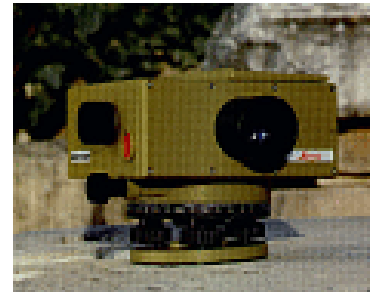


# NIVELAMENTO GEOMETRICO



# 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.

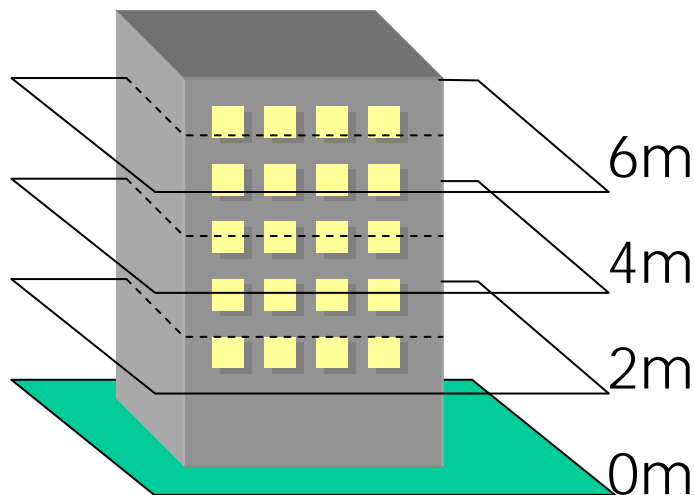
Nivelamento  
Topográfico: {

- 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*

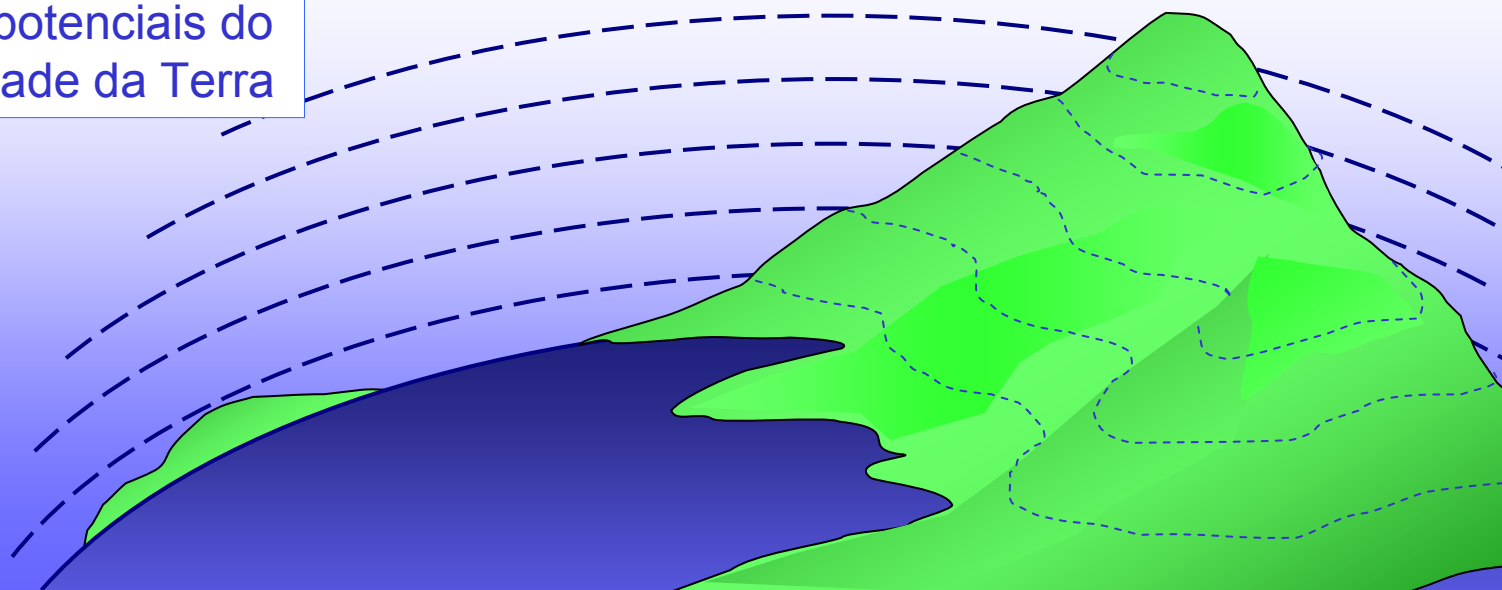


# SUPERFÍCIE DE REFERÊNCIA

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

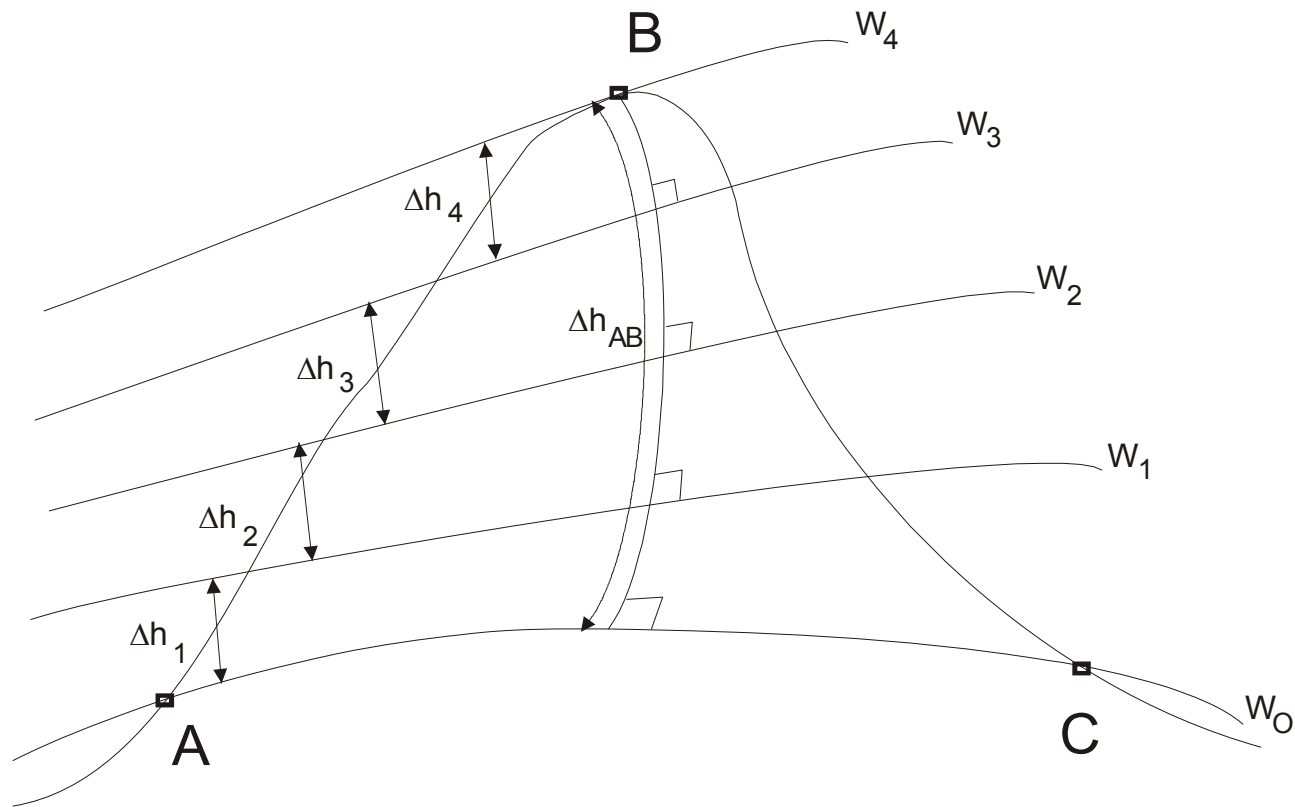
*Exemplo: no projeto de uma represa, definiu-se que o nível máximo do espelho d'água é na altitude ortométrica = 750,00m. Desta forma, define-se a altura da barragem e a área*

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.



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

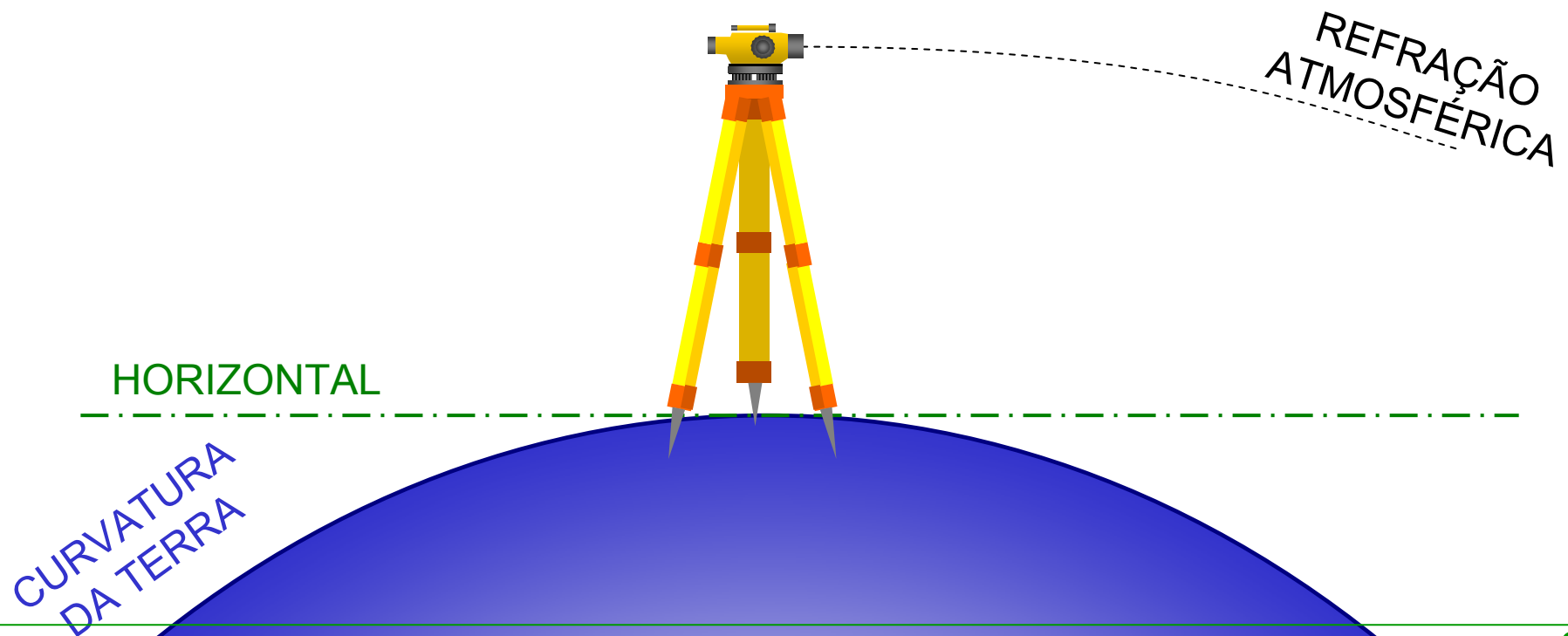
# Nivelamento Geométrico

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

- 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 ( $C_{AB}$ ) (Info II)

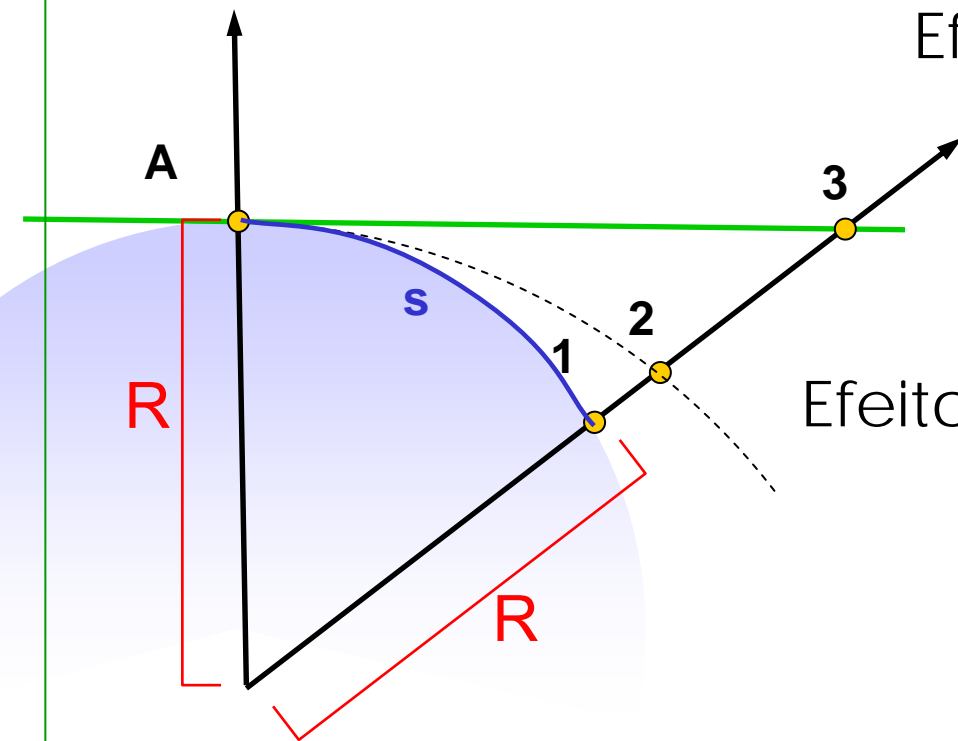
# Efeitos da curvatura da Terra e da refração atmosférica

Deve ser considerado para o cálculo correto das cotas:





# Efeitos da curvatura da Terra e da refração atmosférica



Efeito da curvatura da Terra

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

Efeito da refração da atmosfera

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

Efeito conjunto (c-r)

$$CR = 7 \cdot s^2(\text{cm})$$

# 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

$$\Delta Z = R - V$$

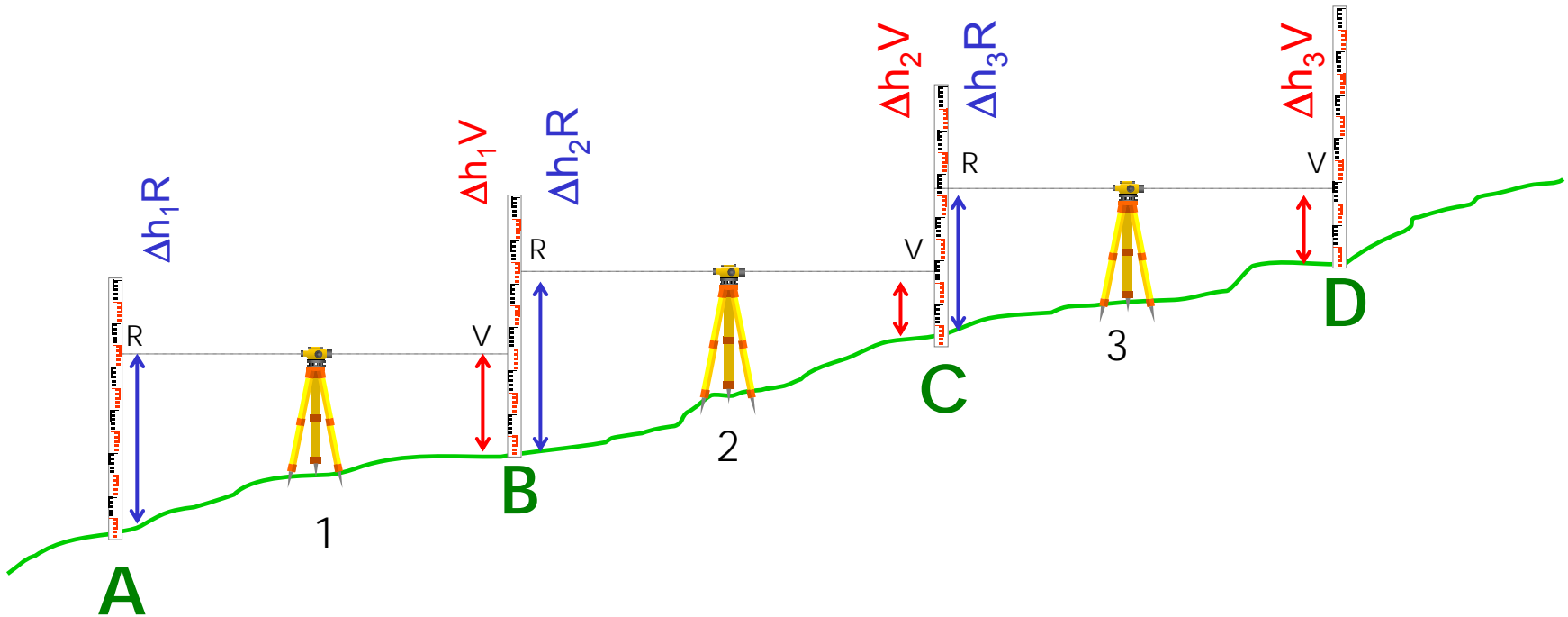
$s_r$

$s_v$

$\Delta Z$

# Nivelamento Geométrico

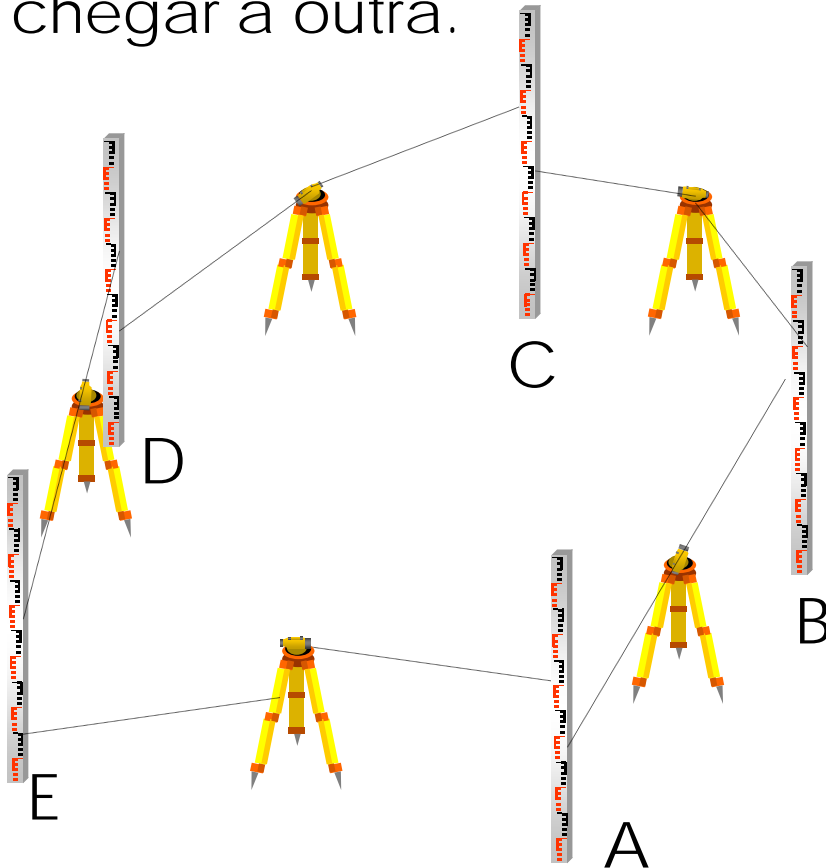
Caminhamento em um  
levantamento Geométrico



$$Z_D = Z_A + \Delta h_1 R - \Delta h_1 V + \Delta h_2 R - \Delta h_2 V + \Delta h_3 R - \Delta h_3 V$$

# 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

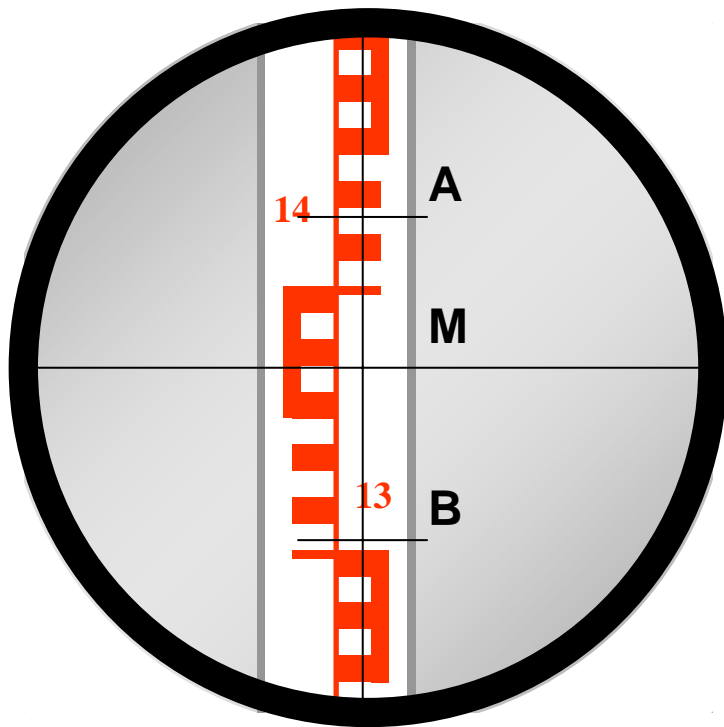
$s =$  distância efetivamente nivelada (em km)

Distribuição do erro:

- equitativa
- proporcional à distância

# Nivelamento Geométrico

Controle local do erro: Leitura dos três retículos da luneta



$$AM = A - M$$

$$MB = M - B$$

$$AM = MB$$

# Exemplo de nivelamento geométrico

Nivelamento Geométrico								
ponto visado	estadia A/B (mm)	distância (m)	mira		detalhe	cotas		
			ré	vante		provisórias	ajustes	corretas
RN1	1149							721,6846
E1	730							
	1970							
E1	1549							
	1740							
E2	1384							
	1400							
E2	1050							
	1758							
DETALHE	1343							
	1322							
E3	1079							
	1849							
E3	1441							
	1484							
M	1140							
	1592							
M	1272							
	1583							
E4	1267							
	1419							
E4	1101							
	1999							
E5	1498							
	1685							
E5	1179							
	1185							
E6	771							
	1331							
E6	911							
	1459							
RN1	1239							
	1098							
	868							
somas								
erro de fechamento =								
distancia total =								
erro tolerável = $10 \times (s(\text{km}))^{1/2} =$								
Nome do operador: Grupo 3								data : 30/04/2003

*O objetivo deste nivelamento é encontrar o valor da cota no ponto M.*

*Para descobrirmos o erro devemos aplicar o contra-nivelamento.*

**1ª etapa: Leitura da mira**

*Inserir valores das estadias, colhidas com auxilio do nível*

# 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				
somas								
erro de fechamento =								
distancia total =								
erro tolerável = $10 \times (s(\text{km}))^{1/2} =$								
Nome do operador: Grupo 3	data : 30/04/2003							

2ª etapa:  
Cálculo da distância

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

∴

$$d = k \cdot (A-B)$$

3ª etapa:  
Cálculo da mira

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

# 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	1550,5					
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	1748,5					
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				
somas		595,8	10864,5	10857,5				
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 : 30/04/2003		

4ª etapa:  
Sommas

Inserir no final da planilha as somas das distâncias, ré e vante

5ª etapa:  
Erro de fechamento

$$e = \sum_{vante} - \sum_{ré}$$

6ª etapa:  
Erro tolerável

$$f = 10 \times (s(\text{km}))^{1/2}$$



# 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				<b>721,6846</b>	
E1	1970 1549	42,1		1759,5		720,8646	-0,875	720,8637
E1	1740 1384	35,6	1562					
E2	1400 1050	35		1225		721,2016	-1,75	721,1999
E2	1758 1343	41,5	1550,5					
DETALHE	1322 1079	24,3			1200,5	721,5516	-2,625	721,5490
E3	1849 1441	40,8		1645		721,1071	-2,625	721,1045
E3	1484 1140	34,4	1312					
M	1592 1272	32		1432		720,9871	-3,5	<b>720,9836</b>
M	1583 1267	31,6	1425					
E4	1419 1101	31,8		1260		721,1521	-4,375	721,1477
E4	1999 1498	50,1	1748,5					
E5	1685 1179	50,6		1432		721,4686	-5,2	721,4634
E5	1185 771	41,4	978					
E6	1331 911	42		1121		721,3256	-6,125	721,3195
E6	1459 1239	22	1349					
RN1	1098 868	23		983		721,6916	-7	<b>721,6846</b>
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 : 30/04/2003		

*7ª etapa:  
Cotas provisórias*

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

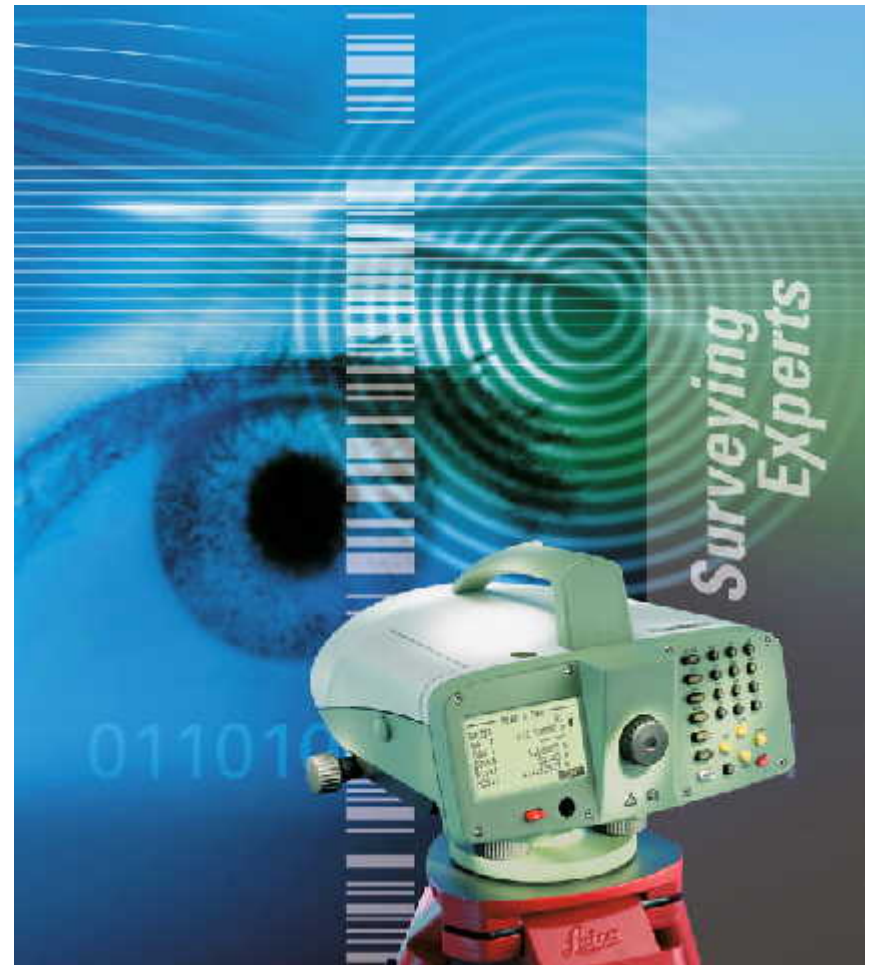
*8ª etapa:  
Distribuição dos erros*

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

# Automação do Nivelamento

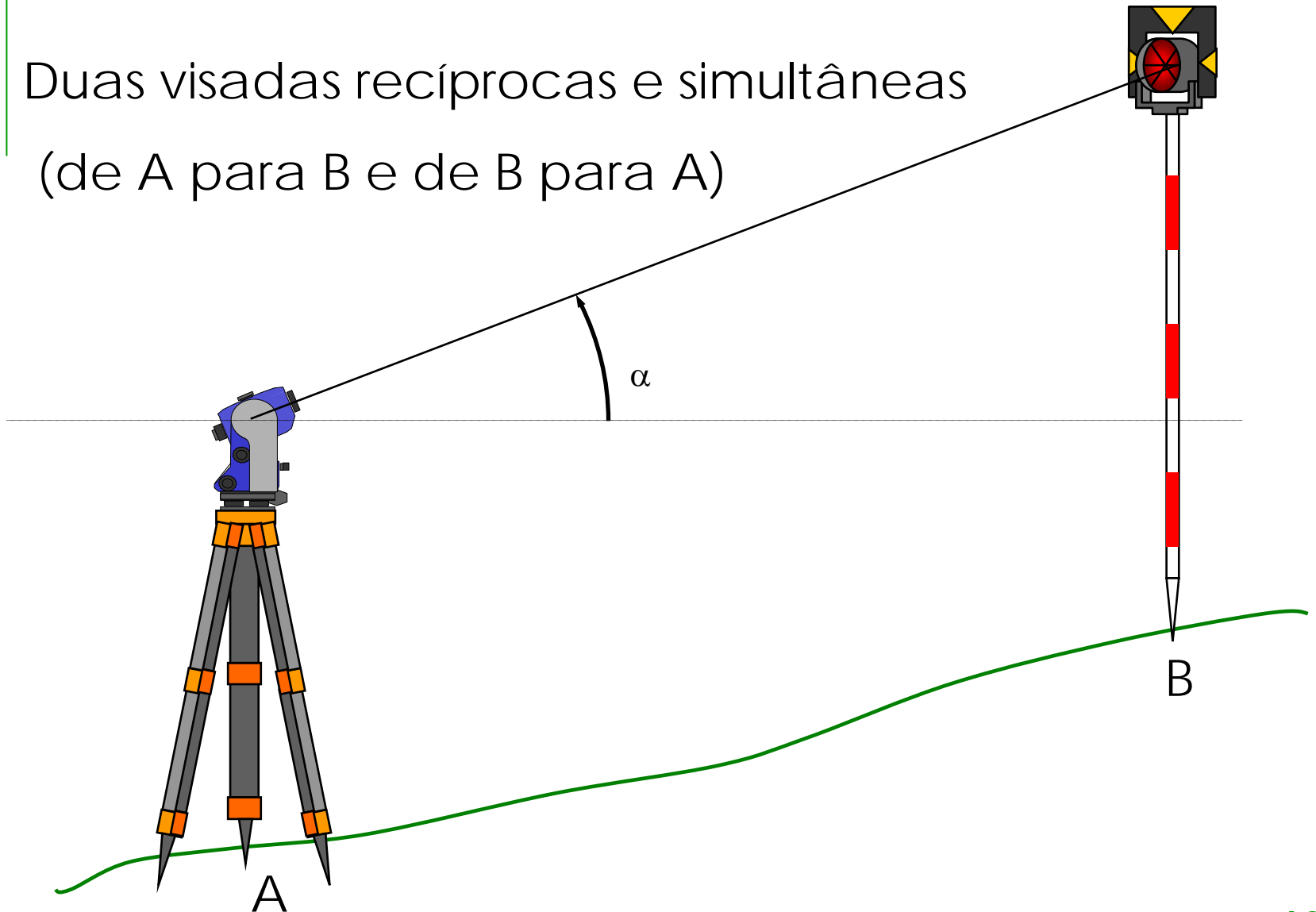
Equipamentos de automatização do processo:

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

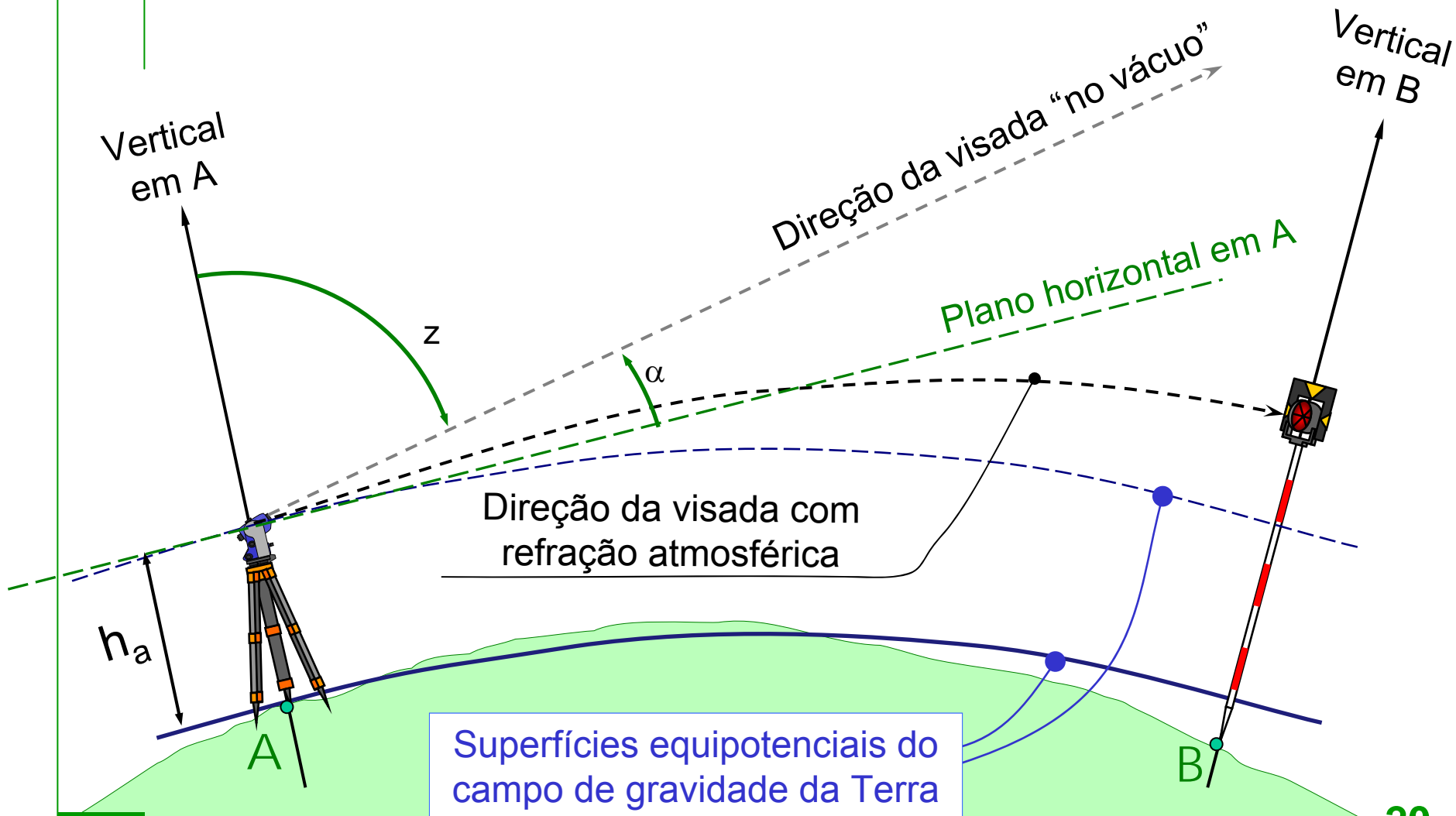


# Nivelamento Trigonométrico

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



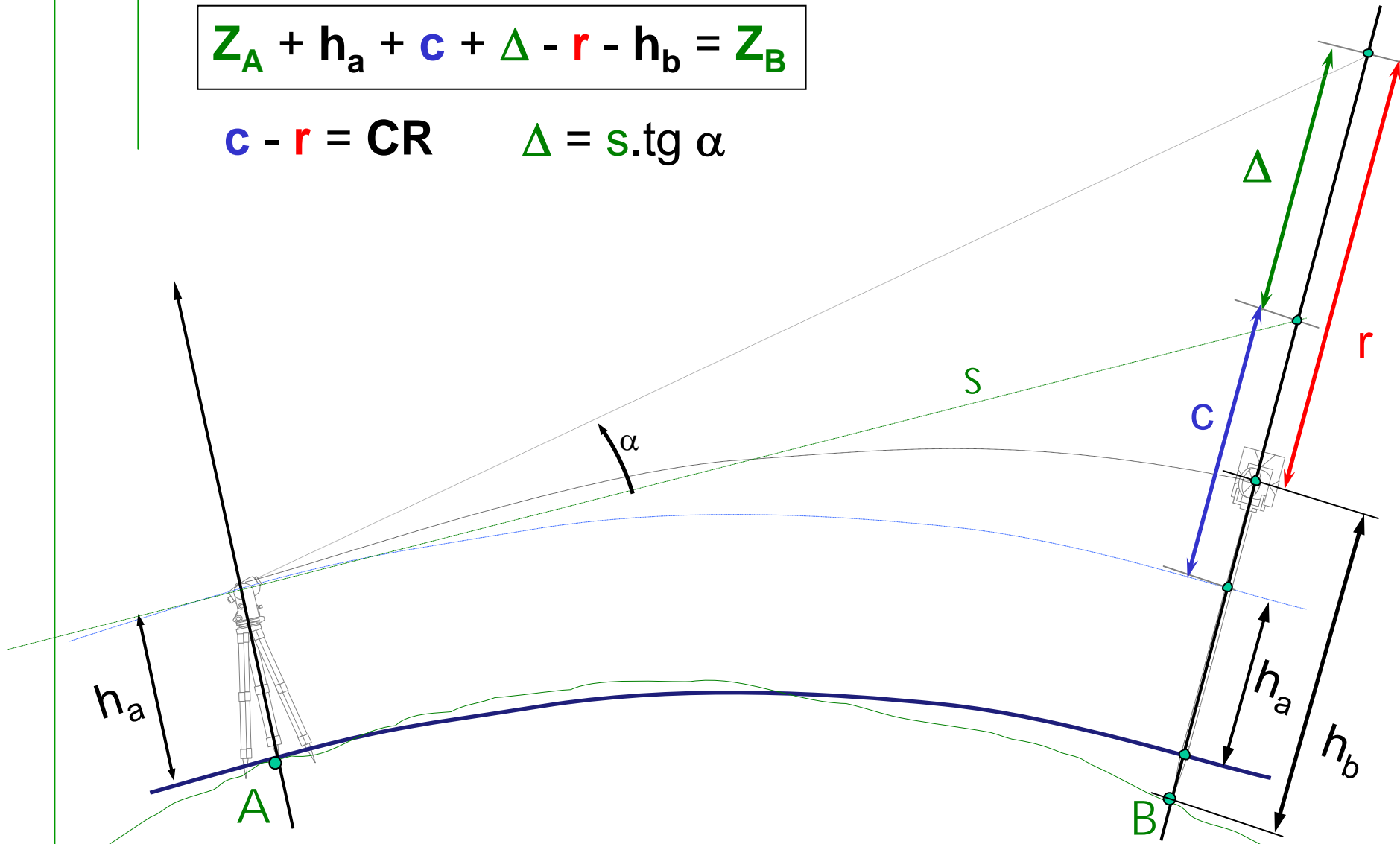
# Nivelamento Trigonométrico



# Nivelamento Trigonométrico

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

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



# Nivelamento Trigonométrico

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

*visadas recíprocas simultâneas*

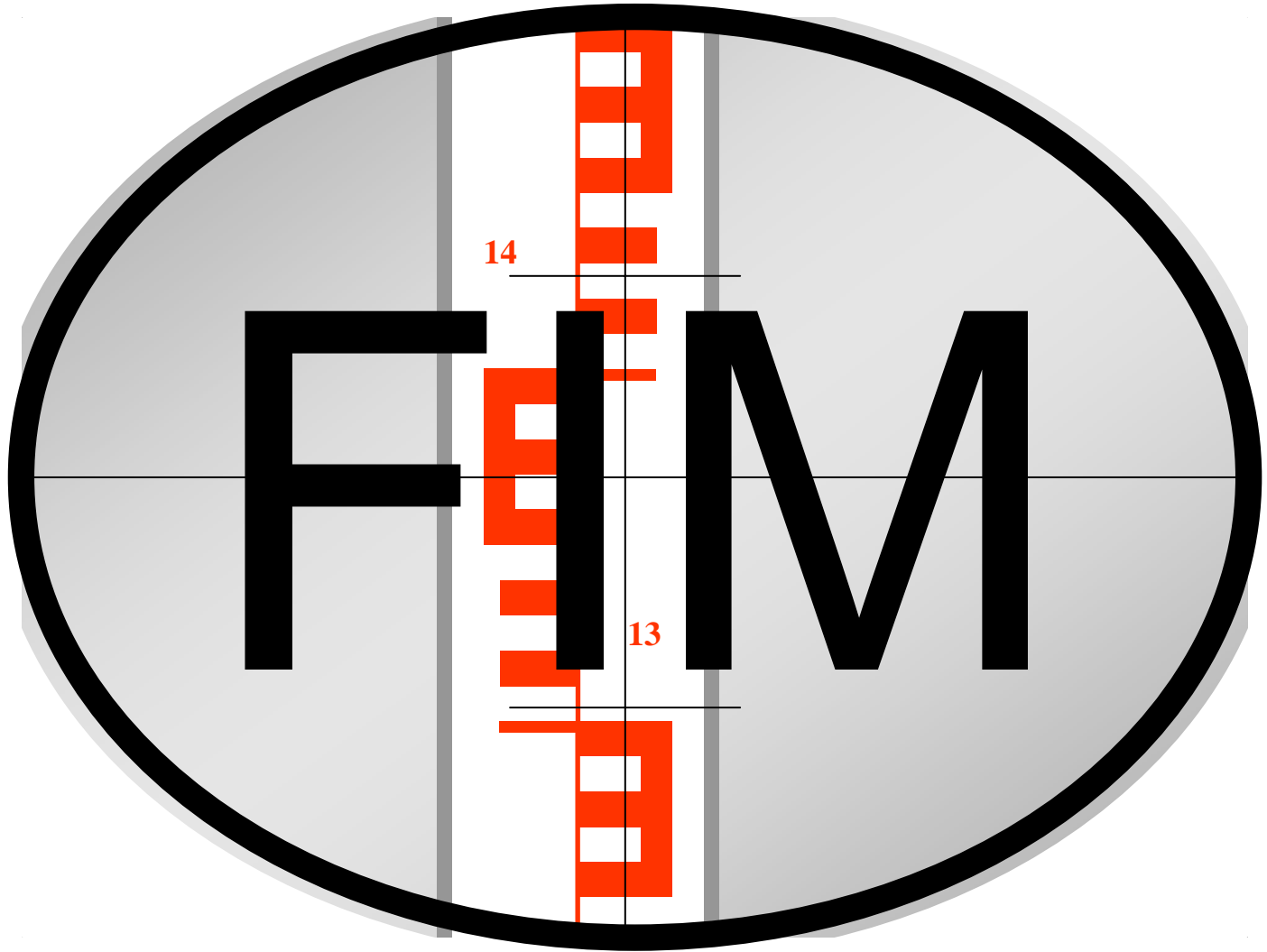
$$Z_B + h_{b2} + CR + \Delta_b - h_{a2} = Z_A \quad (2)$$

*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*

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



14

13