

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA  
TOPOGRAFIA I

# **NIVELAMENTO GEOMÉTRICO**

PROFESSOR JORGE LUIZ BARBOSA DA SILVA  
JUNHO/2003  
MONITORES: VIVIAN, RODRIGO E DOUCLAS

# SUMÁRIO

Altimetria

Nivelamento

Tipos de Nivelamento

Geométrico  
Trigonométrico  
Barométrico

1. Geométrico

- 1.1 Definições
- 1.2 Introdução
- 1.3 Aplicações
- 1.4 Nível Verdadeiro e Nível Aparente, Altitude e Cota
- 1.5 Instrumental utilizado:
  - 1.5.1 Níveis
  - 1.5.2 Miras
  - 1.5.3 Sapatas
  - 1.5.4 Níveis de cantoneira
- 1.6 Nivelamento Geométrico Simples
- 1.7 Nivelamento Geométrico Composto
- 1.8 Técnica de Nivelamento Geométrico
- 1.9 Técnica do Cálculo do Nivelamento Geométrico
- 2.0 Resolução da Planilha
  - 2.1 Erro Tolerável
  - 2.2 Erro Cometido
  - 2.3 Correções
  - 2.4 Desenho de um perfil

## **ALTIMETRIA:**

É a parte da Topometria que se ocupa com as determinações das Distâncias Verticais ou Diferenças de Nível.

### **NIVELAMENTO:**

Chama-se genericamente de NIVELAMENTO, as operações que se executam em uma determinada região, nas quais colhem-se dados com o objetivo de se determinar a diferença de nível de pontos da superfície em relação a outros.

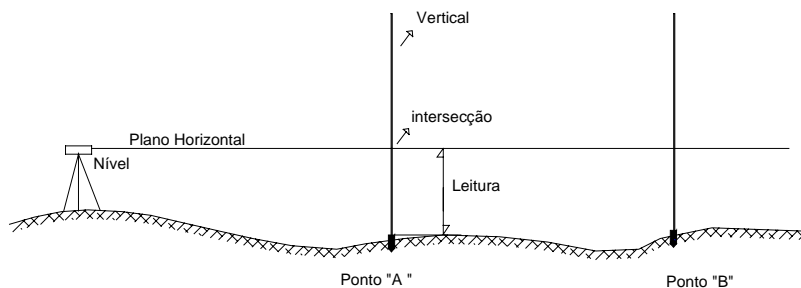
#### **Tipos de Nivelamento:**

1. GEOMÉTRICO: é o mais exato dos nivelamentos realizado através de visadas horizontais com um instrumento chamado Nível.
2. TRIGONOMÉTRICO: realizado através de Teodolitos com visadas com qualquer inclinação. Mais rápido que o Geométrico, mas menos preciso.
3. BAROMÉTRICO: Baseia-se na relação existente entre a pressão atmosférica e a altitude. Tem pouca precisão. Há necessidade de se efetuar correções devido à Maré Barométrica. Dispensa visibilidade entre os pontos a nivelar. Utiliza-se aneróides para a determinação da pressão atmosférica no campo.

## **NIVELAMENTO GEOMÉTRICO**

### Definição:

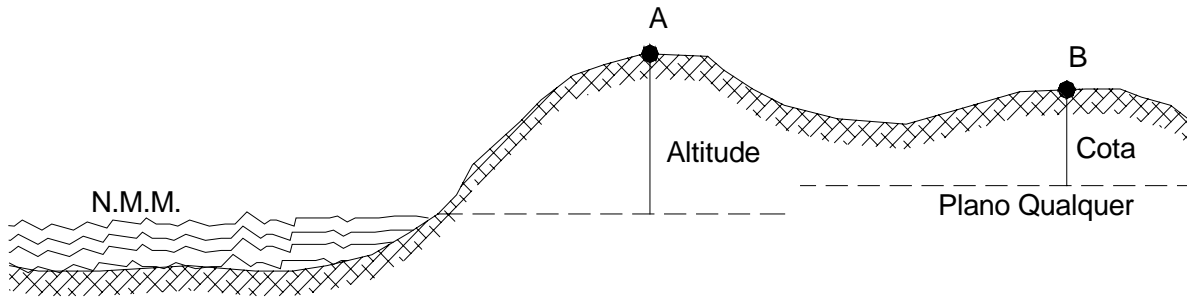
Neste tipo de nivelamento os dados são colhidos através de viradas horizontais. Consiste, portanto, em criar um plano horizontal e determinar as interseções deste plano com uma série de verticais levantadas nos pontos a nivelar e em seguida obter a distância vertical destes pontos ao plano de referência.



### Aplicação:

Em estradas ao longo do eixo longitudinal;  
Em terraplanagem;  
Em lavouras de arroz e terraceamento;  
Em barragens.

## NÍVEL VERDADEIRO, NÍVEL APARENTE, ALTITUDE E COTA.



Quando as distâncias verticais são referidas à superfície média dos mares (NÍVEL VERDADEIRO) são chamadas de ALTITUDES. Se forem referidas à superfície de nível arbitrária, acima ou abaixo do N.M.M, são chamadas de COTAS.(NÍVEL APARENTE) O Nível Médio dos Mares coincide com a superfície GEOIDAL.

INFLUÊNCIA DA FORMA DA TERRA E REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA NOS NIVELAMENTOS – será visto no nivelamento Trigonométrico.

### INSTRUMENTAL UTILIZADO:

a) NÍVEL – é um instrumento utilizado para a determinação de superfícies horizontais.



### Principais Componentes

- Barra Horizontal
- Luneta
- Ocular com fios do retículo e estadimétricos
- Nível de bolha (circular, tubular e bolha bipartida).

- Parafuso micrométrico e de focalização
- Suporte com 3 ou 4 parafusos calantes
- 3 eixos: rotação, ótica (da luneta) e do nível da bolha ou tangente ao mesmo.

b) **MIRA** – são réguas graduadas que são colocadas verticalmente nos pontos a nivelar e nas quais se mede a intersecção do plano horizontal traçado pelo nível. Sua menor célula gráfica é o cm; são numeradas de dm em dm, sendo que os metros são indicados por pontos ou números romanos. Um nível de cantoneira ou um nível de bolha junto à mesma facilita sua verticalidade. Podem ser extensíveis ou dobráveis.

Sempre se lê 4 dígitos : metro, decímetro, centímetro e milímetro

m ,	dm	cm	mm
-----	----	----	----

Metro (s)



(1)

(2)

(3)

ou

(1)

(2)

(3)

Decímetro (s) → pelo número impresso

FS = \_\_\_\_\_

FI = \_\_\_\_\_

FM \* 2 = \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_

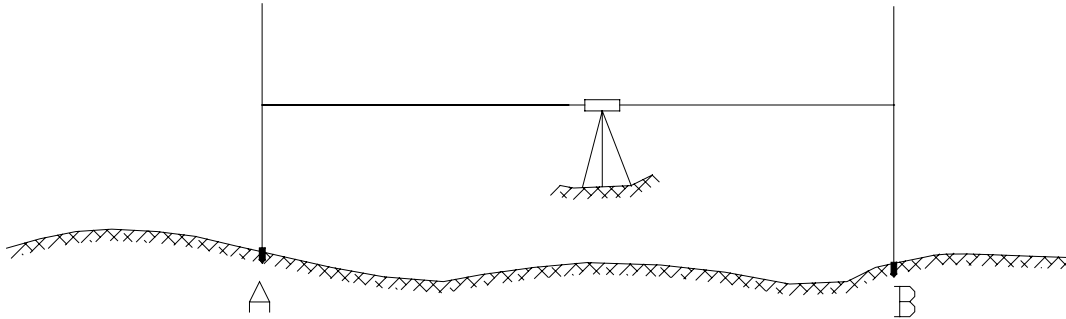
Compare os dois resultados acima

**Lê-se:** três mil, seiscentos e sessenta e sete.

Ou: três ponto seis, seis, sete ou três vírgula seis, seis, sete , ou três metros, seis decímetros, seis centímetros e sete milímetros

**Obs :** coloca-se a mira sobre o piquete

## NIVELAMENTO GEOMÉTRICO SIMPLES:

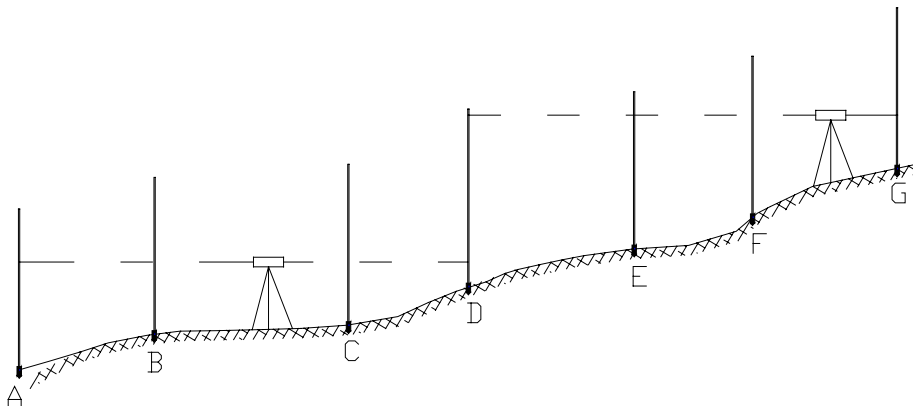


Através de uma única estação do instrumento se determina as DN dos pontos a nivelar. Se o instrumento ficar equidistante dos extremos então evitará os erros de curvatura terrestre e refração atmosférica pelo fato da anulação. A distância ideal na prática é de no máximo 50m para cada lado.

## NIVELAMENTO GEOMÉTRICO COMPOSTO:

Devido aos desníveis acentuados e extensão dos pontos a nivelar, se torna necessário estacionar o aparelho em mais de uma posição, para se nivelar o local em estudo. Então decompõe-se o trecho a nivelar em trechos menores e realiza-se uma sucessão de nívelamento geométrico simples.

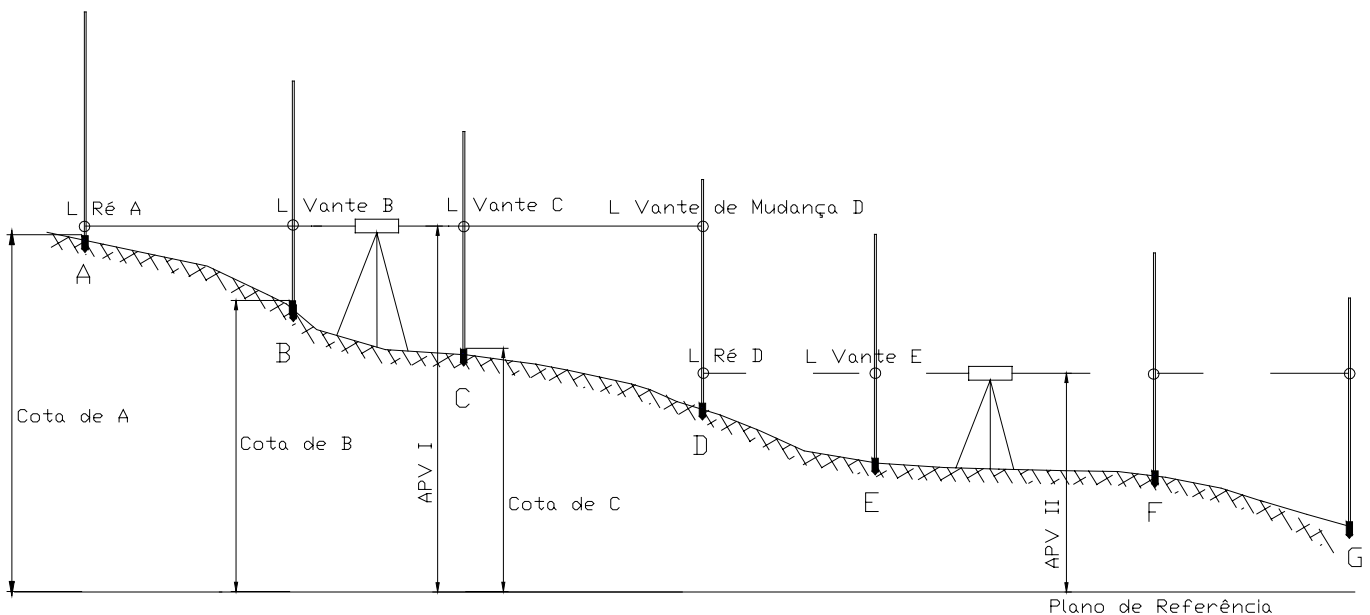
## TÉCNICA DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO:



O nivelamento geométrico pode ser realizado ao longo de uma poligonal fechada ou ao longo de uma poligonal aberta como, por exemplo, na seqüência do eixo de uma estrada. Geralmente nivela-se pontos a cada 20m e também pontos entre os 20 metros desde que tenham importância na configuração do terreno.

Nas poligonais fechadas começamos o nivelamento pelo ponto inicial e terminamos pelo mesmo ponto inicial. Em poligonais abertas começa-se o nivelamento pelo ponto inicial, nivela-se até o ponto final e retorna-se ao ponto inicial, seja nivelando todos os pontos (RENIVELAMENTO), seja nivelando apenas alguns pontos (CONTRA – NIVELAMENTO).

### TÉCNICA DO CÁLCULO DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO



Para se calcular as cotas ou altitudes dos pontos a nivelar é necessário conhecer-se a cota ou altitude do ponto inicial (por exemplo, ponto A). Então a cota de A será conhecida ou arbitrada e o ponto A passa a chamar-se de RN, ou seja, Referência de Nível.

$$A = RN$$

Precisa-se agora determinar o APV, altura do plano de visada, que seria a cota ou altitude do plano criado pelo instrumento.

$$APV = C_{RN} + \text{Leitura de Ré RN} \quad \rightarrow \quad APV = C_A + \text{Leitura de Ré A}$$

Leitura de Ré – é uma leitura feita a um ponto cuja cota ou altitude é conhecida. No caso, já conhecemos a cota de A. **A leitura de ré serve somente para o cálculo do APV.**

Para calcular a cota dos demais pontos usamos a seguinte fórmula:

$$\text{Cota B} = \text{APV}_I - \text{Leitura de Vante B} \rightarrow C_B = \text{APV}_I - V_B$$

Leitura de Vante – é uma leitura a um ponto de cota ou altitude desconhecida. **A leitura de vante serve para o cálculo da cota do ponto.**

$$\text{Cota C} = \text{APV}_I - V_C;$$

$$\text{Cota D} = \text{APV}_I - V_D$$

Da estação I somente foi possível ler-se até o ponto D. É necessário mudar a estação para a posição II. Uma vez instalado o aparelho na estação II, então a primeira atitude que se toma é determinar a nova altura do plano de visada,  $\text{APV}_{II}$ , fazendo-se uma visada de ré no ponto D.

$$\text{APV}_{II} = C_D + \text{Ré D}$$

Leitura Vante de Mudança - é uma leitura feita a um ponto que de uma estação é leitura de Vante e da estação seguinte será feita uma leitura de Ré neste mesmo ponto, exemplo: ponto “D”.

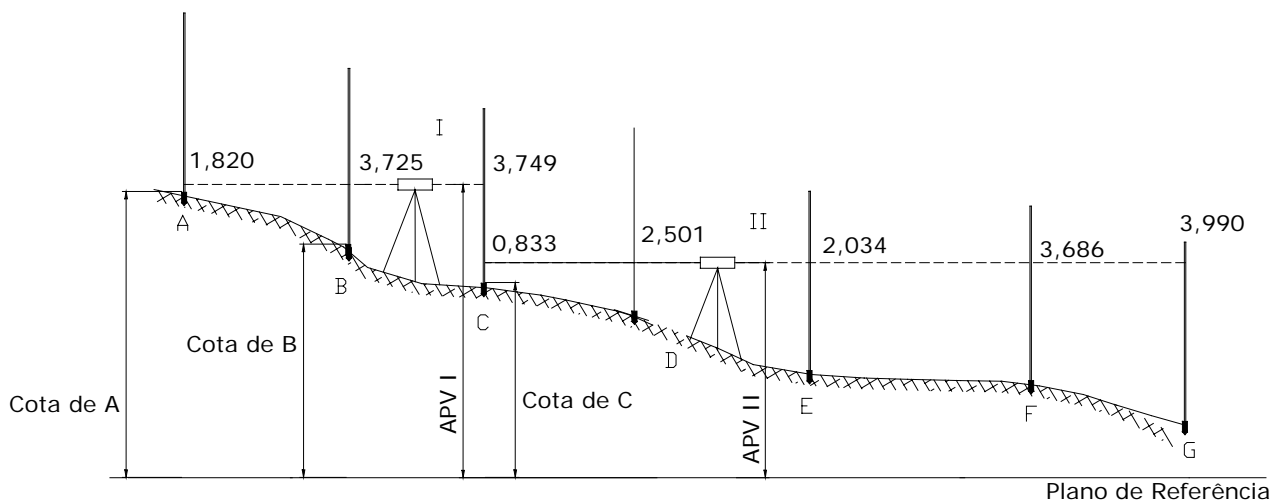
$$C_E = \text{APV}_{II} - V_E$$

$$C_F = \text{APV}_{II} - V_F$$

$$C_G = \text{APV}_{II} - V_G$$

### CÁLCULO DA PLANILHA DE UM NIVELAMENTO GEOMÉTRICO:

Dados de Campo (nivelamento de ida)





Contra – Nivelamento:

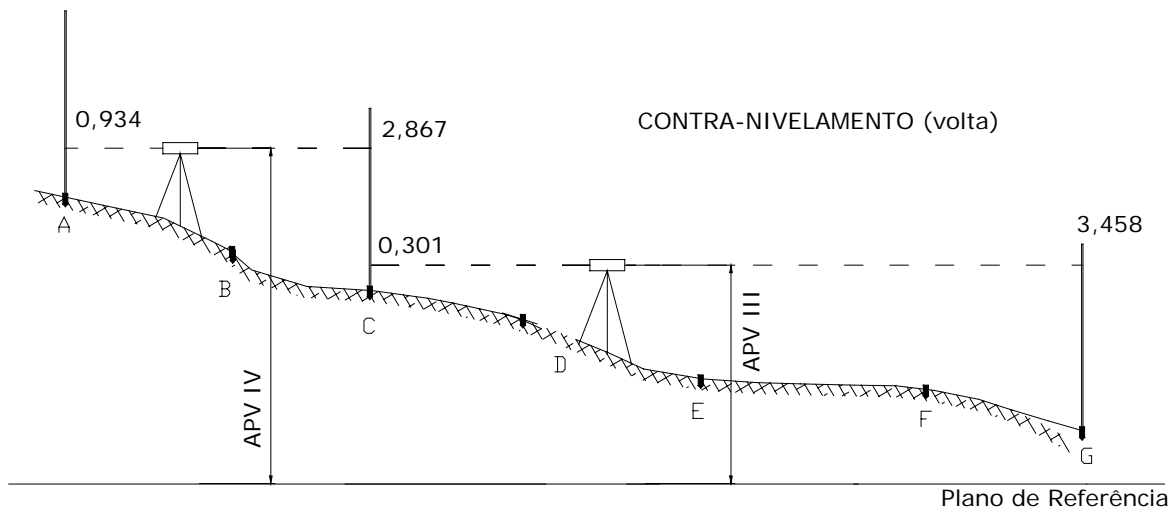


Tabela:

Estação	P.N.	Leituras			APV	Cotas (altitudes)	Correção	Cotas (A) Corrigidas
		Ré	Vante Int.	Vante Mud				
I	A	1.820						
	B		3.725					
	C			3.749				
II	C	0.833						
	D		2.501					
	E		2.034					
	F		3.686					
	G			3.990				
III	G	3.458						
	C			0.301				
IV	C	2.867						
	A			0.934				
Soma =								

**Obs: Distância entre os piquetes é de 20m.**

**Fórmulas:**

$$APV = C_{RN} + Ré_{RN}$$

$$Cota_{\text{ponto}} = APV - V_{\text{ante ponto}}$$

$$Cota_A = 50,000 \text{ m}$$

**Efetuando os cálculos:**

$$APV_I = C_A + Ré_A = 50,000 + 1,820 = 51,820$$

$$C_B = APV_I - V_B = 51,820 - 3,725 = 48,095$$

$$C_C = APV_I - V_C = 51,820 - 3,749 = 48,071$$

$$APV_{II} = C_C + Ré_C = 48,071 + 0,833 = 48,904$$

$$C_D = APV_{II} - V_D = 48,904 - 2,501 = 46,403$$

$$C_E = APV_{II} - V_E = 48,904 - 2,034 = 46,870$$

$$C_F = APV_{II} - V_F = 48,904 - 3,686 = 45,218$$

$$C_G = APV_{II} - V_G = 48,904 - 3,990 = 44,914$$

$$APV_{III} = C_G + Ré_G = 44,914 + 3,458 = 48,372$$

$$C_C = APV_{III} - V_C = 48,372 - 0,301 = 48,071$$

$$APV_{IV} = C_C + Ré_C = 48,071 + 2,867 = 50,938$$

$$C_A = APV_{IV} - V_A = 50,938 - 0,934 = 50,004$$

**VERIFICAÇÃO DOS CÁLCULOS:**

É utilizada para se verificar se não houve erros na efetuação dos cálculos, usa-se a seguinte fórmula:

$$\sum r_{\text{rés}} - \sum V_{\text{mud}} = \text{Cota Final calculada} - \text{Cota Inicial dada}$$

$$8,978 - 8,974 = 50,004 - 50,000$$

$$0,004 = 0,004$$

Conclui-se que não houve erro de cálculo.

**ERRO VERTICAL DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO ( E V )**

Para o cálculo do erro vertical do NG existem duas situações de campo.

**SITUAÇÃO I** - a Cota ou a Altitude do ponto inicial é conhecida.

**ERRO VERTICAL = E V**

$$\mathbf{E V = \sum r_{\text{rés}} - \sum v. \text{ mud.}}$$

EXEMPLOS:

**Ia.** Nivelamento de um Perfil com ida e volta, ou seja, Nivelamento de ida e na volta Contranivelamento ou Renivelamento.

**Ib.** Poligonal Fechada, o nivelamento começa no ponto A e termina no mesmo ponto A.

**SITUAÇÃO II** - as Altitudes ou as Cotas dos pontos inicial e final são conhecidas.

$$E V = \Sigma \text{rés} + \text{Cota Inicial}_{\text{dada}} - \Sigma \text{v. mud.} - \text{Cota final}_{\text{dada}}$$

EXEMPLOS :

**IIa** - Nivelamento de um perfil só de ida.

OBS. RN1 ou ponto inicial e RN2 ou o último ponto têm suas altitudes ou cotas conhecidas previamente.

**IIb** - Poligonal Aberta.

OBS. A cota ou a altitude do ponto A é conhecida e a cota ou a altitude do último ponto é também conhecida.

### **ERRO TOLERÁVEL**

E.T. = 3 a 10mm/km

E.T. =  $10\text{mm}\sqrt{\text{Perímetro (Km)}}$

No exemplo:

Erro cometido: 0,004m

E.T.:  $10\text{mm}\sqrt{0,24} = 4,8 \text{ mm}$

**Conclui-se que o erro foi admissível.**

### **CORRECÇÕES:**

Verifica-se o número de estações ou o número de Rés. No exemplo são 4. Então:

Para a 1ª estação:  $\frac{1}{4}$  erro =  $\frac{1}{4} \times 0,004 = 0,001$

Para a 2ª estação:  $\frac{2}{4}$  erro =  $\frac{2}{4} \times 0,004 = 0,002$

Para a 3ª estação:  $\frac{3}{4}$  erro =  $\frac{3}{4} \times 0,004 = 0,003$

Para a 4ª estação:  $\frac{4}{4}$  erro =  $\frac{4}{4} \times 0,004 = 0,004$

### **COTA CORRIGIDA ou COTA COMPENSADA**

$$\text{Cota Corrigida : Cota} - (\pm \text{correção})$$

**DESENHO DO PERFIL** (próxima folha)

Cotas (m)

E = 1/100



50  
49  
48  
47  
46  
45  
44  
43

ESTIACAS

DISTÂNCIAS

COTAS

50,000	A	B	C	D	E	F	G
48,094	20	20	20	20	20	20	
48,070							
46,401							
46,868							
45,216							
44,912							

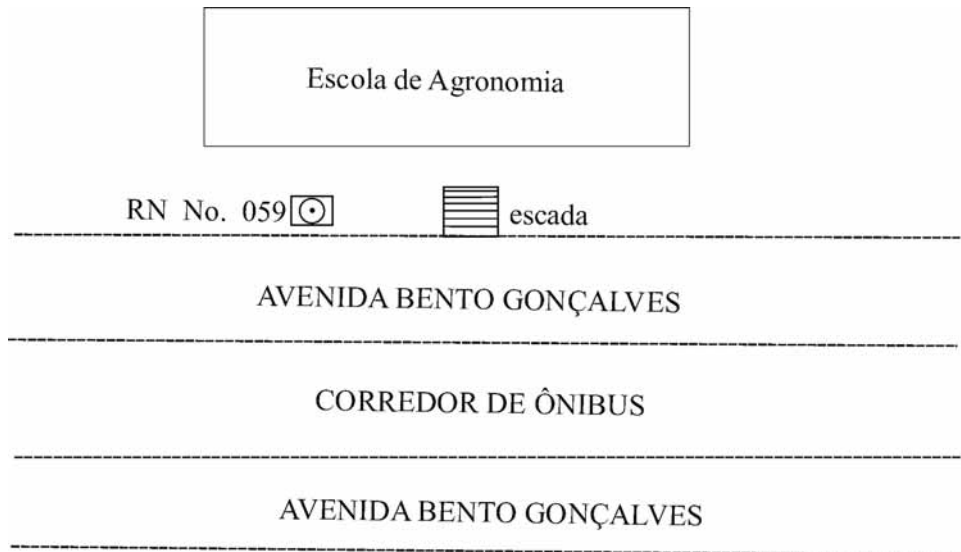
DH (m)



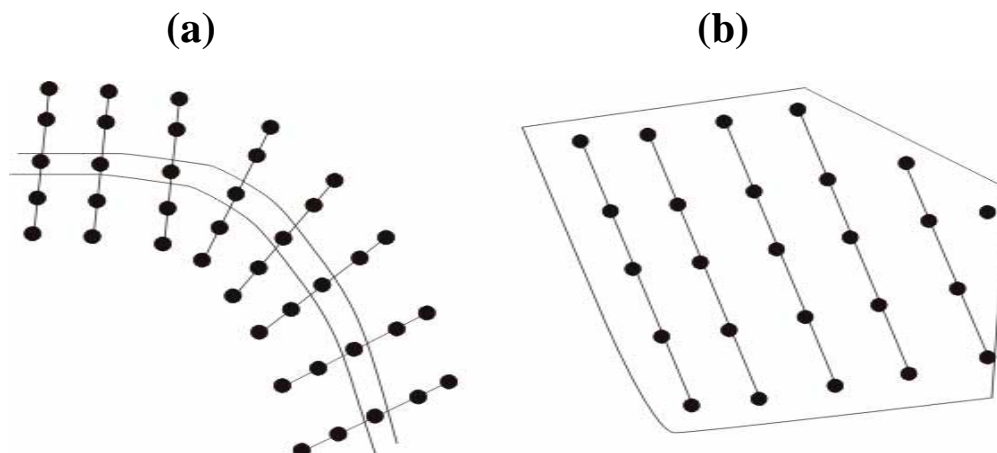
E = 1/1000

VINCULAÇÃO À REDE ALTIMÉTRICA - ( Exemplo: POA)

CONVÊNIO	RN	DATUM ALTIMÉTRICO	ALTITUDE ( m )
PMPOA- METROPLAN	059	MARÉGRAFO DE IMBITUBA	36,767

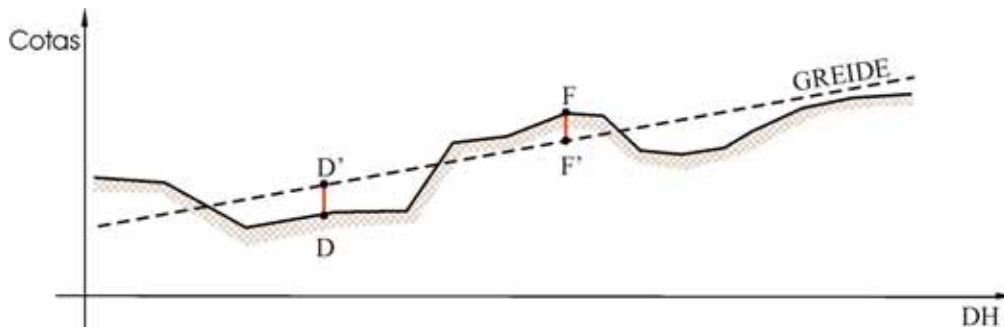


**NIVELAMENTO GEOMÉTRICO AO LONGO DO EIXO DE UMA ESTRADA (a) E EM QUADRILÁTERO (b).**



## GREIDE ( GRADE )

Greide é a linha gráfica que acompanha o perfil do terreno, sendo dotada de uma certa inclinação, e que indica quando do solo deve ser cortado ao aterrado.



COTA VERMELHA - é a distância vertical entre um ponto qualquer do greide e um ponto correspondente no terreno.

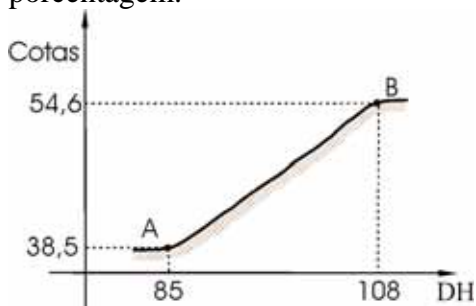
Quando o Greide estiver acima do ponto correspondente do terreno, a cota vermelha é positiva (+), indicando aterro.

Quando o Greide estiver abaixo do ponto correspondente do terreno, a cota vermelha é negativa (-), indicando corte.

PONTO DE PASSAGEM - quando o ponto do greide coincide com o ponto do terreno, não havendo corte nem aterro.

## DECLIVIDADE

É definida pela razão entre a diferença de nível entre 2 pontos do perfil e a distância horizontal entre os mesmos, sendo o resultado multiplicado por 100. É expressa em porcentagem.



$$\text{Declividade AB} = [ ( 54,6 - 38,5 ) / ( 108 - 85 ) ] * 100$$

$$\text{Declividade AB} = ( 16,1 ) / ( 23 ) * 100 = 0,700 * 100 = 70 \%$$

Pode-se também expressar a declividade na forma angular, calculando-se pela seguinte fórmula:

$$\text{tangente do ângulo de declividade } ( \alpha ) = [ ( 54,6 - 38,5 ) / ( 108 - 85 ) ]$$

$$\text{tg } \alpha = 0,7000$$

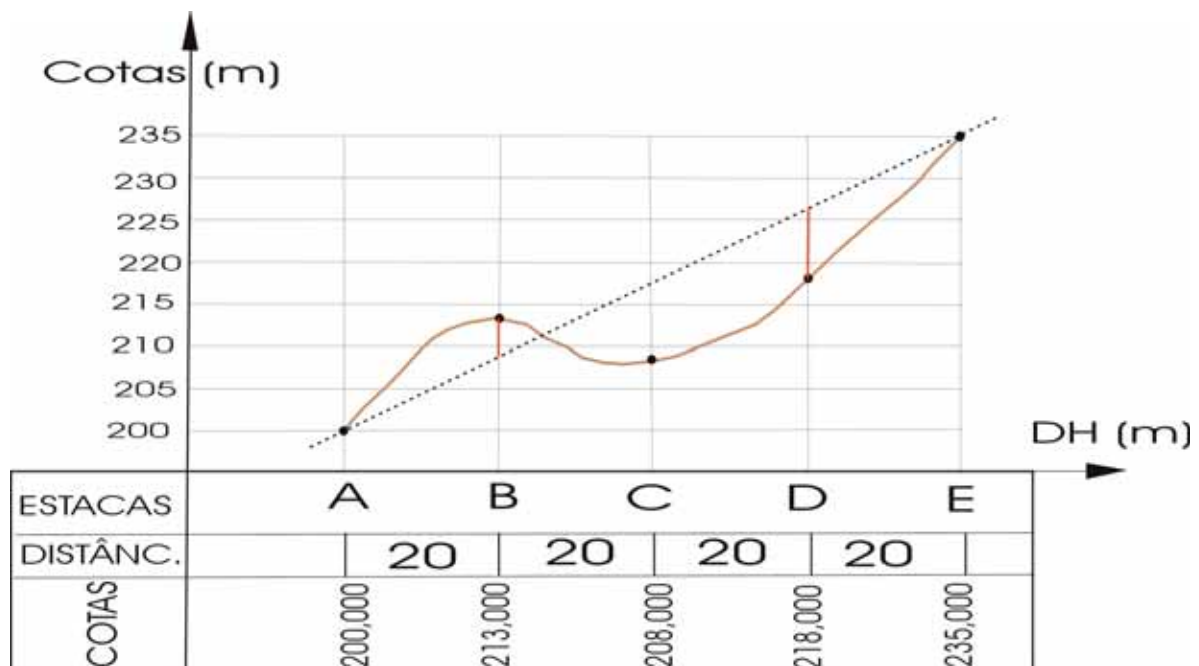
$$\alpha = \text{arco tg de } 0,7000$$

$$\alpha = 34^\circ 59' 31'' \text{ ( } 34,99202019^\circ \text{ )}$$

Uma declividade de 100% corresponde a um ângulo de inclinação em relação ao horizonte da ordem de  $45^\circ$ .

O conhecimento da declividade no espaço geográfico é um dos fatores de fundamental importância para o gerenciamento ambiental. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), pela legislação vigente para delimitação das áreas de preservação permanente, definida através de resoluções, considera em seu artigo 2º, as encostas com declividade superior a 30% ( $16^\circ 41' 57''$ ) como áreas de preservação permanente.

### EXERCÍCIO



#### PARA O PERFIL ACIMA:

1) CALCULAR A DECLIVIDADE ( em %) DO PONTO A ao PONTO E.

Resp.: 43,75 %

2) ADOTANDO A DECLIVIDADE CALCULADA NO ITEM 1 COMO SENDO A LINHA DO GREIDE, CALCULE A COTA VERMELHA NOS PONTOS B e D.

Resp.: Em B = - 4,25 m (corte) e em D = + 8,25m (aterro).