

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO



NIVELAMENTO

Operação que permite determinar cotas altimétricas ou altitudes de pontos da superfície da Terra.

Com estas informações, pode-se representar o relevo topográfico da região levantada.

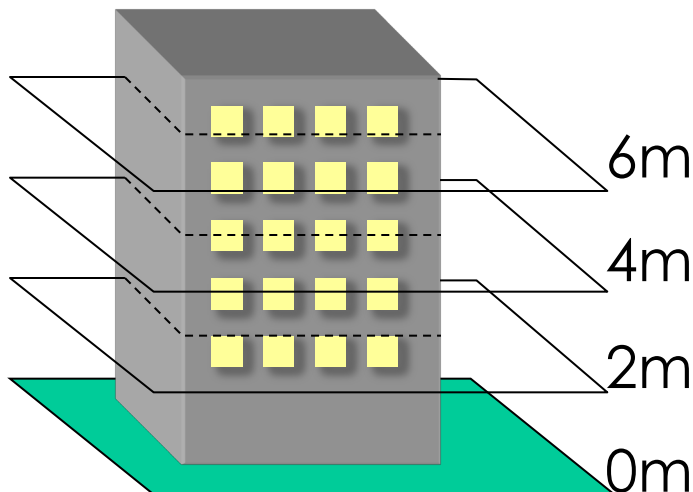
Nivelamento
Topográfico: {

- Geométrico
- Trigonométrico

SUPERFÍCIE DE REFERÊNCIA

Superfície Arbitrária: um ponto qualquer é escolhido como referência ou cota origem. Neste caso as cotas são relativas.

Exemplo: no projeto de um edifício, o engenheiro ou arquiteto definiu que o nível do térreo tinha cota 100,00. Com base nesta referência define-se a cota dos subsolos, dos andares, da caixa d'água, etc

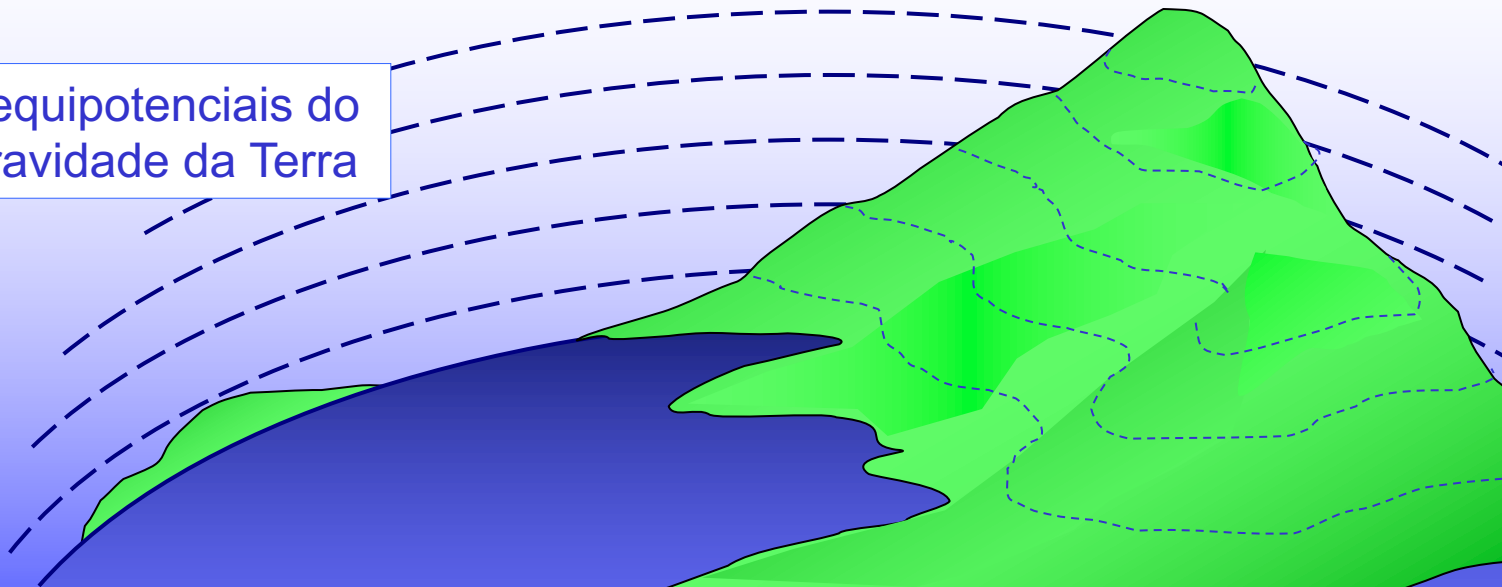


SUPERFÍCIE DE REFERÊNCIA

Superfície Geoidal: superfície equipotencial coincidente com o nível médio dos mares (não perturbado). Neste caso a cota passa a ser denominada **altitude ortométrica**.

Exemplo: no projeto de uma represa, definiu-se que o nível máximo do espelho d'água é na altitude ortométrica = 750,00m. Desta forma, define-se a altura da barragem e a área inundada.

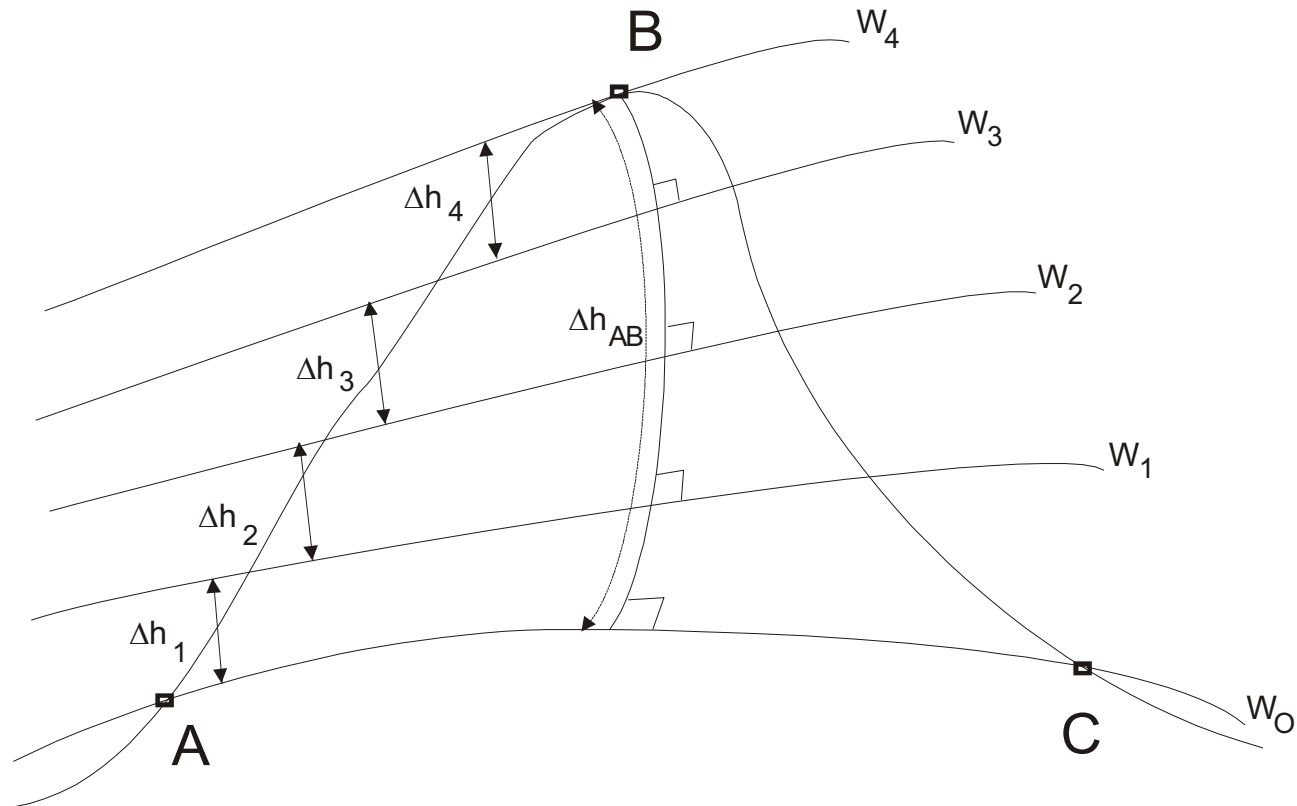
Superfícies equipotenciais do campo de gravidade da Terra



NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

- Na operação de nivelamento, quando se estaciona o nível e se faz leituras das miras, a diferença de leitura traduz a separação entre as duas superfícies de nível que passam pela base das duas miras. Considerando um lance (distância entre duas miras) ou uma sessão (distância entre duas RRNN) aquela separação é constante.
- Porém, no geral, como as superfícies de nível não são paralelas, a separação entre elas não será constante. Portanto, o nivelamento geométrico dependerá do trajeto percorrido.
 - RN = referência de nível
 - RRNN = referências de nível

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO



Δh_i ($i=1, \dots, 4$) \rightarrow desníveis obtidos pelo nivelamento geométrico entre pontos que situam-se na intersecção da superfície topográfica com as superfícies equipotenciais W_i ($i=0, \dots, 4$).

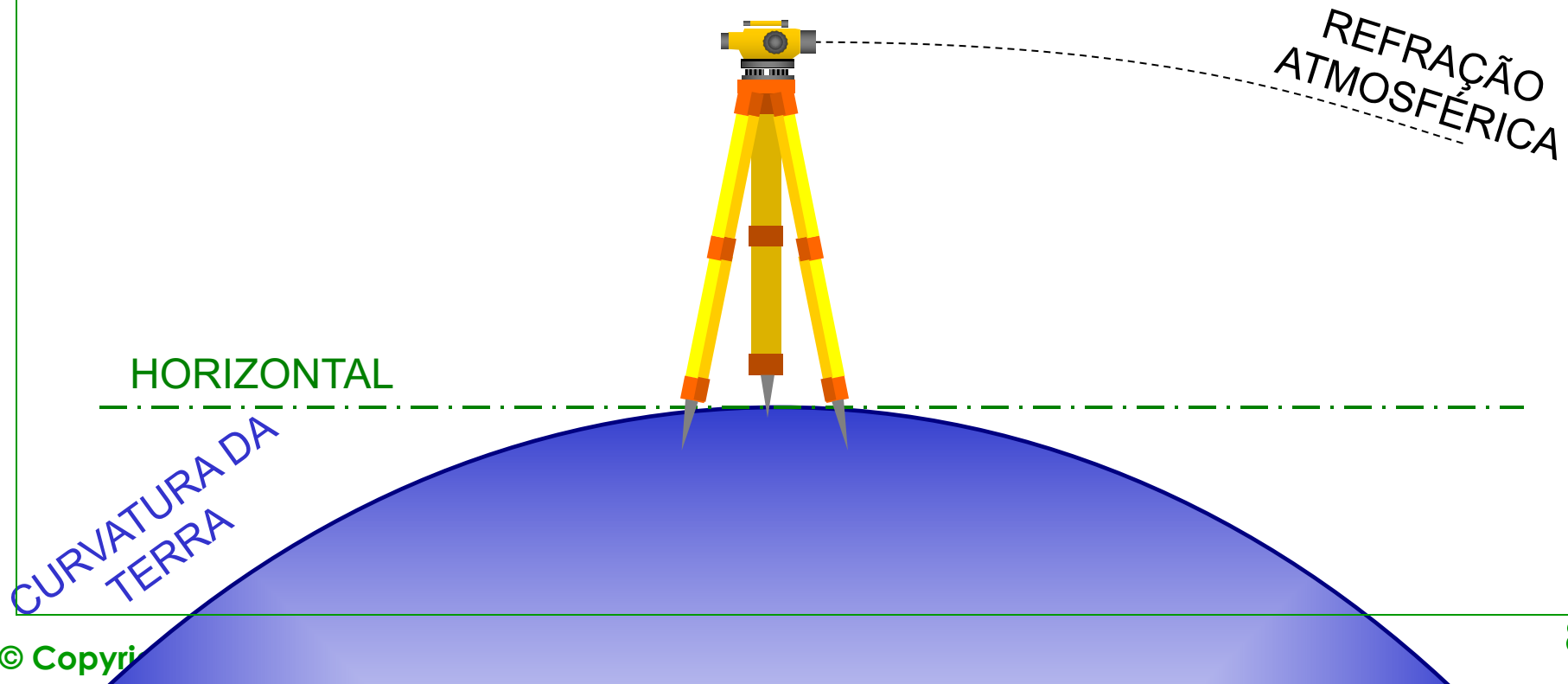
NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4 \neq \Delta h_{AB}$$

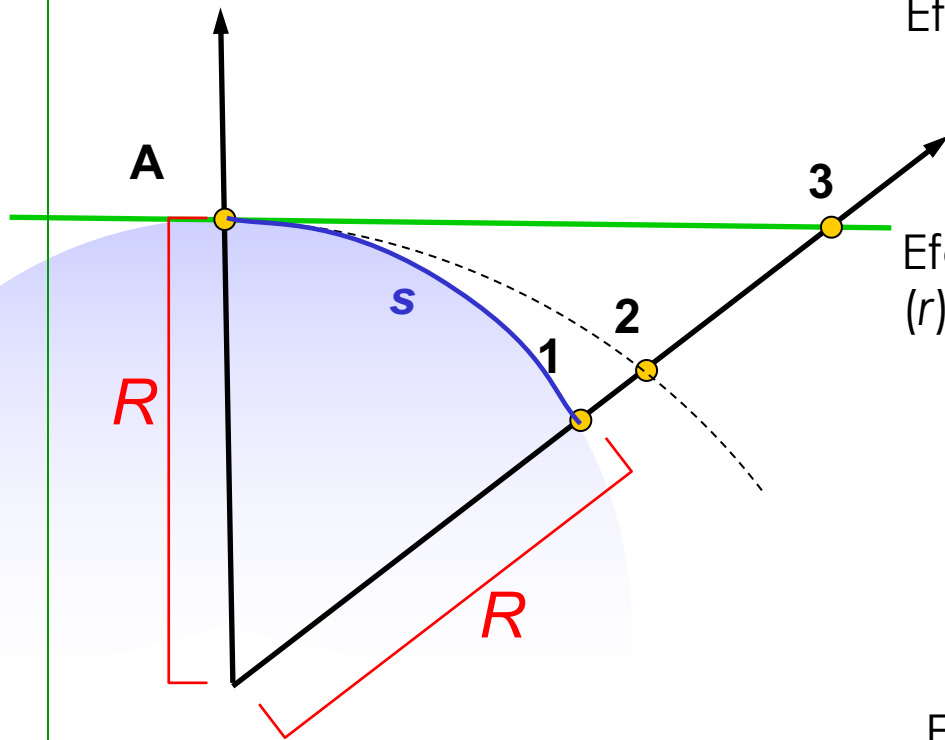
- Na verdade, o que duas superfícies de nível têm de constante é a diferença de potencial e não a separação entre elas. Para se equacionar o problema do nivelamento geométrico é necessário dar sentido físico à altitude. Isto é feito definindo uma grandeza física chamada número geopotencial (C_{AB})

Efeitos da curvatura da Terra e da refração atmosférica

Deve ser considerado para que se faça o cálculo correto das altitudes ou cotas



Efeitos da curvatura da Terra e da refração atmosférica



Efeito devida à curvatura (c) da Terra

$$c = \overline{13} = \frac{s^2}{2R}$$

Efeito devida à a refração atmosférica (r) (fórmula de Bior)

$$r = \overline{23} = \frac{s^2}{2R'} = \frac{1}{15} \frac{s^2}{2R} = k \frac{s^2}{2R}$$

$$\text{sendo, } R' = 15R$$

$$k = \frac{1}{15} = 0,067$$

Efeito conjunto (CR)

$$CR = \overline{12} = c - r = (1 - k) \frac{s^2}{2R} = k' s^2$$

$$CR = 7 \cdot 10^{-5} \cdot s^2 (km)$$

$$CR = 7 \cdot s^2 (cm) \quad \text{Nesta última fórmula } s \text{ em km e CR será em cm}$$

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

- Visadas na horizontal
- Emprego de mira e níveis de luneta
- Efeito CR compensado pela equidistância das miras de vante e ré ($s_r = s_v \leq 50\text{m}$)

(R) ré

(visada de partida)

(V) vante

$$\Delta Z = R - V$$

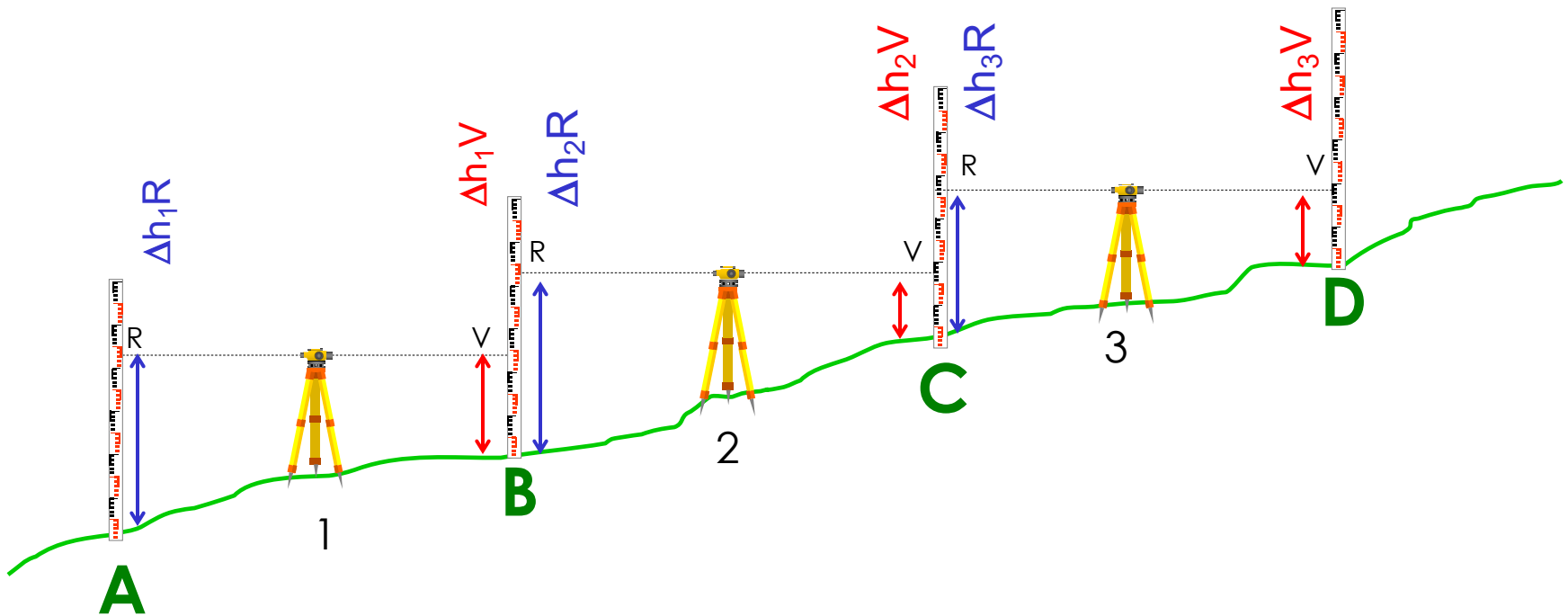
s_r

s_v

ΔZ

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

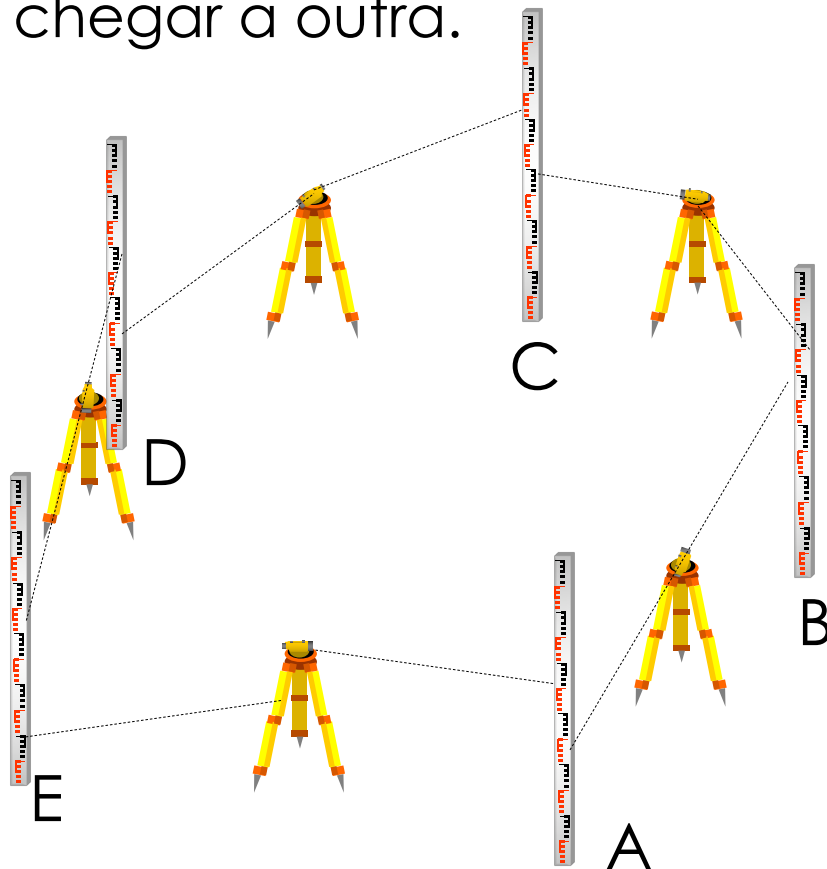
Caminhamento em um
levantamento Geométrico



$$Z_D = Z_A + \Delta h_1R - \Delta h_1V + \Delta h_2R - \Delta h_2V + \Delta h_3R - \Delta h_3V$$

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

Deve-se fechar o percurso, voltando ao ponto de partida do caminhamento, para ser feito controle do erro total. Isto não é necessário caso se parta de uma RN para se chegar a outra.



Erro tolerável de fechamento:

$$f = k \cdot \sqrt{s}$$

$k = 10 \text{ mm/km}$ (constante instrumental) e

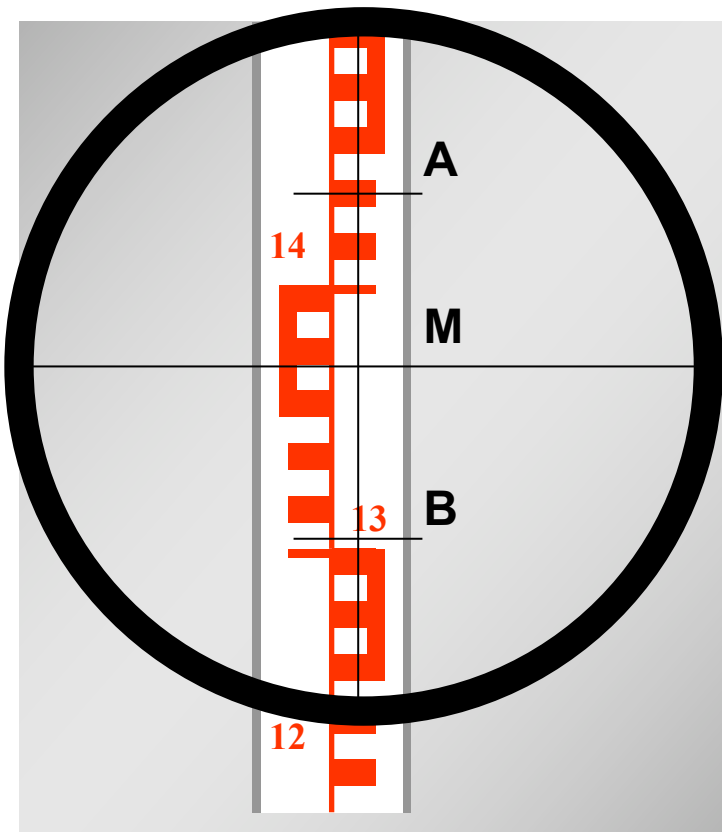
$s =$ distância efetivamente nivelada (em km)

Distribuição do erro:

- equitativa
- proporcional à distância

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

Controle local do erro: Leitura dos três retículos da luneta



$$A = 1434 \text{ mm}$$

$$M = 1370 \text{ mm}$$

$$B = 1306 \text{ mm}$$

$$AM = A - M = 1434 - 1370 = 64 \text{ mm}$$

$$MB = M - B = 1370 - 1306 = 64 \text{ mm}$$

$$\mathbf{AM = MB}$$

(se admite variação máxima entre AM e MB de 2 mm. Caso a diferença seja maior será necessário refazer as três leituras na mira).

Exemplo de nivelamento geométrico

Nivelamento Geométrico								
ponto visado	estadia A/B (mm)	distância (m)	mira		detalhe	cotas		
			ré	vante		provisórias	ajustes	corretas
RN1	1149 730	41,9	939,5					721,6846
E1	1970 1549	42,1		1759,5				
E1	1740 1384	35,6	1562					
E2	1400 1050	35		1225				
E2	1758 1343	41,5	1551					
DETALHE	1322 1079	24,3			1200,5			
E3	1849 1441	40,8		1645				
E3	1484 1140	34,4	1312					
M	1592 1272	32		1432				
M	1583 1267	31,6	1425					
E4	1419 1101	31,8		1260				
E4	1999 1498	50,1	1749					
E5	1685 1179	50,6		1432				
E5	1185 771	41,4	978					
E6	1331 911	42		1121				
E6	1459 1239	22	1349					
RN1	1098 868	23		983				
somos								
erro de fechamento =								
distancia total =								
erro tolerável = $10 \times (s(\text{km}))^{1/2} =$								
Nome do operador: Grupo 3						data : 30/04/2018		

2ª etapa: Cálculo da distância

$$d = k_i \cdot (AB) \cdot \text{sen}^2 90^\circ$$

$$d = k_i \cdot (AB)$$

Onde:

d = distância horizontal

k_i = 100 (constante instrumental)

$AB = A - B$

3ª etapa: Cálculo da mira

$$M = \frac{A + B}{2}$$

Exemplo de nivelamento geométrico

ponto visado	estadia A/B (mm)	distância (m)	mira		detalhe	cotas		
			ré	vante		provisórias	ajustes	corretas
RN1	1149	41,9	939,5					721,6846
	730							
E1	1970	42,1		1759,5		720,8646	-0,875	720,8637
	1549							
E1	1740	35,6	1562					
	1384							
E2	1400	35		1225		721,2016	-1,75	721,1999
	1050							
E2	1758	41,5	1550,5					
	1343							
DETALHE	1322	24,3			1200,5	721,5516	-2,625	721,5490
	1079							
E3	1849	40,8		1645		721,1071	-2,625	721,1045
	1441							
E3	1484	34,4	1312					
	1140							
M	1592	32		1432		720,9871	-3,5	720,9836
	1272							
M	1583	31,6	1425					
	1267							
E4	1419	31,8		1260		721,1521	-4,375	721,1477
	1101							
E4	1999	50,1	1748,5					
	1498							
E5	1685	50,6		1432		721,4686	-5,2	721,4634
	1179							
E5	1185	41,4	978					
	771							
E6	1331	42		1121		721,3256	-6,125	721,3195
	911							
E6	1459	22	1349					
	1239							
RN1	1098	23		983		721,6916	-7	721,6846
	868							
somas		595,8	10865	10858				
erro de fechamento = 7								
distancia total = 0,60 km								
erro tolerável = $10 \times (s(\text{km}))^{1/2} = 7,72 \text{ mm}$								
Nome do operador: Grupo 3						data : 30/04/2018		

7ª etapa:
Cotas provisórias

$$Z_{n+1} = Z_n + \text{Ré} - \text{Vante}$$

8ª etapa:
Distribuição dos erros

O erro de fechamento foi dividido pelo número de pontos de vante, distribuído cumulativamente e aplicados aos mesmos pontos e também aos de detalhe.

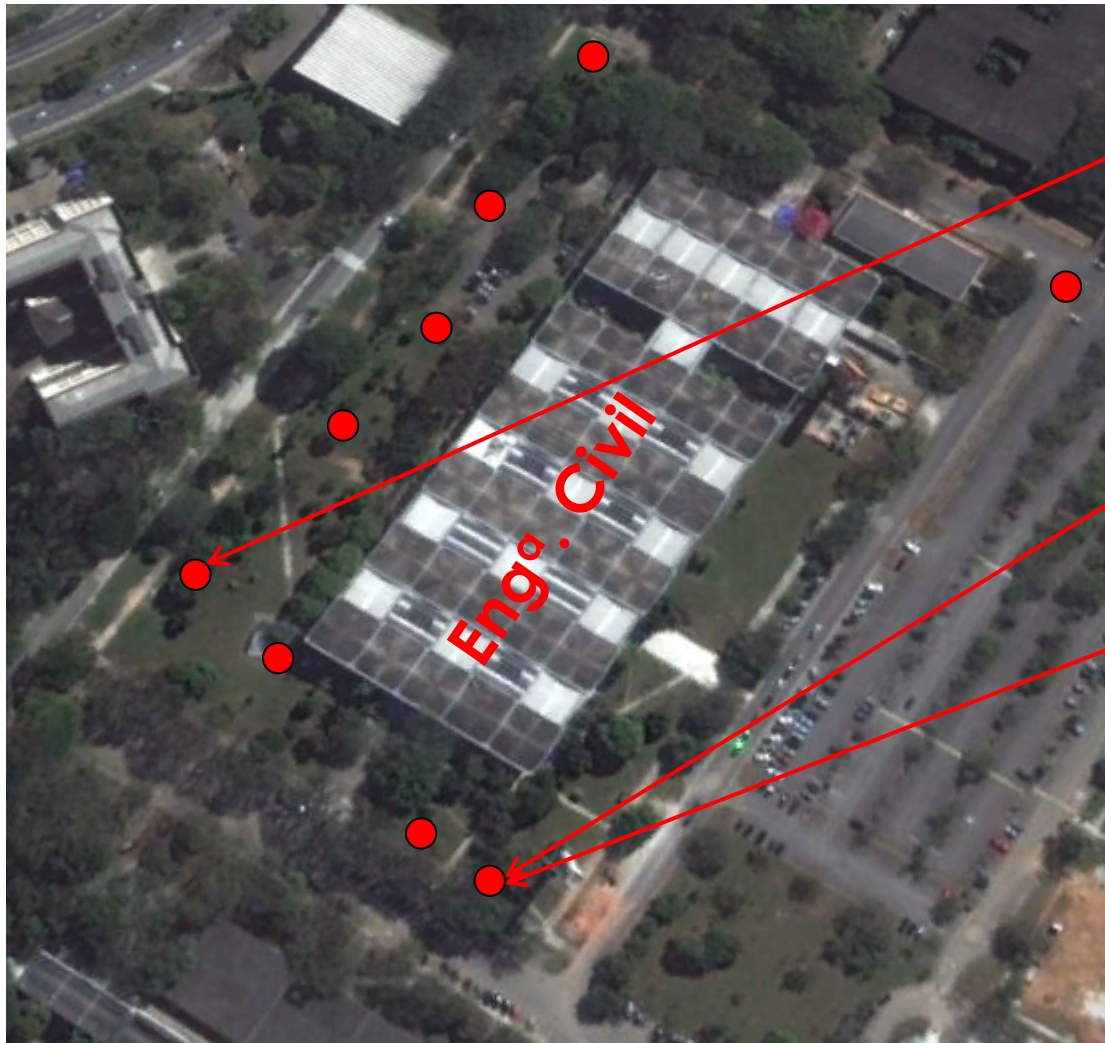


Caixa d'água ao lado do prédio da Engenharia Civil

RN 2800 C
Altitude = 721,6846m



Vista Superior do Prédio da Engenharia Civil



RN a determinar

Caixa D'água

RN 2800C = 721,6846m

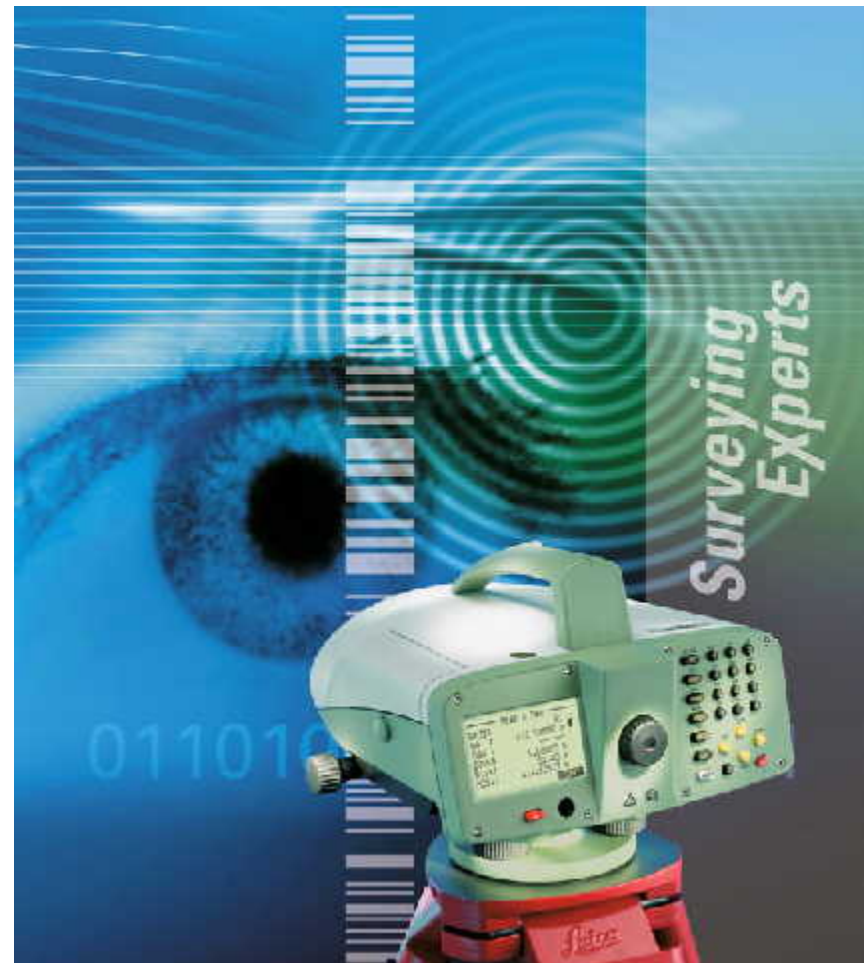


● RN's a serem determinadas

AUTOMAÇÃO DO NIVELAMENTO

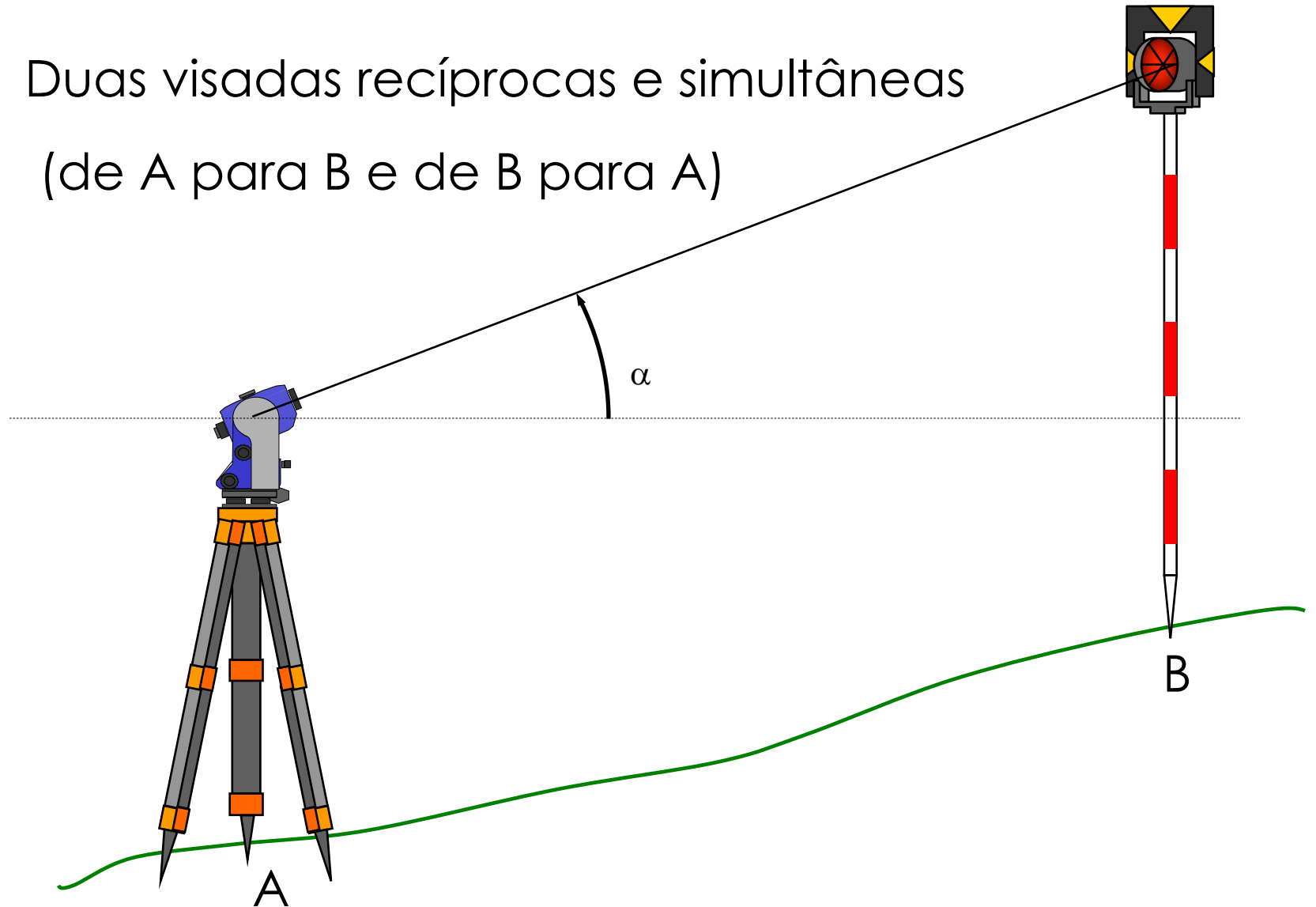
Equipamentos de automatização do processo:

- Compensadores internos para nivelamento automático do aparelho;
- Níveis a laser ou infravermelho;
- Níveis digitais e miras com código de barras

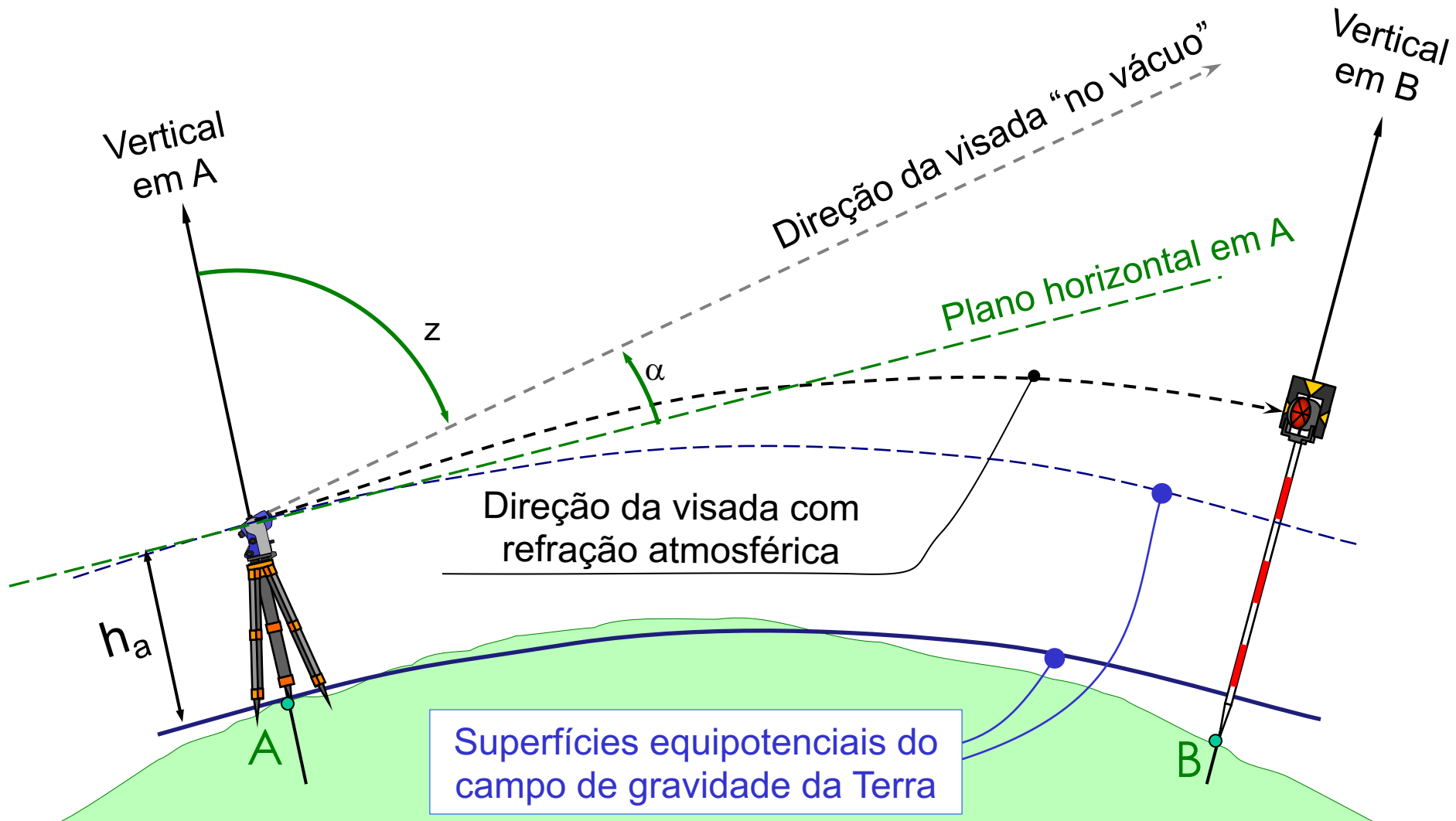


NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

Duas visadas recíprocas e simultâneas
(de A para B e de B para A)



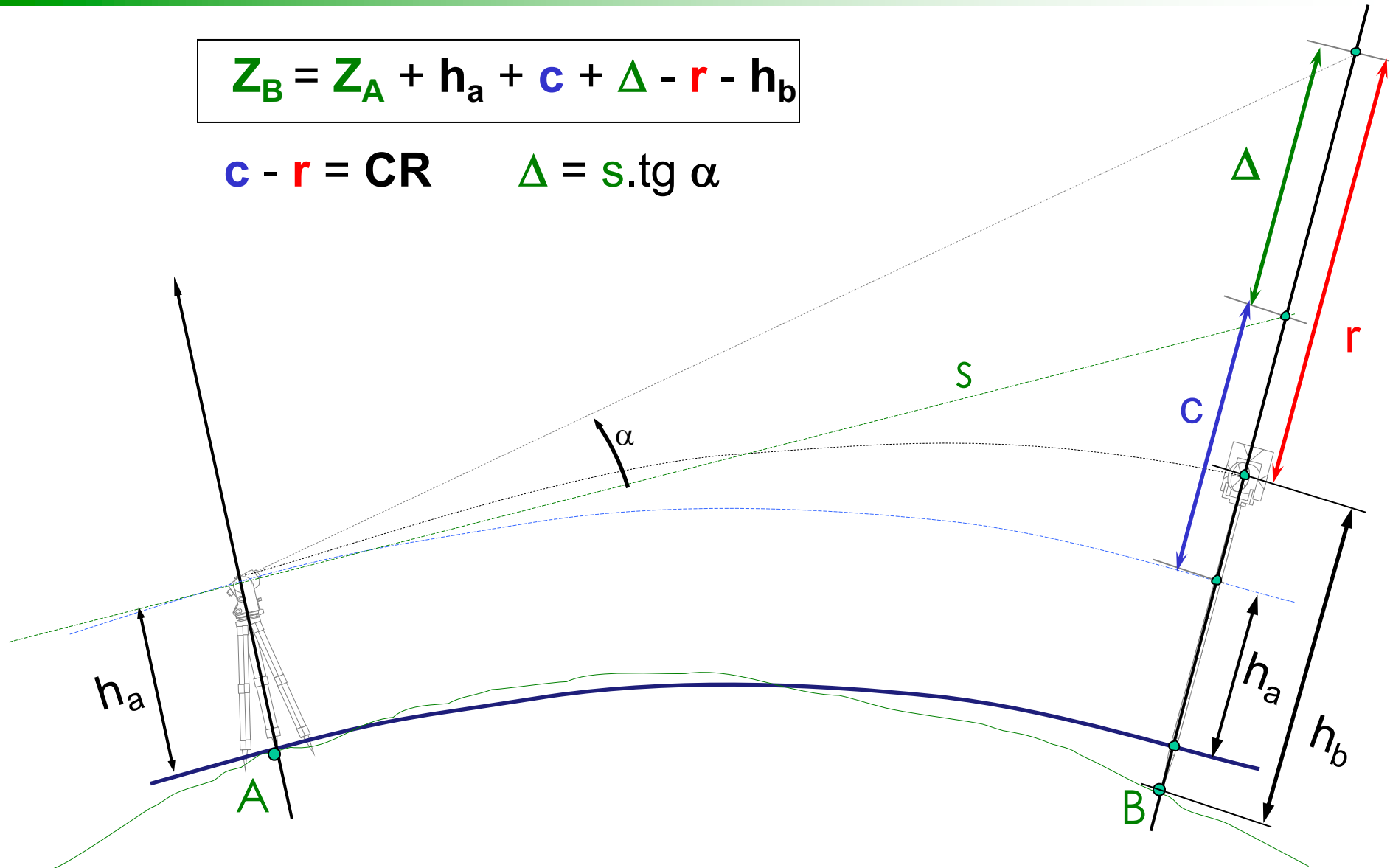
NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO



NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

$$Z_B = Z_A + h_a + c + \Delta - r - h_b$$

$$c - r = CR \quad \Delta = s \cdot \text{tg } \alpha$$



NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

$$Z_A + h_{a1} + CR + \Delta_a - h_{b1} = Z_B \quad (1)$$



visadas recíprocas simultâneas

$$Z_B + h_{b2} + CR + \Delta_b - h_{a2} = Z_A \quad (2)$$



Subtraindo (2) de (1) elimina-se CR

$$2 Z_A + h_{a1} + \Delta_a - h_{b1} - h_{b2} - \Delta_b + h_{a2} = 2 Z_B$$



Somando (2) e (1) determina-se CR

$$2 CR = h_{a1} - h_{a2} + \Delta_a + \Delta_b - h_{b1} + h_{b2}$$

Erro no nivelamento



