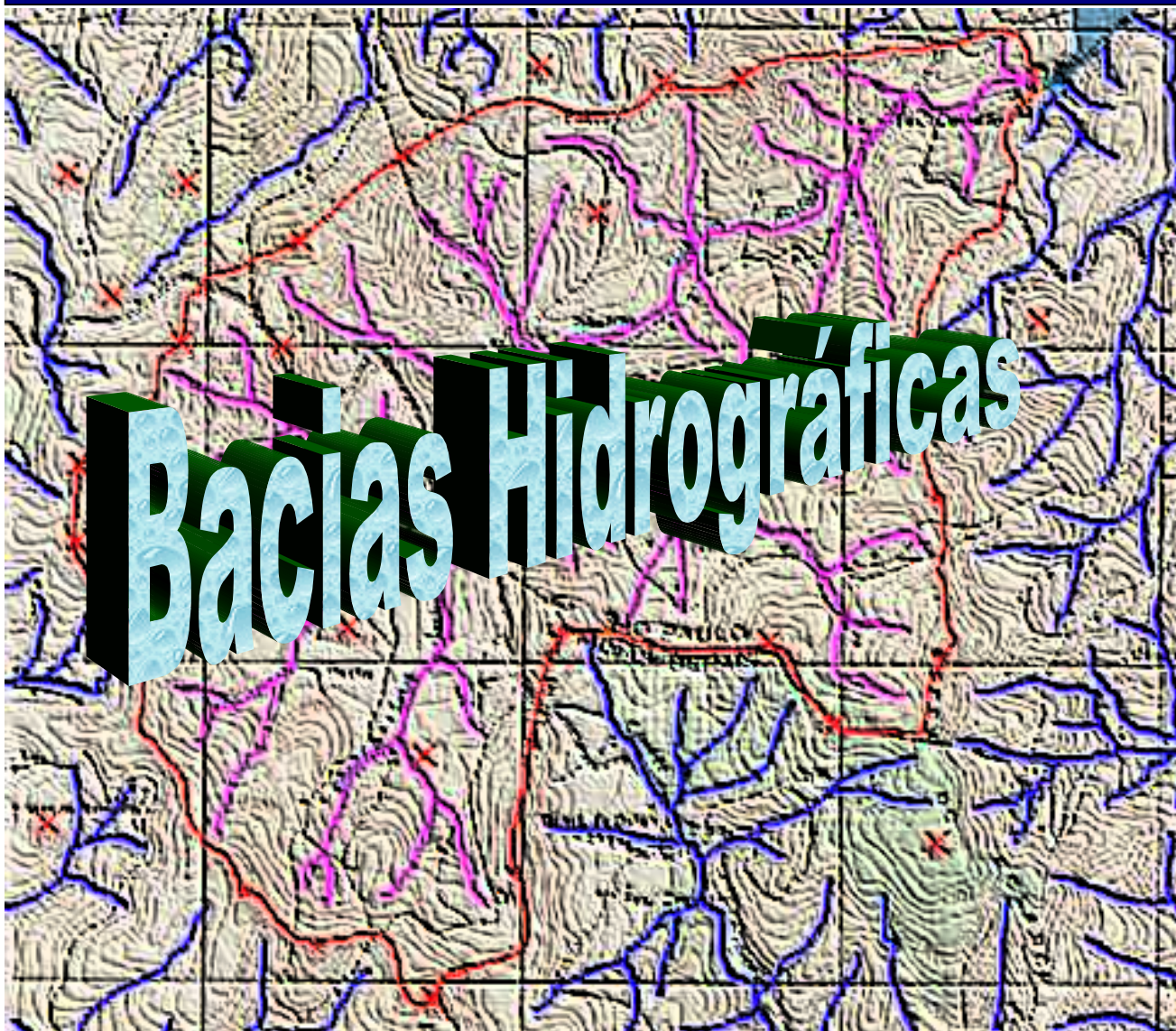


Escola Politécnica da USP
Depto de Engenharia Hidráulica e Sanitária
PHD 307- Hidrologia Aplicada



Prof. Dr. Rubem La Laina Porto

Prof. Dr. Kamel Zahed Filho

Ricardo Martins da Silva

1999

Resumo

Esta apostila procura definir e caracterizar uma bacia hidrográfica, que é o sistema no qual será analisado o ciclo hidrológico com vistas a aplicações de engenharia.

São definidas algumas características fisiográficas e comentadas suas relações com o comportamento dos escoamentos na bacia.

Através do estudo das características fisiográficas das bacias, pode-se entender fenômenos passados, avaliar impactos de alterações antrópicas na fase de escoamento superficial da água e elaborar correlações entre vazões e características fisiográficas para estudos de regionalização e sintetização de fórmulas empíricas.

Objetivo

Você deverá, após o estudo deste texto, ser capaz de:

- Definir o divisor topográfico de uma bacia hidrográfica
- Calcular parâmetros de caracterização da bacia (área, forma, declividades...)
- Avaliar qualitativamente a influência das características fisiográficas sobre o regime de vazões de uma bacia.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Características Físicas de Bacias Hidrográficas	2
2.1. Uso do solo	3
2.2. Tipo do solo	3
2.3. Área	4
2.4. Forma	6
2.4.1 Fator forma	7
2.4.2 Índice de compacidade kc	8
2.4.3 Índice de conformação fc	10
2.5 Declividade da bacia	12
2.6 Elevação	14
2.7 Declividade do curso d'água	14
2.8 Tipo da rede de drenagem	18
2.8.1 Ordem dos cursos d'água	18
2.8.2 Densidade de cursos d'água	19
2.9 Densidade de drenagem	21
3. Bibliografia	22

Apêndice

1A. Delimitação de Bacia	23
--	----

1 Introdução

A discussão das características físicas e funcionais das bacias hidrográficas tem a finalidade de proporcionar o conhecimento dos diversos fatores que determinam a natureza da descarga de um rio. A importância desse conhecimento reside no fato de que através da avaliação dos parâmetros que condicionam essa vazão pode-se fazer comparações entre bacias, podendo-se conhecer melhor os fenômenos passados e fazer extrapolações. Desse modo, o aproveitamento dos recursos hídricos pode ser feito de maneira mais racional com maiores benefícios à sociedade em geral.

Freqüentemente é necessário subdividir grandes bacias em unidades menores para fins práticos de trabalho. As sub-áreas ou bacias tributárias são definidas por divisores internos, da mesma forma que para a bacia principal.

A utilização das características físicas pode ser resumida a três utilidades básicas :

- Explicação de observações passadas ou criação de cenários futuros , como por exemplo, no planejamento de drenagem de uma cidade, prevendo-se as áreas impermeabilizadas futuras.
- Transposição de dados entre bacias vizinhas. É muito comum não se dispor de dados observados de vazões no local de interesse de um projeto; entretanto, encontrando-se uma bacia vizinha com dados históricos ou eventualmente dados no mesmo rio mas em seções distantes, pode-se através de fórmulas empíricas ou por uma análise estatística regional, correlacionar os dados de vazões com as características físicas das bacias.

- Criação de fórmulas empíricas para generalizações regionais dessas correlações, em geral, efetuadas, de forma independente à uma necessidade de estudo específico, mas de cunho mais científico.

O escoamento num curso d'água é condicionado a diversos fatores, podendo ser divididos em dois grupos:

- a) fatores climáticos, mais ligados à precipitação;
- b) fatores físicos;

Estudaremos aqui apenas as características físicas das bacias hidrográficas. Os fatores climáticos serão estudados a parte.

2 Características Físicas de Bacias Hidrográficas

Os seguintes fatores físicos são aqueles mais importantes para caracterizar uma bacia hidrográfica :

- 1) Uso do solo
- 2) [Tipo do solo](#)
- 3) [Área](#)
- 4) [Forma](#)
- 5) [Declividade da bacia](#)
- 6) [Elevação](#)
- 7) [Declividade do Curso D'água](#)
- 8) [Tipo da Rede de Drenagem](#)
- 9) [Densidade de drenagem](#)

2.1 Uso do solo

Um dos fatores fisiográficos mais importantes que afetam o escoamento é o uso do solo ou controle da terra.

Suponhamos que uma área seja constituída por floresta cujo solo é coberto por folhas e galhos, que durante as maiores precipitações evitam que o escoamento superficial atinja o curso d'água num curto intervalo de tempo, evitando assim uma enchente. Se esta área for deflorestada e seu solo compactado ou impermeabilizado, aquela chuva que antes se infiltrava no solo, pode provocar enchentes nunca vistas. Entretanto, esse fator não tem influência sensível nas maiores enchentes catastróficas.

As florestas têm ação regularizadora nas vazões dos cursos d'água, mas não aumentam o valor médio das vazões. Em climas secos, a vegetação pode até mesmo diminuí-lo em virtude do aumento da evaporação.

Será visto na análise da infiltração da água no solo, como os diversos métodos de cálculo utilizam numericamente essa propriedade da bacia para avaliar a potencialidade de infiltração da água no solo (ex., valor de Cn do método do SCS).

[Voltar](#)

2.2 Tipo do solo

Em qualquer bacia, as características do escoamento superficial são largamente influenciadas pelo tipo predominante de solo, devido à capacidade de infiltração dos diferentes solos, que por sua vez é resultado do tamanho dos grãos do solo, sua agregação, forma e arranjo das partículas. Solos que contêm material coloidal contraem-se e incham-se com as mudanças de umidade, afetando a capacidade de infiltração.

A porosidade afeta tanto a infiltração quanto a capacidade de armazenamento e varia bastante para solos diferentes. Algumas rochas têm 1% de porosidade, enquanto solos orgânicos chegam a ter de 80 a 90%. A porosidade não depende do tamanho das partículas do solo, mas sim do arranjo, variedade, forma e grau de compactação.

Outras propriedades dos diferentes tipos de solo, como o coeficiente de permeabilidade, o de armazenamento e o de transmissibilidade serão estudados no capítulo de águas subterrâneas, onde se verá a importância do tipo de solo na capacidade de produção de um poço.

Em certos terrenos, entretanto, o estudo tem de ser aprofundado por um geólogo ou hidrólogo para investigar a localização de lençóis aquíferos, o escoamento subterrâneo e a origem das fontes.

[Voltar](#)

2.3 Área

É a área plana definida pela projeção horizontal do divisor de águas, pois seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia. A determinação da área de drenagem de uma bacia é feita com o auxílio de uma planta topográfica (e algumas vezes, complementada com um mapa geológico), de altimetria adequada traçando-se a [linha divisória](#) que passa pelos pontos de maior cota entre duas bacias vizinhas.

A área pode ser determinada com boa precisão utilizando-se um planímetro, com métodos geométricos de determinação de área de figura irregular ou com recurso intrínsecos aos aplicativos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), quando se trabalha com a planta digitalizada.

As bacias podem ser classificadas em grandes e pequenas. O tamanho da bacia (a área) não é critério suficiente para tal classificação, haja visto que duas bacias de mesma área podem apresentar comportamentos hidrológicos totalmente distintos.

Considera-se uma bacia pequena quando a quantidade de água acumulada no leito do curso d'água devido à precipitação for superior à quantidade de água acumulada no solo e na vegetação.

A área da bacia afeta a grandeza das enchentes, das vazões mínimas, e das vazões médias de várias formas. Ou seja, tem significativa influência sobre o [hidrograma](#) como veremos a seguir:

- Efeito sobre vazões máximas

Suponhamos duas bacias que diferem apenas pela área. Se quantidades iguais de chuva precipitam em intervalos de tempos iguais sobre elas, o volume do escoamento superficial por unidade de área será o mesmo nas duas bacias.

Entretanto, esse volume de escoamento estará mais espalhado na bacia de maior área. Assim, o tempo necessário para que todo esse volume passe pela seção de saída desta bacia será maior que o tempo gasto na bacia de área menor. Porém, o pico de enchente será menos acentuado na maior bacia (em relação à vazão normal). Isto significa que, para um dado volume de um hidrograma de cheia de base mais larga

Entretanto, o tempo necessário para que um escoamento de enchente (que caiu próximo à nascente, por exemplo) atinja uma seção (saída, por exemplo) aumenta a medida em que a área da bacia aumenta. Isto significa que o hidrograma de enchente terá sua base mais larga.

- Efeito sobre as vazões mínimas

Uma vez cessado o escoamento superficial, a vazão de um curso d'água é alimentada pela água subterrânea. Conseqüentemente, com o gasto desse armazenamento a vazão do curso d'água vai diminuindo até que o curso d'água fique seco ou haja uma recarga no solo pela precipitação.

Estas precipitações, que ocorrem durante as secas atingem algumas partes das grandes bacias, enquanto muitas vezes não caem sobre algumas pequenas sub-bacias. Por esse motivo, a vazão dos cursos d'água principais das bacias maiores tem maior chance de prover uma vazão firme.

- Efeito sobre a vazão média:

A área da bacia não afeta diretamente a vazão média. Assim, as vazões médias específicas (vazão por unidade de área) em vários pontos de uma bacia são praticamente constantes.

[Voltar](#)

2.4 Forma

As grandes bacias hidrográficas em geral apresentam forma de leque ou de pêra, ao passo que as pequenas bacias apresentam formas as mais variadas possíveis em função da estrutura geológica dos terrenos.

A forma da bacia influencia no escoamento superficial e conseqüentemente o hidrograma resultante de uma determinada chuva.

Entre os índices propostos para caracterizar a forma da bacia serão calculados o [fator de forma](#) e os [índices de compacidade](#) e de [conformação](#). Estes índices são

utilizados para comparar bacias e para comporem parâmetros das equações empíricas de correlações entre vazões e características físicas das bacias.

2.4.1 Fator de Forma

O Fator de Forma ou índice de Gravelius é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da mesma. O comprimento axial é medido da saída da bacia até seu ponto mais remoto, seguindo-se as grandes curvas do rio principal (não se consideram as curvas dos meandros). A largura média é obtida dividindo-se a área da bacia em faixas perpendiculares, onde o polígono formado pela união dos pontos extremos dessas perpendiculares se aproxime da forma da bacia real (Figura 2.1).

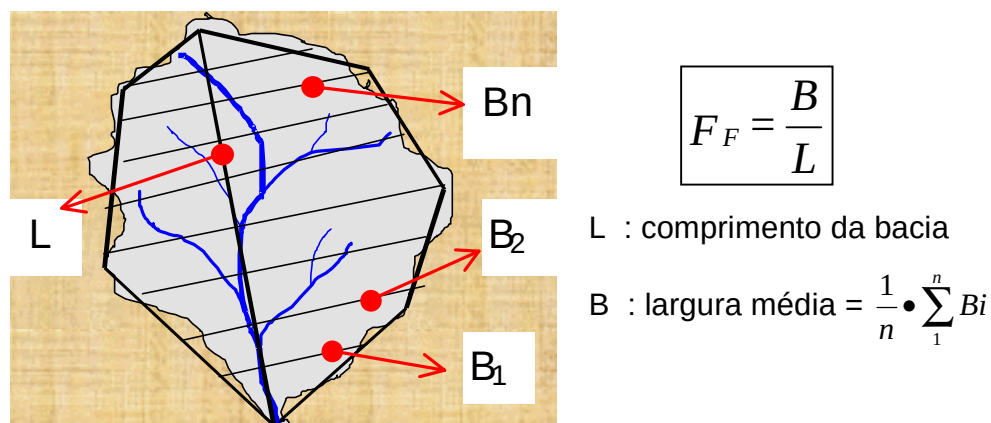
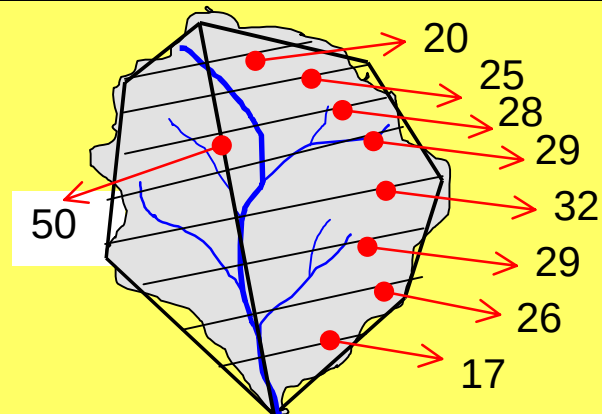


Figura 2.1 – Influência da forma da bacia na captação da água da chuva

Exemplo: Calcule o fator de forma da bacia abaixo:



$$F_F = \frac{B}{L} = \left(\frac{20 + 25 + 28 + 29 + 32 + 29 + 26 + 17}{8} \right) = \frac{25.75}{50} = 0.515$$

2.4.2 Índice de Compacidade k_c

É definido como sendo a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo de área igual à da bacia.

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

onde:

P = perímetro da bacia em km

A = área da bacia em km²

Como o círculo é a figura geométrica plana que comporta uma dada área com o menor perímetro, este índice nunca será menor que 1 (um). Bacias que se aproximam geometricamente de um círculo convergem o escoamento superficial **ao mesmo tempo** para um trecho relativamente pequeno do rio principal. Caso não exista outros fatores que interfiram, os menores valores de K_c indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados (Figura 2.2).

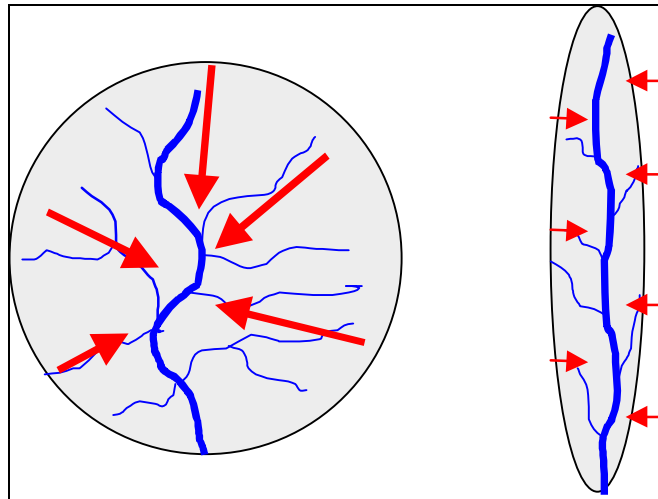


Figura 2.2 – Forma circular e esbelta de bacia

Exemplo : Calcular o índice de compacidade de uma bacia com 100 km^2 de área e perímetro de 54 km.

$$K_c = 0.28 \cdot \frac{54}{\sqrt{100}} = 1.512$$

2.4.3 Índice de Conformação Fc

Compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial. Caso não existam outros fatores que interfiram, quanto mais próximo de 1 (um) o valor de Fc, isto é, quanto mais a forma da bacia se aproximar da forma do quadrado do seu comprimento axial, maior a potencialidade de produção de picos de cheias (*Figura 2.3*).

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

onde:

A: área da bacia

L: comprimento axial

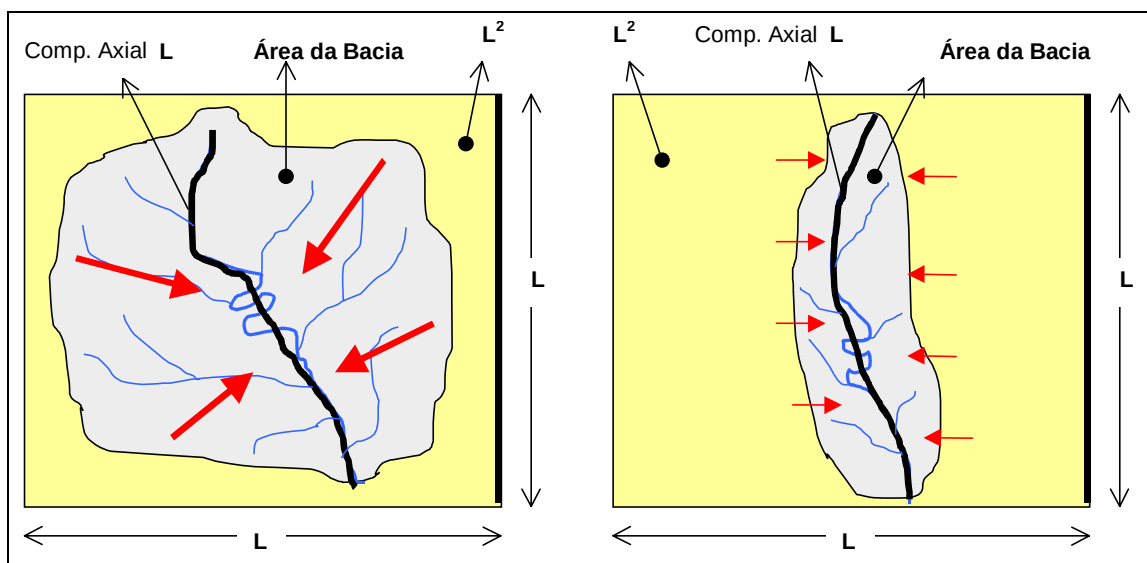
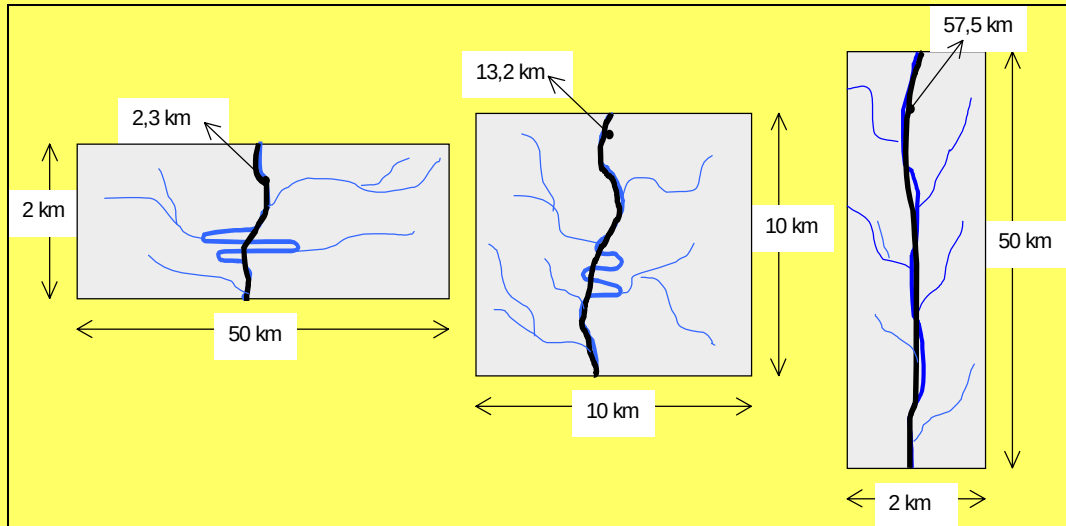


Figura 2.3 – Quanto mais a área da bacia se aproximar da área do quadrado do comprimento axial do seu rio principal, provavelmente mais próxima será da forma de um quadrado, convergindo todo escoamento ao mesmo tempo para uma mesma região.

Exemplo : Calcular o índice de conformação das bacias abaixo :

Observe que as três bacias possuem a mesma área, entretanto são dispostas de maneiras diferentes com relação ao rio principal.



$$Fc_1 = \frac{2 * 50}{(2.30)^2} = \frac{100}{5.29} = 18.90 ; Fc_2 = \frac{10 * 10}{(10.5)^2} = \frac{100}{110.25} = 0.91 ;$$

$$Fc_3 = \frac{2 * 50}{(55.7)^2} = \frac{100}{3102.49} = 0.03$$

A bacia 2 possui índice de compactidade próximo de UM, o que indica forma próxima de um quadrado e alto potencial de produção de picos de cheia.

Comparando tipos diferentes de bacias pelos seus índices de forma: diferentes com relação ao rio principal (*Figura 2.4*) .

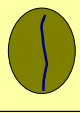
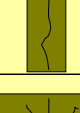
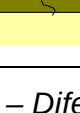
	FF	KC	FC
	0.79	1.00	0.79
	1.00	1.12	1.00
	0.25	1.40	0.25
	4.00	1.40	4.00

Figura 2.4 – Diferentes formas e seus índices

[Voltar](#)

2.5 Declividade da bacia

A declividade da bacia ou dos terrenos da bacia tem uma relação importante e também complexa com a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo e a contribuição de água subterrânea ao escoamento do curso d'água. É um dos fatores mais importantes que controla o tempo do escoamento superficial e da concentração da chuva e tem uma importância direta em relação à magnitude da enchente. Quanto maior a declividade, maior a variação das vazões instantâneas.

Uma das maneiras de se medir a declividade média dos terrenos da bacia, consiste em aplicar uma malha quadrada (ou eventualmente uma malha triangular irregular – TIN) sobre a planta planialtimétrica da bacia (*Figura 2.5*). São definidas as declividades dos pontos de intersecção da malha, desenhando-

se a um segmento de reta (linha de maior declive que passa pelo ponto) perpendicular às duas curvas de nível anterior e posterior à cota do ponto e que passe pelo ponto; a declividade do ponto será a diferença de cotas das curvas de nível dividida pelo comprimento desse segmento de reta. A média das declividades desses pontos será considerada a média das declividades dos terrenos da bacia.

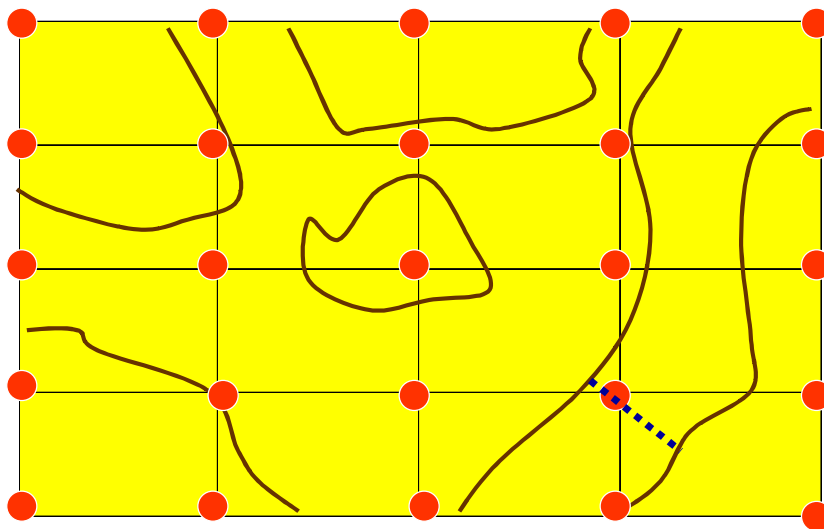


Figura 2.5 – Malha retangular para cálculo das declividades dos terrenos da bacia

Uma outra forma consiste em definir para a malha quadrada, as cotas médias de cada quadrícula. A declividade de cada quadrícula será definida pela maior diferença de cotas entre duas quadrículas vizinhas, dividida pela dimensão linear da quadrícula.

Esse procedimento é bastante trabalhoso, quando feito manualmente. Entretanto, isso se torna muito simples, quando se utilizam recursos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O primeiro método é mais aplicável, quando se utiliza a forma vetORIZADA de representação da bacia. A segunda é mais apropriada quando a bacia é representada pela forma “raster” (quadrículas).

[Voltar](#)

2.6 Elevação

A variação da elevação e também a elevação média de uma bacia são fatores importantes com relação à temperatura e à precipitação.

Da mesma forma que no cálculo das declividades dos terrenos da bacia, pode-se utilizar as cotas dos pontos de intersecção de uma malha aplicada sobre a planta planialtimétrica da bacia ou as cotas das quadrículas. Ambos os processos são muito simples quando se utilizam ferramentas SIG.

[Voltar](#)

2.7 Declividade do Curso D'água

A velocidade de escoamento da água de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento. Assim, os hidrogramas de enchente serão tanto mais pronunciados e estreitos, indicando maiores variações de vazões instantâneas.

Um primeiro valor aproximado da declividade de um curso d'água entre dois pontos pode ser obtido pelo quociente entre a diferença de suas cotas extremas e sua extensão horizontal (*Figura 2.6*).

$$S_1 = \frac{\Delta H}{L}$$

onde:

ΔH : variação da cota entre os dois pontos extremos

L: [comprimento em planta do rio](#)

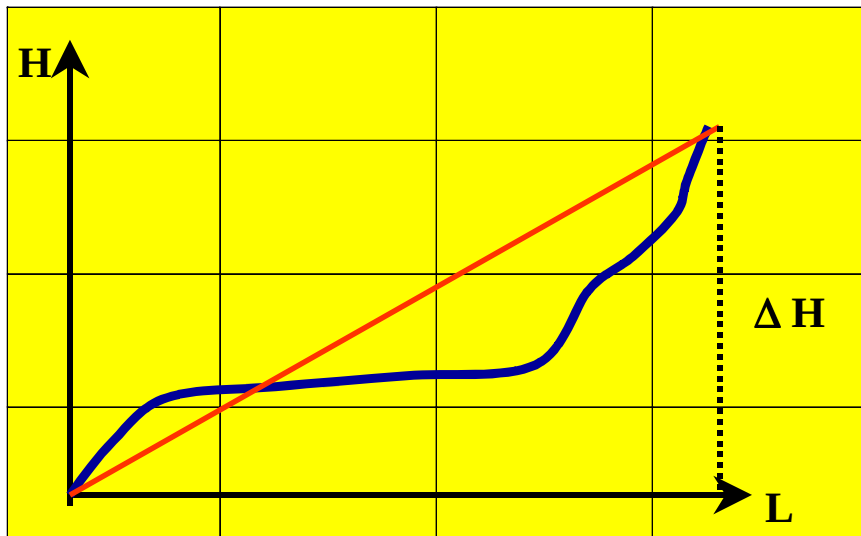


Figura 2.6 – Um primeiro cálculo aproximado da declividade

Uma outra forma de se definir a declividade de um curso d'água consiste em se traçar um gráfico do perfil longitudinal do curso d'água e definir uma linha tal que, a área compreendida entre ela e o eixo das abscissas (extensão horizontal) seja igual à compreendida entre a curva do perfil e a abscissa (Figura 2.7).

$$S_2 = \frac{2 \cdot A_{bp}}{L^2}$$

onde:

A_{bp} : área abaixo do perfil

L: [comprimento em planta do rio](#)

[detalhes sobre a fórmula>>>](#)

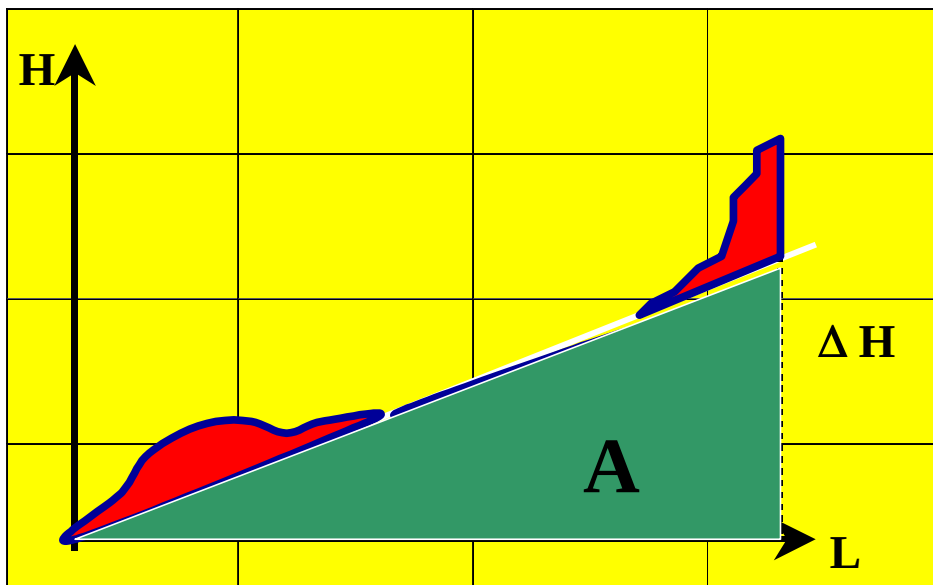


Figura 2.7 – Cálculo da declividade a partir da área abaixo do perfil

Além dos dois valores de declividade definidos acima, têm-se a declividade que utiliza o conceito cinemático (*Figura 2.8*), de que o tempo de translação acumulado ao longo de trechos do curso d'água seja igual ao tempo de translação de uma linha de declividade constante, que fornece um valor mais preciso. Parte-se da hipótese que a velocidade em um trecho é inversamente proporcional à declividade.

$$S_3 = \left(\frac{L}{\sum_1^n \frac{L_i}{\sqrt{I_i}}} \right)^2$$

onde:

L: [comprimento em planta do rio](#)

L_i : [extensão horizontal em cada um dos \$n\$ trechos](#)

I_i : declividade em cada um dos n trechos ($I_i = H_i / L_i$)

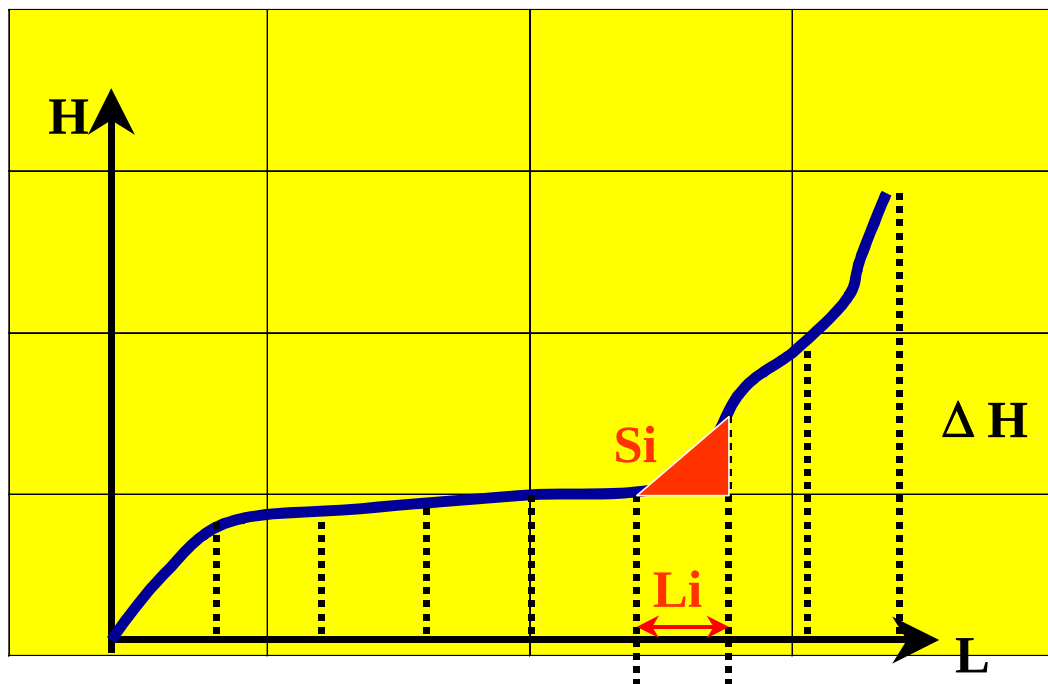
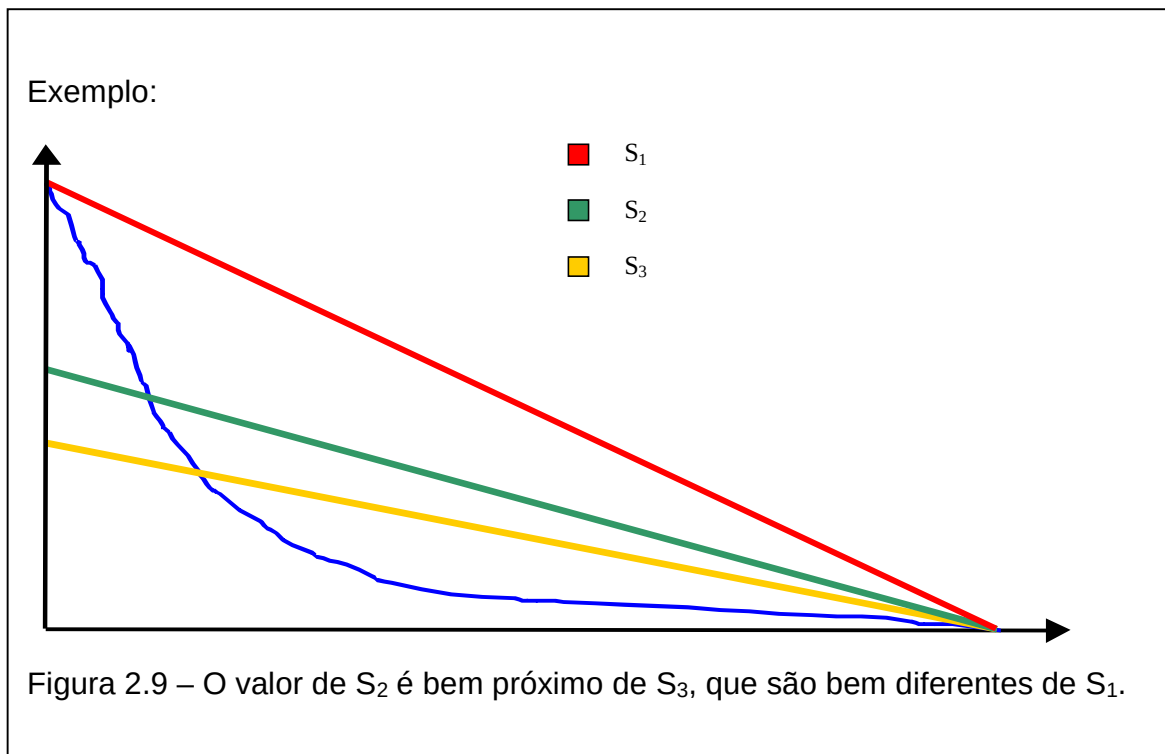


Figura 2.8 – Cálculo da declividade pelo princípio cinemático

A linha S_1 (Figura 2.9) não representa o desenvolvimento real do curso d'água , pelo fato de considerar apenas os pontos extremos. É fácil imaginar qualquer outro desenvolvimento do curso d'água, cujos pontos extremos sejam os mesmos.

Um rio que possui um grande declive no início de seu percurso e logo depois percorre uma planície, apresenta considerável discrepância entre os valores de declividade calculados pelos diferentes métodos. Assim, o valor que melhor simula o comportamento do rio a uma declividade constante é o S_3 .



[Voltar](#)

2.8 Tipo da Rede de Drenagem

2.8.1 Ordem dos cursos d'água

A classificação dos rios quanto à ordem reflete no grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia. Os cursos d'água maiores possuem seus tributários, que por sua vez possuem outros até que se chegue aos minúsculos cursos d'água da extremidade.

As correntes formadoras, isto é, os canais que não possuem tributários são considerados de primeira ordem. Quando dois canais de primeira ordem se unem é formado um segmento de segunda ordem. A união de dois rios de mesma

ordem resulta em um rio de ordem imediatamente superior; quando dois rios de ordem diferentes se unem formam um rio com a ordem maior dos dois (*Figura 2.10*).

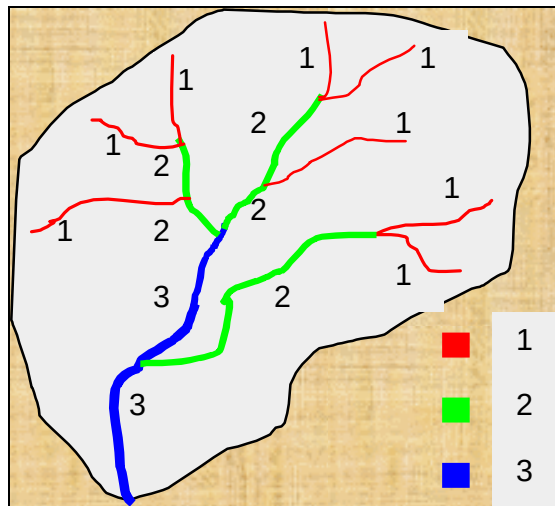


Figura 2.10 – Classificação dos rios quanto à ordem

Para se determinar corretamente a ordem, situa-se num mapa todos os cursos d'água, perenes ou intermitentes, mas não deve-se incluir ravinas de água que não possuem curso definido.

Geralmente, quanto maior a ordem de um curso d'água maior é a sua extensão.

2.8.2 Densidade de cursos d'água

A densidade de cursos d'água é a relação entre o número de cursos d'água e a área total da bacia (*Figura 2.11*) . São incluídos apenas os rios perenes e os intermitentes.

$$Ds = \frac{N_s}{A}$$

onde:

N_s : número de cursos d'água

A: área da bacia

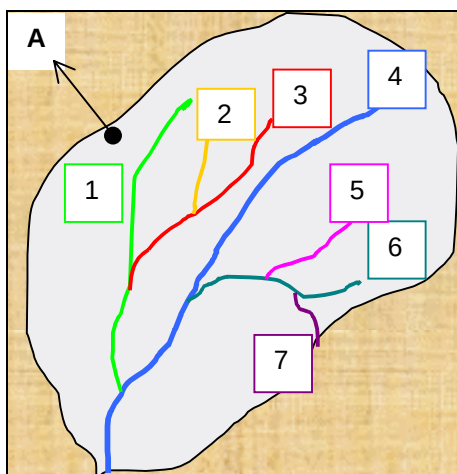
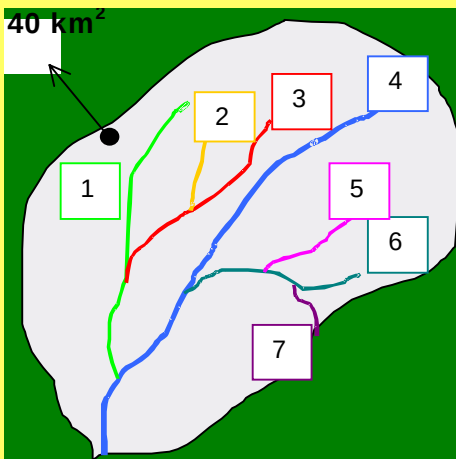


Figura 2.11 – Exemplo de contagem do número de cursos d'água

O rio principal é contado apenas uma vez de sua nascente até a foz e os tributários de ordem superior, cada um se estendendo da sua nascente até a junção com o rio de ordem superior.

A densidade de cursos d'água não indica a eficiência da drenagem, pois a extensão dos cursos d'água não é levada em conta.

Exemplo: Calcular a densidade de cursos d'água para a bacia abaixo, supondo área de 40 km²



$$Ds = \frac{7}{40} = 0.175$$

2.9 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem indica a eficiência da drenagem na bacia. É definida pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água (pode ser medido na planta topográfica com um barbante ou com um curvímetro) e a área de drenagem.

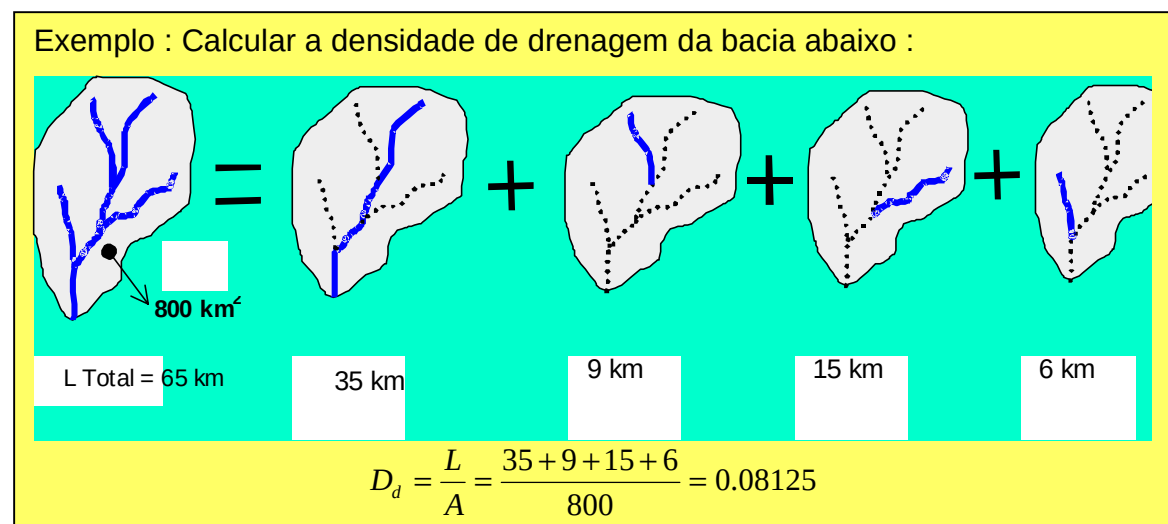
$$D_d = \frac{L}{A}$$

onde:

L: [Comprimento total dos cursos d'água](#)

A: área de drenagem (área da bacia)

Quanto mais eficiente o sistema de drenagem, ou seja, quanto maior a densidade de drenagem da bacia, mais rapidamente a água do escoamento superficial originada da chuva chegará à saída da bacia, gerando hidrogramas com picos maiores e em instantes mais cedo.



[Voltar](#)

3. Bibliografia

Bras, R. L. – Hydrology : An Introduction to Hydrologic Sciences – Addison-Wesley Publishing Company, 1990.

Crisolia, J. F. A. – Projeto de Manejo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Antas – Serviço do vale do Paraíba – Boletim Técnico N° 4 – DAEE, 1970.

Garcez, L. N. – Hidrologia – Ed. Edgard Blücher, 1967.

Mosley, M. P. e Kerchar, A. I. Cap. 8.-Streamflow ,em Maidment,David R.,Handbook of Hydrology, Mc Graw Hill, 1993.

Pinto, N. L. S. et al. – Hidrologia Básica - Ed. Edgard Blücher, 1976.

Tucci, C. E. M. – Hidrologia : Ciência e Aplicação – Editora da Universidade / UFRGS / ABRH , 1997.

Uehara, K. et al. – Características Físicas da Bacia Hidrográfica – apostila – Escola politécnica da USP, 1980.

Villela, S. M. e Mattos, A. – Hidrologia Aplicada– Editora Mc Graw Hill do Brasil, 1977.

Wanielista et al. – Hydrology – Water Quantity and Quality Control - 2^a. edição, John Wiley & Sons, 1997.

Wilken, P. S. – Engenharia de Drenagem Superficial – CETESB, 1978.

Wisley, C.O. e Brater, F. E. – Hydrology – Topan Printing Company Ltd., 2nd edition, Japan, 1959.

Apêndice

1A Delimitação de Bacia

Uma bacia hidrográfica é necessariamente definida por um divisor de águas que a separa das bacias adjacentes. O divisor de águas segue a linha dos cumes das formações topográficas em torno da bacia, e cruza o curso d'água somente na seção de saída (Figura 1A.5).

Já foi visto que o volume total de água transportado nos cursos d'água é constituído de escoamento superficial e água subterrânea. Raramente estas duas porções provém da mesma área. Ou seja, há um divisor topográfico que divide a porção do escoamento superficial (bacia hidrográfica) e há um divisor freático, determinado pela estrutura geológica e algumas vezes influenciado pela topografia, que divide a porção de água subterrânea (bacia hidrogeológica).

Quando estes dois divisores não coincidem, diz-se que há fuga de água de uma bacia para outra. Como o divisor freático não possui uma posição fixa e as várias posições assumidas são em geral desconhecidas, limita-se a bacia hidrográfica pelo divisor topográfico.

Quanto mais alto o nível do lençol freático, mais coincidentes se tornam os divisores freático e topográfico. Quanto mais o nível abaixa, mais eles se tornam separados.

Em geral, se duas bacias adjacentes são mais ou menos paralelas, há fuga de água da mais alta para a mais baixa. A hipótese da coincidência dos dois divisores pode ser bastante incorreta em pequenas bacias com solo impermeável.

Para definir o divisor topográfico, Inicialmente ,deve-se localizar em uma carta planialtimétrica, a seção de saída da bacia hidrográfica (na figura 11, corresponde ao círculo, em vermelho). A seguir, visualmente, procura-se definir os limites do divisor, sem nenhuma preocupação de exatidão (aproximação grosseira do divisor), como está indicado na figura 1A.1.

Salienta-se a rede fluvial para auxiliar na localização do divisor (figura 1A.2). Destacam-se os pontos altos cotados (com sinal de x na figura 1A.2).

A linha divisória é o divisor de águas e deve contornar a bacia. Assim, deve-se começar a traçar a linha a partir da foz do rio principal, seguindo pela linha de maior declive até ponto de maior cota mais próximo. A linha de maior declive cruza perpendicularmente as curvas de nível.

Partindo-se da seção de saída da bacia, traçam-se as duas linhas de maior declive que passam por ela (linha perpendicular às curvas de nível) até atingir o ponto alto mais próximo (figuras 1A.3 e 1A.4).

Dá-se continuidade ao traçado do divisor, partindo-se do ponto alto das linhas de maior declive e unindo-o com o ponto alto mais próximo, seguindo o contorno do relevo do terreno (não se deve unir os pontos altos por segmentos de reta que não respeitem o perfil do terreno) até completar o circuito. (figura 1A.5).

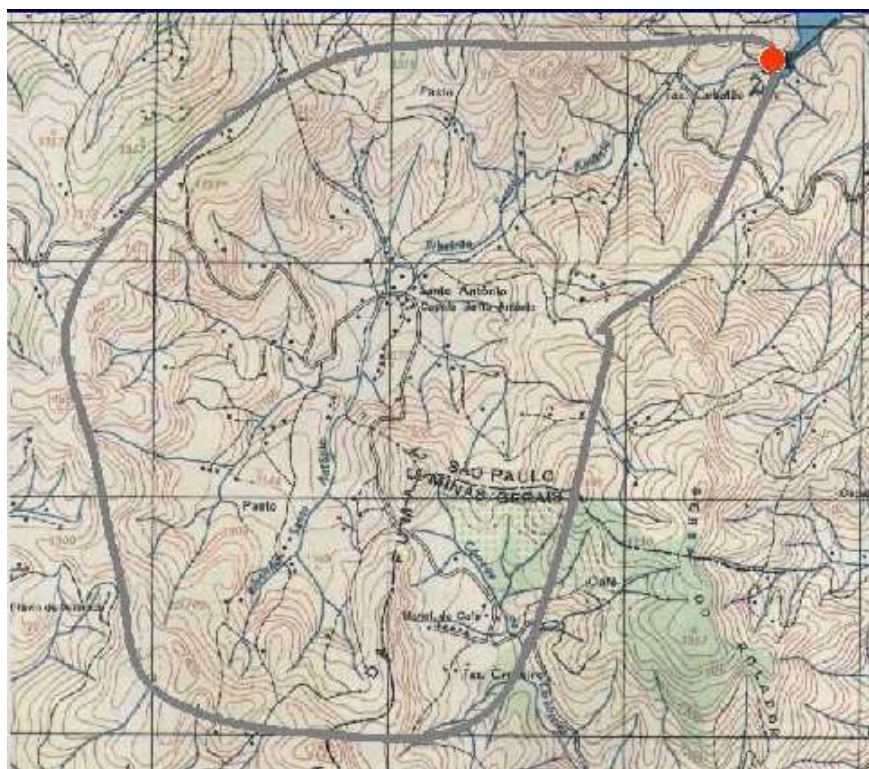


Figura 1A.1 –Localização grosseira do divisor

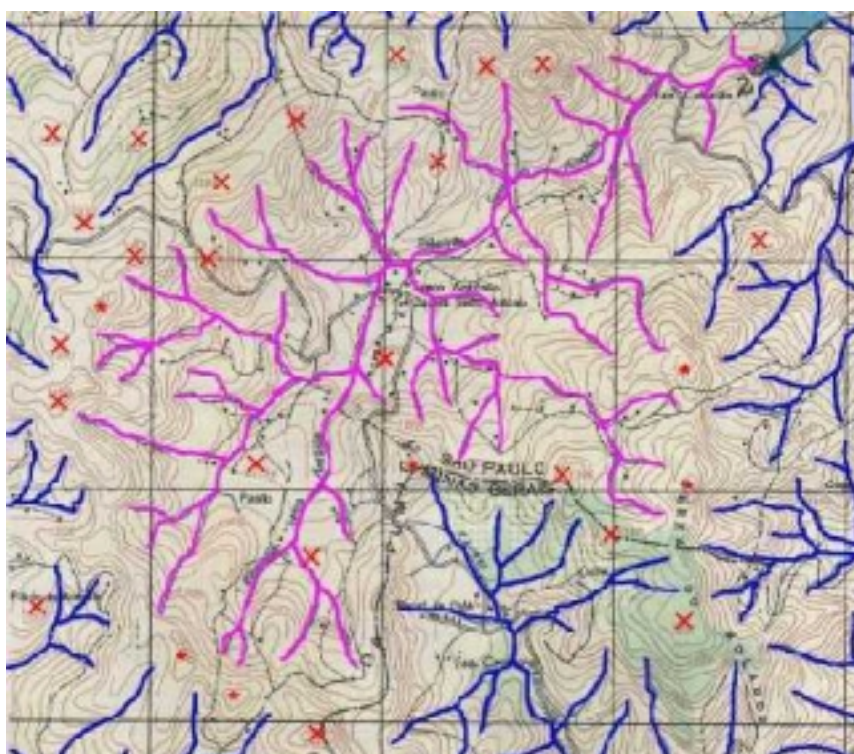


Figura 1A.2- Destaque dos pontos altos e cotados e da rede de drenagem

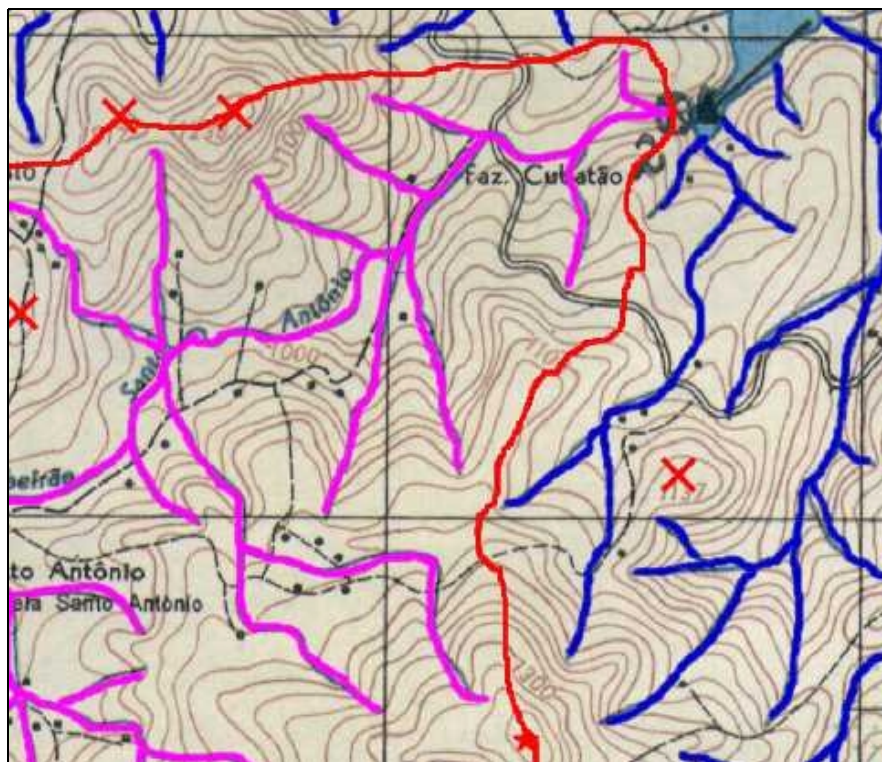


Figura 1A.3 – Linha de maior declive que passam pela seção de saída da bacia.



Figura 1A.4 – Zoom mostrando a linha de maior declive

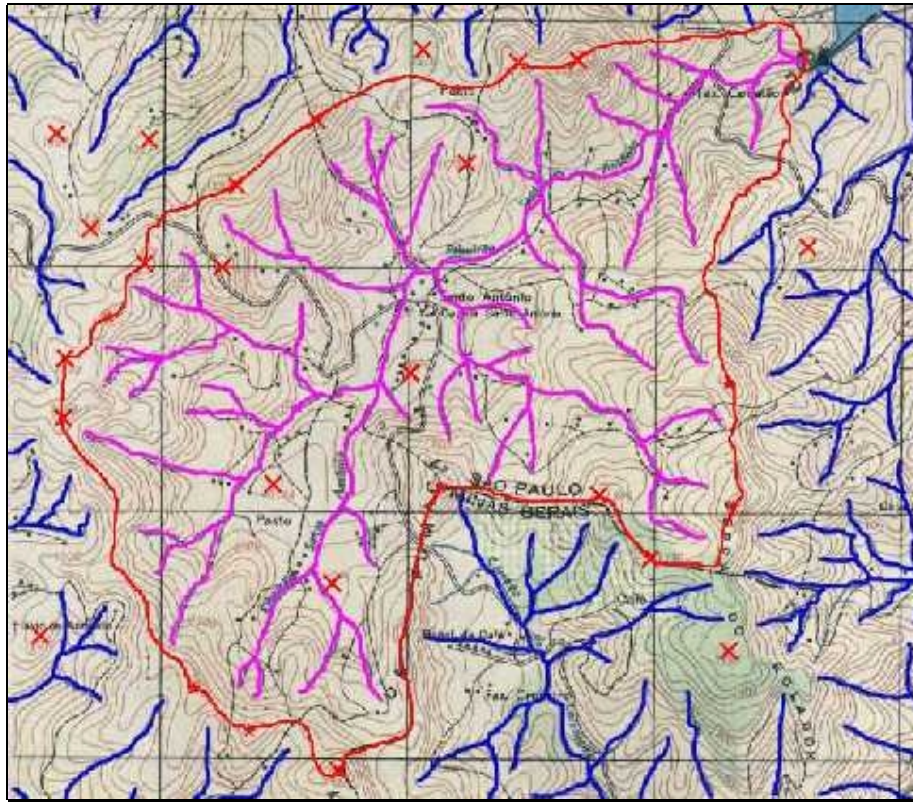


Figura 1A.5- Traçando a linha divisória

[Voltar](#)

2A Comprimento axial

É o comprimento do rio desconsiderando-se os meandros, isto é, o comprimento que o rio assume durante uma enchente (*Figura 2A.1*)

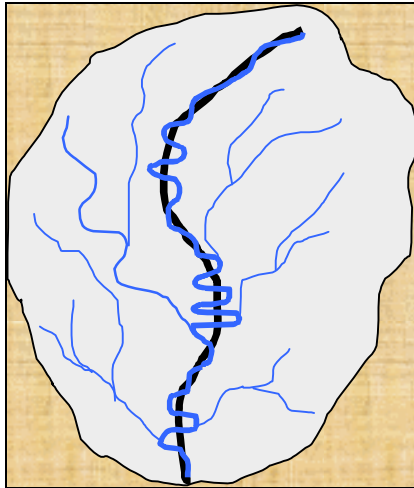


Figura 2A.1 – Comprimento axial de um rio

[Voltar](#)

3A Comprimento em planta de um rio

É a extensão do rio projetado na planta topográfica, ou seja, pode ser medido diretamente na planta com um barbante, por exemplo.

[Voltar para "S1"](#)

[Voltar para "S2"](#)

[Voltar para "S3"](#)

[Voltar para "extensão horizontal do rio"](#)

4A Comprimento total dos cursos d'água

Soma total do comprimento dos rios da bacia (Figura 4A.1).

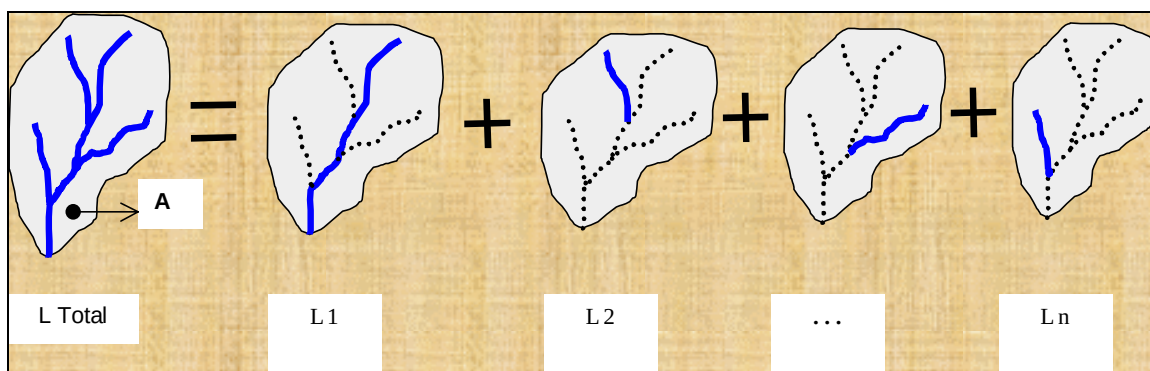


Figura 4A.1 – Composição da malha fluvial para calcular seu comprimento total

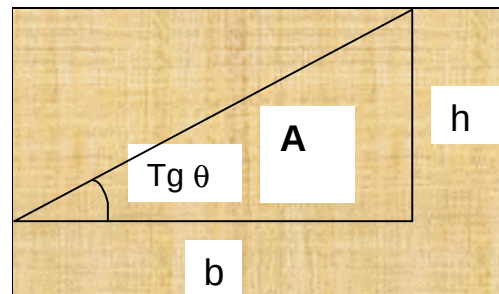
[Voltar](#)

5A Hidrograma

Hidrograma é a denominação dada ao gráfico que relaciona a vazão no tempo. A distribuição da vazão no tempo é resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico entre a precipitação e a vazão na bacia hidrográfica.

[Voltar](#)

6A Fórmula S_2



$$S_2 = \tan \theta = \frac{h}{b} = \frac{b \cdot h}{b^2} = \frac{b \cdot h}{2} \cdot \frac{2}{b^2} = A \cdot \frac{2}{b^2} = \frac{2 \cdot A}{b^2}$$

[Voltar](#)

7A Extensão horizontal em cada um dos n trechos

Esta extensão é definida como sendo a extensão que o rio percorre para variar um intervalo de cota das curvas de nível (Figuras 7A.1 a 7A.4).



Figura 7A.1- Pontos onde o rio cruza as curvas de nível

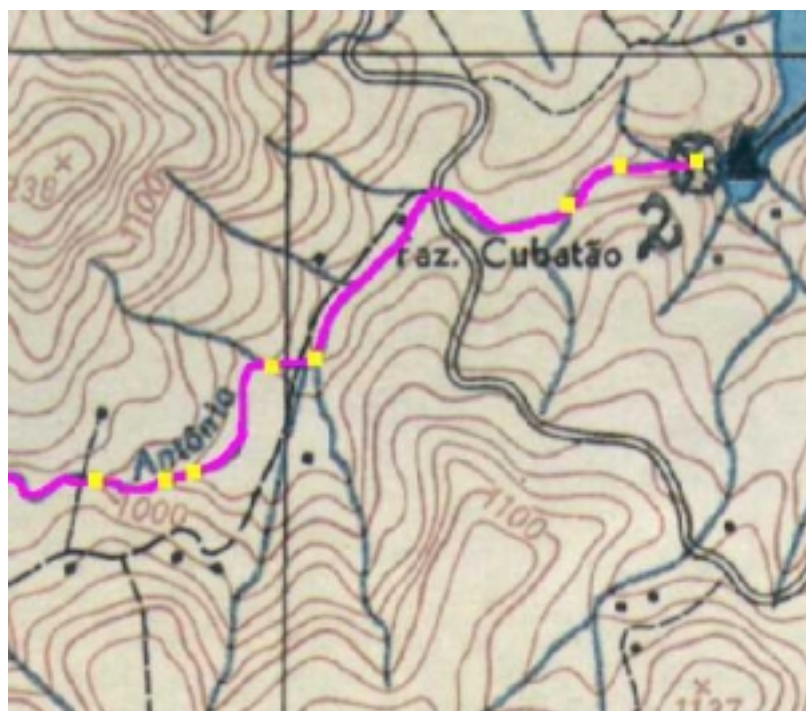


Figura 7A.2 – Detalhe do trecho de jusante

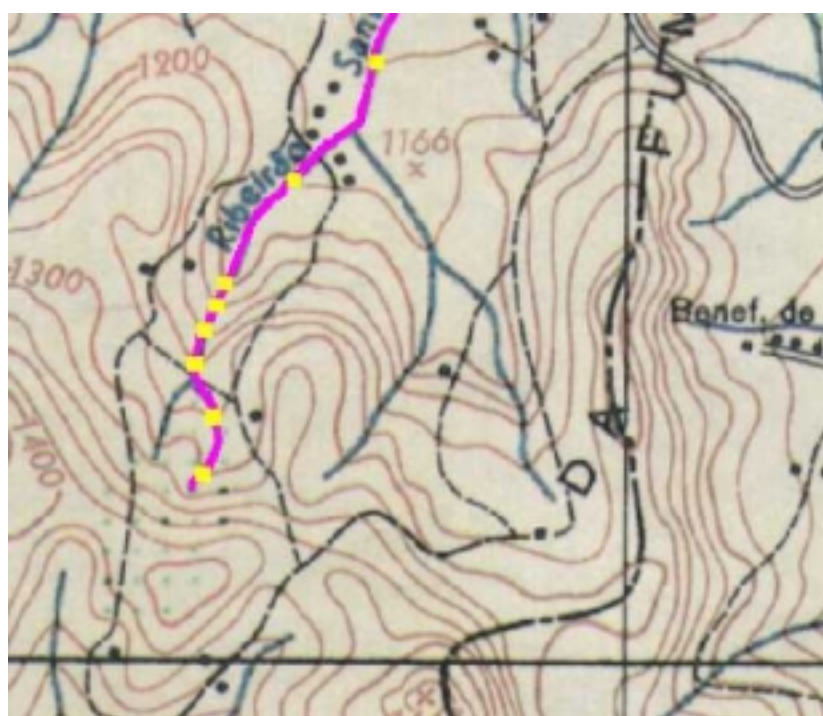


Figura 7A.3 – Detalhe da nascente

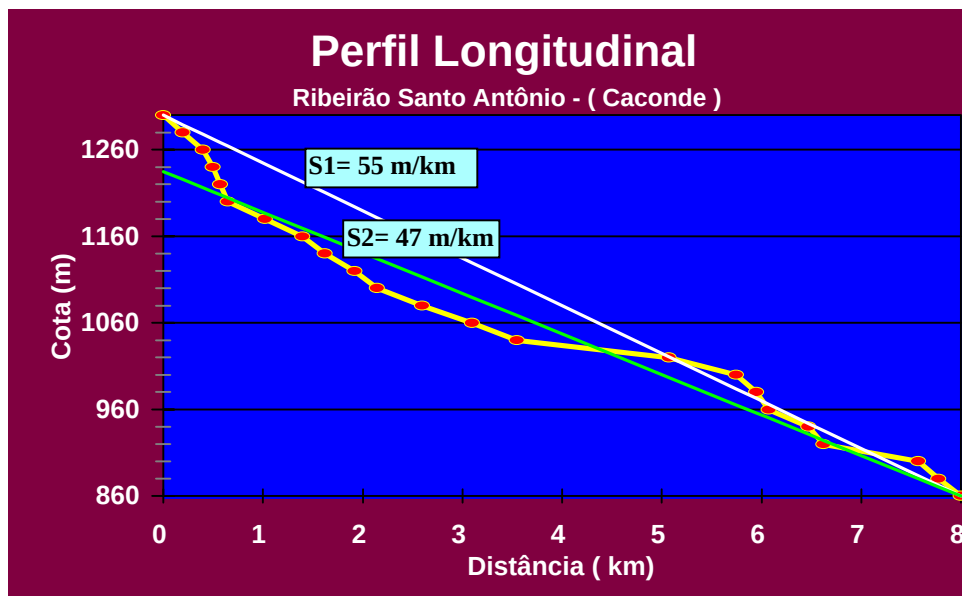


Figura 7A.4 – As cotas da planta do exemplo são dadas com intervalos de 20m. O eixo das abscissas representa o comprimento em planta do rio