



# **TOPOGRAFIA**

## **ALTIMETRIA: LEVANTAMENTO COMPOSTO**

Prof. Dr. Daniel Caetano

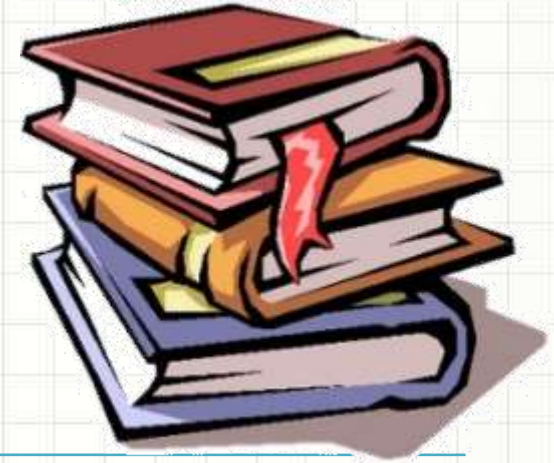
2016 - 1

# Objetivos

- Nivelamento geométrico composto
- Distribuição de Erros
- Nivelamento em Percurso Fechado



# Material de Estudo



---

## Material

## Acesso ao Material

Apresentação

<http://www.caetano.eng.br/>  
(Topografia – Aula 5)

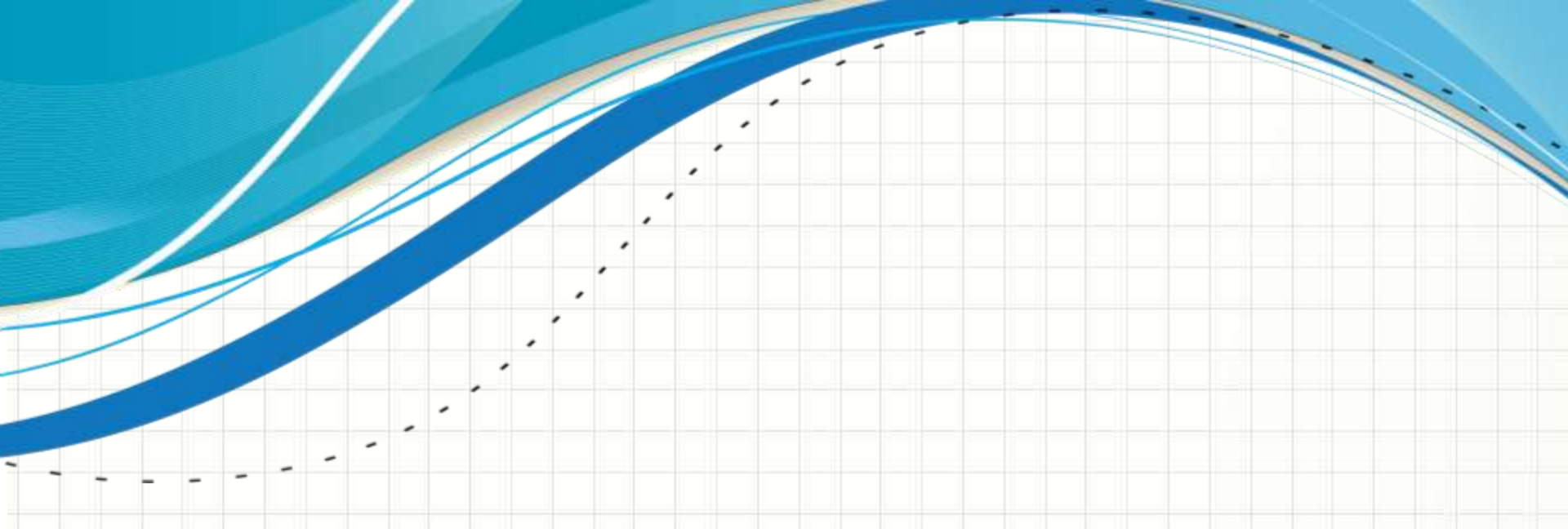
Material Didático

Topografia – Parte 2 – Págs 104-134

Biblioteca

Topografia v.1 (Borges)

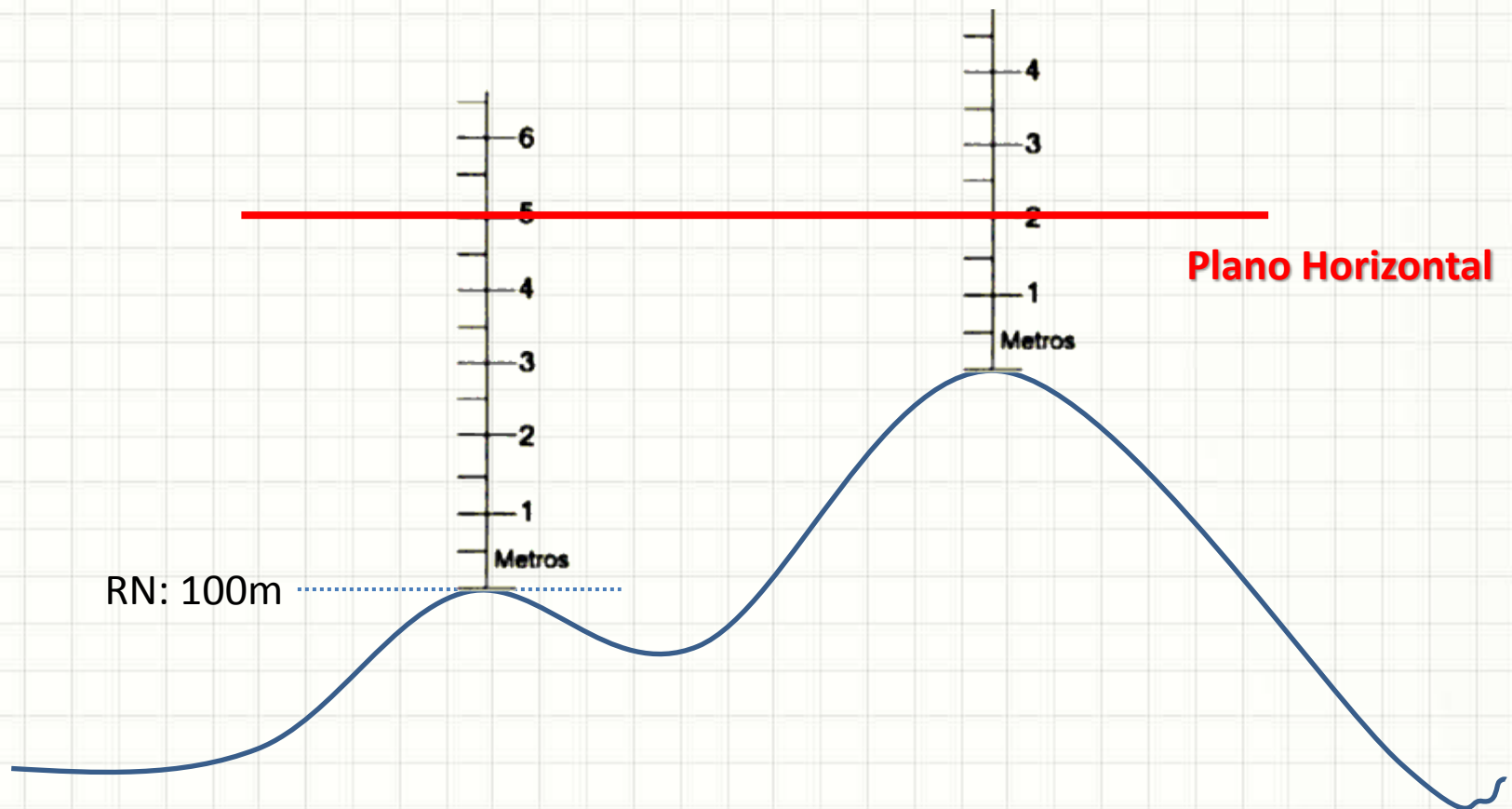
---



# **NIVELAMENTO GEOMÉTRICO COMPOSTO**

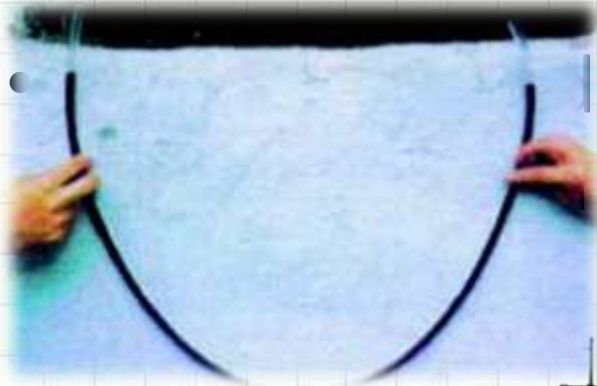
# Nivelamento Geométrico Simples

- Na aula passada, nivelamento simples
  - Diferença de um referencial para outro

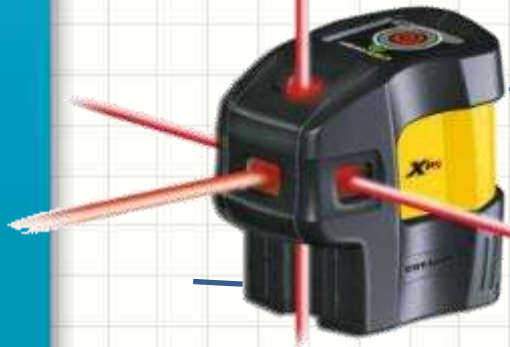




# Nivelamento Geométrico Simples



la, nivelam  
referenci



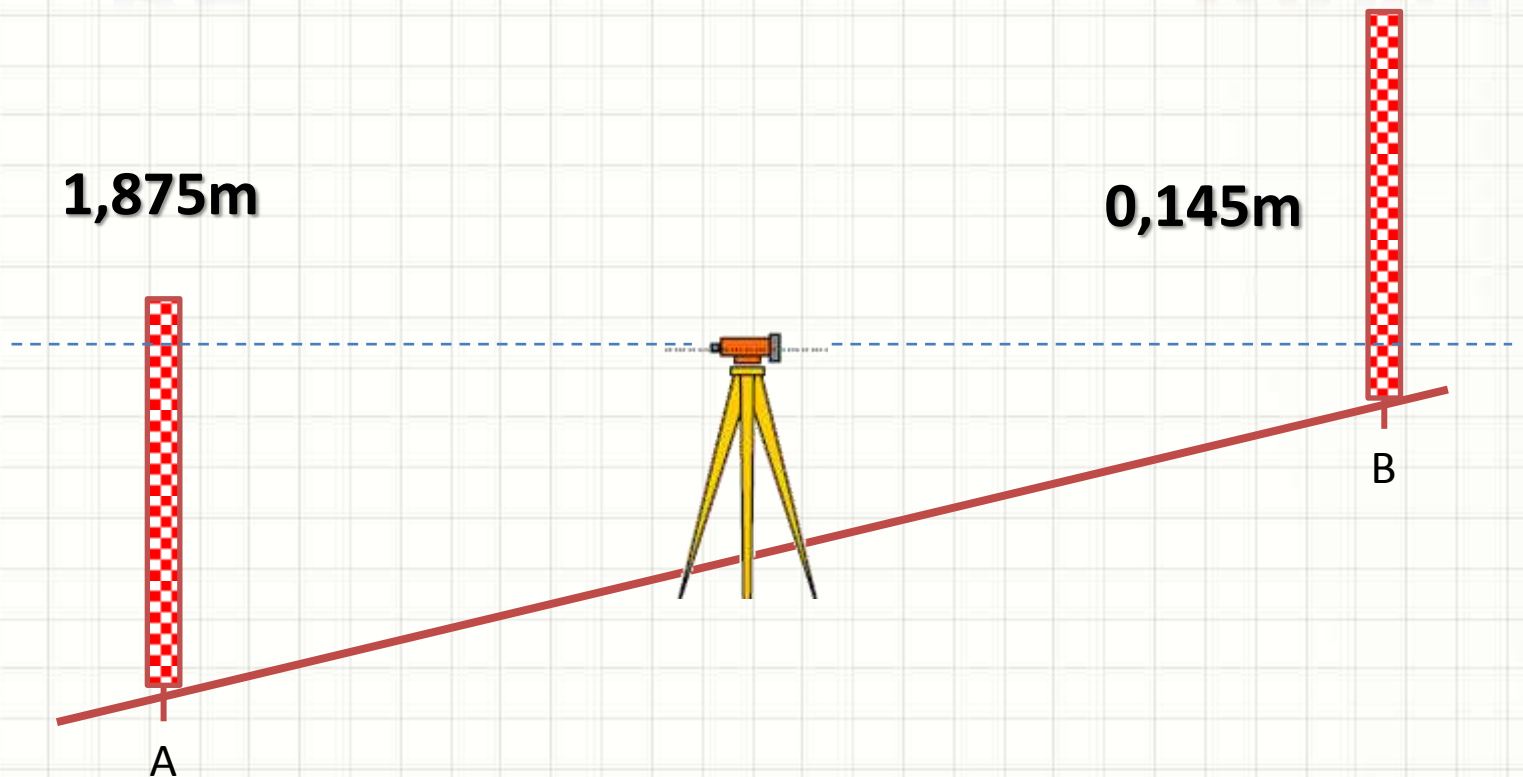
cal

# Nivelamento Geométrico Simples

- Em campo, usamos o nível óptico

**RÉ**

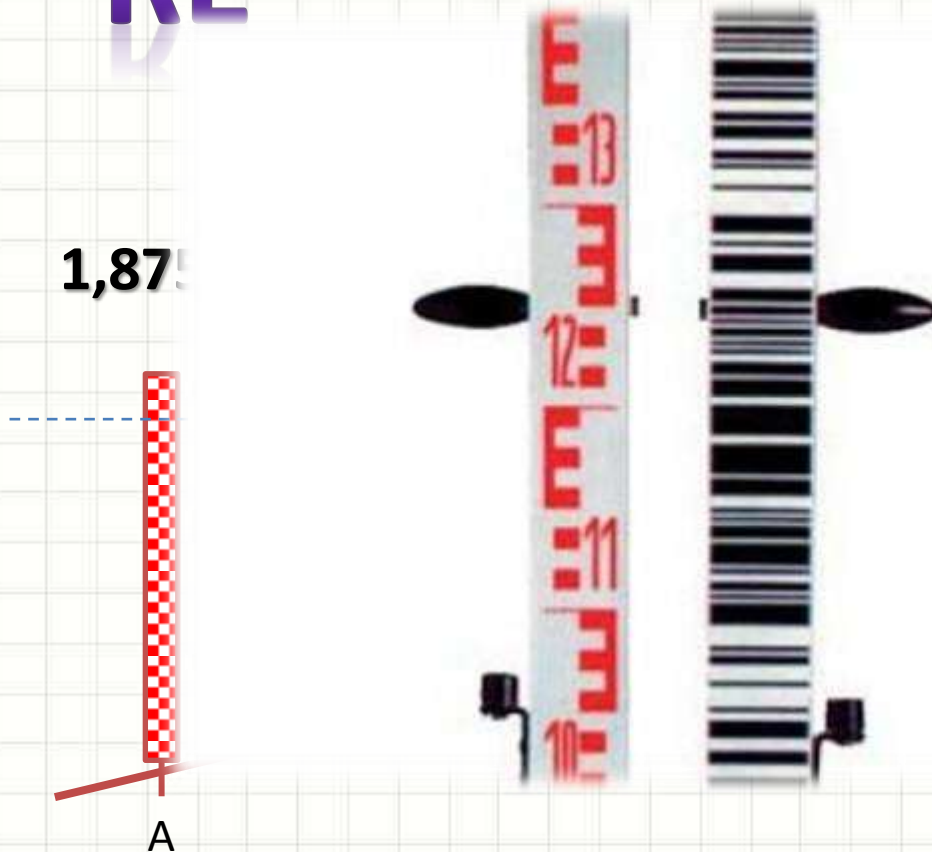
**VANTE**



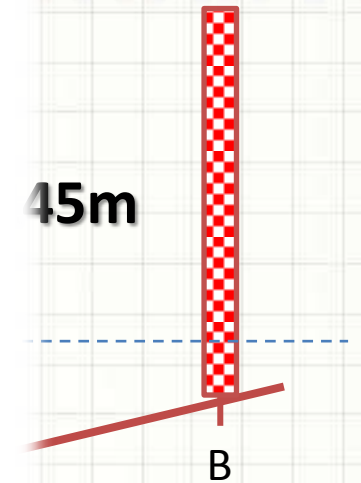
# Nivelamento Geométrico Simples

- Em campo, usamos o nível óptico

**RÉ**



**VANTE**

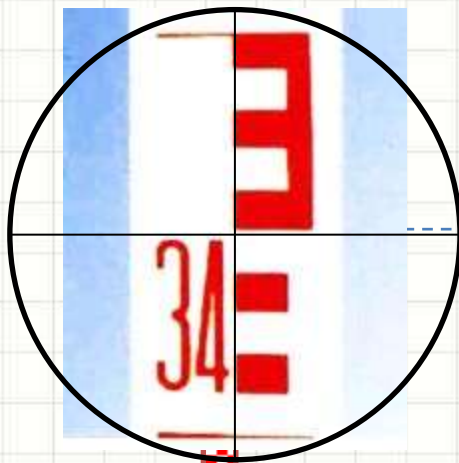




# Nivelamento Geométrico Simples

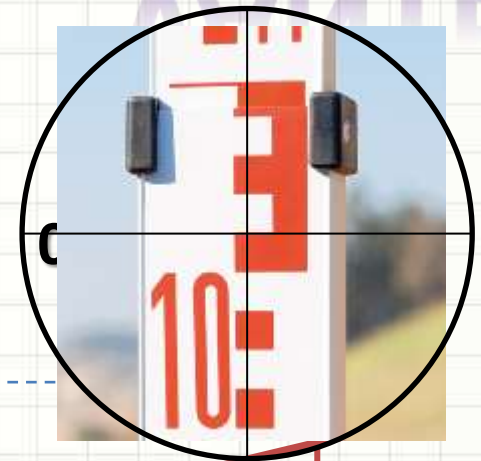
- Em campo, usamos o nível óptico

**RÉ**

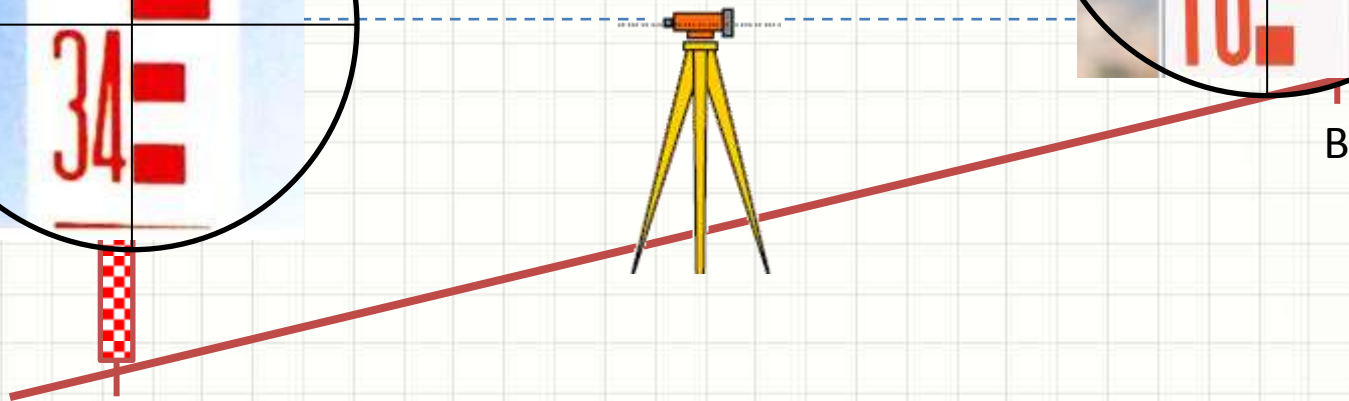


A

**VANTE**

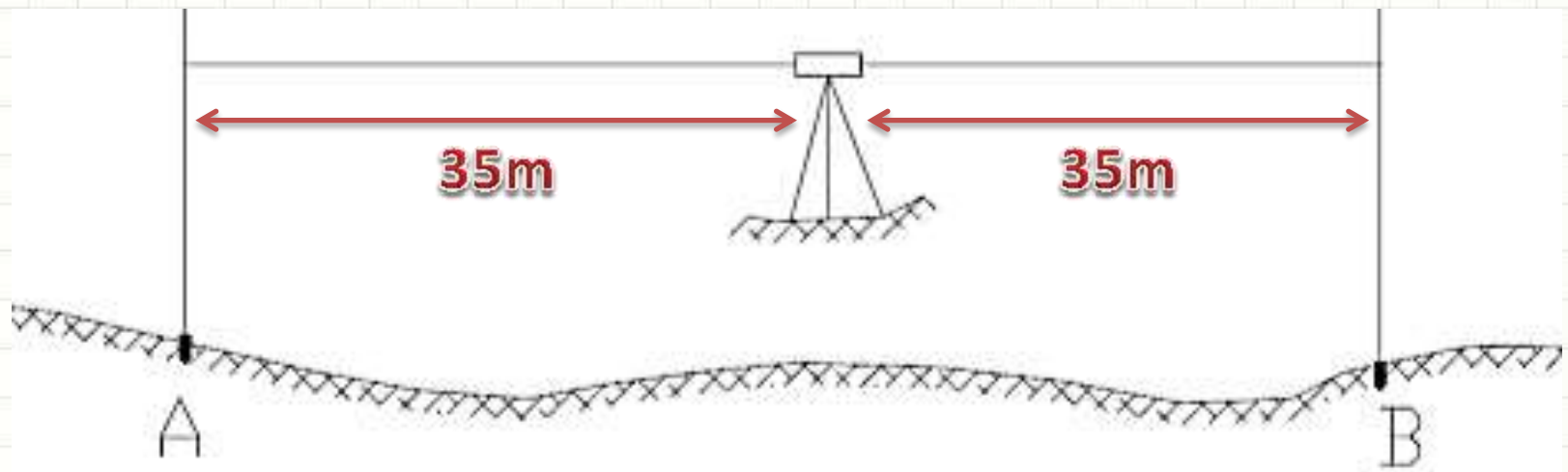


B



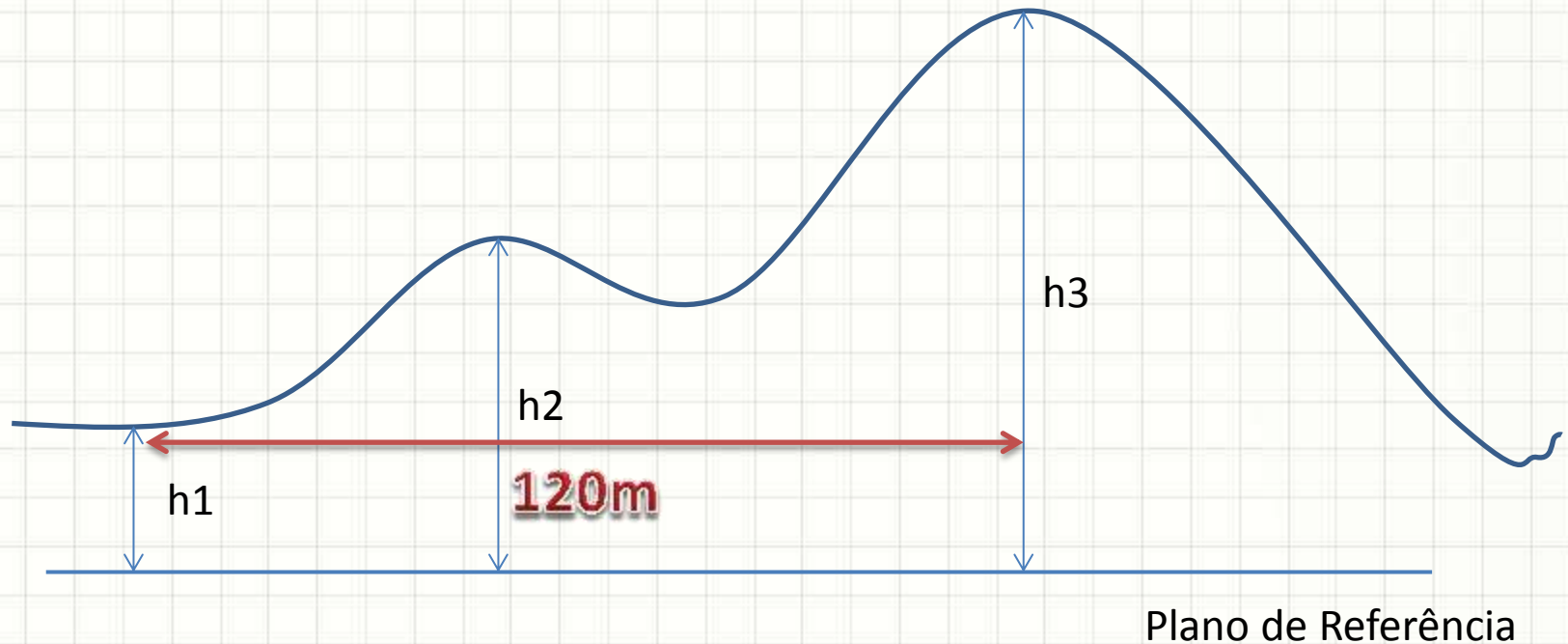
# Nivelamento Geométrico Simples

- Medida de diferenças de nível
  - Baseada em um único referencial
- Distâncias de até 70m...
  - 100m com muito esforço, e baixa precisão



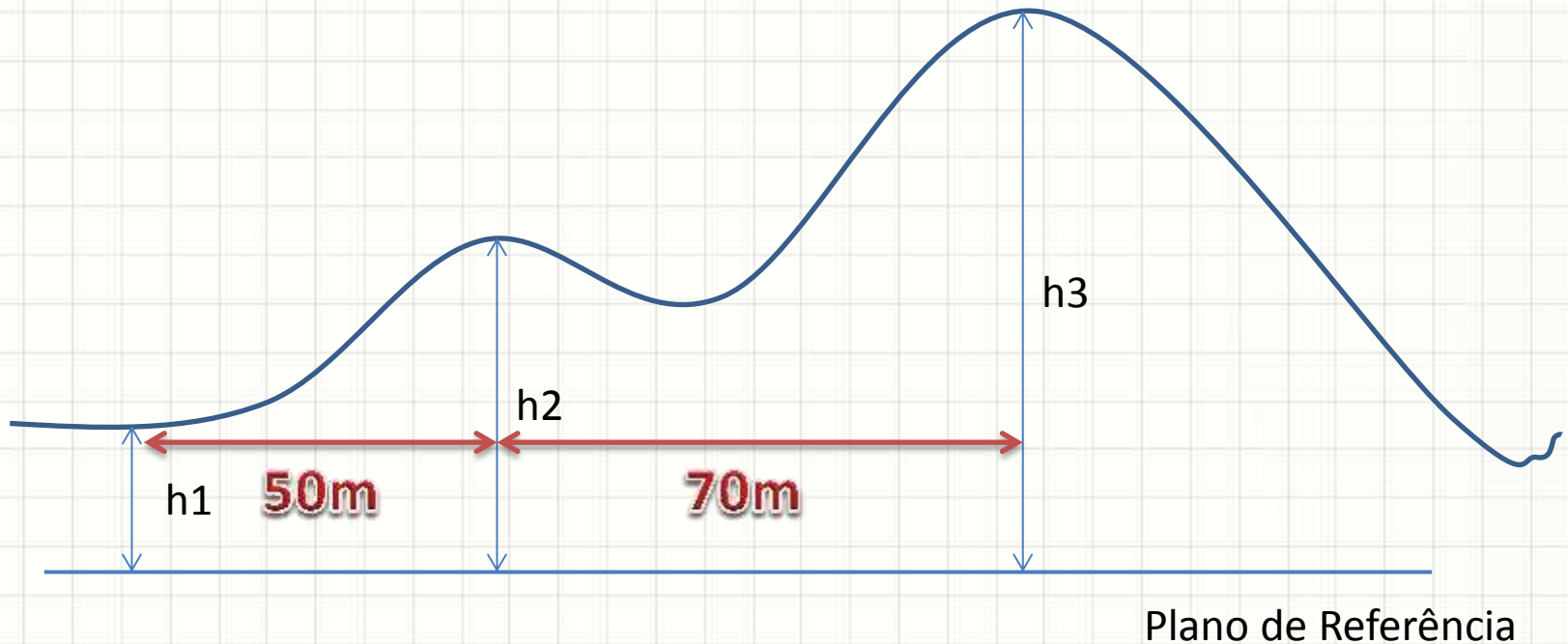
# Nivelamento Geométrico Composto

- Medir diferenças em distâncias maiores?



# Nivelamento Geométrico Composto

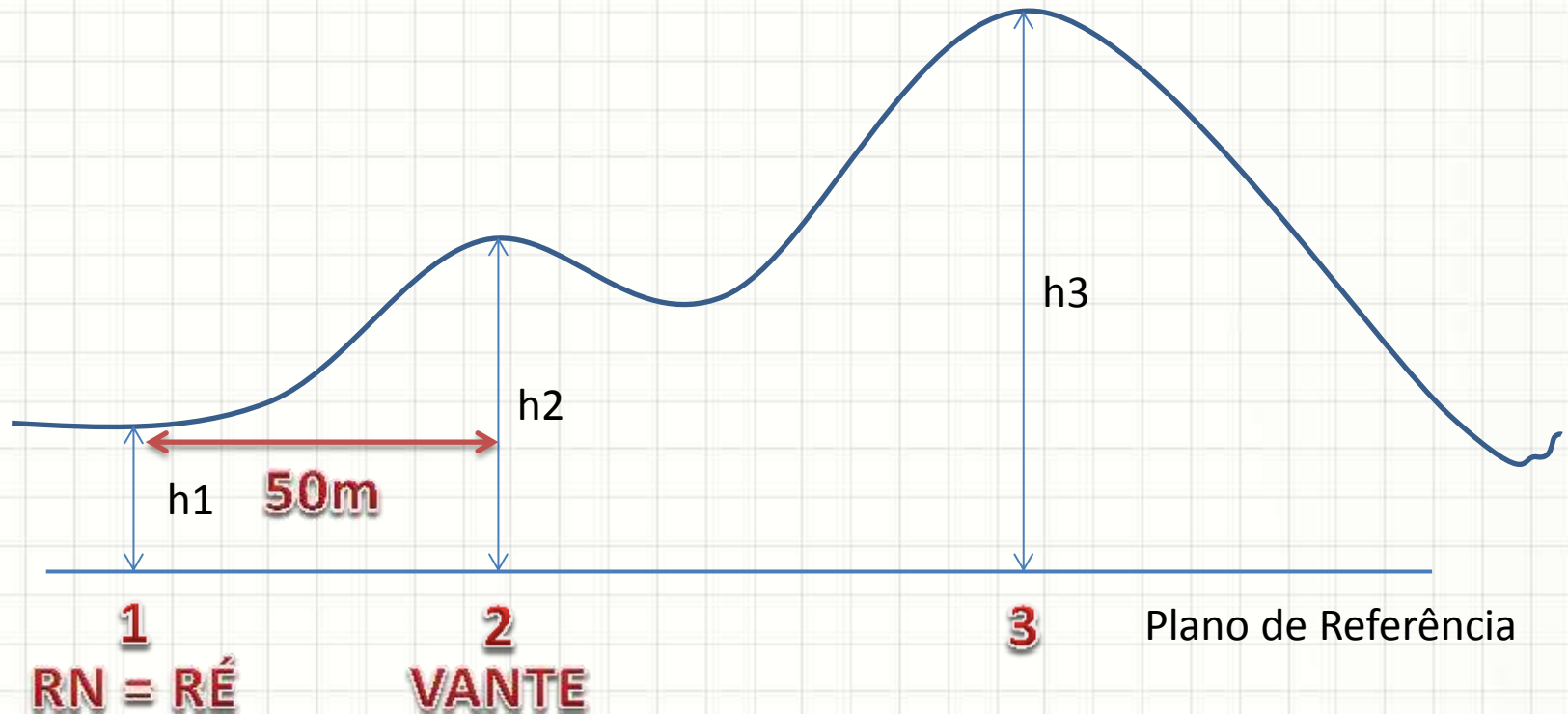
- Medir diferenças em distâncias maiores?
  - Medir em várias etapas!





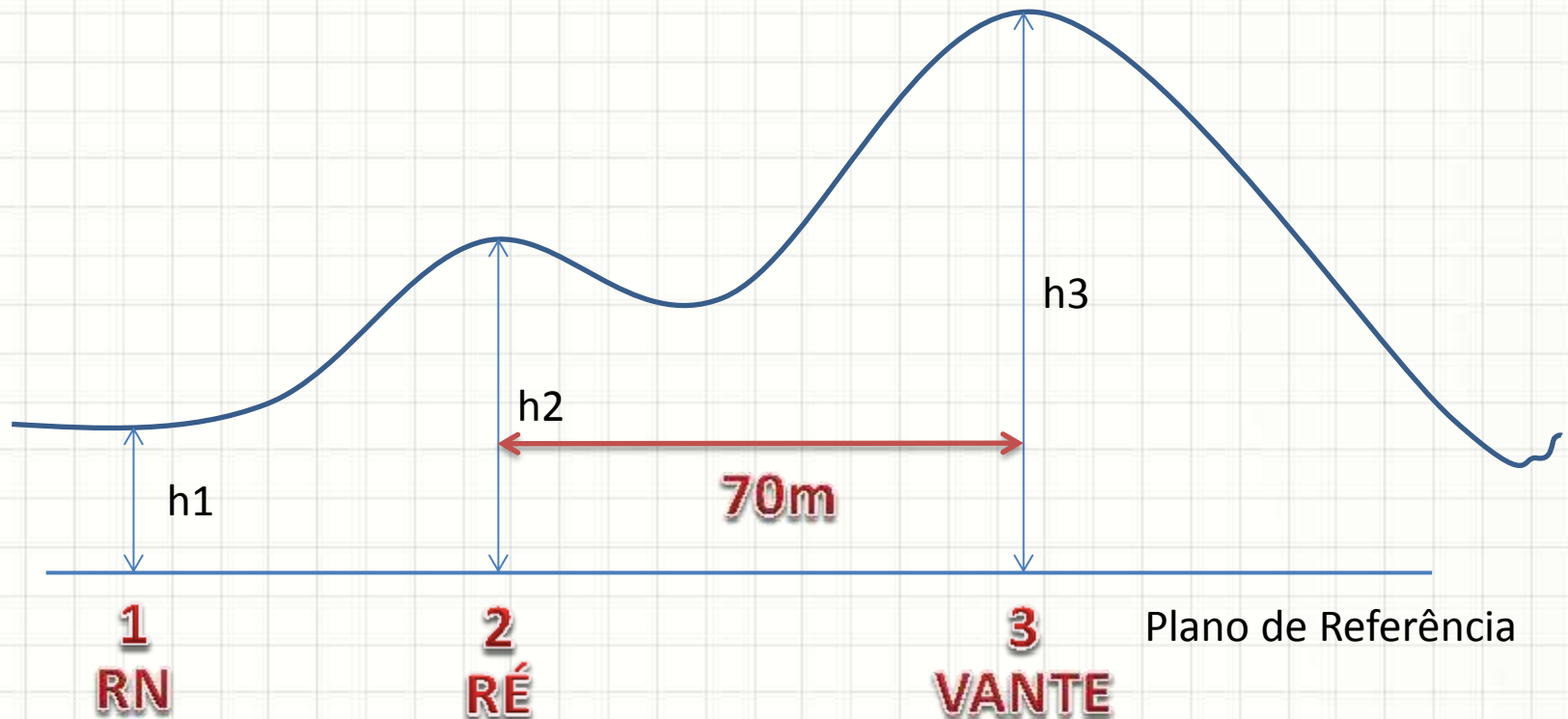
# Nivelamento Geométrico Composto

- Usamos: referência temporária em cada etapa!



# Nivelamento Geométrico Composto

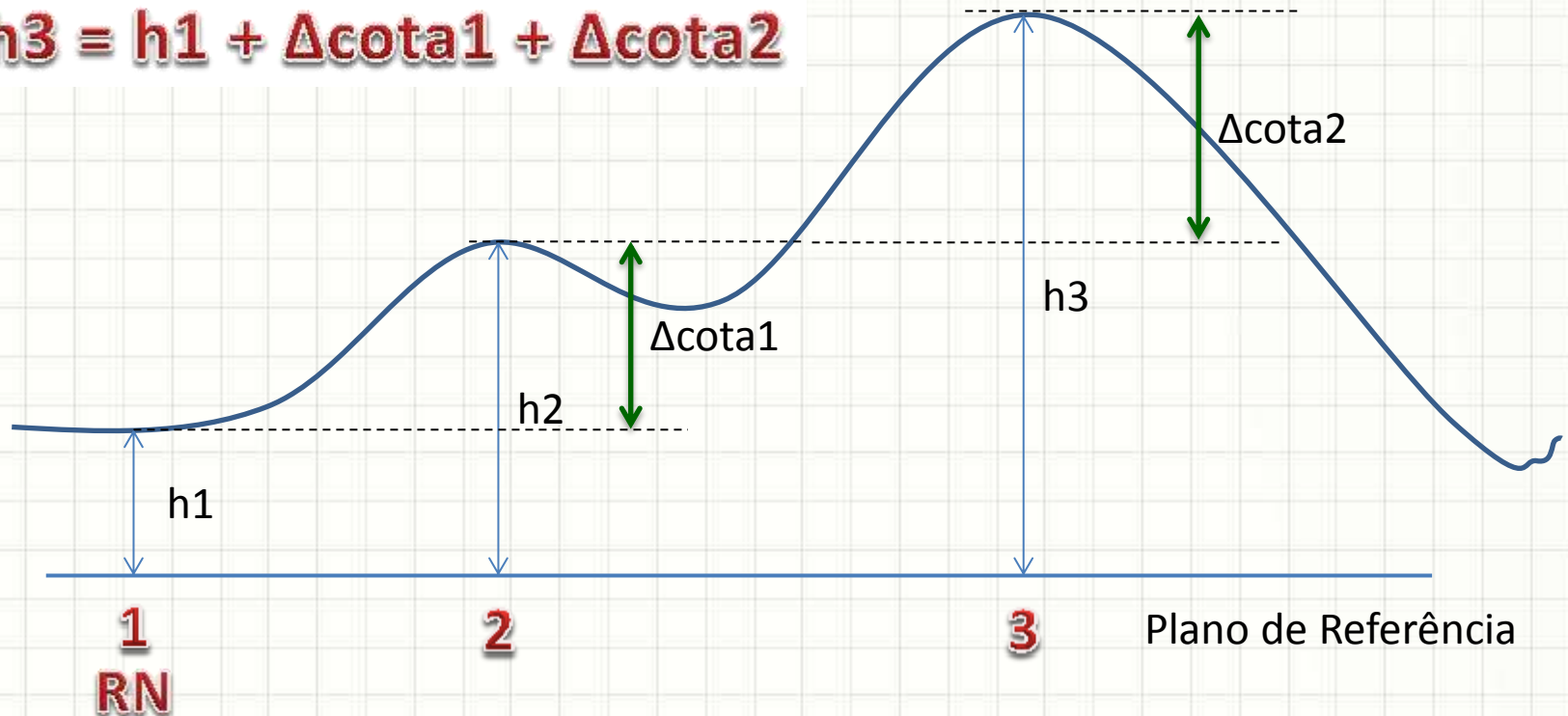
- Usamos: referência temporária em cada etapa!



# Nivelamento Geométrico Composto

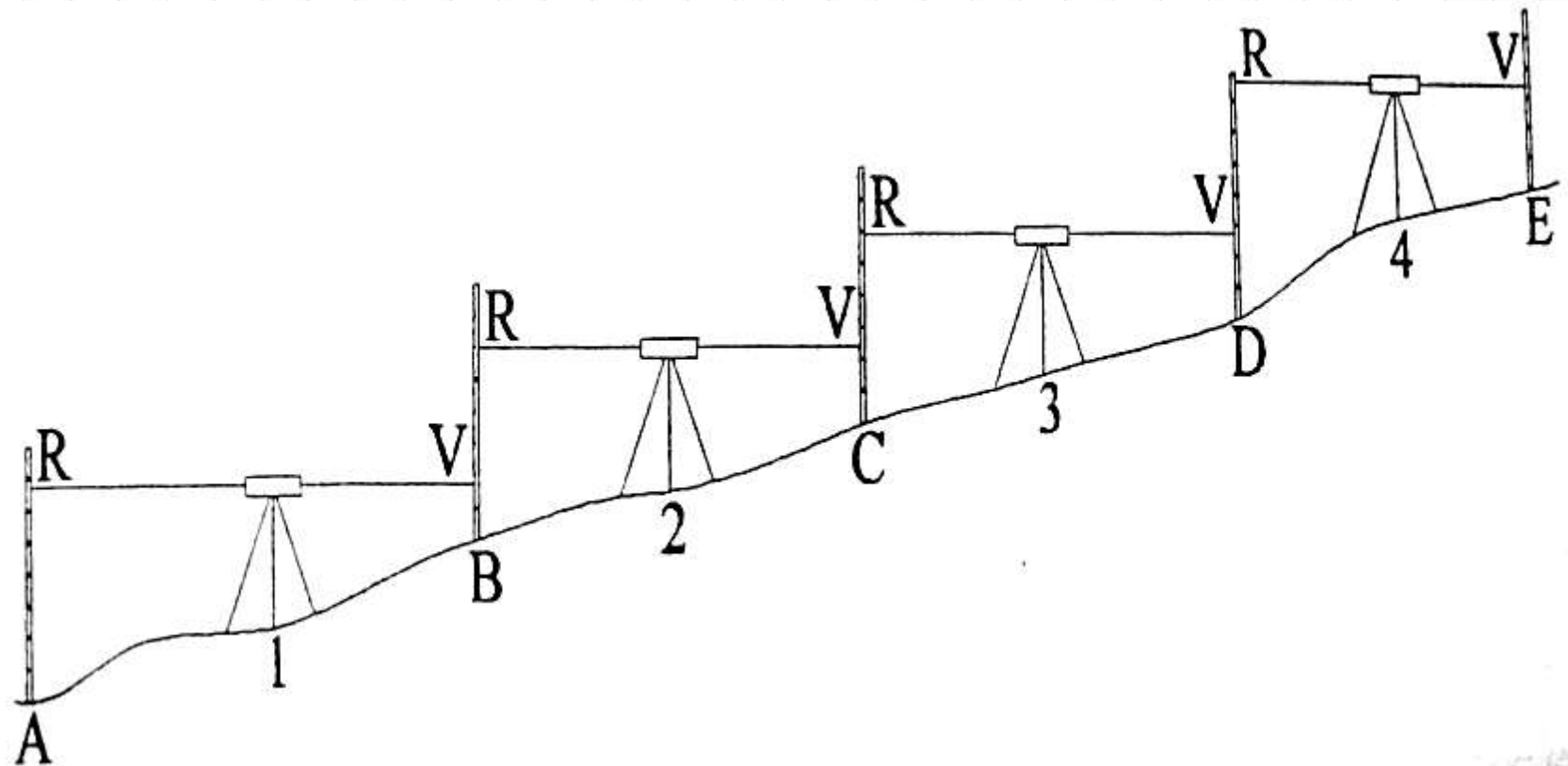
- Usamos: referência temporária em cada etapa!

$$h_3 = h_1 + \Delta cota_1 + \Delta cota_2$$



# Nivelamento Geom. Composto

- Em campo...
  - Referência Temporária: **Ré**
  - Ponto medido: **Vante**





# Nivelamento Geom. Composto

- Planilha: um pouco mais complexa

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498		865,426	
E2		1,923		
E2	2,799			
E3		1,851		
E3	2,097			
E4		1,339		
E4	1,925			
E5		1,823		

$$\Delta cota = ré - vante$$

# Nivelamento Geom. Composto

- Planilha: um pouco mais complexa

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498		865,426	
E2		1,923		
E2	2,799			
E3		1,851		
E3	2,097			
E4		1,339		
E4	1,925			
E5		1,823		

$$\Delta cota = ré - vante$$

$$C_{\text{ponto}} = C_{\text{ref}} + \Delta cota$$

# Nivelamento Geom. Composto

- Planilha: um pouco mais complexa

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498		865,426	
E2		1,923		
E2	2,799			
E3		1,851		
E3	2,097			
E4		1,339		
E4	1,925			
E5		1,823		

$$\Delta cota = ré - vante$$

$$\Delta cota = 1,498 - 1,923$$

$$\Delta cota = -0,425$$

$$C_{\text{ponto}} = C_{\text{ref}} + \Delta cota$$

$$C_{\text{ponto}} = 865,426 + (-0,425)$$

# Nivelamento Geom. Composto

- Planilha: um pouco mais complexa

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498		865,426	
E2		1,923	865,001	
E2	2,799			
E3		1,851		
E3	2,097			
E4		1,339		
E4	1,925			
E5		1,823		



# Nivelamento Geom. Composto

- Planilha: um pouco mais complexa

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498		865,426	
E2		1,923	865,001	
E2	2,799			
E3		1,851	865,949	
E3	2,097			
E4		1,339		
E4	1,925			
E5		1,823		

# Nivelamento Geom. Composto

- Planilha: um pouco mais complexa

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498		865,426	
E2		1,923	865,001	
E2	2,799			
E3		1,851	865,949	
E3	2,097			
E4		1,339	866,707	
E4	1,925			
E5		1,823		

# Nivelamento Geom. Composto

- Planilha: um pouco mais complexa

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498		865,426	
E2		1,923	865,001	
E2	2,799			
E3		1,851	865,949	
E3	2,097			
E4		1,339	866,707	
E4	1,925			
E5		1,823	866,809	

# Nivelamento Geom. Composto

- Planilha: um pouco mais complexa

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498		865,426	
E2		1,923	865,001	
E2	2,799			
E3		1,851	865,949	
E3	2,097			
E4		1,339	866,707	
E4	1,925			
E5		1,823	866,809	

# Nivelamento Geom. Composto

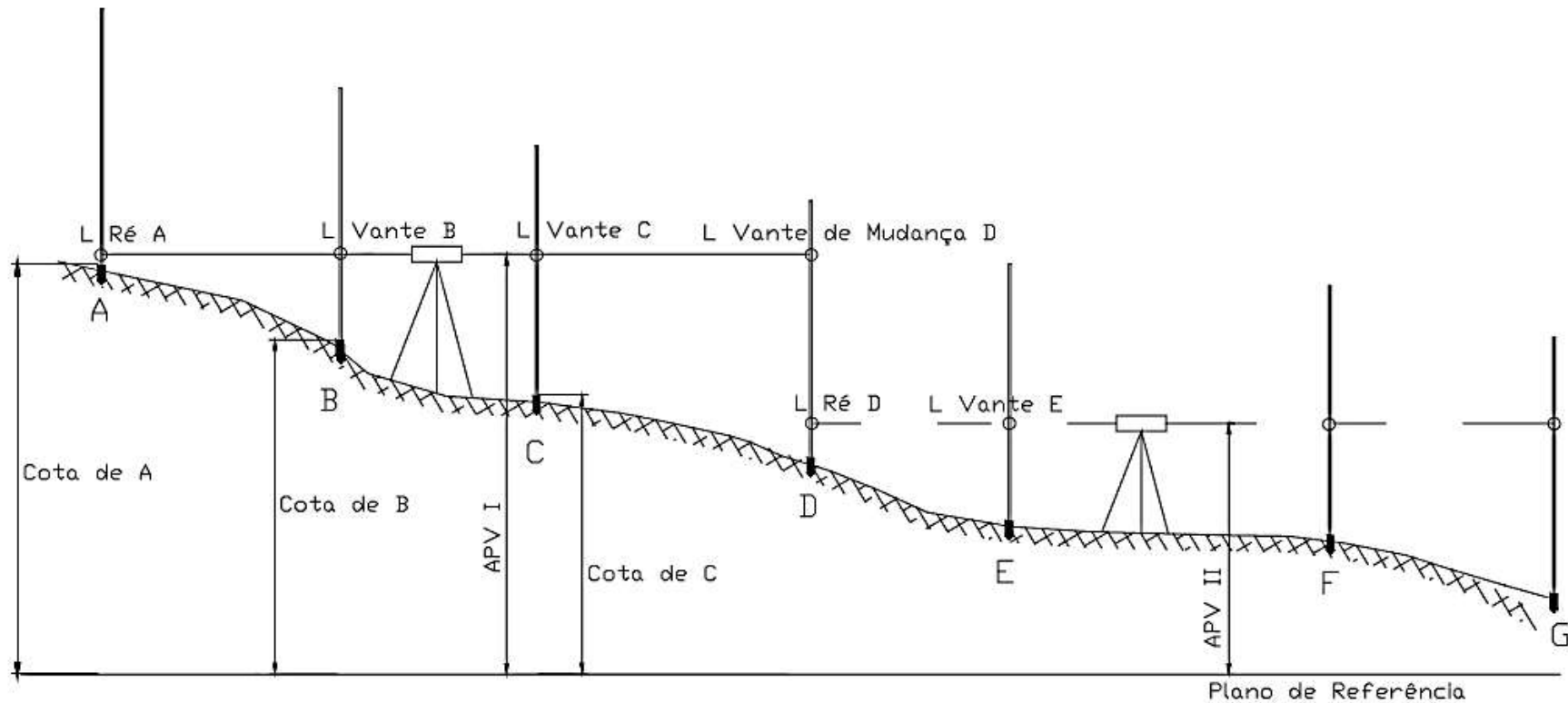
- Planilha Alternativa

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN/E2	1,498	1,923	<b>865,426</b>	
E2/E3	2,799	1,851	865,001	
E3/E4	2,097	1,339	865,949	
E4/E5	1,925	1,823	866,707	
E5			866,809	

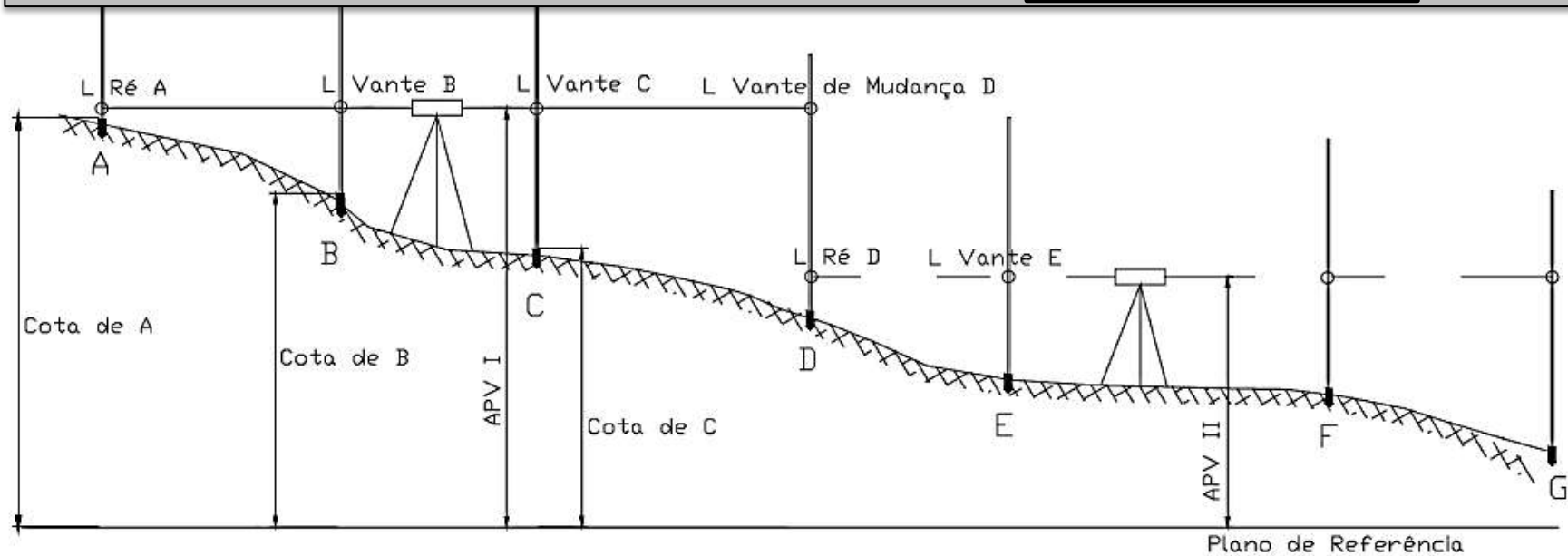
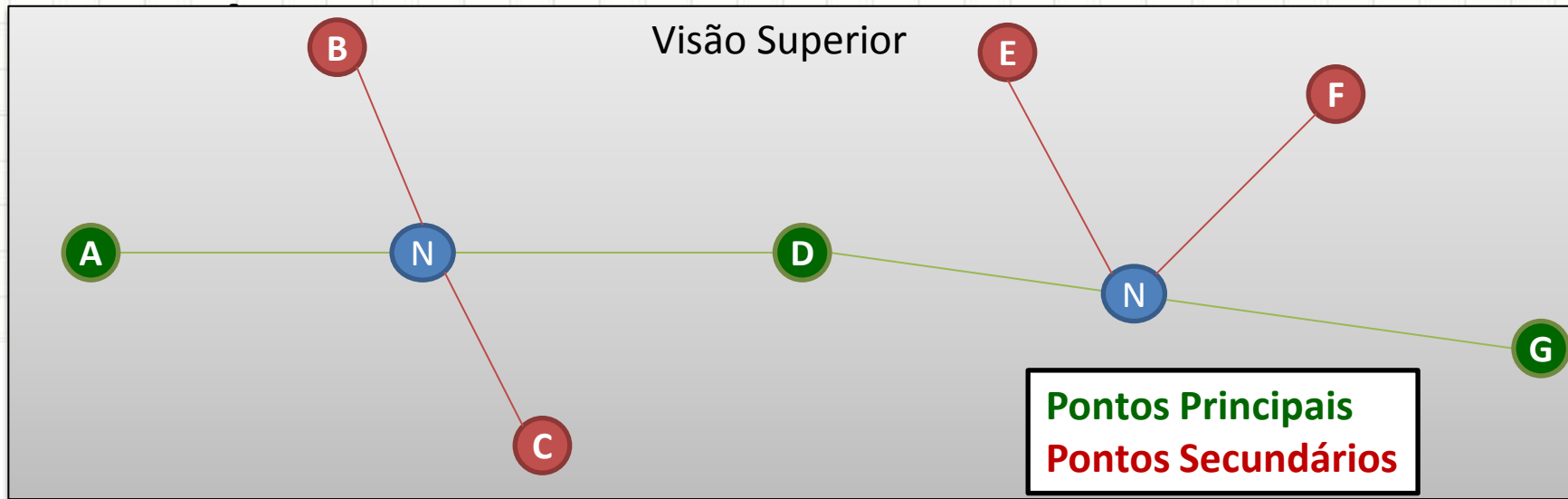


# Nivelamento Geom. Composto

- Outro caso...



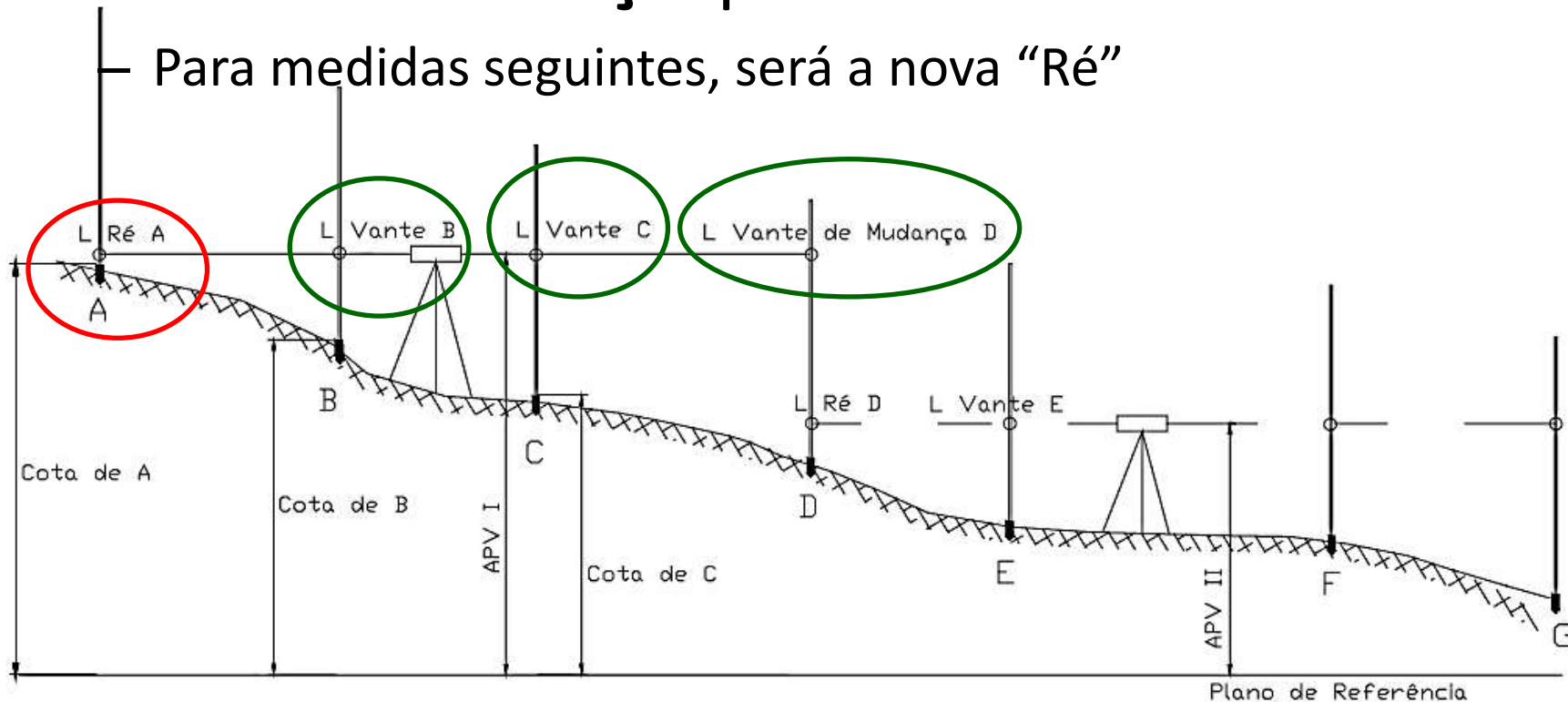
# Nivelamento Geom. Composto



# Nivelamento Geom. Composto

- Referência Temporária: **Ré**
- Ponto medido: **Vante** ou **Vante de Mudança**
- **Vante de Mudança**: passará a ser referência

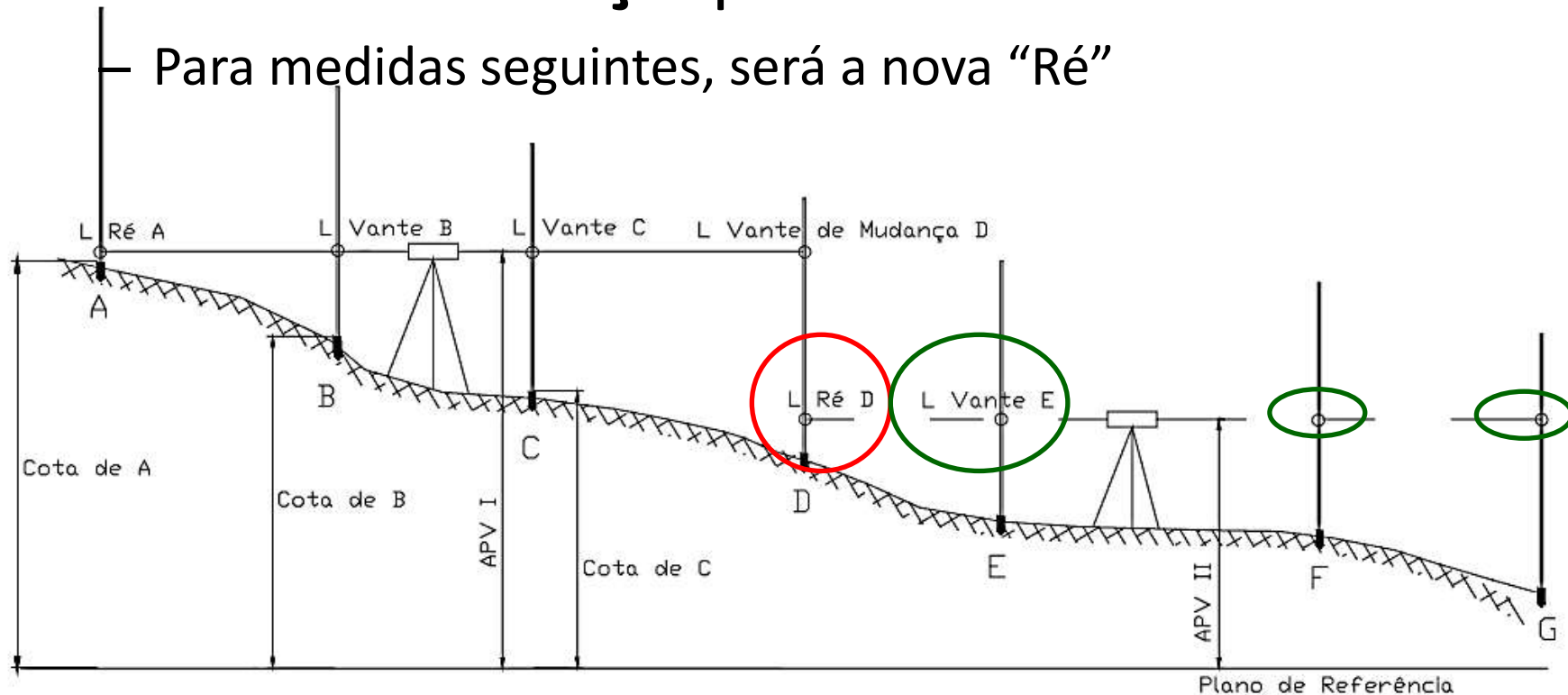
— Para medidas seguintes, será a nova “Ré”



# Nivelamento Geom. Composto

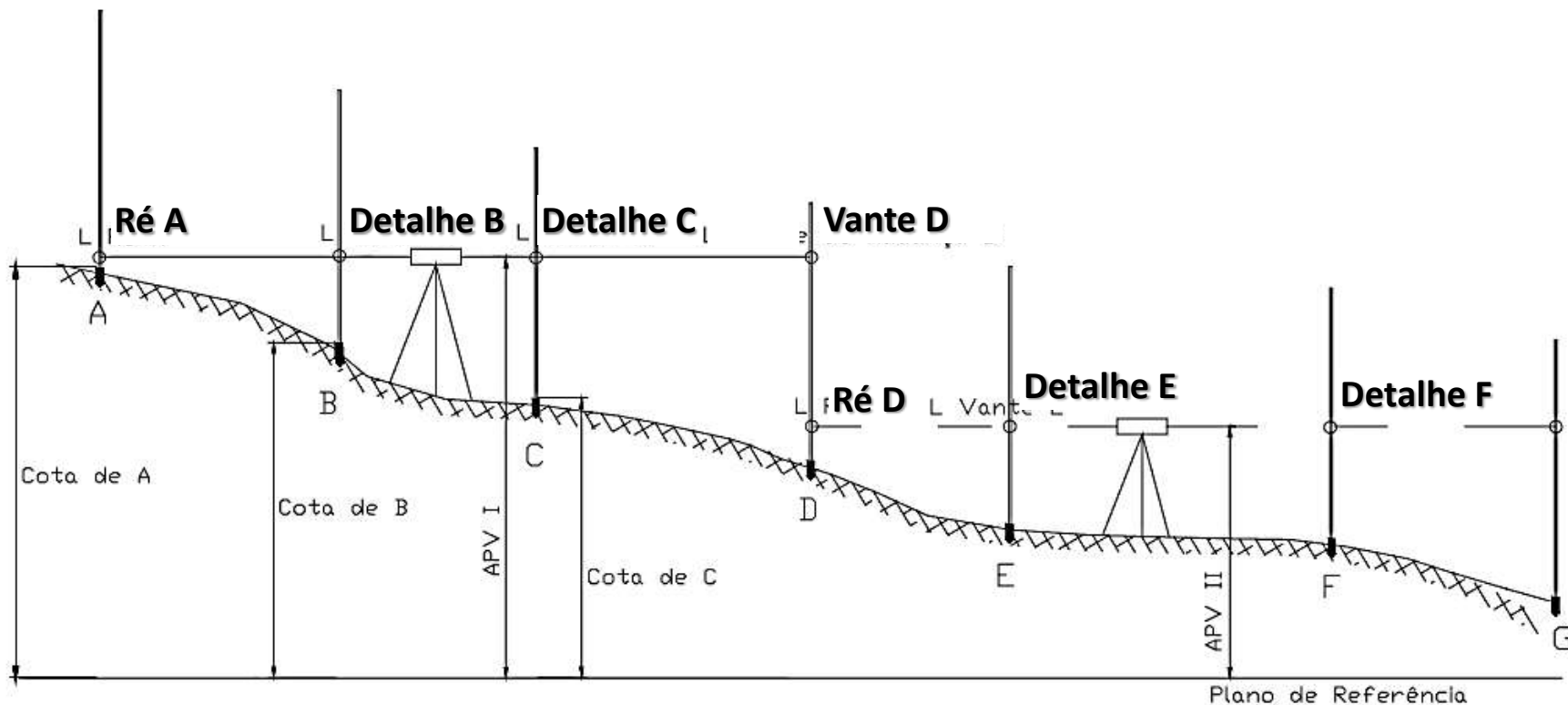
- Referência Temporária: **Ré**
- Ponto medido: **Vante** ou **Vante de Mudança**
- **Vante de Mudança**: passará a ser referência

— Para medidas seguintes, será a nova “Ré”



# Nivelamento Geom. Composto

- É usual chamar as “vantes intermediárias”...
  - ... de **Detalhes**
- E as “vantes de mudança” apenas de **vantes**





# Nivelamento Geom. Composto

- Neste caso, a planilha ganha uma coluna

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498			865,426	
E2			1,923		
E3		1,851			
E3	2,097				
E4			1,339		
E6		1,925			
E6	1,823				
E7		1,550			

**Detalhes  
aparecem em  
uma única linha  
intermediária**

# Nivelamento Geom. Compensado

- Neste caso, a planilha ganha um

**Ao calcular,  
vamos pular os  
detalhes**

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498			865,426	
E2			1,923		
E3		1,851			
E3	2,097				
E4			1,339		
E6		1,925			
E6	1,823				
E7		1,550			

# Nivelamento Geom. Composto

- Neste caso, a planilha ganha uma coluna

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498			865,426	
E2			1,923		
E3		1,851			
E3	2,097				
E4			1,339		
E6		1,925			
E6	1,823				
E7		1,550			

$$\Delta cota = ré - vante$$

$$C_{\text{ponto}} = C_{\text{ref}} + \Delta cota$$

# Nivelamento Geom. Composto

- Neste caso, a planilha ganha uma coluna

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498			865,426	
E2			1,923		
E3		1,851		865,073	
E3	2,097				
E4			1,339		
E6		1,925			
E6	1,823				
E7		1,550			

# Nivelamento Geom. Composto

- Neste caso, a planilha ganha uma coluna

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498			865,426	
E2			1,923		
E3		1,851		865,073	
E3	2,097				
E4			1,339		
E6		1,925		865,245	
E6	1,823				
E7		1,550			



# Nivelamento Geom. Compensado

- Neste caso, a planilha ganha um

**Vamos, agora,  
calcular os  
detalhes**

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498			865,426	
E2			1,923		
E3		1,851		865,073	
E3	2,097				
E4			1,339		
E6		1,925		865,245	
E6	1,823				
E7		1,550		865,518	

# Nivelamento Geom. Composto

- Neste caso, a planilha ganha uma coluna

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498			865,426	
E2			1,923	865,001	
E3		1,851		865,073	
E3	2,097				
E4			1,339		
E6		1,925		865,245	
E6	1,823				
E7		1,550		865,518	

# Nivelamento Geom. Composto

- Neste caso, a planilha ganha uma coluna

Ponto Visado	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,498			865,426	
E2			1,923	865,001	
E3		1,851		865,073	
E3	2,097				
E4			1,339	865,831	
E6		1,925		865,245	
E6	1,823				
E7		1,550		865,518	

# Nivelamento Geom. Composto

- É usual, ainda, indicar a distância

Ponto Visado	Distância (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	40,6	1,498			865,426	
E2	40,1			1,923	865,001	
E3	39,2		1,851		865,073	
E3	38,9	2,097				
E4	43,4			1,339	865,831	
E6	43,6		1,925		865,245	
E6	42,5	1,823				
E7	41,7		1,550		865,518	

# Nivelamento Geom. Composto

- Linha Principal: RN-E3-E6-E7 (total: 246,5m)

Ponto Visado	Distância (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	40,6	1,498			865,426	
E2	40,1			1,923	865,001	
E3	39,2		1,851		865,073	
E3	38,9	2,097				
E4	43,4			1,339	865,831	
E6	43,6		1,925		865,245	
E6	42,5	1,823				
E7	41,7		1,550		865,518	

**Somar extremos e intermediários que não são detalhes**

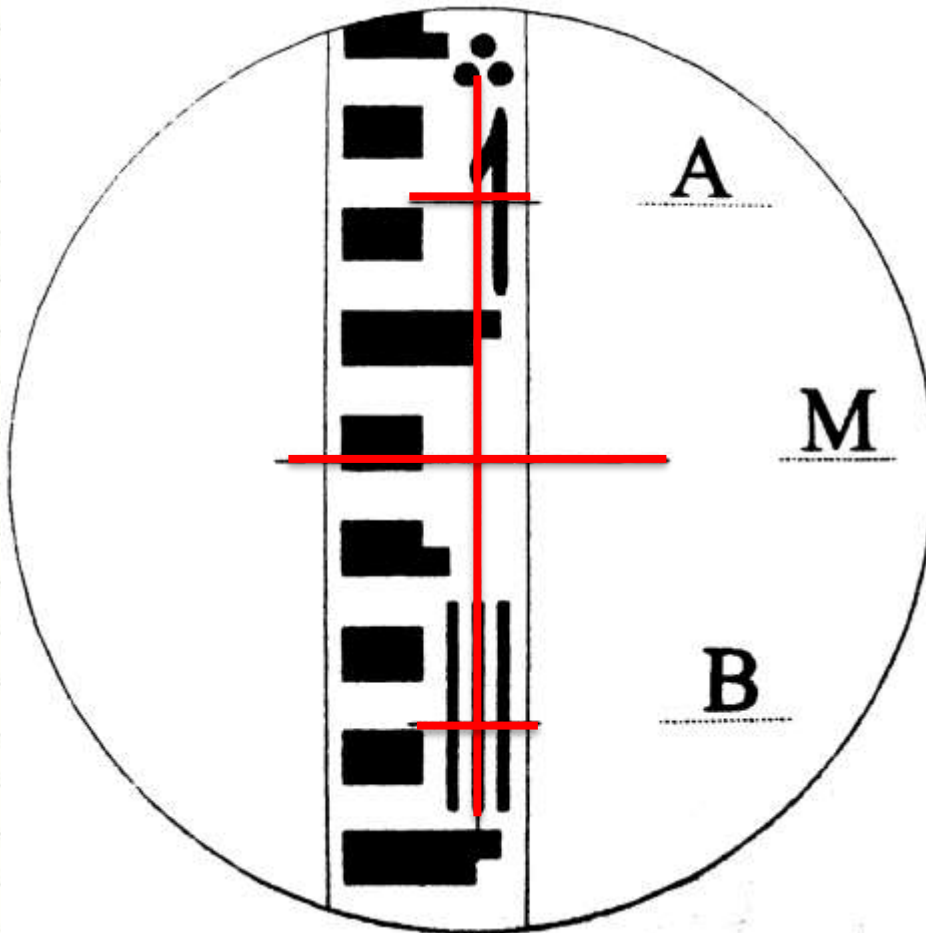




**ESTADIA**

# Estadia

- Alguns níveis e teodolitos possuem 4 retículos



$$A = 3,122\text{m}$$

$$M = 3,072\text{m}$$

$$B = 3,022\text{m}$$

# Estadia

- Usamos as leituras de A e B para confirmar M

$$A = 3,122\text{m} \quad M = 3,072\text{m} \quad B = 3,022\text{m}$$

$$M = (A+B)/2$$



**Confira!**

# Nivelamento Geométrico Completo

- Planilha (quase) completa, com estadia

Ponto Visado	Estadia (m)	Distância (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,701 1,295	40,6	1,498			865,426	
E2	2,123 1722	40,1			1,923	865,001	
E3	2,095 1,656	39,2		1,851		865,073	
E3	2,314 1,880	38,9	2,097				
E4	1,557 1,121	43,4			1,339	865,831	
E6	2,317 1,712	43,6		1,925		865,245	
E6	2,032 1,615	42,5	1,823				
E7	1,748 1,352	41,7		1,550		865,518	



# EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

# Exercícios Resolvidos

## 1. Complete a planilha abaixo

Ponto Visado	Estadia (m)	Distância (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,601 1,199	30,2				865,426	
E2	2,120 1,722	29,8					
E2	1,395 0,999	31,3					
E3	1,780 1,378	32,2					
E4	1,557 1,121	28,7					
E5	2,218 1,812	29,6					



# Exercícios Resolvidos

## 1. Complete a planilha abaixo

Ponto Visado	Estadia (m)	Distância (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,601 1,199	30,2				865,426	
E2	2,120 1,722	29,8					
E2	1,395 0,999	31,3					
E3	1,780 1,378	32,2					
E4	1,557 1,121	28,7					
E5	2,218 1,812	29,6					

# Exercícios Resolvidos

## 1. Complete a planilha abaixo

Ponto Visado	Estadia (m)	Distância (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,601 1,199	30,2	1,400			865,426	
E2	2,120 1,722	29,8		1,921		864,905	
E2	1,395 0,999	31,3	1,197				
E3	1,780 1,378	32,2			1,579	864,523	
E4	1,557 1,121	28,7			1,339	864,763	
E5	2,218 1,812	29,6		2,015		864,087	



**PAUSA PARA O CAFÉ**



**ERRO TOLERÁVEL**

# Erro Tolerável

- Imagine: sabemos a cota de 2 extremos
- Queremos medir as cotas intermediárias
- Vamos medir uma a uma...



# Erro Tolerável

- Imagine: sabemos a cota de 2 extremos
- Queremos saber as cotas intermediárias
- Vamos fazer uma aproximação...

Hummm...  
**240,004 ≠ 240,000 !**  
Esse erro é tolerável?





# Erro Tolerável

- O erro ser tolerável depende da:
  - Precisão do levantamento
  - Distância entre os pontos medidos com diferença de cota

- A fórmula para o erro tolerável é:

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

- $f$  – Erro tolerável (em mm);
- $k$  – Cte. de precisão do levantamento (usamos  $10\text{mm}/\text{km}^{1/2}$ );
- $s$  – Distância entre os pontos, em km.

$$f = 10 \cdot \sqrt{s}$$

# Erro Tolerável

- No caso do exemplo:
  - $k = 10\text{mm}/\text{km}^{1/2}$
  - $s = 0,85\text{km}$

$$f = 10 \cdot \sqrt{0,85}$$

- $f = 9,2\text{mm}$
- Valor obtido tem uma diferença de 4mm
- O erro é tolerável!



# **DISTRIBUINDO O ERRO**

# Distribuindo o Erro

Erro de 4mm!

- E se descobrimos que  $N(E7) = 865,522$ ?

Ponto Visado	Estadia (m)	Distância (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Provisória (m)	Altitude (m)
RN	1,701 1,295	40,6	1,498			865,426	
E2	2,123 1722	40,1			1,923	865,001	
E3	2,095 1,656	39,2		1,851		865,073	
E3	2,314 1,880	38,9	2,097				
E4	1,557 1,121	43,4			1,339	865,831	
E6	2,317 1,712	43,6		1,925		865,245	
E6	2,032 1,615	42,5	1,823				
E7	1,748 1,352	41,7		1,550		865,518	

# Distribuindo o Erro

- Primeiro, verificamos se o erro e tolerável

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>		1,498			865,426	
E2	2,123 1722	<b>40,1</b>				1.923	865.001	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>						
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>		2,09				
E4	1,557 1,121	<b>43,4</b>						
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>						
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>		1,823				
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>			1,550		865,518	

**Pontos de detalhe  
não entram na conta  
da distância total!**

# Distribuindo o Erro

- Calculando a distância origem – ponto visado

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	
E2	2,123 1722	40,1				1,923	865,001	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097				
E4	1,557 1,121	43,4				1,339	865,831	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823				
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518	



# Distribuindo o Erro

- Verificando o erro tolerável

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	
E2	2,123 1722	40,1				1,923	865,001	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097				
E4	1,557 1,121	43,4				1,339	865,831	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823				
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518	

**SOMA: 246,5**     **$f = 10 \cdot \sqrt{0,2465}$**      **$f = 5mm$**

# Distribuindo o Erro

- Verificando o erro tolerável

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	
E2	2,123 1,722	4					865,001	
E3	2,095 1,656	3					865,073	
E3	2,314 1,880	3						
E4	1,557 1,121	43,4				1,339	865,831	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823				
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518	

4mm < 5mm → OK!

**SOMA: 246,5     $f = 10 \cdot \sqrt{0,2465}$      $f = 5mm$**

# Distribuindo o Erro

- Calculando a distância origem – detalhe

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	
E2	2,123 1722	<b>40,1</b>				1,923	865,001	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097				
E4	1,557 1,121	<b>43,4</b>				1,339	865,831	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823				
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518	

**SOMA: 246,5**

# Distribuindo o Erro

- Calculando a distância origem – detalhe

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	
E2	2,123 1722	<b>40,1</b>	80,7			1,923	865,001	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097				
E4	1,557 1,121	<b>43,4</b>	162,1			1,339	865,831	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823				
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518	

**SOMA: 246,5**

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097				
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823				
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518	

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Alt. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001		
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073		
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097					
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831		
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245		
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823					
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518		

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**



# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001		
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>					865,073		
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>							
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831		
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245		
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823					
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518		

RN → E2 : 80,7m  
 $80,7 * 0,0162 = 1,3\text{mm}$

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>					865,073		
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>							
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831		
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245		
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823					
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518		

RN → E2 : 80,7m  
 $80,7 * 0,0162 = 1,3\text{mm}$

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073		
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>							
E4	1,557 1,121	43,4					865,831		
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245		
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823					
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518		

RN → E3 : 79,8m  
 $79,8 * 0,0162 = 1,3\text{mm}$

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	+1	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>							
E4	1,557 1,121	43,4					865,831		
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245		
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823					
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518		

RN → E3 : 79,8m  
 $79,8 * 0,0162 = 1,3\text{mm}$

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	+1	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097					
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831		
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>					865,245		
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>							
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518		

RN → E4 : 162,1m  
 $162,1 * 0,0162 = 2,6\text{mm}$

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	+1	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097					
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831	+3	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>					865,245		
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>							
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518		

RN → E4 : 162,1m  
 $162,1 * 0,0162 = 2,6\text{mm}$

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**



# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	+1	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097					
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831	+3	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245		
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>							
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>					865,518		

RN → E6 : 162,3m  
 $162,3 * 0,0162 = 2,6\text{mm}$

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Alt. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	+1	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097					
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831	+3	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	+3	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>							
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>					865,518		

RN → E6 : 162,3m  
 $162,3 * 0,0162 = 2,6\text{mm}$

**SOMA: 246,5       $4 / 246,5 = 0,0162 \text{ mm / m}$**

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	+1	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097					
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831	+3	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	+3	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823					
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518		

**SOMA: 246,5**

$$\begin{aligned} & \text{RN} \rightarrow \text{E7} : 246,5\text{m} \\ & 246,5 * 0,0162 = 4,0\text{mm} \end{aligned}$$

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	+1	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097					
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831	+3	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	+3	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823					
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518	+4	

**SOMA: 246,5**

$$\begin{aligned} & \text{RN} \rightarrow \text{E7} : 246,5\text{m} \\ & 246,5 * 0,0162 = 4,0\text{mm} \end{aligned}$$

# Distribuindo o Erro

- Vamos agora distribuir o erro de 4mm

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Alt. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	+1	
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097					
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831	+3	
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	+3	
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823					
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518	+4	

# Distribuindo o Erro

- Finalmente, indicamos a altitude

Ponto Visado	Estadia (m)	Dist. (m)	Dist. Acumul. (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Detalhe (m)	Cota Prv. (m)	Aj. (mm)	Altit. (m)
RN	1,701 1,295	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	1,498			865,426	+0	865,426
E2	2,123 1722	40,1	80,7			1,923	865,001	+1	865,002
E3	2,095 1,656	<b>39,2</b>	<b>79,8</b>		1,851		865,073	+1	865,074
E3	2,314 1,880	<b>38,9</b>	<b>118,7</b>	2,097					
E4	1,557 1,121	43,4	162,1			1,339	865,831	+3	865,834
E6	2,317 1,712	<b>43,6</b>	<b>162,3</b>		1,925		865,245	+3	865,248
E6	2,032 1,615	<b>42,5</b>	<b>204,8</b>	1,823					
E7	1,748 1,352	<b>41,7</b>	<b>246,5</b>		1,550		865,518	+4	865,522

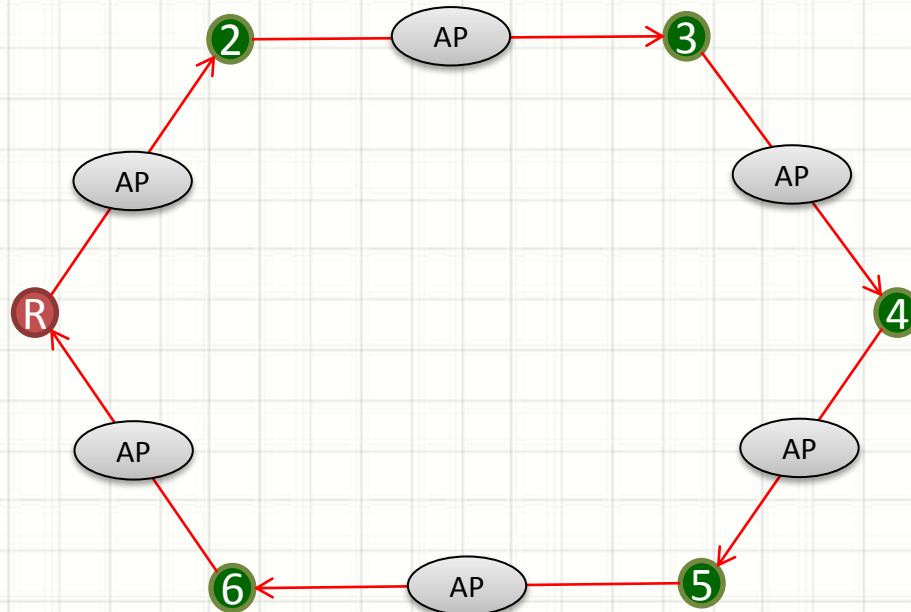




**MEDINDO DIFERENÇAS DE COTA  
EM PERCURSO FECHADO**

# Percurso Fechado

- Mesmo quando não conhecemos 2 cotas...
  - Temos como avaliar o erro!
- Basta medirmos um percurso fechado
  - Ponto origem (RN) = Último ponto visado



# Percurso Fechado

- Finalizaremos com uma planilha assim

Ponto Visado	Estadia (m)	Distância (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Ajuste (mm)	Altitude (m)
RN	1,701 1,295	40,6	1,498		865,426		
E2	2,123 1,722	40,1		1,923	865,001		
E2	2,995 2,603	39,2	2,799				
E3	2,045 1,665	38,9		1,851	865,949		
E3	2,314 1,880	43,4	2,097				
E4	1,557 1,121	43,6		1,339	866,707		
E4	2,317 1,712	42,5	1,925				
E5	2,032 1,615	41,7		1,823	866,809		
E5	1,748 1,352	39,6	1,550				
E6	2,775 2,386	38,9		2,580	865,779		
E6	1,698 1,286	41,2	1,492				
RN	2,055 1,647	40,8		1,851	865,420		

# Percurso Fechado

- Finalizaremos com uma planilha assim

Ponto Visado	Estadia (m)	Distância (m)	Mira Ré (m)	Mira Vante (m)	Cota Provisória (m)	Ajuste (mm)	Altitude (m)
RN	1,701 1,295	40,6	1,498		865,426	+0	865,426
E2	2,123 1,722	40,1		1,923	865,001	+1	865,002
E2	2,995 2,603	39,2	2,799				
E3	2,045 1,665	38,9		1,851	865,949	+2	865,951
E3	2,314 1,880	43,4	2,097				
E4	1,557 1,121	43,6		1,339	866,707	+3	866,710
E4	2,317 1,712	42,5	1,925				
E5	2,032 1,615	41,7		1,823	866,809	+4	866,813
E5	1,748 1,352	39,6	1,550				
E6	2,775 2,386	38,9		2,580	865,779	+5	865,784
E6	1,698 1,286	41,2	1,492				
RN	2,055 1,647	40,8		1,851	865,420	+6	865,426



**PERGUNTAS?**



**CONCLUSÕES**



# Resumo

- Diferenças de cota entre pontos distantes
    - É possível medir
    - A medida deve ser feita em etapas
  - Essa medição propaga erro: correção
    - Levantamento Poligonal
- 
- Visada sempre possível
    - E se não for?
    - E se o terreno for muito íngreme?



# EXERCÍCIOS

# Atividade (Quartetos/Entrega Individual)

- Para o perfil abaixo (não faça as correções):
  - Preencha a planilha completa (menos a estadia)
  - Calcule o erro máximo admissível
  - Corrija os níveis, sabendo que entre os extremos da linha principal (1-4-6-8), há um erro total de 3mm
  - Os níveis estão bem no meio da região desenhada

