

ALTIMETRIA OU HIPSOMETRIA

1. **Definição**: Medição de diferenças de nível entre 2 ou mais pontos do terreno

2. **Objetivo**: Obter dados sobre o relevo para poder estudar as formas deste relevo (Topologia)

3. **Conceitos Gerais**

a. **Referência de nível (RN)** – A altura medida deverá ser referenciada a alguma superfície de comparação. Esta superfície é a RN, que geralmente é o nível médio do mar (NMM).

b. **Cota** – diferença de nível qualquer, pode ser arbitrado.

c. **Altitude** – diferença de nível do ponto levantado em relação ao NMM, é a cota real.

4. **Tipos de Nivelamento**

a. **Nivelamento Barométrico** – Diferença de nível obtida em função da diferença de pressão atmosférica em cada ponto. Sabe-se que ao NMM a pressão atmosférica é igual a 1 atm, assim tendo-se a pressão atmosférica no ponto desejado o nivelamento barométrico fornece a altitude ou cota real.

Aparelhos: Barômetro de mercúrio (coluna de Hg), aneróide (altímetro)

b. **Nivelamento Trigonométrico** – Trabalha-se com o teodolito e obtém diferenças de nível através de visadas inclinadas, sendo a obtenção das diferenças de nível baseada na resolução de triângulos retângulos. Este é um método que “a princípio” fornece “cotas” w não “altitudes”, porque o plano de referência é arbitrado.

O princípio do nivelamento trigonométrico não é de ser usado isoladamente e sim em conjunto com o levantamento planimétrico indireto e essa fusão de procedimentos constitui a taqueometria (levantamento dos dados planimétricos e altimétricos concomitantemente). Aparelhos: Taqueômetro, teodolito.

c. **Nivelamento geométrico** – Este método trabalha com visadas horizontais, isto é, não inclina a luneta (ao contrário do outro método). São de 2 tipos, simples e composto.

- **Simple**s: não desloca o aparelho (a primeira leitura é de RÉ e as demais leituras são VANTES)
- **Composto**: desloca o aparelho (mais de uma RÉ e várias VANTES)

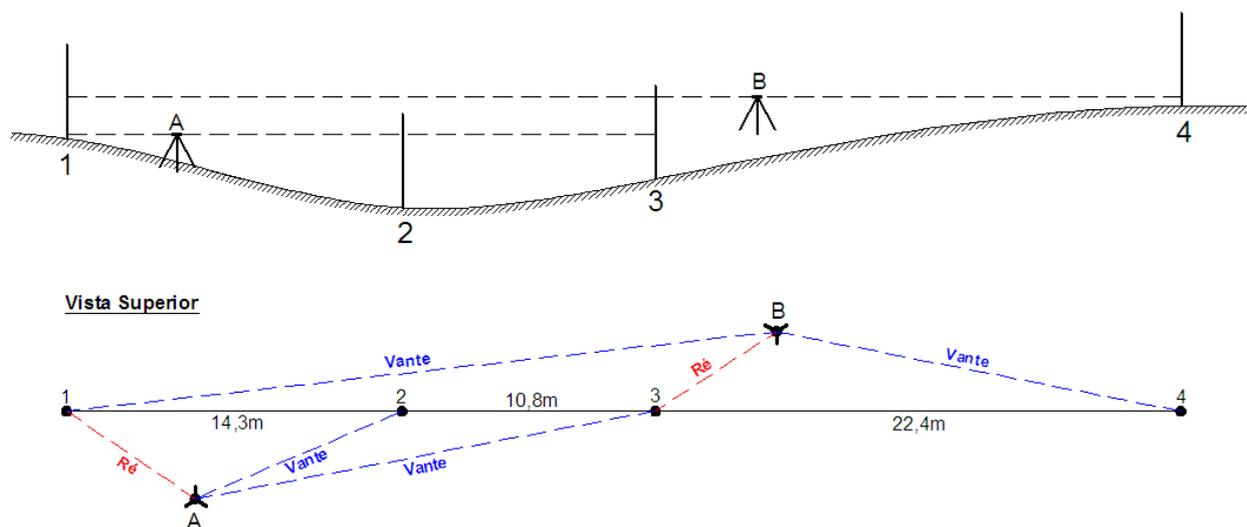
NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

- O objetivo da “**Leitura de Ré**” é obter-se a altura do instrumento (A_i), que é a cota da superfície de referência na altura da luneta.
- Como este tipo de levantamento não inclina a luneta, em qualquer lugar da superfície de referência localizada em A_i tem a mesma cota.
- O objetivo da “**Leitura de Vante**” é obter-se a cota de qualquer ponto (Cota).
- A primeira leitura sempre é de RÉ e as demais são de VANTE até que se troque o aparelho de lugar, quando o processo recomeça.
- A última VANTE antes da mudança do aparelho de lugar é chamada de “**última vante**” ou “**vante de mudança**”.
- Sempre que houver uma nova leitura de “RÉ” significa que o aparelho foi trocado de lugar e enquanto não for trocado de lugar a altura do instrumento “ A_i ” não muda.
- Muito utilizado para obtenção de dados e marcações topográficas de plantas de perfis longitudinais e seções transversais, serviços altimétricos de terraplenagem e marcação de cotas em geral.
- O retorno ao ponto inicial é o contranivelamento, que é feito com o mesmo procedimento, para aferir o erro, pois saímos de um ponto de uma cota de referência dada (RN) e chegamos ao mesmo ponto calculado, a diferença de valores é o erro pois a RN está certa.
- Fórmulas para cálculo da planilha de nivelamento geométrico

$$A_i = Cota + Ré$$

$$Cota = A_i - Vante$$

Exemplo. Encontrar as cotas dos pontos 2, 3 e 4 no eixo da figura através de nivelamento geométrico. A cota do ponto 1, que serve de referência de nível, é igual a 50m (RN).



Planilha de cálculo do nivelamento geométrico

EST = Estação que esta sendo usada para leitura de Ré e Vante

PN = Ponto que está sendo nivelado

EST	PN	DIST (m)	RÉ (m)	VANTE (m)	Ai (m)	COTAS (m)
A	1	0,0	0,179		50,179	50,000
A	2	14,3		3,144	“	47,035
A	3	10,8		1,907	“	48,272
B	3		3,522		51,794	
B	4	22,4		0,391	“	51,403
B	1			1,794	“	50,000

Conferência dos cálculos da planilha

$$Cota_{final} - Cota_{inicial} = \sum R\acute{e}s - \sum \acute{U}ltimas\ Vantes$$

Esta fórmula serve para sabermos se a planilha está bem calculada (se os cálculos estão corretos) e para confirmar o valor do erro encontrado.

No caso do exemplo:

- Cota Inicial = 50,000m (Ponto 1 dado = Referência de nível)
- Cota final = 50,000m (Ponto 1 calculado = contranivelamento)
- $\sum R\acute{e}s = 0,179m + 3,522m = 3,701m$
- $\sum \acute{u}ltimas\ vantes$ (ou vantes de mudança) = 1,907m + 1,794m

$$50,000 (Cf) - 50,000 (Ci) = 3,701 (\sum R\acute{e}s) - 3,701 (\sum \acute{u}ltimas\ vantes) = 0m = 0m$$

Isto significa:

- 1) Que a planilha está bem calculada, para isto sempre é necessário que exista uma igualdade dos dois lados, caso não haja esta igualdade existe erros nos cálculos
- 2) Que, neste caso do exemplo, o valor do erro é “zero”, ou seja, não tem erro, porém isto somente neste exemplo, pois sempre deverá existir um erro a ser corrigido.

Exemplo 2

EST	PN	Distância (m)	Ré (m)	Vante (m)	Ai (m)	Cotas (m)	Correção (m)	Cotas(m) corrigidas
A	1	0	3,437		53,437	50,000		50.000
A	2	65		2,621	"	50,816	+0,002	50,818
A	3	54		0,563	"	52,874	+0,002	52,876
B	3		3,826		56,700			
B	4	69		2,749	"	53,951	+0,004	53,955
B	5	55		0,502	"	56,198	+0,004	56,202
C	5		0,694		56,892			
C	6	58		0,388	"	56,504	+0,006	56,510
C	7	62		3,892	"	53,000	+0,006	53,006
D	7		0,842		53,842			
D	8	72		3,775	"	50,067	+0,008	50,075
D	1			3,850	"	49,992	+0,008	50,000

Conferência dos cálculos da planilha

$$49,992 - 50,000 = (3,437+3,826+0,694+0,842) - (0,563+0,502+3,892+3,850)$$

-0,008 = 8,799 - 8,807 ----- -0,008m = -0,008m então a planilha está bem calculada (porque existe a igualdade) e o valor do erro é de -0,008m

Correção do erro (correção das cotas)

Valor do erro = - 0,008m

A correção é acumulada para as cotas de cada estação (cada grupo de cotas calculadas pela mesma Ré em frações progressivas conforme o número de Rés), porém sempre com o sinal inverso ao do valor do erro para que haja a compensação.

Então, como o número de Rés = 4

$$Correção = \frac{- Erro}{n^{\circ} rés} = \frac{-(-0,008)}{4} = 0,002m$$

Assim:

- Correção das cotas da Estação A = +0,002m
- Correção das cotas da Estação B = A + 0,002m = + 0,004m
- Correção das cotas da Estação C = B + 0,002m = + 0,006m
- Correção das cotas da Estação D = C + 0,002m = + 0,008m

Observação:

Caso o valor do erro dividido pelo número de réis não dê um valor exato, dividir a sobra proporcionalmente nas últimas estações, por exemplo:

a) Valor do erro = - 0,009m

Número de réis = 4

- Correção das cotas da Estação A = +0,002m
- Correção das cotas da Estação B = A + 0,002m = + 0,004m
- Correção das cotas da Estação C = B + 0,002m = + 0,006m
- Correção das cotas da Estação D = C + **0,003m = + 0,009m**

b) Valor do erro = - 0,010m

Número de réis = 4

- Correção das cotas da Estação A = +0,002m
- Correção das cotas da Estação B = A + 0,002m = + 0,004m
- Correção das cotas da Estação C = B + **0,003m = + 0,007m**
- Correção das cotas da Estação D = C + **0,003m = + 0,010m**

Precisões e Tolerâncias nos Nivelamentos

NBR13133-Execução de levantamento topográfico

Os níveis são classificados segundo desvio-padrão de 1 km de duplo nivelamento (nivelamento e contranivelamento), conforme Tabela 2.

Classes de níveis	Desvio-padrão
1 - precisão baixa	$> \pm 10$ mm/km
2 - precisão média	$\leq \pm 10$ mm/km
3 - precisão alta	$\leq \pm 3$ mm/km
4 - precisão muito alta	$\leq \pm 1$ mm/km

Inclinação e Declividade do perfil do exemplo

EST	DIST (m)	RÉ (mm)	VANTE (mm)	Ai (mm)	COTAS (mm)
1	0,0	179		50,179	50,000
2	14,3		3,144		47,035
3	10,8		1,907		48,272
3		3,522		51,794	
4	22,4		391		51,403
1			1,794		50,000

a) Do ponto 1 para o ponto 2

$$\text{Inclinação} = \frac{\cot a_2 - \cot a_1}{\text{distância}} = \frac{47,035 - 50,000}{14,3} = \frac{-2,965}{14,3} = -0,2073$$

$$\text{Declividade} = -0,2073 \cdot 100 = -20,73\%$$

- Declividade é a inclinação em percentual

- O valor negativo significa que partindo do ponto 1 em direção ao ponto 2 estaremos descendo

b) Do ponto 3 para o ponto 4

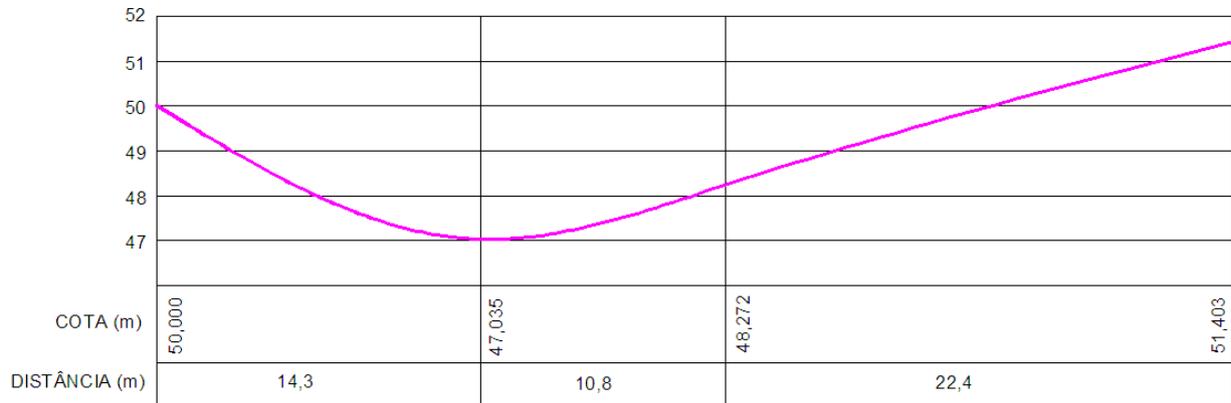
$$\text{Inclinação} = \frac{\cot a_4 - \cot a_3}{\text{distância}} = \frac{51,403 - 48,272}{22,4} = \frac{3,131}{22,4} = 0,1398$$

$$\text{Declividade} = 0,1398 \cdot 100 = 13,98\%$$

- O valor positivo significa que partindo do ponto 3 em direção ao ponto 4 estaremos subindo

Perfil Longitudinal

É a representação gráfica dos pontos nivelados sobre um eixo.



Para o desenho do perfil longitudinal costuma-se usar escala distorcida, com o a escala vertical de 2 a 10 vezes maior do que a horizontal, Ex, H: 1/500 e V: 1/50 , H: 1/200 e V: 1/100 , etc,

TAQUEOMETRIA (NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO)

Taqueometria é a parte da Topografia que se ocupa da medida indireta das distâncias e das diferenças de nível, quer por meios óticos, quer mecânicos, de acordo com as condições atmosféricas, clareza e precisão do instrumento usado, ao qual se dá o nome de "taqueômetro",

O taqueômetro é o instrumento adequado para levantamentos de precisão média porque com ele obtêm-se as seguintes coordenadas polares:

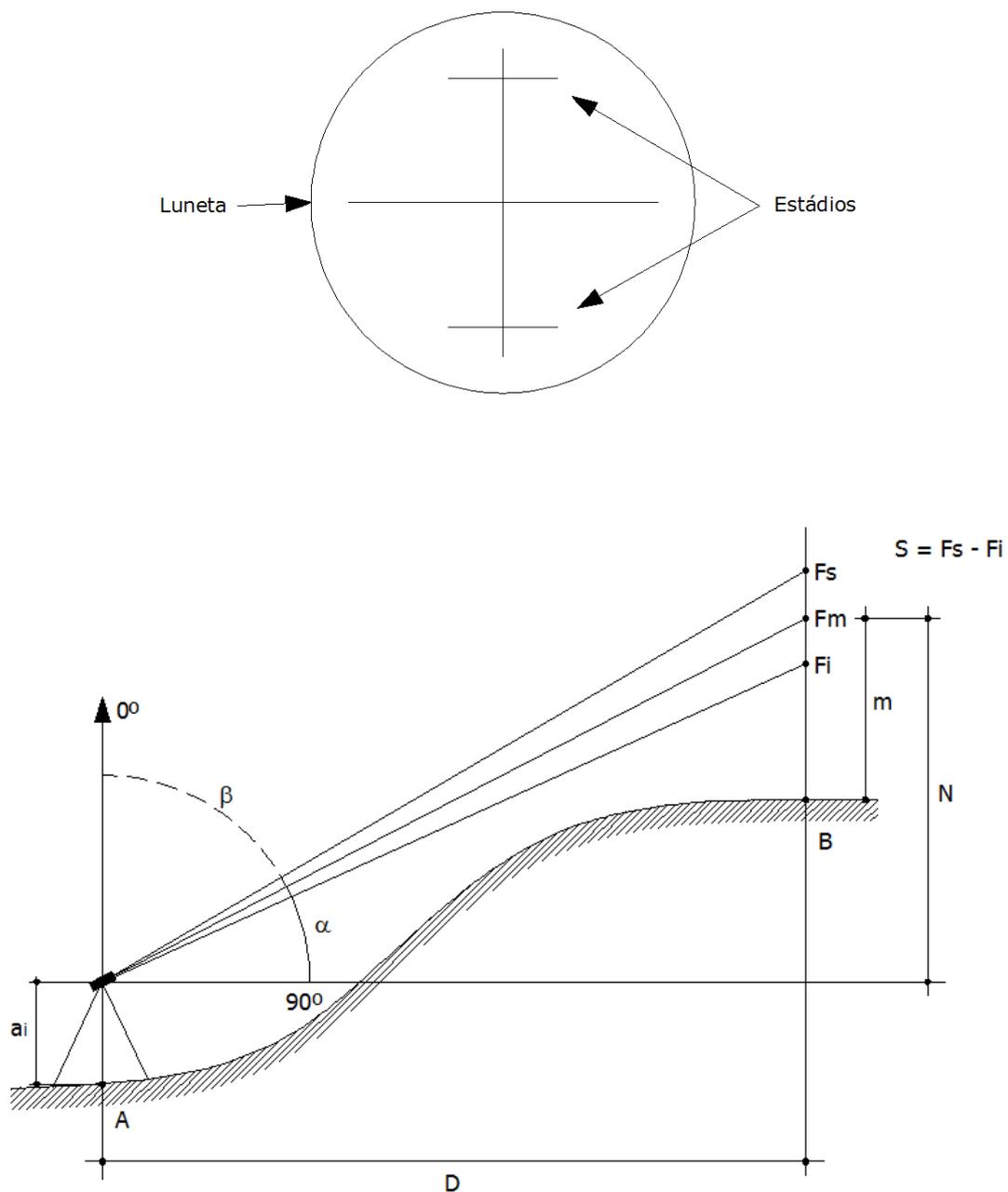
- As orientações pelos azimutes ou ângulos horizontais
- As distâncias horizontais com os fios suplementares chamados estadimétricos ou deslocamentos da luneta, segundo inclinações determinadas
- As cotas de cada ponto, com o auxílio das distâncias horizontais e ângulos verticais

O principal taqueômetro é o de luneta especial dotado de fios estadimétricos, dá-se o nome de estadimetria ao método de levantamento em que as distâncias são determinadas com o 1º tipo

de taqueômetro, isto é, pelas leituras dos fios horizontais extremos do retículo da luneta, projetados sobre um mira graduada, chamada de estadia, mantida verticalmente no ponto a determinar,

A escolha das estações, de preferência situadas em posição dominante, bem como dos pontos de detalhe, segundo os talwegues e divisores de água, é feita de acordo com o terreno, para a obtenção das curvas de nível que expressem fielmente o relevo do terreno,

O teodolito com círculo vertical, dotado de luneta com fios estadimétricos é um taqueômetro,



Onde:

~~α = ângulo vertical (não vamos usar este ângulo), $\alpha = 90^\circ - \beta$~~

β = ângulo zenital (vamos usar o ângulo zenital)

D = distância entre os pontos A e B

N = diferença de nível entre o plano horizontal localizado na altura do instrumento e o ponto onde está o fio médio da mira graduada,

S = FS – FI (número gerador) , FS = fio superior e FI = fio inferior

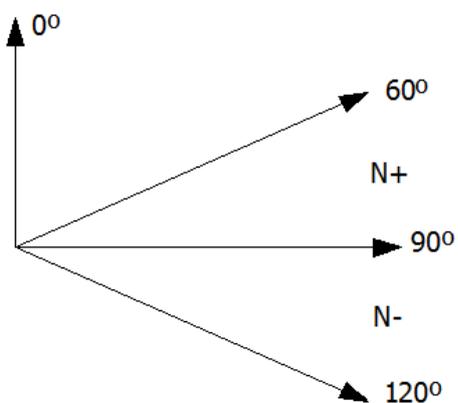
m = FM , FM = fio médio

FÓRMULAS

$$D = 100 \cdot (\text{sen} \beta)^2 \cdot S$$

$$N = 50 \cdot \text{sen}(2\beta) \cdot S \quad (\text{Se o resultado de N for negativo entra na fórmula com valor negativo})$$

$$\text{Cota}(B) = \text{Cota}(A) + ai + N - m$$



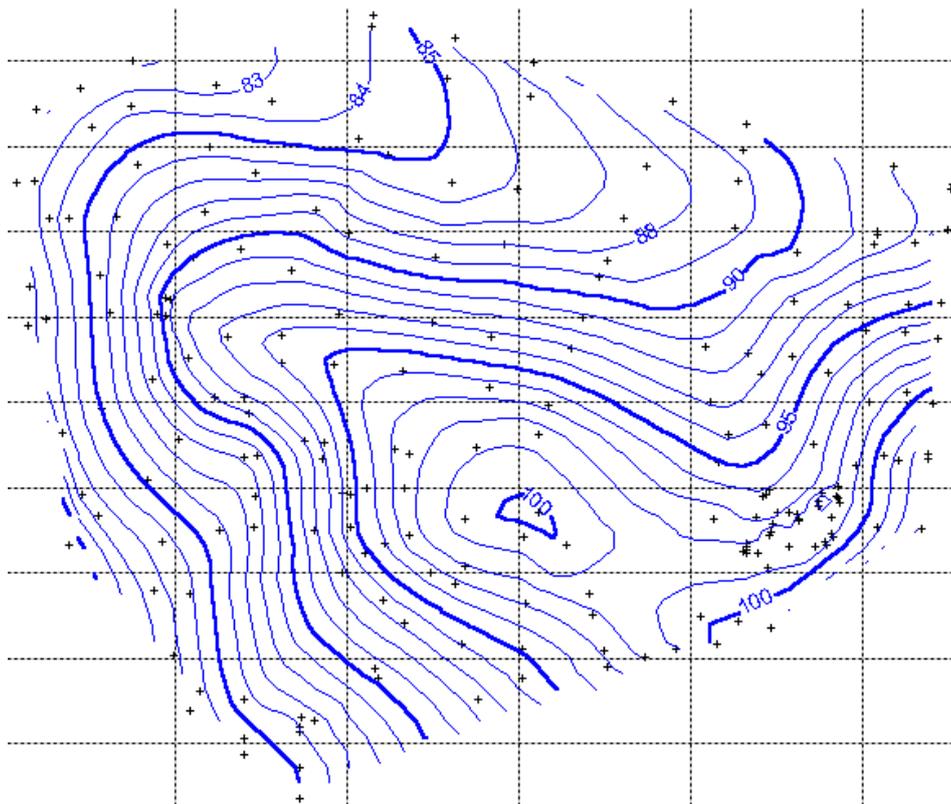
O teodolito funciona como nível quando o ângulo vertical é igual a zero,

Observações

- O principal objetivo deste levantamento é obter-se pontos cotados que também servirão para o desenho de curvas de nível.
- Por também ser possível fazer-se a leitura de ângulos horizontais (ou azimutes) este tipo de levantamento é considerado planialtimétrico, pois além das cotas de pontos também é possível encontrar a sua posição no plano através da distância calculada e ângulos horizontais (azimutais).

Curvas de Nível

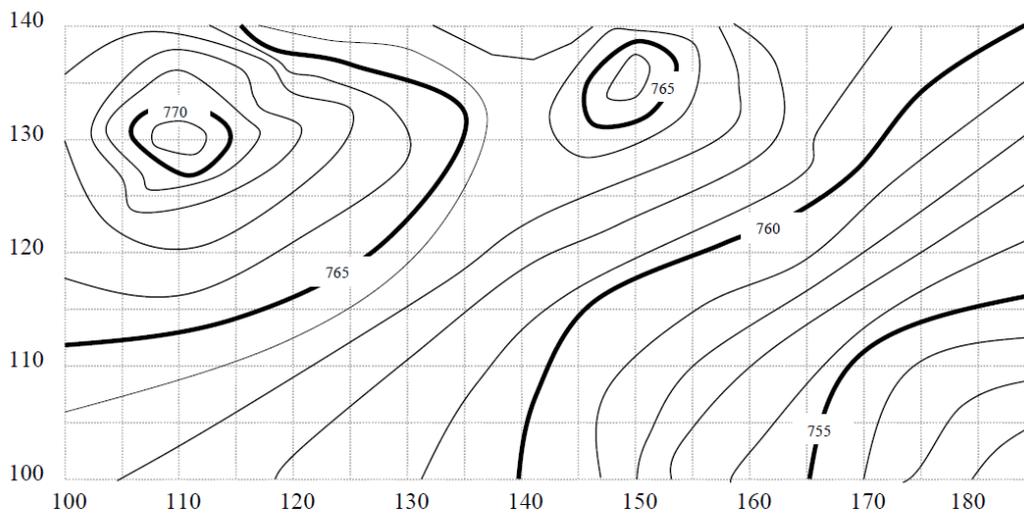
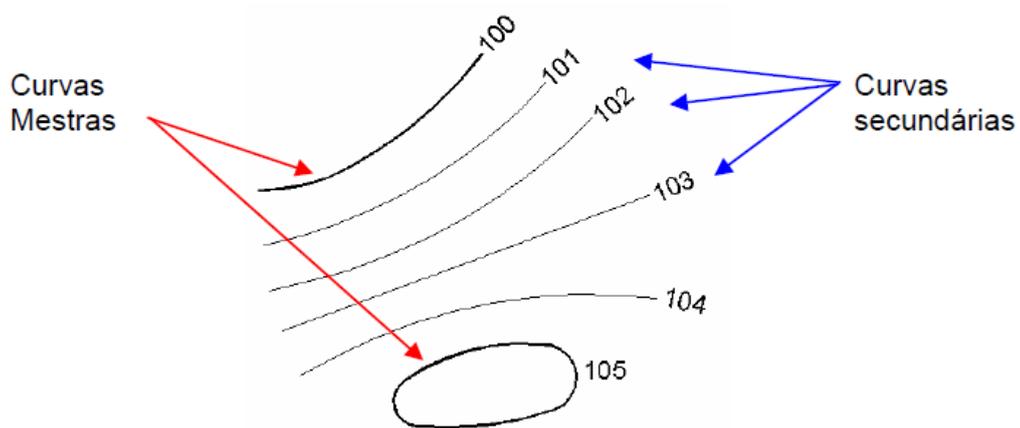
São linhas que unem pontos de mesma cota ou altitude

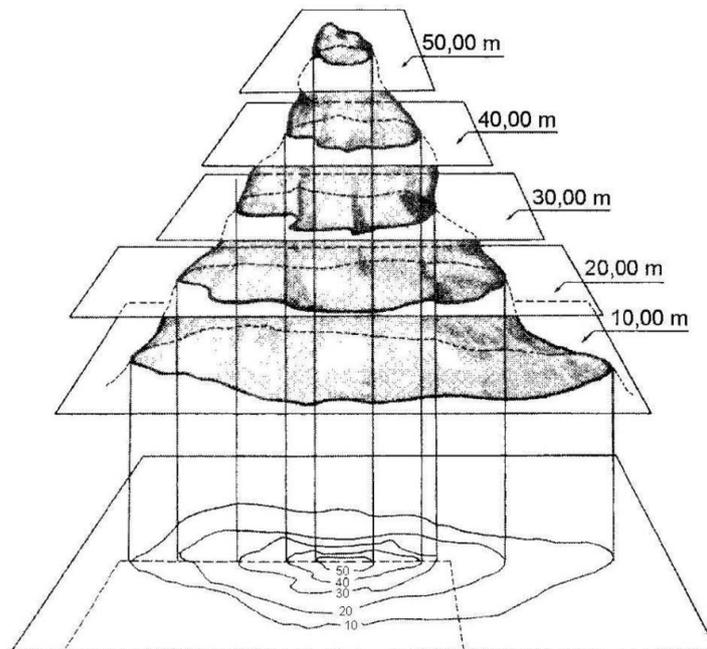


Características

- a) As curvas de nível não apresentam cantos vivos.
- b) Duas curvas de nível nunca se encontram e continuam em uma só (não se fundem)
- c) Quanto mais próximas entre si, mais inclinado é o terreno que representam
- d) As curvas de nível tendem a ser quase que paralelas entre si.

- e) Cada curva de nível fecha-se sempre sobre si mesma.
- f) Uma curva de nível inicia e termina no mesmo ponto, portanto, ela não pode surgir do nada e desaparecer repentinamente.
- g) As curvas de nível não se cruzam, podendo se tocar em saltos d'água ou despenhadeiros.
- h) Em regra geral, as curvas de nível cruzam os cursos d'água em forma de "V", com o vértice apontando para a nascente.

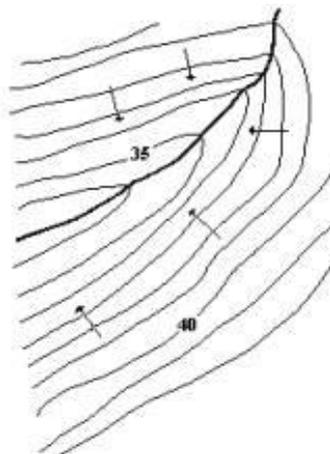




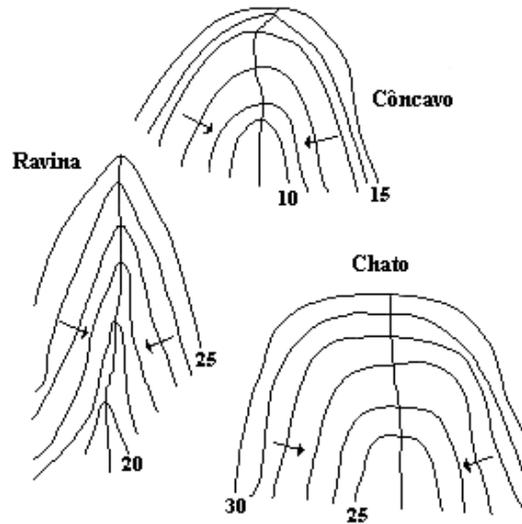
Curvas de Nível

Para compreender melhor as feições (acidentes geográficos) que o terreno apresenta e como as curvas de nível se comportam em relação às mesmas, algumas definições geográficas do terreno são necessárias. São elas:

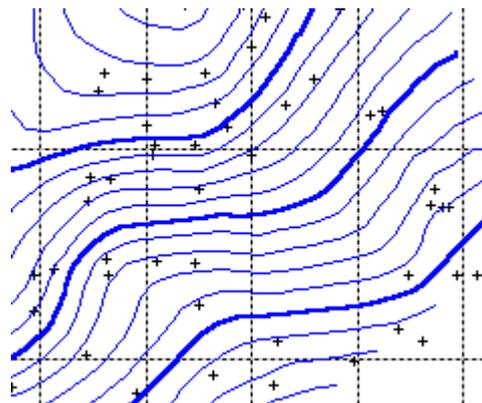
- **Talvegue ou Linha de Aguada:** linha de encontro de duas vertentes opostas (pela base) e segundo a qual as águas tendem a se acumular formando os rios ou cursos d'água, é a linha representativa do fundo dos rios, córregos ou cursos d'água.. Figura de DOMINGUES (1979).



- **Vale:** superfície côncava formada pela reunião de duas vertentes opostas (pela base). Segundo DOMINGUES (1979) e conforme figura abaixo, podem ser de fundo côncavo, de fundo de ravina ou de fundo chato. Neste, as curvas de nível de maior valor envolvem as de menor.



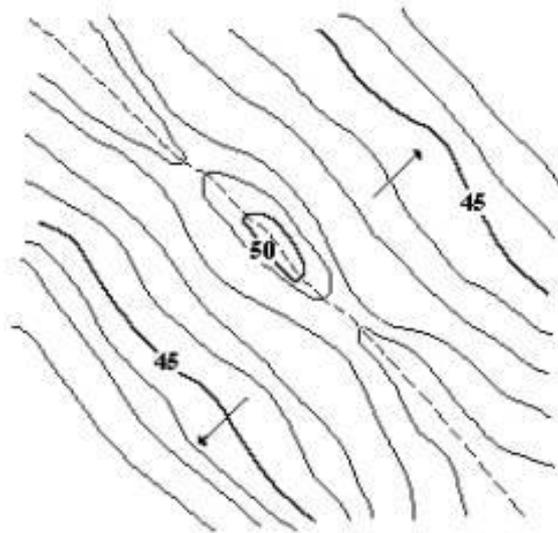
Encosta, Vertente, Flanco ou Escarpa: é a superfície inclinada que vem do cimo até a base das montanhas. Pode ser à *esquerda* ou à *direita* de um vale, ou seja, a que fica à mão esquerda e direita respectivamente do observador colocado de frente para a foz do curso d'água. As vertentes, por sua vez, não são superfícies planas, mas sulcadas de depressões que formam os vales secundários.



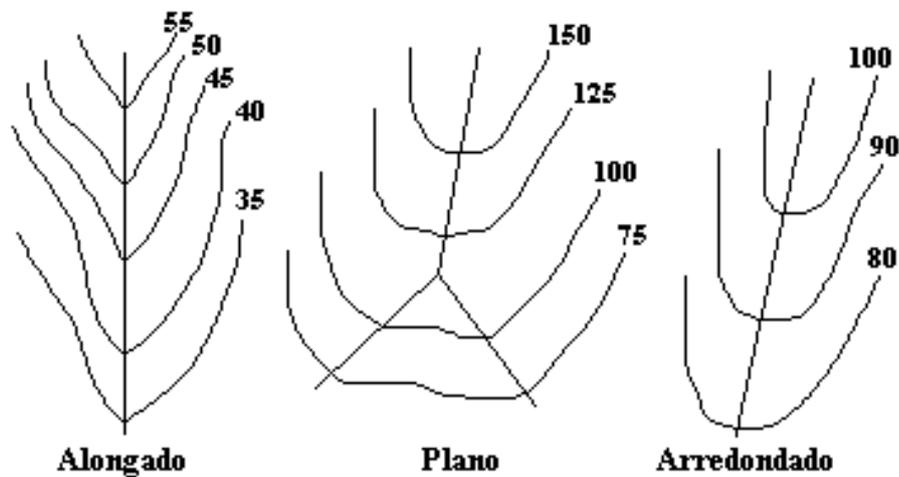
- **Divisor de águas, Linha de Crista ou Cumeada:** é a linha que une os pontos mais altos de uma elevação dividindo as águas da chuva, é formada pelo encontro de duas encostas (vertentes) opostas (pelos cumes) e segundo a qual as águas se dividem para uma e outra destas vertentes. Figura de DOMINGUES (1979).

- **Cume:** *cimo* ou *crista* é a ponto mais elevado de uma montanha.

-

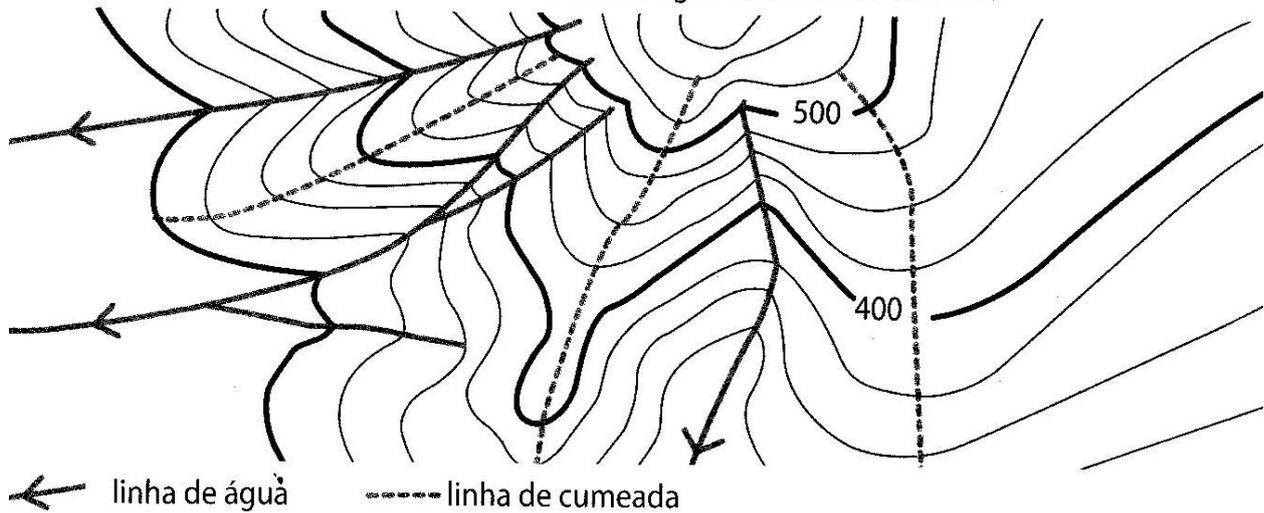


- **Dorso:** superfície convexa formada pela reunião de duas vertentes opostas (pelos cumes). Segundo ESPARTEL (1987) e conforme figura abaixo pode ser alongado, plano ou arredondado. Neste, as curvas de nível de menor valor envolvem as de maior.

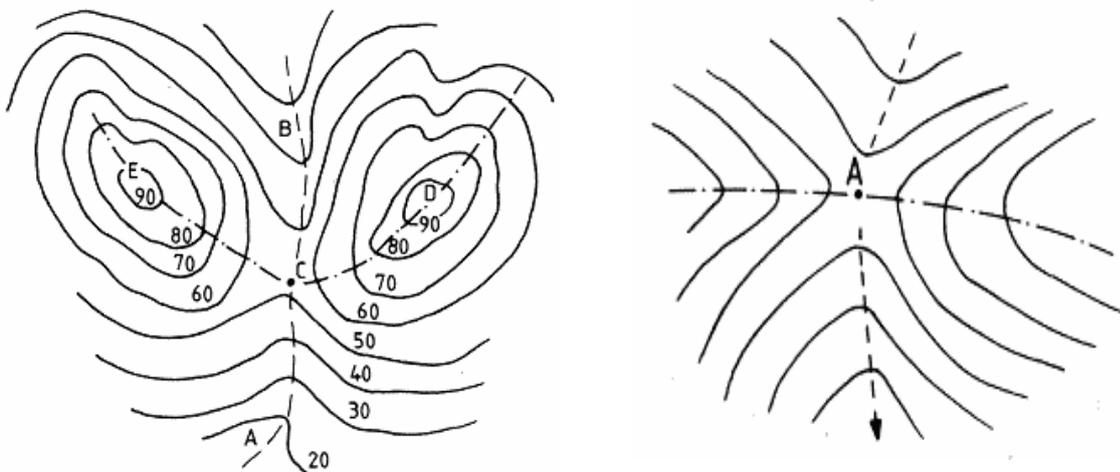


“O *talveque* está associado ao *vale* enquanto o *divisor de águas* está associado ao *dorso*”.

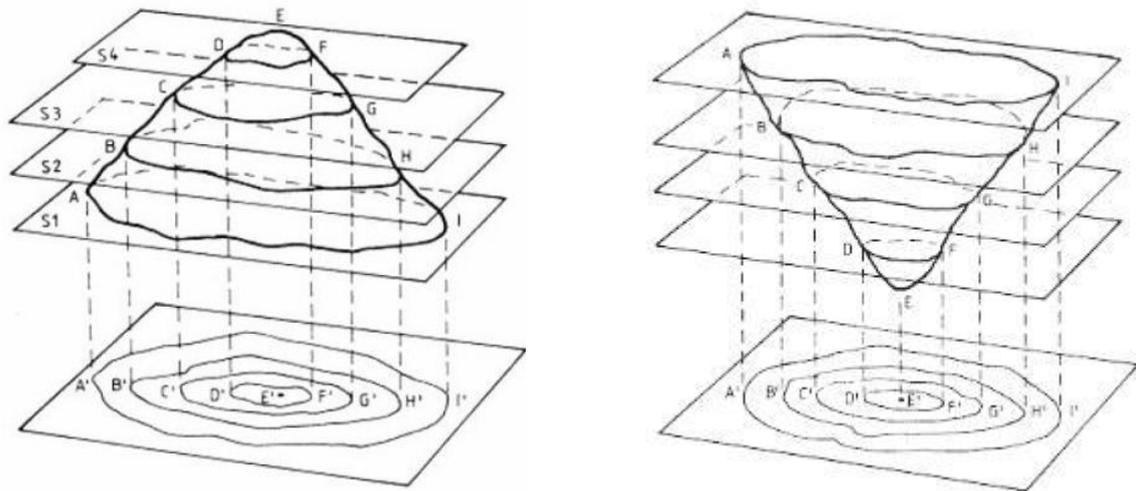
Forma das curvas de nível ao cruzarem linhas de água ou linhas de cumeada.



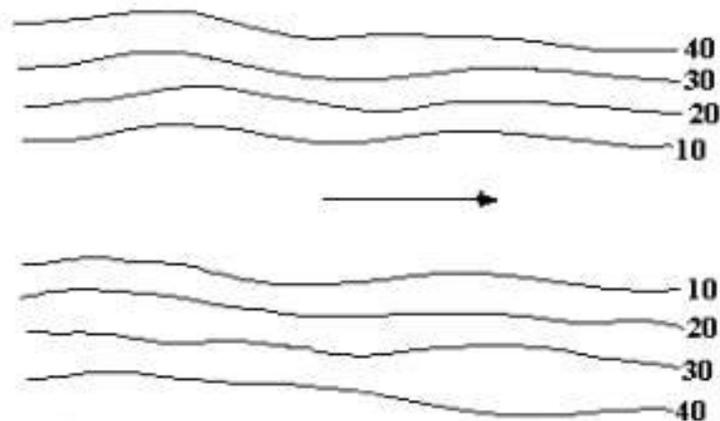
- **Colo, quebrada ou garganta:** é o ponto onde as linhas de talvegue (normalmente duas) e de divisores de águas (normalmente dois) se curvam fortemente mudando de sentido. Veja que, a falha (depressão) no divisor permite, por exemplo, uma passagem interligando dois vales. Esta situação topográfica é muito explorada em implantação de rodovias, pois evita a execução de outras obras mais onerosas (túneis) para a transposição do maciço.



- **Depressão e Elevação:** como na figura a seguir (GARCIA, 1984), são superfícies nas quais as curvas de nível de maior valor envolvem as de menor no caso das depressões e vice-versa para as elevações.



Corredor: faixa de terreno entre duas elevações de grande extensão. Figura de GARCIA e PIEDADE (1984).



- **Contraforte:** É uma ramificação mais ou menos elevada de uma montanha ou cordilheira, em direção transversal à mesma. É um acidente importante num traçado de estrada, pois muitas vezes é por ele que o traçado galga a montanha. Similar ao Dorso no sentido transversal.
- **Espigão:** É um contraforte secundário que se liga ao contraforte principal, do mesmo modo como este se liga à cordilheira. Este acidente é, muitas vezes, um obstáculo em um traçado de estradas, obrigando a grandes cortes ou mesmo a túneis nas estradas que sobem pelo contraforte.
- **Serra:** cadeia de montanhas de forma muito alongada donde partem os contrafortes.

Traçado das curvas de nível

Método dos triângulos (por interpolação), fazer uma malha com linhas auxiliares unindo os pontos formando triângulos, achar as cotas inteiras nas linhas auxiliares através de interpolação por regra de três (mais correto). Desta forma todas cotas inteiras serão separadas pelo mesmo espaçamento e onde as cotas forem menor que um metro (nas bordas) se calcula as distâncias proporcionais. Ex. entre a cota 25,2 e 28,6 as distâncias das cotas 26 para 27 e de 27 para 28 serão iguais e correspondentes à diferença de cota de 1 metro. Nas pontas de 25,2 até 26 a distância será correspondente a diferença de nível de 0,8m e de 28 até 28,6 será correspondente a diferença de nível de 0,6m. Então, neste exemplo, o procedimento é:

- Se mede a diferença de nível total = $28,6 - 25,2 = 3,4\text{m}$
- Se mede o comprimento da linha auxiliar na planta, por exemplo 5cm.
- Faz-se a regra de três, para 5cm – 3,4m então para 1m – x (x = separação das cotas inteiras)
- Faz-se a regra de três das pontas 5cm – 3,4m então $0,8\text{m} = x$ e assim por diante.

- **Interpolação ocular** – uma vez que a maneira que o relevo acontece entre duas curvas de nível não é necessariamente uma união por uma linha reta, para estimativa de como serão as curvas de nível com uma boa precisão se podem dividir de maneira equidistante em espaços as cotas inteiras como mostra a figura abaixo.

