
LEB 340 – Topografia e Geoprocessamento I

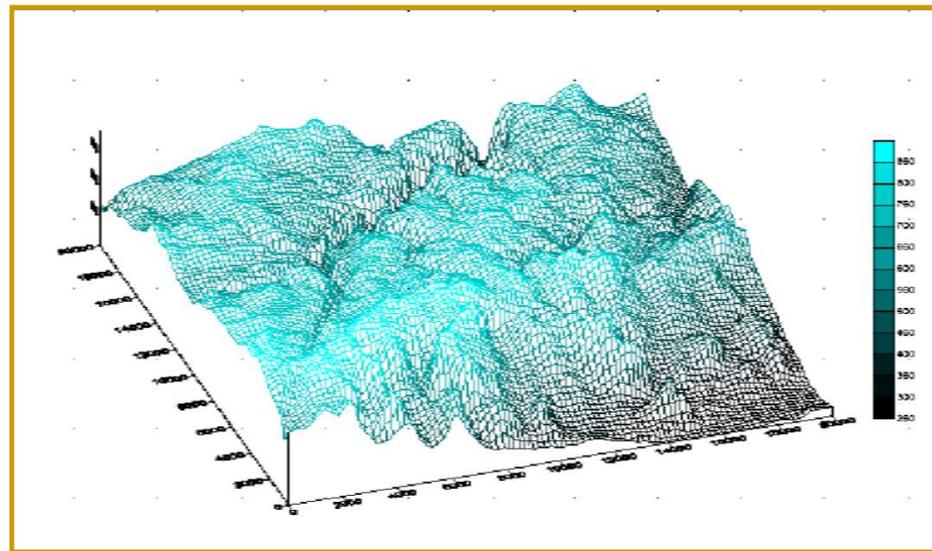
Prof. Rubens Angulo Filho

Altimetria

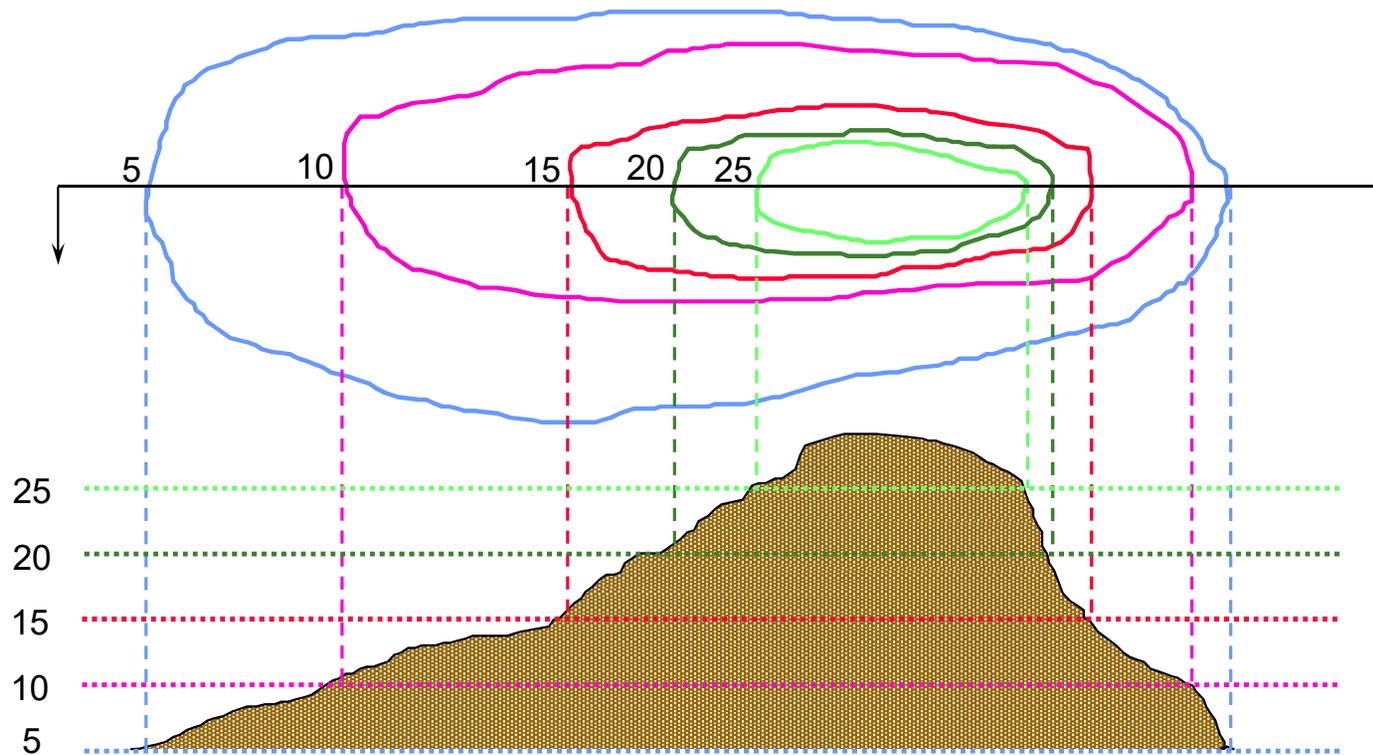
8. Altimetria: Conceitos Fundamentais e Definições

8.1 Altimetria

- É a parte da Topografia que trata dos métodos e instrumentos empregados no estudo e representação do relevo da Terra (hipsometria).

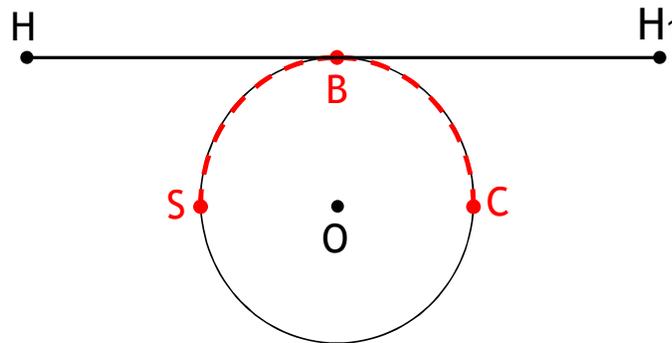


8. Altimetria: Conceitos Fundamentais e Definições



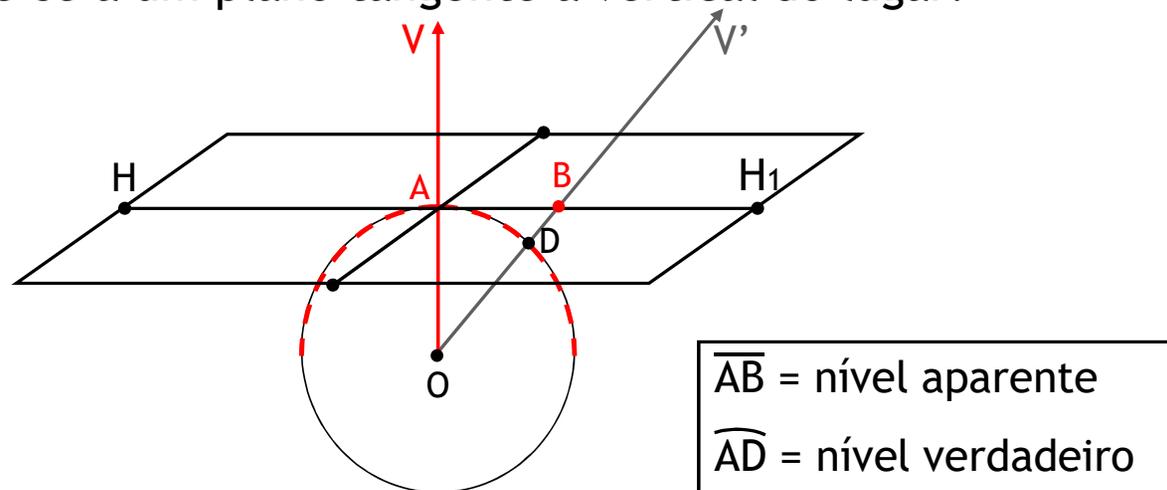
8. Altimetria: Conceitos Fundamentais e Definições

8.2 Superfície de Nível: para que sejam medidas as distâncias verticais, há necessidade de tomar uma superfície de comparação, que é a superfície de nível, que equivale portanto a um plano de referência.



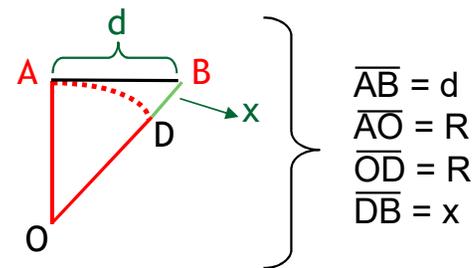
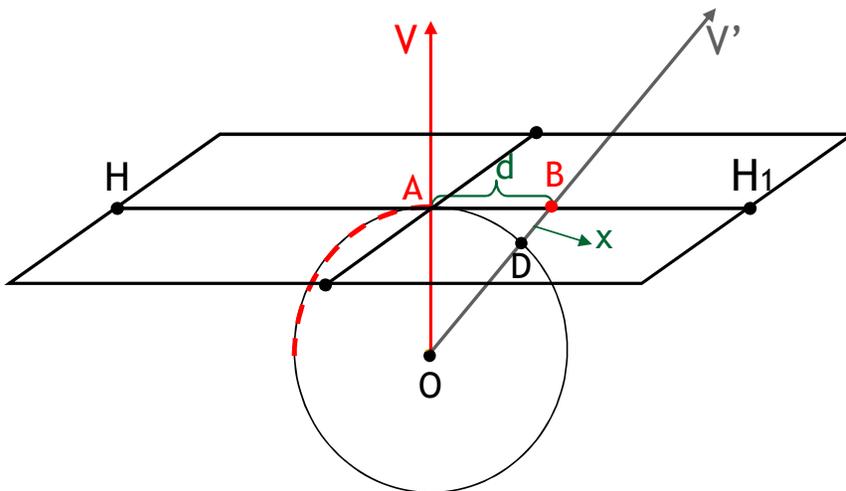
8. Altimetria: Conceitos Fundamentais e Definições

- **Superfície de Nível Real ou Verdadeira:** quando o plano de referência tomado é verdadeiro e corresponde ao nível médio dos mares. É portanto uma superfície curva e que não pode ser obtida por meio dos aparelhos topográficos.
- **Superfície de Nível Aparente:** é uma superfície plana, refere-se a um plano tangente à vertical do lugar.



8. Altimetria: Conceitos Fundamentais e Definições

- **Erro de Esfericidade:** é o erro cometido ao considerar que A e B estão em nível e será $\overline{BD} = x$.



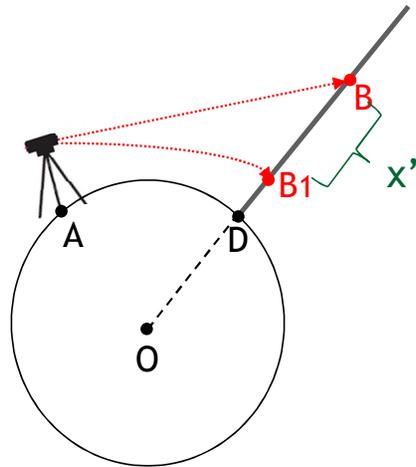
$$\begin{aligned} (\overline{OD} + \overline{DB})^2 &= (\overline{AB})^2 + (\overline{AO})^2 \\ (R + x)^2 &= d^2 + R^2 \\ \cancel{R^2} + 2.R.x + x^2 &= d^2 + \cancel{R^2} \\ x \cdot (2.R + x) &= d^2 \\ x &= d^2 / (2.R + x) \end{aligned}$$

Para efeitos de cálculos: $R = 6.366.193 \text{ m}$ ➔

d (m)	x (m)
100	0,0007
500	0,019

8. Altimetria: Conceitos Fundamentais e Definições

- **Erro de Refração:** de um ponto A mira-se um ponto B , o raio luminoso \overline{AB} que deveria seguir em linha reta, se refrata, seguindo uma trajetória curva $\widehat{AB_1}$



$\overline{BB_1} (x')$ = erro de refração que depende da temperatura e umidade atmosférica e que experimentalmente é:

$$x' = 0,16 \cdot \overline{DB}$$

8. Altimetria: Conceitos Fundamentais e Definições

Correção da Esfericidade e do Erro de Refração:

$$e = 0,42 \cdot d^2 / R$$

d (m)	e (m)
80	0,0004
120	0,0009
140	0,0013

8. Altimetria: Conceitos Fundamentais e Definições

8.3. Definições

- **Altitude:** é a distância vertical (ou diferença de nível) de um ponto do terreno ao nível médio dos mares.
- **Cota:** é a distância vertical (ou diferença de nível) de um ponto do terreno a um plano horizontal de referência arbitrário.
- **Diferença de nível:** é a distância vertical entre o plano de referência e a cota ou altitude de um ponto no terreno.
- **Declividade:** é a relação entre a diferença de nível e a distância horizontal. (poderá ser expressa em graus ou porcentagem).

9. Métodos de Nivelamento

9.1 Introdução:

- Nivelamento ou Levantamento Altimétrico: é a determinação do relevo de um terreno, obtendo-se, por meio de processos específicos, as cotas ou altitudes de pontos de interesse ou a diferença de nível entre eles.

Métodos:

- Nivelamento Barométrico
 - Nivelamento Taqueométrico
 - Nivelamento Trigonométrico
 - Nivelamento Geométrico ou Diferencial
-

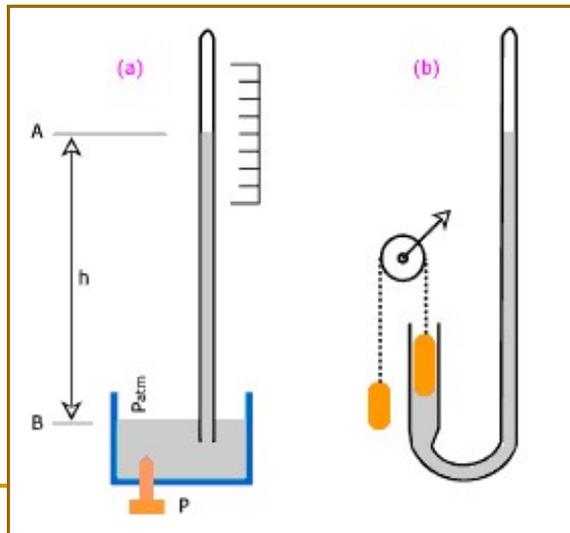
9.2 Nivelamento barométrico

- É aquele em que a diferença de nível é determinada, em função da variação da pressão atmosférica existente, entre pontos de diferentes altitudes da superfície terrestre.
- Sendo a pressão atmosférica a resultante do peso total da camada de ar existente, entre o limite superior da atmosfera e o solo, é evidente que o seu valor diminui à medida que aumenta a altitude, pois a camada de ar sobre o ponto considerado da superfície terrestre fica sendo menor.

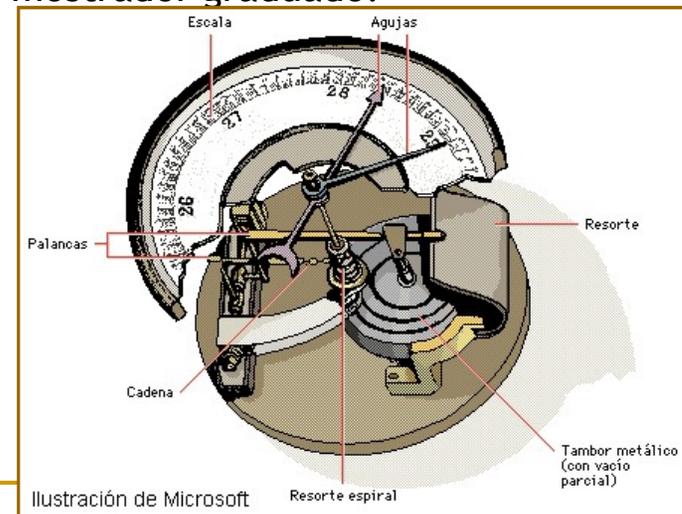
9.2 Nivelamento barométrico

9.2.1 Tipos de barômetros

Barômetro de mercúrio: é construído baseado no princípio que a atmosfera exerce uma pressão sobre a superfície do mercúrio existente em um recipiente, igual a pressão exercida pelo peso de uma coluna de mercúrio, contida no tubo barométrico.



Barômetro metálico (aneróide e altímetros): O ar é inteiramente retirado do interior da caixa e, em virtude da ação da pressão atmosférica, ela se dilata ou se contrai, e estes movimentos são transmitidos à um agulha indicadora, que gira em um mostrador graduado.



9.3 Nivelamento taqueométrico

- Os instrumentos empregados, nesta categoria de nivelamento, fornecem os dados referentes às leituras processadas, na mira, com o auxílio dos fios estadimétricos, bem como o ângulo vertical ou zenital. Os dados de campo, assim determinados, são levados às fórmulas taqueométricas para o cálculo das diferenças de nível, entre os pontos topográficos em estudo.

9.5 Nivelamento trigonométrico

- A diferença de nível entre dois pontos é determinada em função da distância horizontal (DH) ou distância inclinada, e ângulo vertical observados entre ambos. Baseia-se portanto em uma relação trigonométrica.

9.6 Nivelamento geométrico

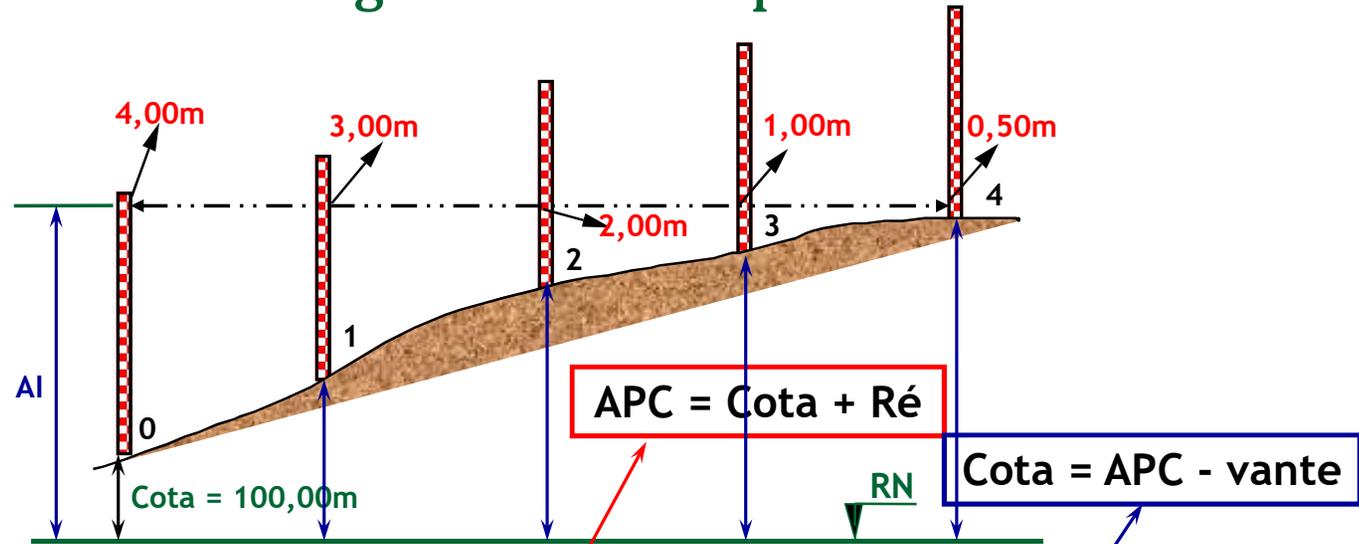
- No nivelamento geométrico ou diferencial as diferenças de nível são determinadas com o emprego de instrumentos que nos dão retas paralelas ao plano horizontal.
- A intersecção deste plano com a mira, colocada sucessivamente nos pontos topográficos em estudo , permite determinar as alturas de leituras, nos respectivos pontos, e por diferença entre os valores encontrados, chegaremos às diferenças de nível procuradas.

9.6 Nivelamento geométrico

9.6.1 Nivelamento Geométrico Simples

- Chama-se de nivelamento geométrico simples aquele que, com uma única posição do aparelho no terreno, consegue-se determinar as diferenças de nível, entre todos os pontos topográficos em estudo.

9.6.1 Nivelamento geométrico simples



Estacas	Ré (m)	APC (m)	Vante (m)	Cotas (m)
0	4,000	104,000		100,00
1			3,000	101,00
2			2,000	102,00
3			1,000	103,00
4			0,500	103,50

9.6 Nivelamento geométrico

9.6.1 Nivelamento Geométrico Simples

- **Ré:** primeira visada após instalar-se o nível
- **Altura do Plano Colimador (APC):** ou plano de referência é a distância vertical existente entre o plano de visada que passa pela linha de colimação, até uma superfície de nível tomada como termo de referência.

$$\text{APC} = \text{Cota ou Altitude} + \text{Ré}$$

- **Novas cotas ou altitudes:**

$$\text{Cota ou Altitude} = \text{APC} - \text{Vante (PI ou PM)}$$

9.6 Nivelamento geométrico

9.6.2 Nivelamento Geométrico Composto

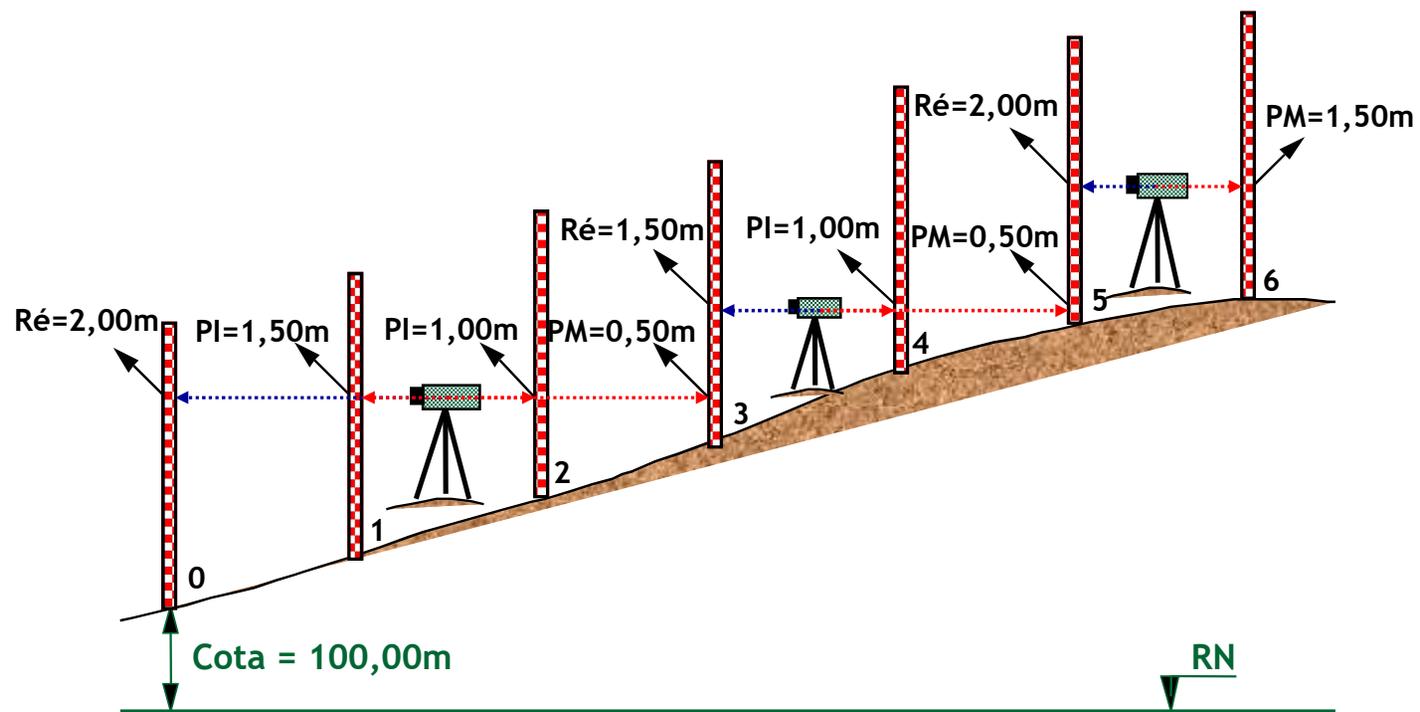
- Entende-se por nivelamento geométrico composto, uma sucessão de nivelamentos geométricos simples, devidamente amarrados uns aos outros pelos chamados pontos de mudança. Este processo é empregado, quando se trata de nivelamento, em terreno de desnível acentuado ou nivelamentos longos e que exigem mais de uma estação do aparelho.
- A cada ponto de mudança teremos:

$$\text{APC} = \text{Cota do PM} + \text{Ré}$$

$$\text{Cota} = \text{Nova APC} - \text{Vante}$$

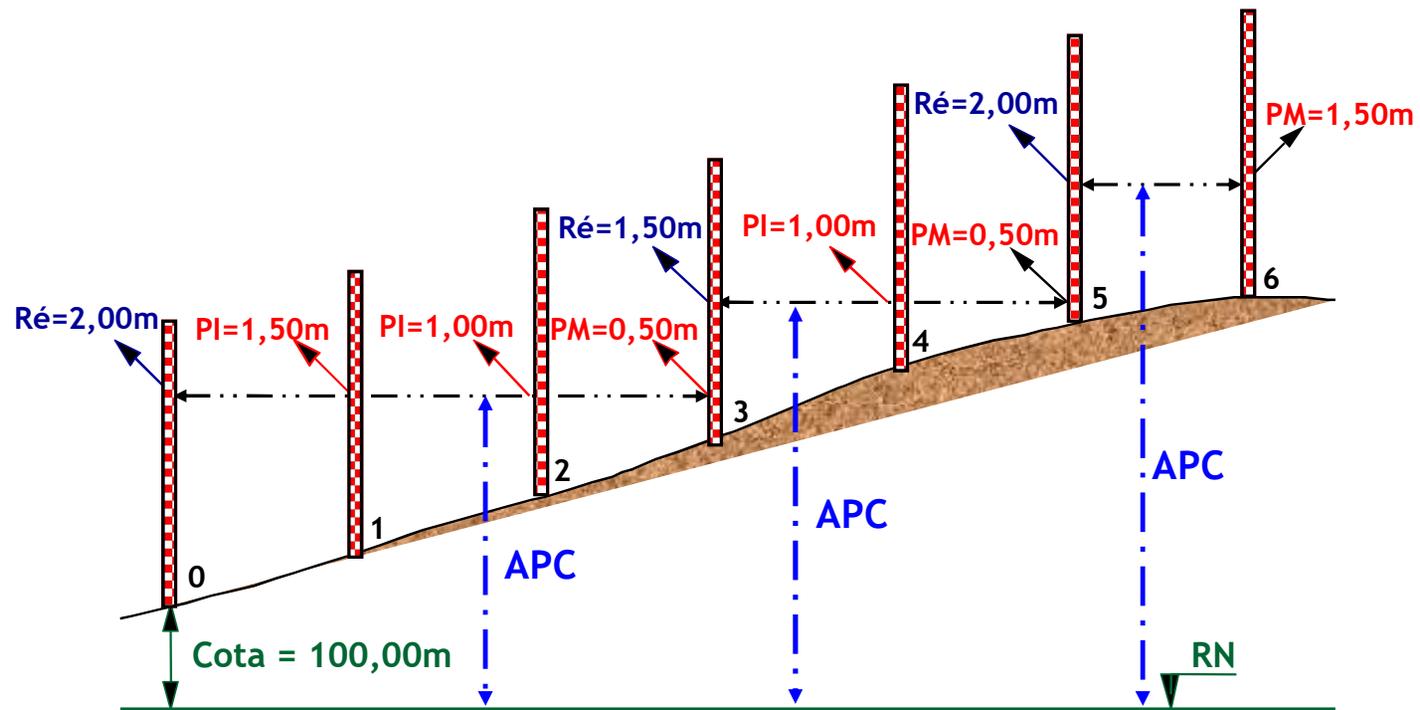
9.6 Nivelamento geométrico

9.6.2 Nivelamento Geométrico Composto



9.6 Nivelamento geométrico

9.6.2 Nivelamento Geométrico Composto



9.6 Nivelamento geométrico

9.6.2 Nivelamento Geométrico Composto

$$\text{APC} = \text{Cota} + \text{Ré}$$

$$\text{Cota} = \text{APC} - \text{vante}$$

Estacas	Ré (m)	APC (m)	P.I. (m)	P.M. (m)	Cotas (m)
0	2,000	102,000			100,00
1			1,500		100,50
2			1,000		101,00
3	1,500	103,000		0,500	101,50
4			1,000		102,00
5	2,00	104,500		0,500	102,50
6				1,500	103,00

$$\sum \text{Ré} - \sum \text{PM} = \text{cota inicial} - \text{cota final}$$

9.6 Nivelamento geométrico

9.6.3 Erro de nivelamento

- O erro cometido, no total das operações de um nivelamento geométrico em poligonal aberta, é determinado por outro nivelamento, em sentido contrário, denominado contra-nivelamento. Em se tratando de uma poligonal fechada, a soma algébrica das diferenças de nível deve ser nula.
- Em trabalhos normais de topografia, adota-se para limite de tolerância a seguinte expressão:

$$T = 2 \times c \sqrt{N} \quad \text{onde}$$

c = erro por quilômetro

N = quilômetros nivelados

9.6 Nivelamento geométrico

9.6.4 Classificação do nivelamento geométrico

A. Alta precisão: 1,5 a 2,5 mm/km

B. Precisão:

- 1ª ordem: 5,0 mm/km
 - 2ª ordem: 10,0 mm/km
 - 3ª ordem: 15,0 mm/km
 - 4ª ordem: 20,0 mm/km
 - 5ª ordem: 30,0 a 50,0 mm/km
-

9.6 Nivelamento geométrico

9.6.5 Tolerância segundo a NBR 13.133

- Classe I Nivelamento Geométrico: $12 \text{ mm } \sqrt{K}$
- Classe II Nivelamento Geométrico: $20 \text{ mm } \sqrt{K}$
- Classe III Nivelamento Trigonométrico: $0,15 \text{ a } 0,20 \text{ m } \sqrt{K}$
- Classe IV Nivelamento Taqueométrico: $0,30 \text{ a } 0,40 \text{ m } \sqrt{K}$

❖ K = extensão medida em km em um único sentido

12. Nivelamento geométrico

41. Com os dados abaixo (valores em metros), compor a caderneta de nivelamento preenchendo-a com os dados faltantes e fazer a "prova de cálculo“:

a) Cotas: 0 = 308,325; 2 = 304,948; 4 = 303,656; 6 = 300,518;
9 = 297,067; 10 = 295,93;

b) Visada a Ré: 7 = 0,618;

c) Altura do instrumento: 0 = 308,748; 2 = 305,489;

d) Visada a vante intermediária (PI): 1 = 2,412; 3 = 0,998;
8 = 1,122; 9 = 2,317;

e) Visada a vante de mudança (PM): 5 = 3,642; 7 = 3,393.

12. Nivelamento geométrico

Estacas	Ré	A.I.	P.I.	P.M.	Cotas
0	0,423	308,748			308,325
1			2,412		306,336
2	0,541	305,489		3,800	304,948
3			0,998		304,491
4			1,833		303,656
5	0,312	302,159		3,642	301,847
6			1,641		300,518
7	0,618	299,384		3,393	298,766
8			1,122		298,262
9			2,317		297,067
10				3,454	295,930