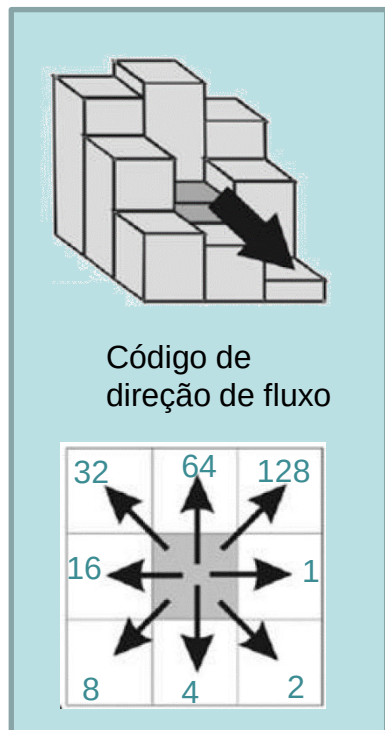
Acúmulos

0	0	0	0	0
0	2	3	0	1
0	0	8	3	0
0	1	14	0	0
0	2	20	1	1

Drenagem

		1		
		1		
		1		

Distância



Passos da delimitação automática

2

Fill raster

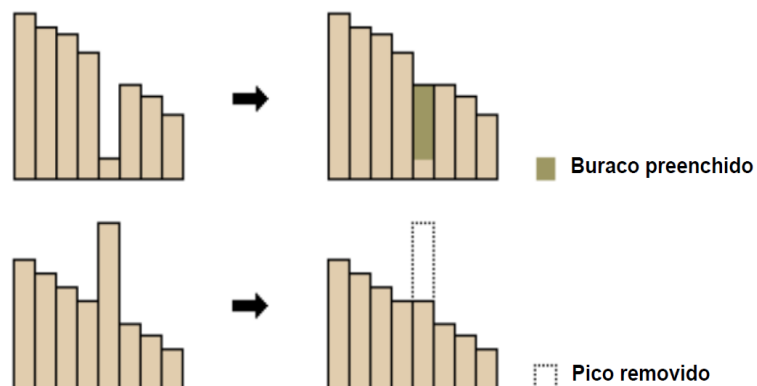


Figura 5.10. Lógica de funcionamento da ferramenta *Fill*. Note que ela remove grandes imperfeições como picos e buracos no modelo digital de elevação

Utiliza-se esta ferramenta para preenchimento e correção de possíveis irregularidades no Raster gerado que interferem na rotina de definição do fluxo de água

Fill raster

Water flow (aspect)

Flow accumulation

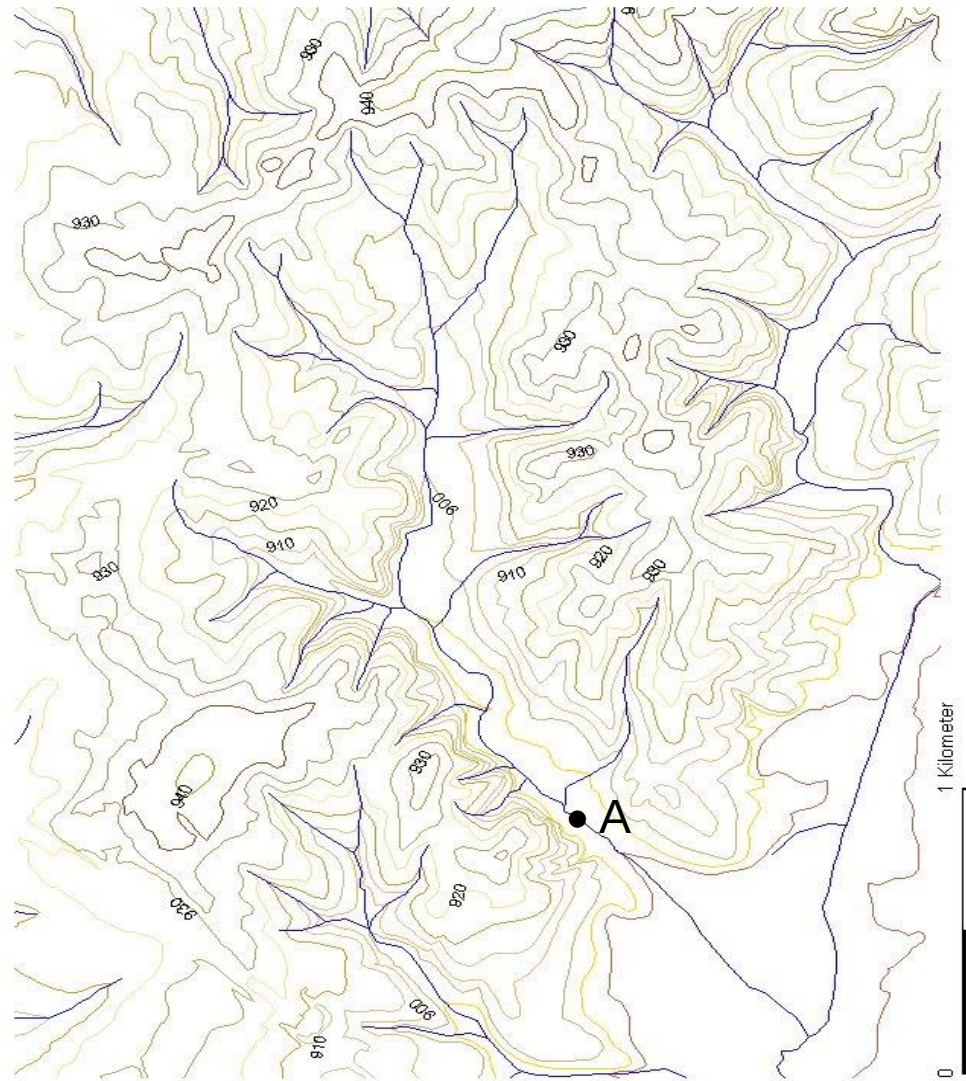
Várias rotinas para delimitar bacias desenvolvidas no ambiente QGis.

Algumas delas:

1. Fill Sinks (Wang & Liu)
2. Upslope area
 - coordenadas do exutório

Exercício

Determinar a extensão do curso de água mais longo, citando métodos possíveis e indicando método utilizado.



Comprimento do 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 por:

- curvímetro ou
- por geoprocessamento;

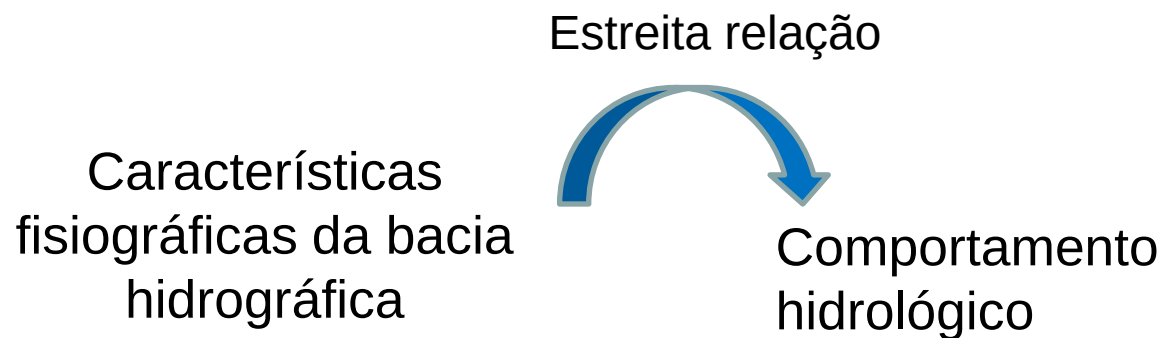


Curvímetro: Mede o comprimento de linhas retas e curvas.

2 - Características fisiográficas da bacia hidrográfica

2

São aspectos físicos, geográficos e topográficos da bacia hidrográfica, que contribuem para o conhecimento do seu comportamento hidrológico.



Principais fatores:

- a) Área de drenagem
- b) Forma da bacia
- c) Sistema de drenagem
- d) Características do relevo

Dados fisiográficos:

Todos aqueles que podem ser extraídos de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite. Basicamente são áreas, comprimentos, declividades e coberturas de solo medidos diretamente ou expressos por índices

a) Área de drenagem

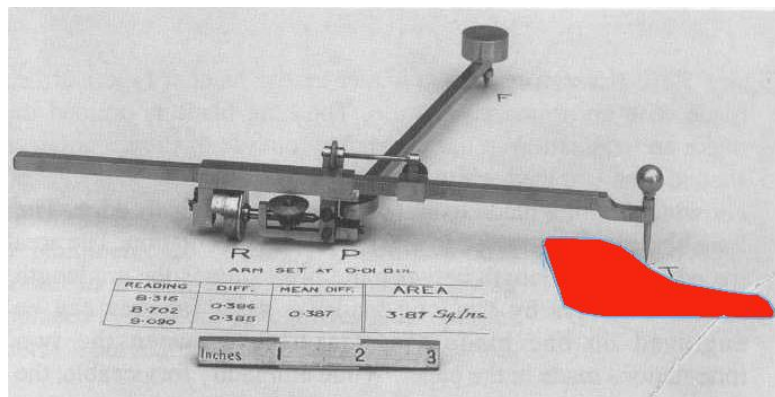
Área plana (projeção horizontal) inclusa entre seus divisores topográficos.

Determinação:

a.1 - Planimetria

- Mapas em papel, escala razoavelmente grandes (1:50.000)

Escala depende das dimensões da bacia e do tipo de estudo a ser realizado

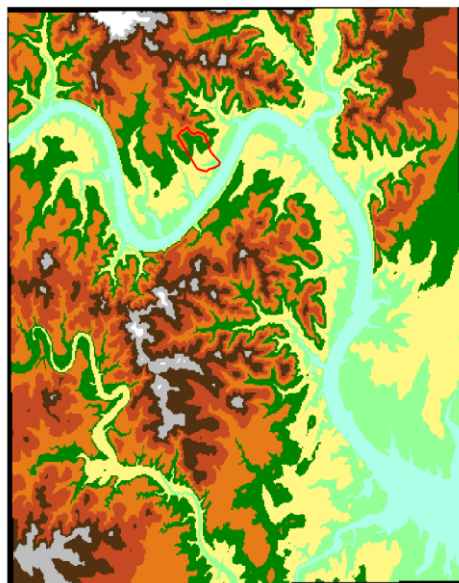


Determinação:

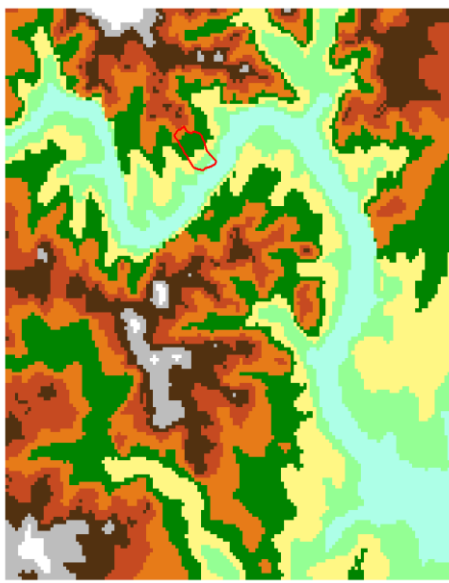
a.2 – Softwares de geoprocessamento

- Modelos numéricos do terreno (resolução espacial)

30m

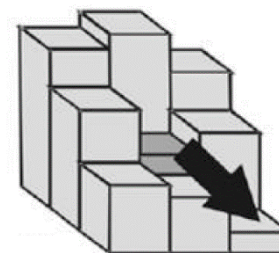


~ 90m



Aspecto

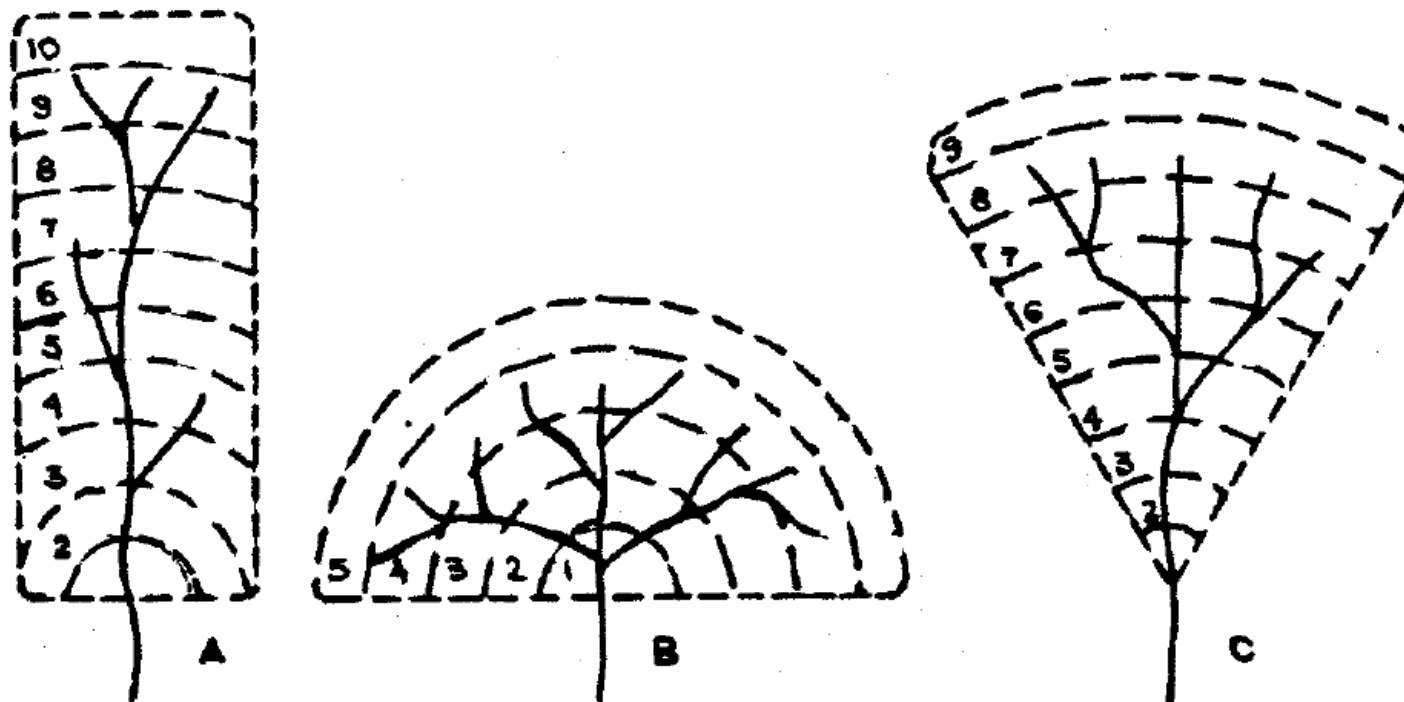
↘	↘	↓	↙	↓
→	↘	↓	↙	↙
↘	↘	↓	↙	←
↘	↘	↓	↓	↓
→	→	↓	↓	↓



b) Forma da bacia

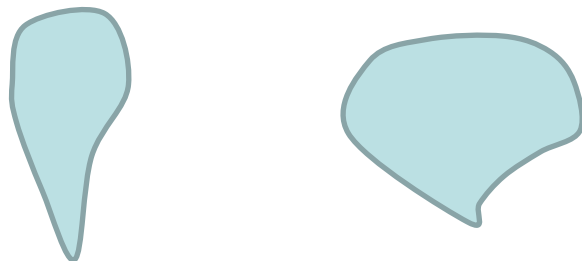
Importante devido tempo de concentração.

Tempo de concentração: Tempo que leva a água do ponto mais distante atingir a saída. Tempo que toda a bacia passa a contribuir na seção de estudo.

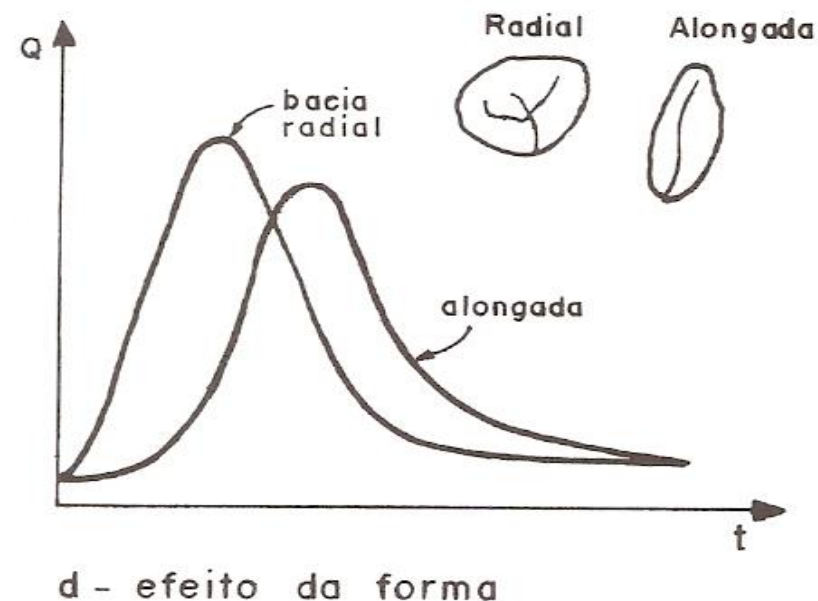


Geralmente:

Grandes rios → forma de pera ou leque



Pequenos rios → variam muito, dependendo da estrutura geológica do terreno



Índices de forma: → Índice de Compacidade → 
 → Fator de forma → 

Coeficiente de compacidade ou Índice de Gravelius (K_c)

2

Relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

$$K_c = \frac{P}{2\pi r} \quad A = \pi r^2$$



$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P : Perímetro da BH (km)

A – Área da BH (km²)

Observação:

$K_c = 1 \rightarrow$ bacia radial

Quanto mais irregular for a BH
 $\rightarrow$ Maior ou menor K_c ???

Se outros fatores forem iguais
e $K_c \rightarrow 1$

Tendência para enchentes
maior ou menor?

<u>K_c</u>	Características da bacia
1 – 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

Bacia do rio do Lobo:

A=177,25 km²; P=70 km; K_c =. 1,47

Fator de forma (K_f)



Relação entre a largura média da bacia e o comprimento axial da bacia.

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L} \quad \bar{L} = \frac{A}{L}$$



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

Curso de água mais longo,
desde a desembocadura até a
cabeceira mais distante.

Observação:

K_f baixo → bacia estreita e
longa

Se outros fatores forem iguais
e K_f baixo
Tendência para enchentes
maior ou menor?

Bacia longa e estreita:

- A contribuição dos tributários ocorre em vários pontos ao longo da extensão do rio, logo, não chega toda água ao mesmo tempo na seção em estudo.
- Menor possibilidade de ocorrer chuvas intensas simultaneamente em toda sua extensão

<u>K_f</u>	Características da bacia
$1 - 0,75$	Bacia sujeita a enchentes
$0,75 - 0,50$	Bacia com tendência mediana a enchentes
$< 0,50$	Bacia não sujeita a enchentes

c) Sistema de Drenagem

Constituído por:

→ Rio principal

→ Tributários

Estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema



Indica maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia



Importante para estudo de enchentes

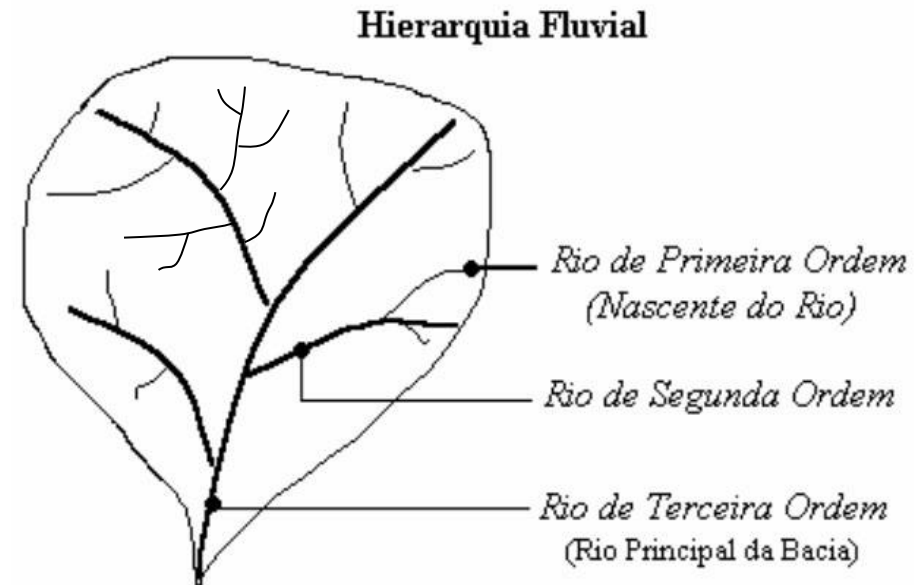


Fig.1 *Análise da Hierarquia Fluvial*

Ordem dos cursos de água

Classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma BH.

Utiliza-se mapa bem detalhado, onde são incluídos todos os canais (pequenos, intermitentes ou efêmeros)

Critério de Horton, modificado por Strahler

Primeira ordem:

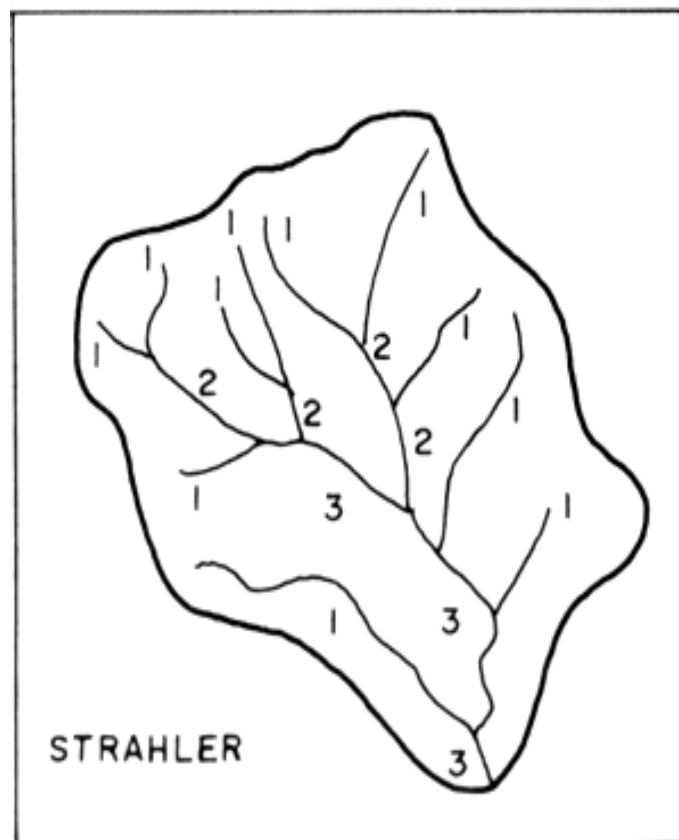
Correntes formadores, pequenos canais que não tenham tributários

Segunda ordem:

Formado por 2 canais de 1ª. ordem

n+1 ordem:

Formado por 2 canais de n ordem



Importante

Em geral, quanto maior o desenvolvimento, mais facilmente o escoamento superficial deixa a bacia

Densidade de drenagem (D_d)

Identificação do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem

Relação entre

comprimento total dos
cursos de água

(efêmeros, intermitentes e
perenes) da BH

Área

$$D_d = \frac{L^*}{A}$$

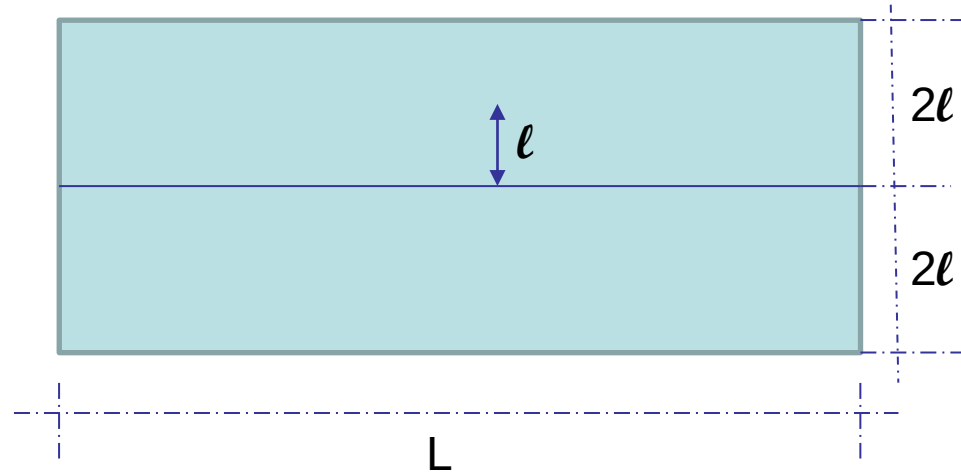
L^* - comprimento total dos cursos de água
(efêmeros, intermitentes e perenes) da BH
 A - Área da BH (km^2)

D_d	Características da bacia
$D_d < 0,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem pobre
$0,5 \leq D_d < 1,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem regular
$1,5 \leq D_d < 2,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem boa
$2,5 \leq D_d < 3,5 \text{ km/km}^2$	Bacias com drenagem muito boa
$D_d \geq 3,5 \text{ km/km}^2$	Bacias excepcionalmente bem drenadas

A densidade de drenagem fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Varia de aproximadamente $0,5 \text{ km/km}^2$, para bacias com drenagem pobre, a $3,5 \text{ km/km}^2$ ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

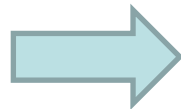
Extensão média do esc. superficial (ℓ)

Distância média que a água da chuva teria que escoar sobre o terreno, **em linha reta**, do ponto onde caiu até o curso de água mais próximo.



Área do retângulo = área da bacia

Lado maior do retângulo = soma de **todos** os comprimentos dos cursos de água da bacia



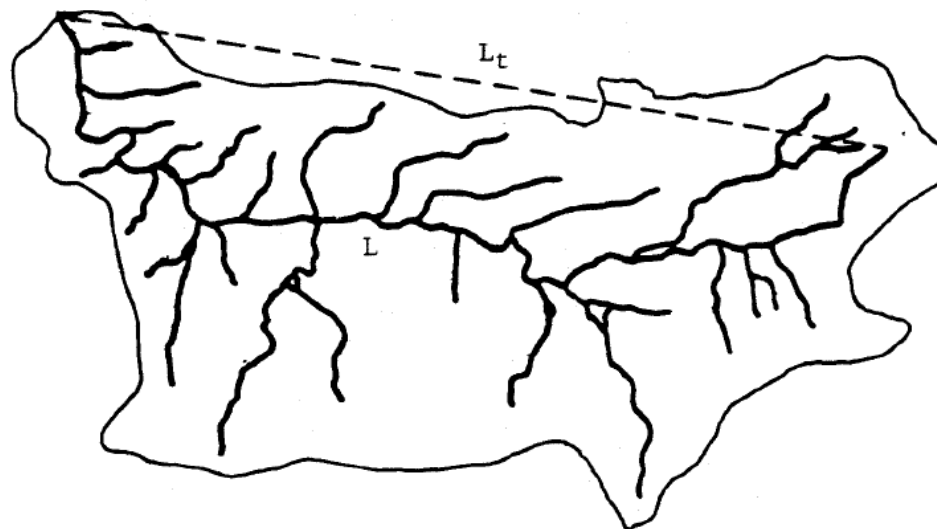
$$\ell = \frac{A}{4L}$$

Sinuosidade do curso de água

$$Sin = \frac{L}{L_t}$$

L – Comprimento do rio principal (projeção ortogonal)

L_t – Distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal (comprimento em linha reta)



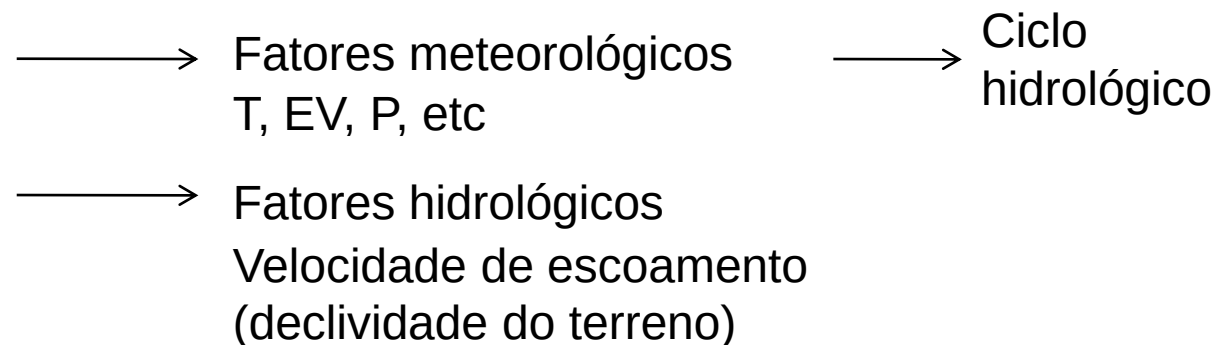
Interpretação: $Sin \cong 1 \rightarrow$ Canal tende a ser retilíneo
 $Sin > 2 \rightarrow$ Sugerem canais tortuosos

Calcule:

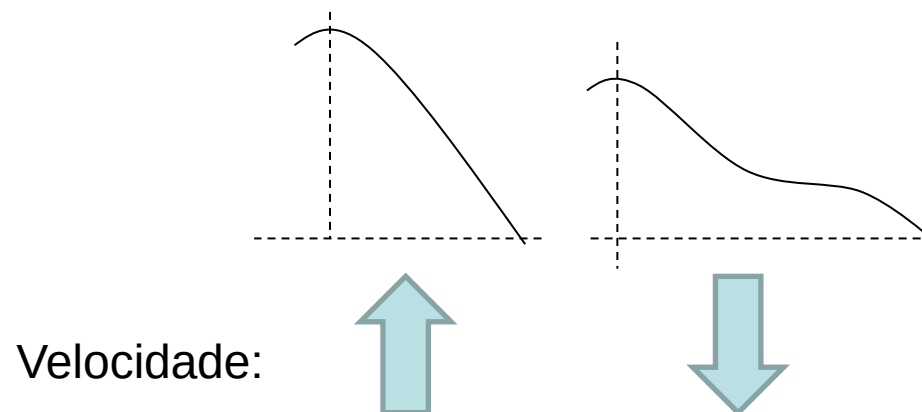
Bacia	L (m)	L_t (m)	Sin	Obs.
1	30.400	28.000	1,1	Quase não existe sinuosidade
2	22.750	10.100	2,3	Canais tendem a ser sinuosos

d) Características do relevo

Influência:



O relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade de escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto que



Declividade da bacia

Controla em boa parte a velocidade do escoamento superficial (tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos dos rios que constituem a rede de drenagem)

- Magnitude dos picos de vazão
- Maior/Menor oportunidade de infiltração
- Susceptibilidade à erosão

Quanto mais íngreme for o terreno, mais rápido será o escoamento superficial, o tempo de concentração será menor e os picos de enchentes maiores.

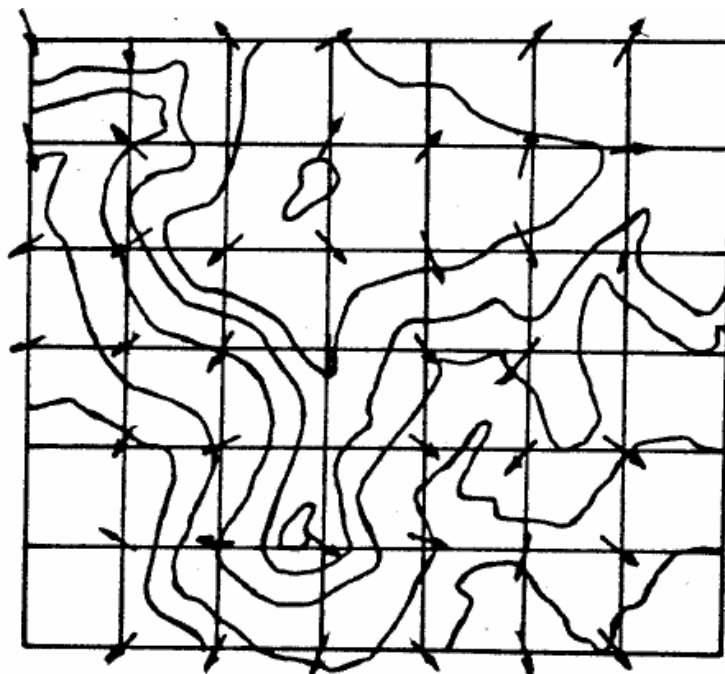
Quadro 1 – Classificação da declividade segundo a Embrapa (1979)

Table 1 – Slope classification according to Embrapa (1979)

Declividade	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Métodos de determinação:

- **Quadrícula**



1. Papel transparente com malha quadriculada sobre mapa topográfico
2. Nos nós da malha, vetor orientado ao sentido do escoamento
3. A declividade é o quociente entre a diferença da cota e a distância medida em planta entre as curvas de nível.

- **Geoprocessamento**

Altitude

100	101	102	101	101
90	85	81	90	90
86	86	72	85	100
86	86	65	86	87
90	80	47	51	50

Aspecto

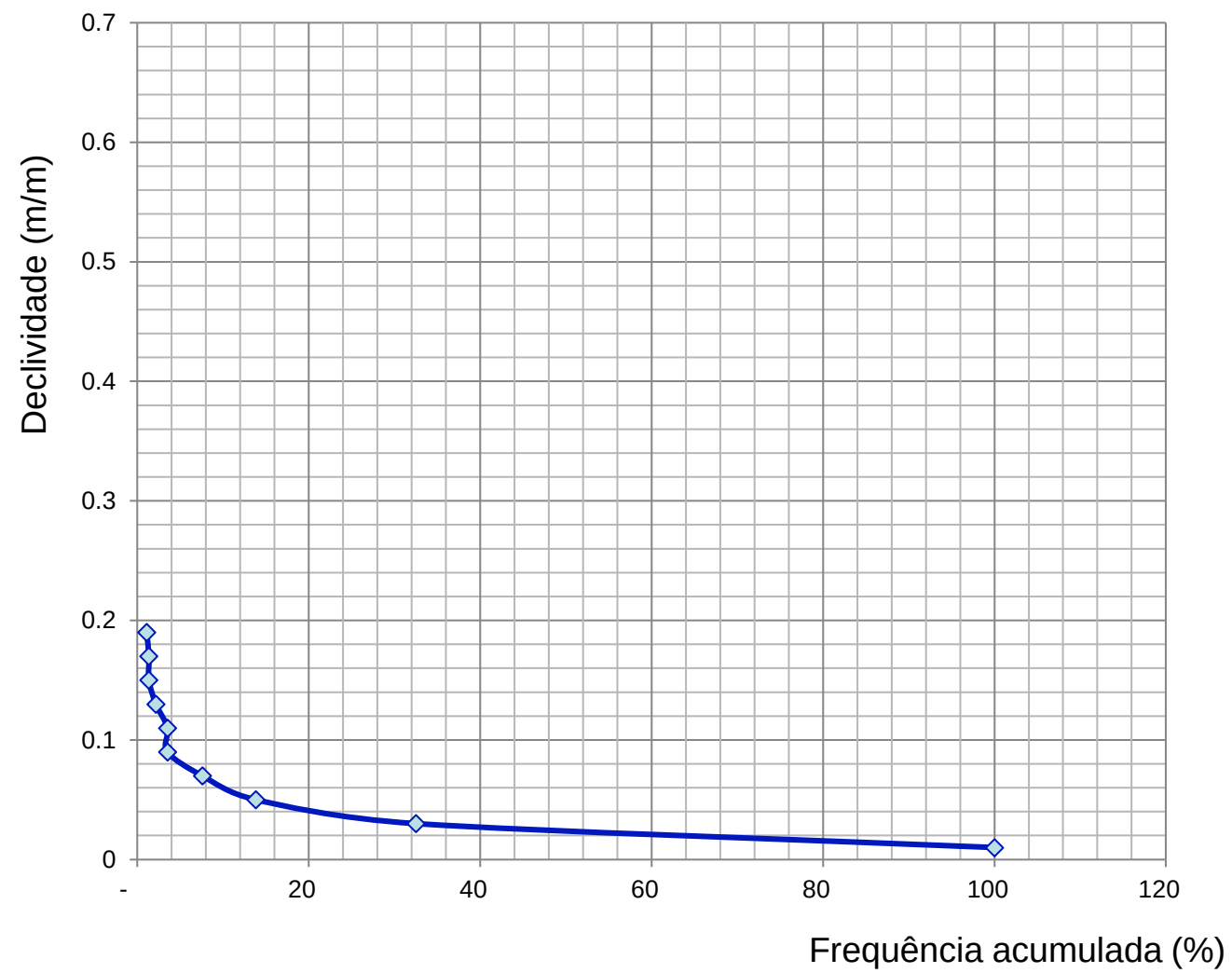
↘	↘	↓	↙	↓
→	↘	↓	↙	↙
↘	↘	↓	↙	←
↘	↘	↓	↓	↓
→	→	↓	↓	↓

Curva de Distribuição de Declividade

Declividade x Frequência acumulada

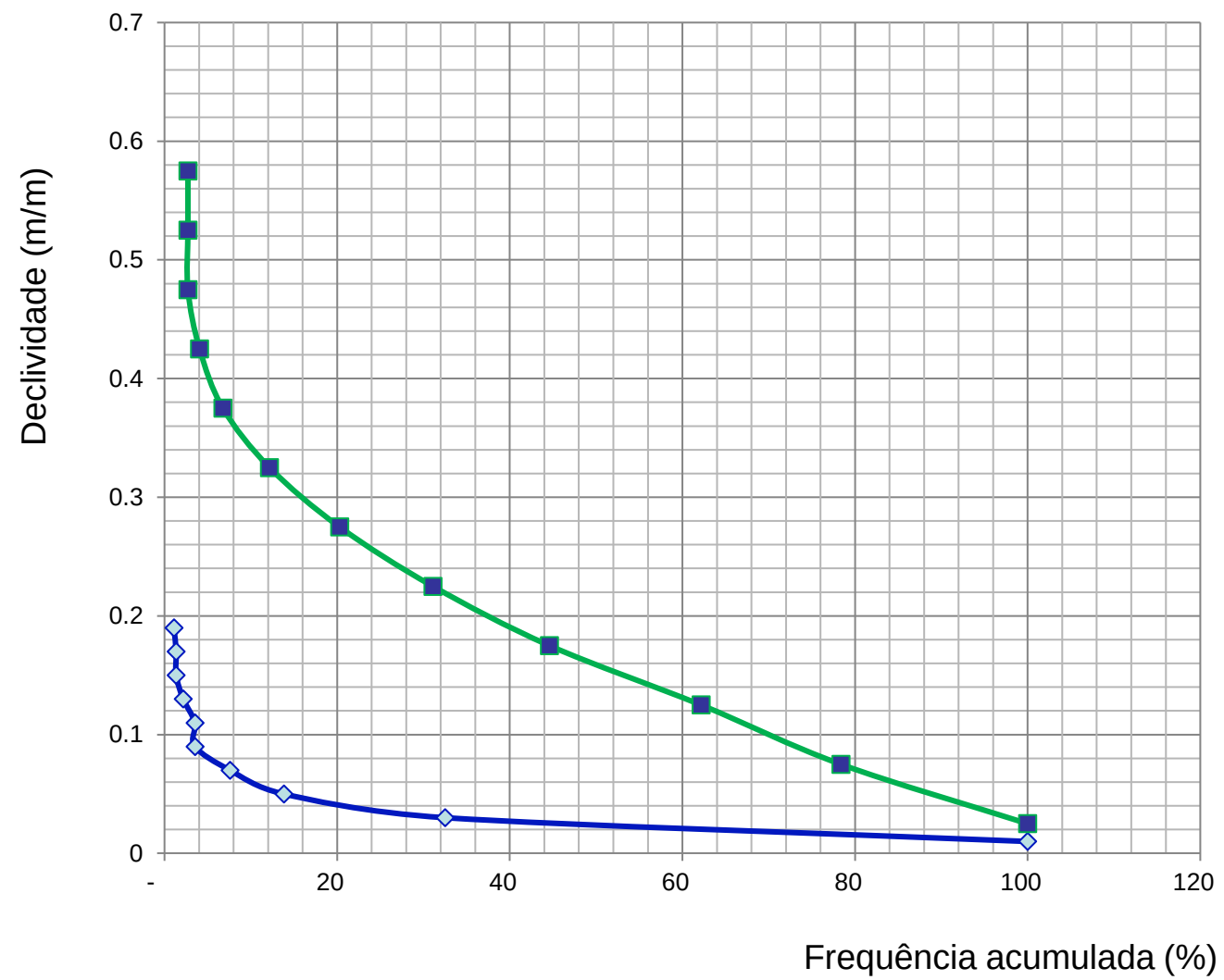
1		2	3	4	5	6
Intervalo da declividade em m/m		Número de ocorrências	Percentagem do total	Percentagem acumulada	Declividade média do intervalo	(col.2)x(col.5)
inferior	superior					
0	0,02	249	67,480			
0,02	0,04	69	18,699			
0,04	0,06	23	6,233			
0,06	0,08	15	4,065			
0,08	0,1	0	0,000			
0,1	0,12	5	1,355			
0,12	0,14	3	0,813			
0,14	0,16	0	0,000			
0,16	0,18	1	0,271			
0,18	0,2	4	1,084			
	Total	369	100			

Declividade média = $8,63/369 = 0,023$



1		2	3	4	5	6
Intervalo da declividade em m/m		Número de ocorrências	Percentagem do total	Percentagem acumulada	Declividade média do intervalo	(col.2)x(col.5)
inferior	superior					
0	0,05	16	21,62			
0,05	0,1	12	16,22			
0,1	0,15	13	17,57			
0,15	0,2	10	13,51			
0,2	0,25	8	10,81			
0,25	0,3	6	8,11			
0,3	0,35	4	5,41			
0,35	0,4	2	2,70			
0,4	0,45	1	1,35			
0,45	0,5	0	0,00			
0,5	0,55	0	0,00			
0,55	0,6	2	2,70			
	Total	74	100			

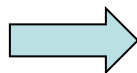
Declividade média = $11,75/74 = 0,159$



Como é feito no geoprocessamento?

MNT

100	101	102	101	101
90	85	81	90	90
86	86	72	85	100
86	86	65	86	87
90	80	47	51	50

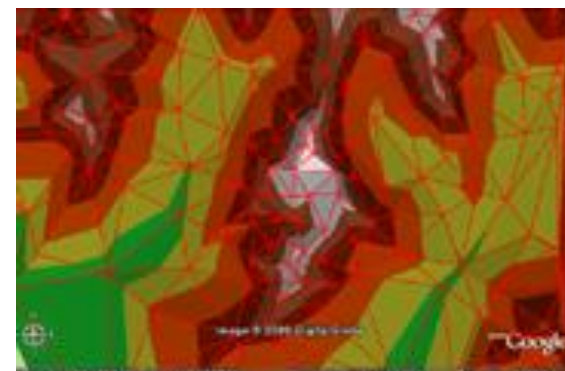


Aspecto

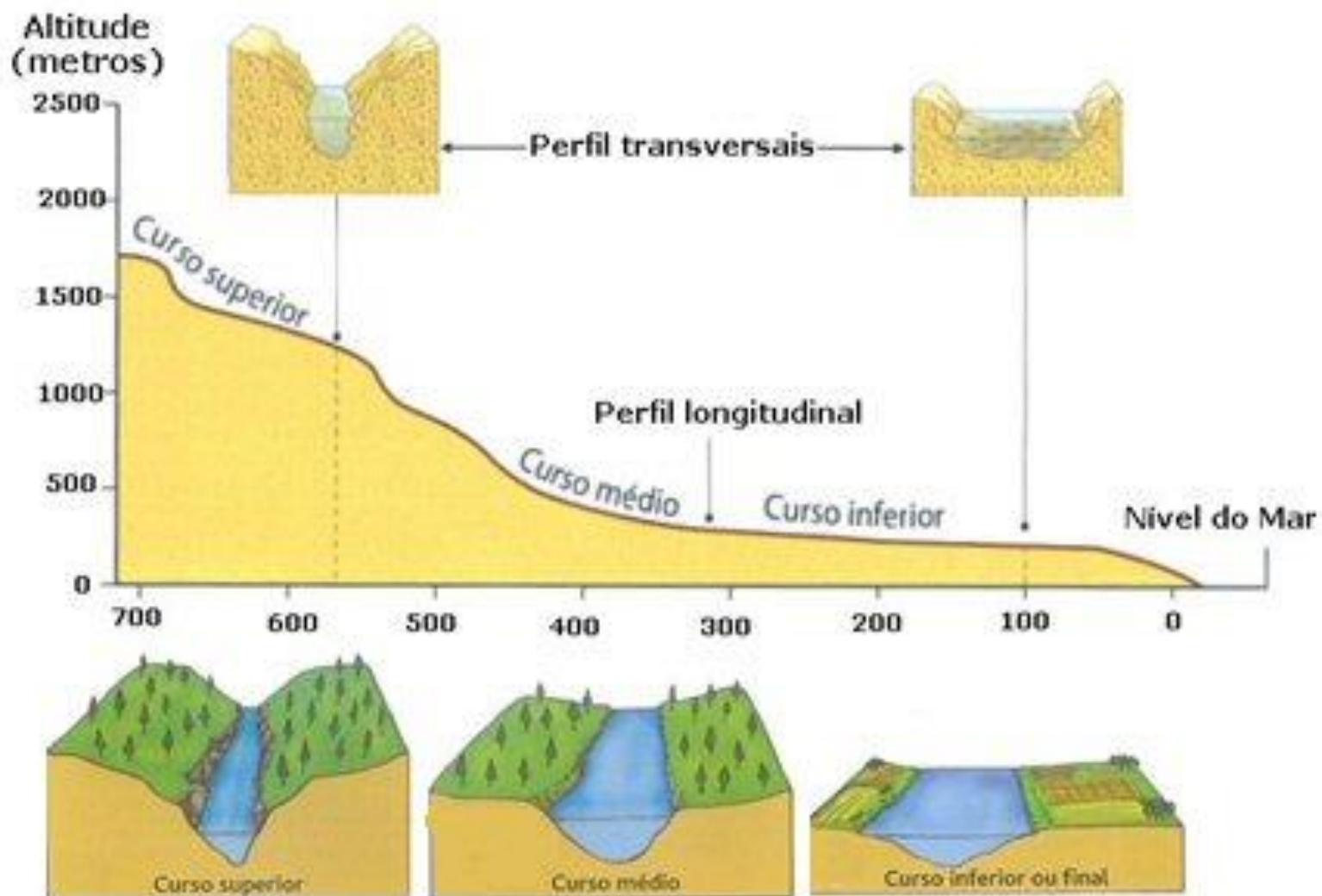
↘	↘	↓	↙	↓
→	↘	↓	↙	↙
↘	↘	↓	↙	←
↘	↘	↓	↓	↓
→	→	↓	↓	↓

TIN

Triangulated Irregular Network



Declividade do curso de água principal



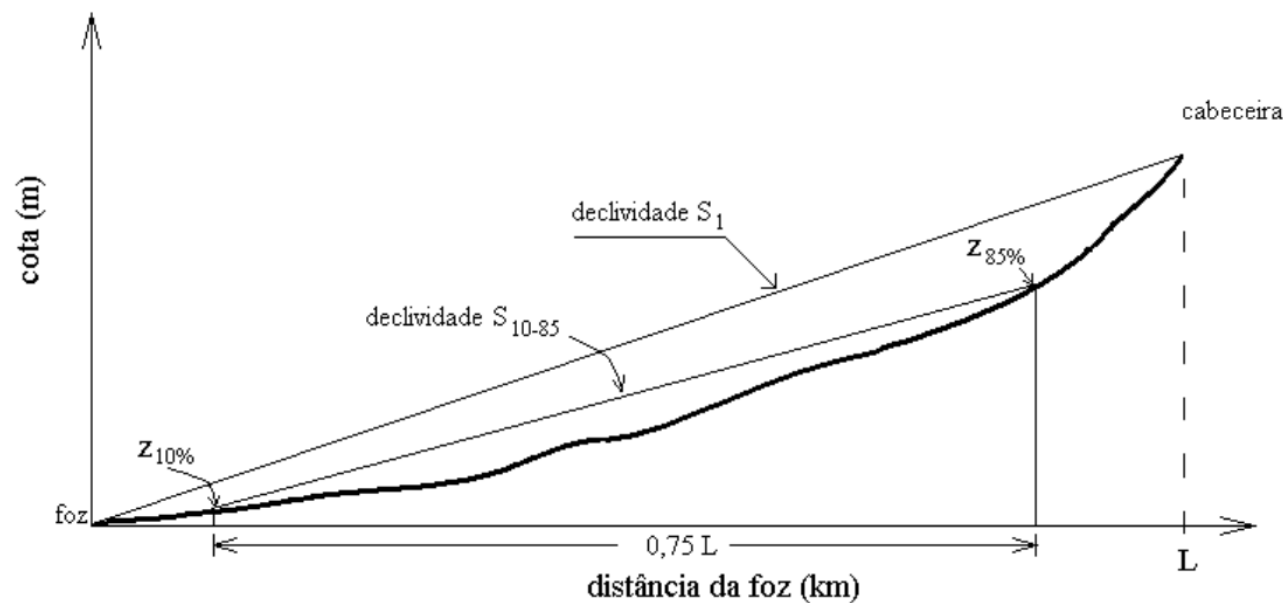
Método 1:
Declividade entre extremos (S_1)

$$S_1 = \frac{Z_{cabeceira} - Z_{foz}}{L}$$

Método 2:
Declividade S_{10-85}

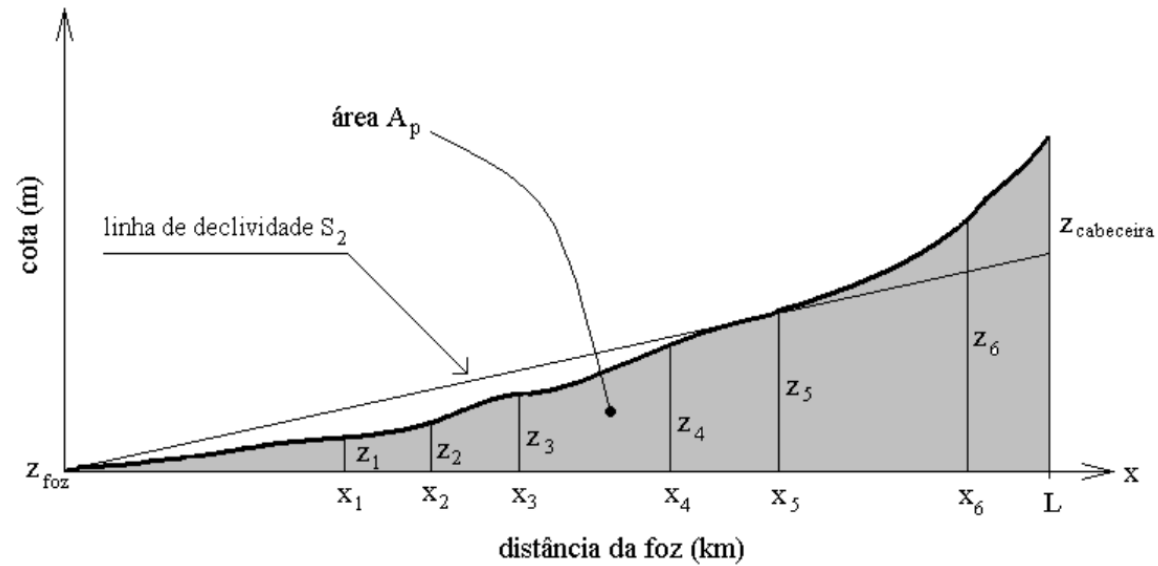
$$S_{10-85} = \frac{Z_{85\%} - Z_{10\%}}{0,75L}$$

Declividade é obtida a partir das altitudes a 10% e 85% do comprimento do rio, comprimento este medido a partir da sua foz.



Outros Métodos:

$$S_2 = 2 \frac{A_p}{L^2} - 2 \frac{z_{foz}}{L}$$



Declividade equivalente constante (S_3)

Obtém-se a partir da consideração de que o tempo total de percurso da água no canal natural é igual ao tempo de percurso da água num canal hipotético de declividade constante S_3

$$S_3 = \frac{L^2}{\left[\sum \frac{L_i}{\sqrt{S_i}} \right]^2}$$

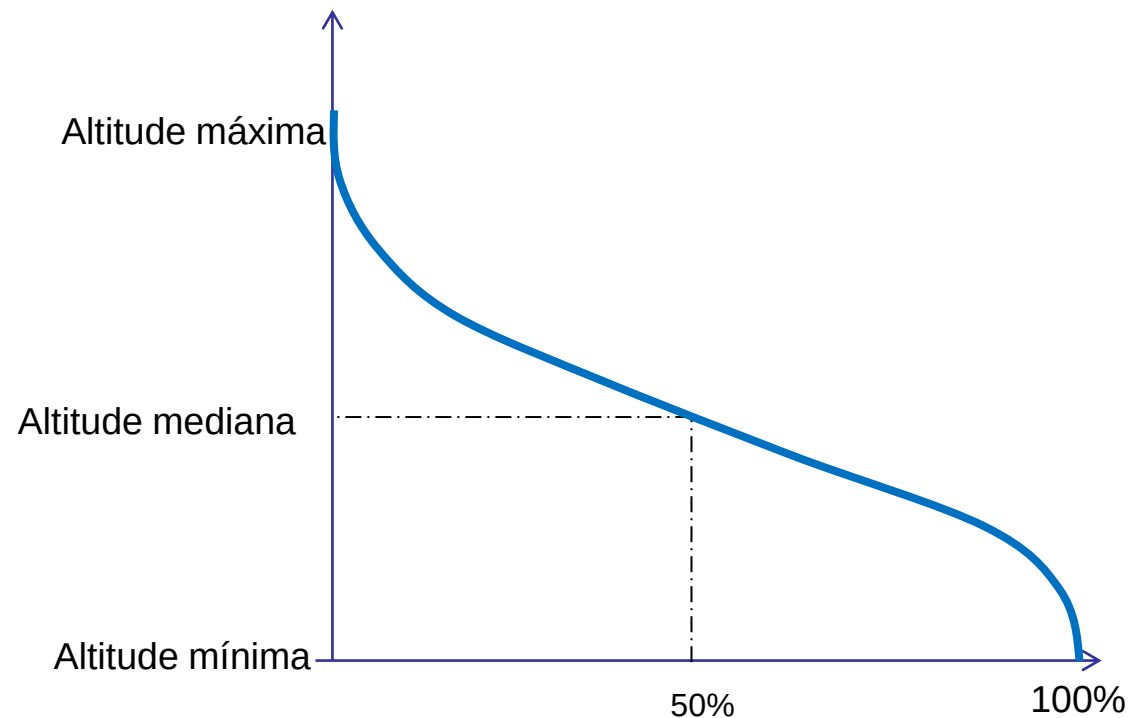
Elevação mediana da bacia

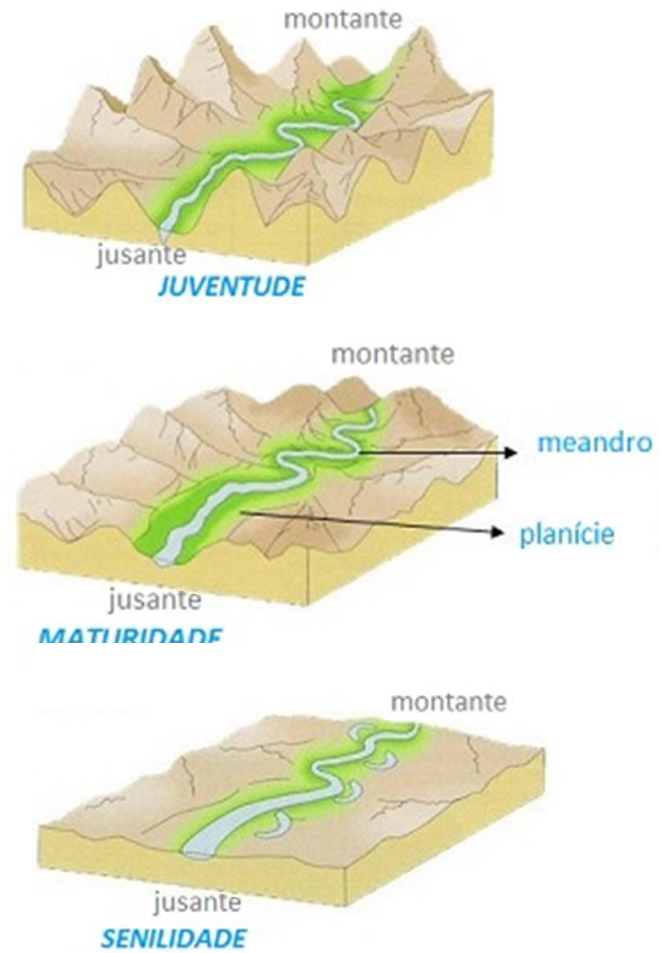
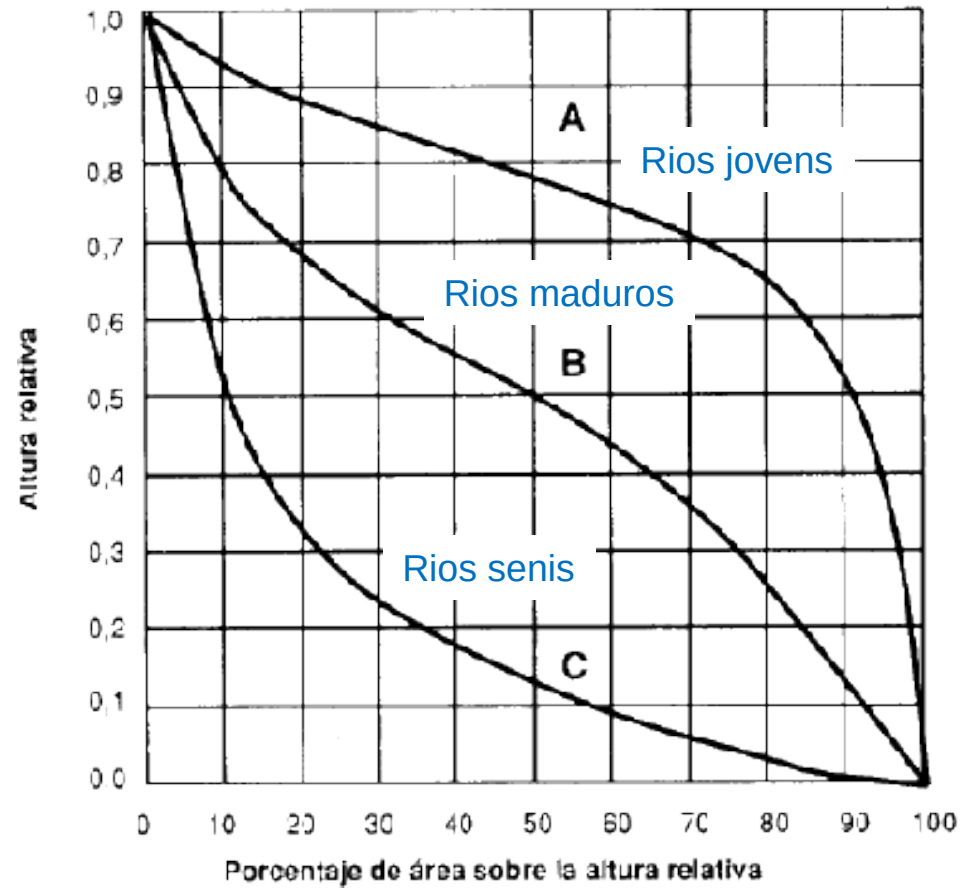
Curva hipsométrica

Representação gráfica do relevo médio da BH
Mostra o **percentual de área de drenagem** com **altitude superior**

Determinação:

- Planimetria das áreas entre curvas de níveis
- Quadrícula
- Geoprocessamento





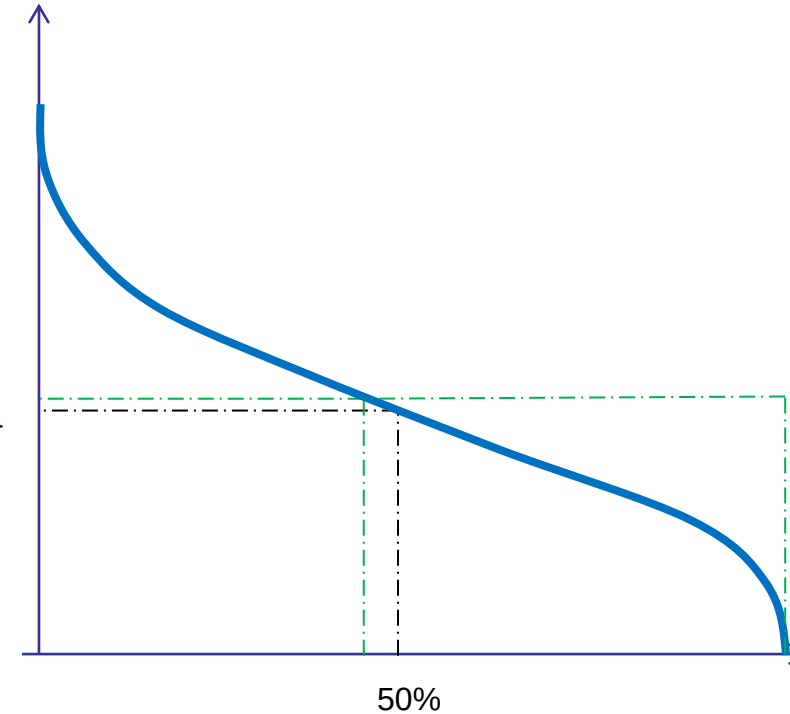
<http://www.colegiovascodagama.pt/ciencias3c/onze/geologia1.1.html>

Elevação média da bacia

Influência sobre:

- Precipitação
- Temperatura → perdas de água por evaporação e transpiração
- **Deflúvio médio**

Altitude média
Altitude mediana



Retângulo de área equivalente à limitada pela curva hipsométrica

Elevação média da seção de controle

→ Diferença entre a elevação mediana e a elevação do leito na desembocadura

Altura média da seção de controle:

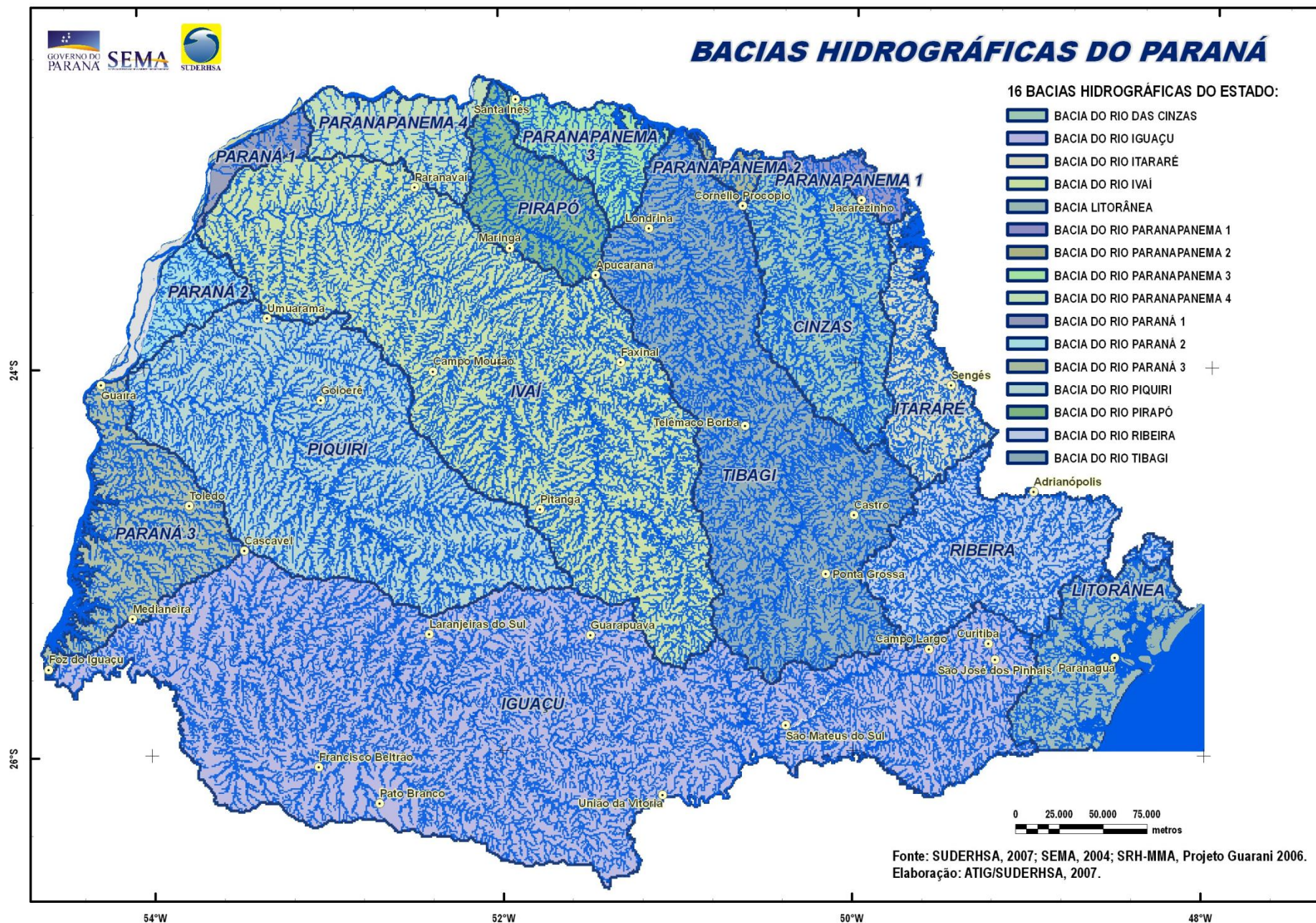
- Representa carga potencial hipotética a que estão sujeitos os volumes de excesso de chuva e
- Constitui um fator que afeta o tempo que levariam as águas para atingir a seção de controle.

Bacias Hidrográficas do Brasil

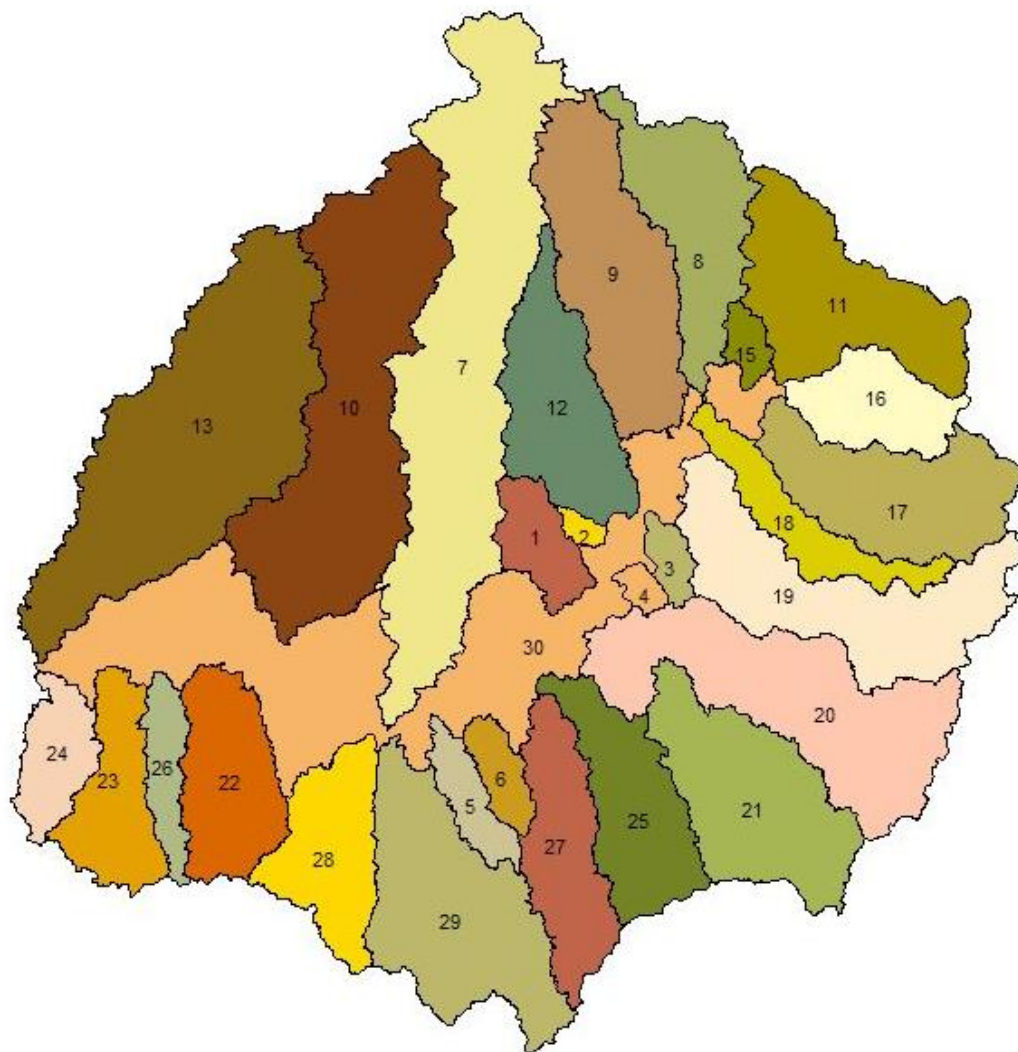
12 bacias



Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Resolução 32/2003, Institui a Divisão Hidrográfica Nacional



Alto Iguaçu



1-Rio Padilha	16-Rio Iraizinho
2-Rio Alto Boqueirão	17-Rio Piraquara
3-Rio da Ressaca	18-Rio Itaqui
4-Rio Avariú	19-Rio Pequeno
5-Arroio Mascate	20-Rio Miringuava
6-Ribeirão da Divisa	21-Rio Miringuava-Mirim
7-Rio Barigui (A=269km ²)	22-Rio Guajuvira
8-Rio Palmital	23-Rio Isabel Alves
9-Rio Atuba (A=126km ²)	24-Rio Turvo
10-Rio Passaúna	25-Rio Cotia
11-Rio Iraí	26-Rio Piunduva
12-Rio Belém (A=90km ²)	27-Rio do Despique
13-Rio Verde	28-Rio Faxinal
15-Rio do Meio	29-Rio Mauricio
	30-Área de Contribuição Direta do Alto Rio Iguaçu