



TOPOGRAFIA

PLANIMETRIA:

AZIMUTES E DISTÂNCIAS

Prof. Dr. Daniel Caetano

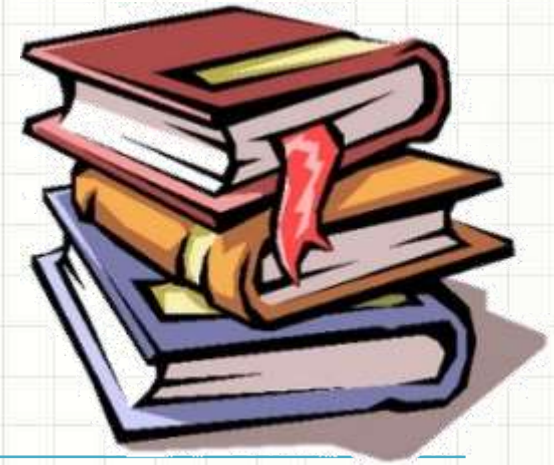
2016 - 1

Objetivos

- Conceituar e determinar os azimutes
- Conceituar rumo
- Determinação de distância entre dois pontos



Material de Estudo



Material

Acesso ao Material

Apresentação

<http://www.caetano.eng.br/>
(Topografia – Aula 9)

Material Didático

Topografia – Parte 1 – Págs 31-70

Biblioteca

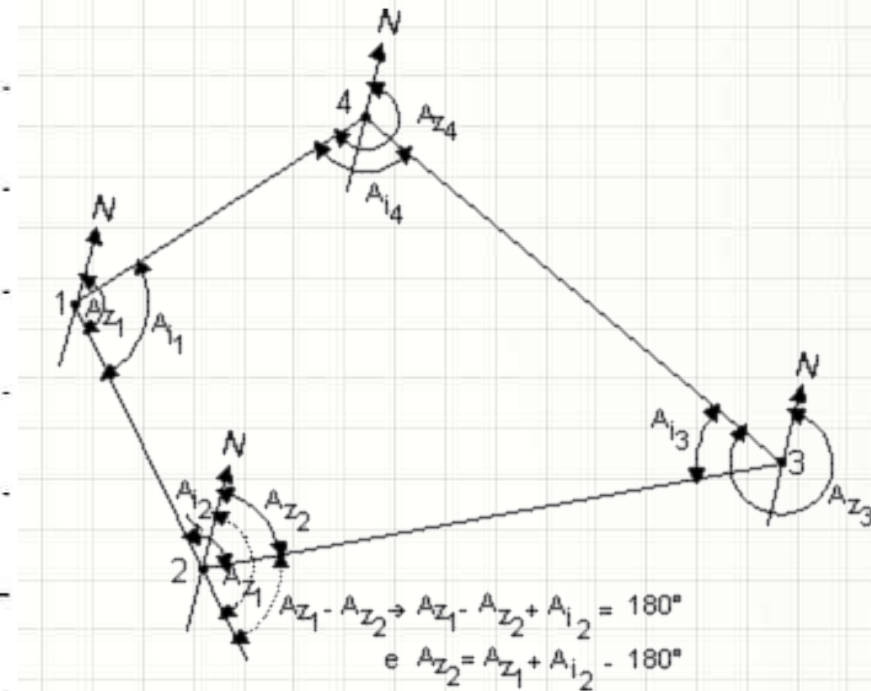
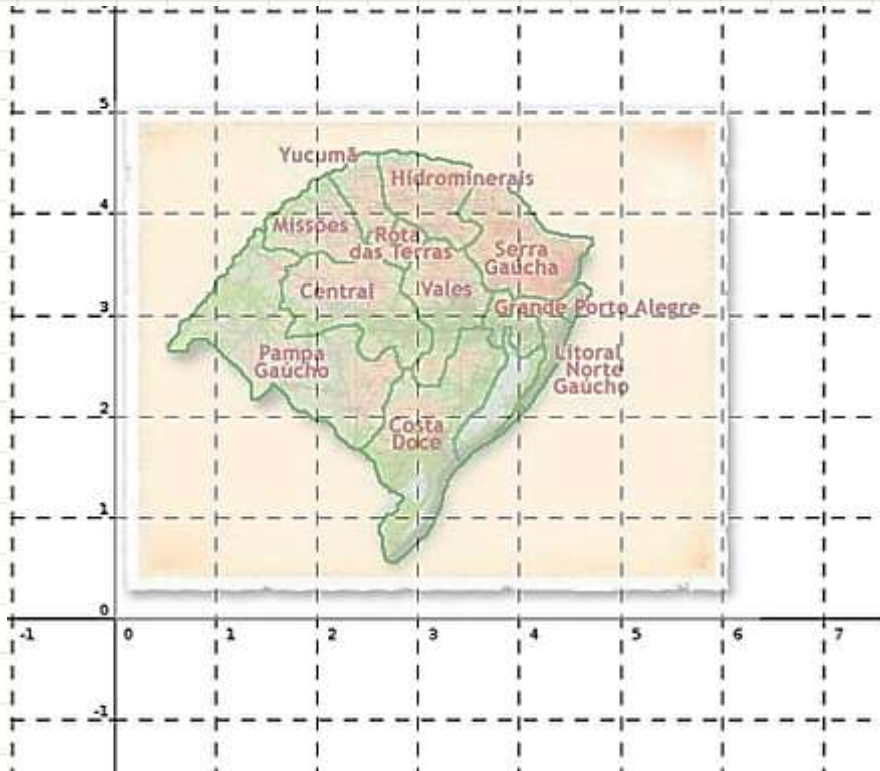
Topografia v.1 (Borges)



MAPEAMENTO DE ESPAÇO

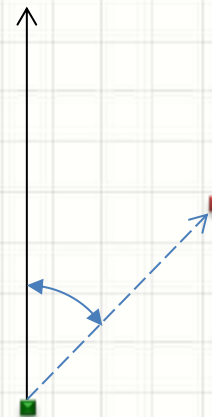
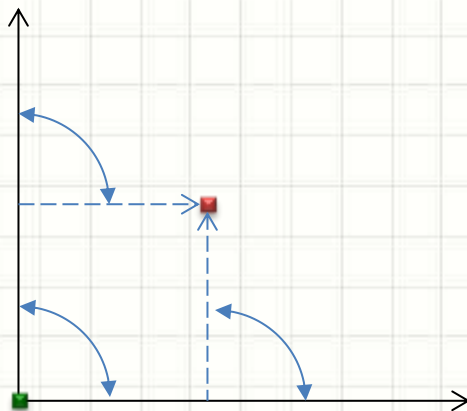
Mapeamento de Espaço

- Um espaço pode ser mapeado:
 - Coordenadas cartesianas (duas distâncias)
 - Coordenadas polares (ângulo e distância)



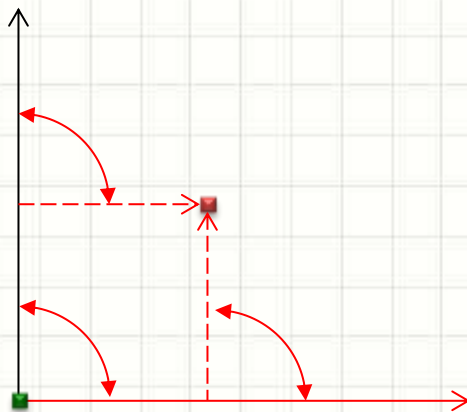
Mapeamento de Espaço

- Coordenadas cartesianas
 - Exigem medição na perpendicular
 - Maior propagação de erros em medições sequenciais
- Coordenadas polares
 - Equipamento caro para medida precisa de ângulo



Mapeamento de Espaço

- Coordenadas cartesianas
 - Exigem **O que pode dar errado?**
 - Maior propagação de erros em medições sequenciais
- Coordenadas polares
 - Equipamento caro para medida precisa de ângulo

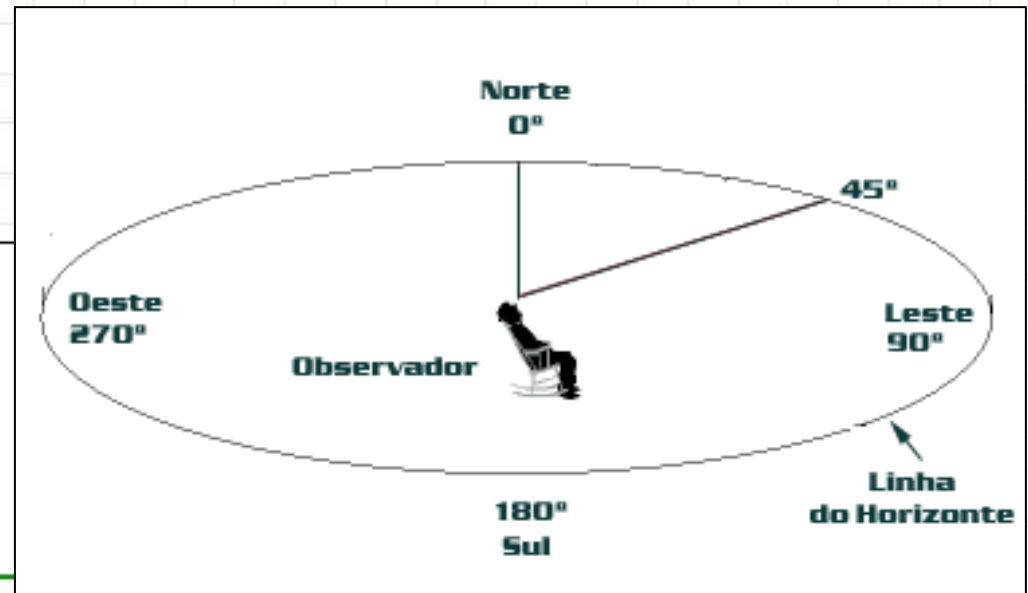
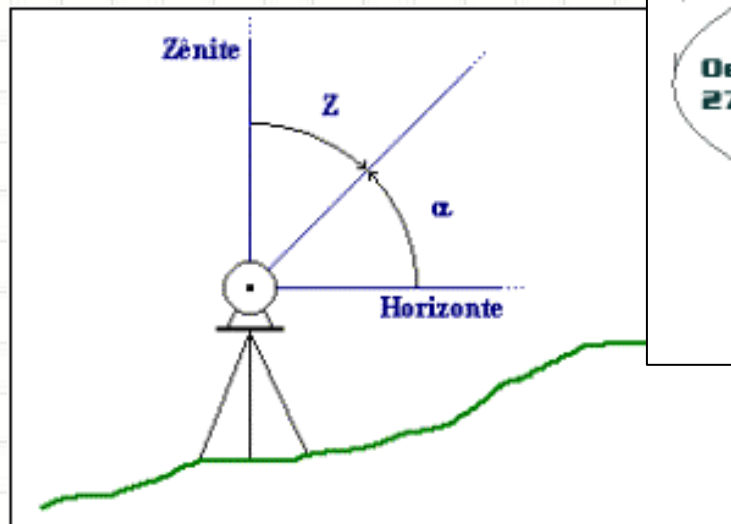




MEDIÇÃO DE ÂNGULOS

Medição de Ângulos

- Podemos medir ângulos
 - Zenitais (verticais)
 - Azimutais (horizontais)

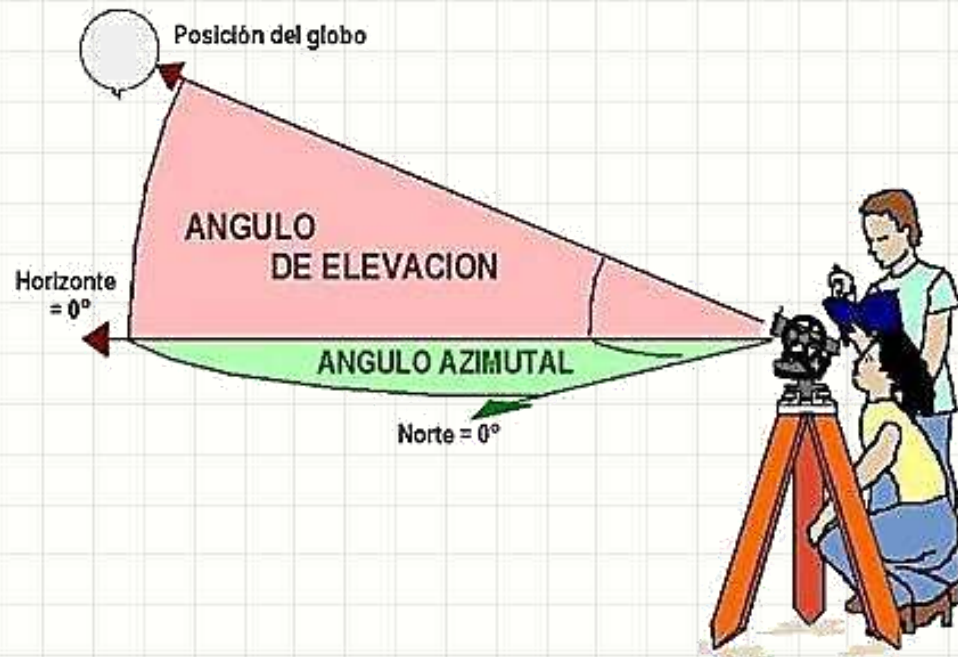


Medição de Ângulos

- As medidas diferem com a finalidade
 - Topográficas
 - Geodésicas
 - Astronômicas
- Há diferentes precisões de medida:
 - Comum: 1' a 6"
 - Precisão: 1"
 - Alta Precisão: 0,1" a 0,01"

Medição de Ângulos

- Equipamentos comuns
 - Teodolito
 - Estação Total (preferido)
 - Bússola (acompanhando equipamentos ou visualmente)



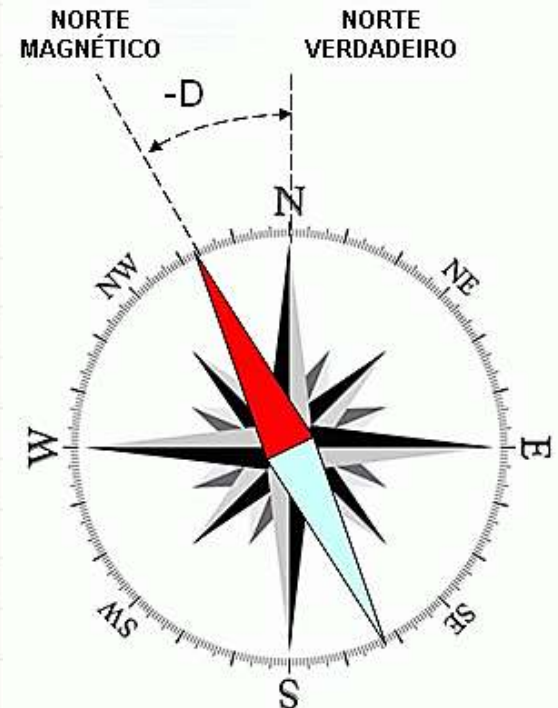
Medição de Ângulos

- Classificação
 - Clássicos
 - Modernos
 - Eletrônicos



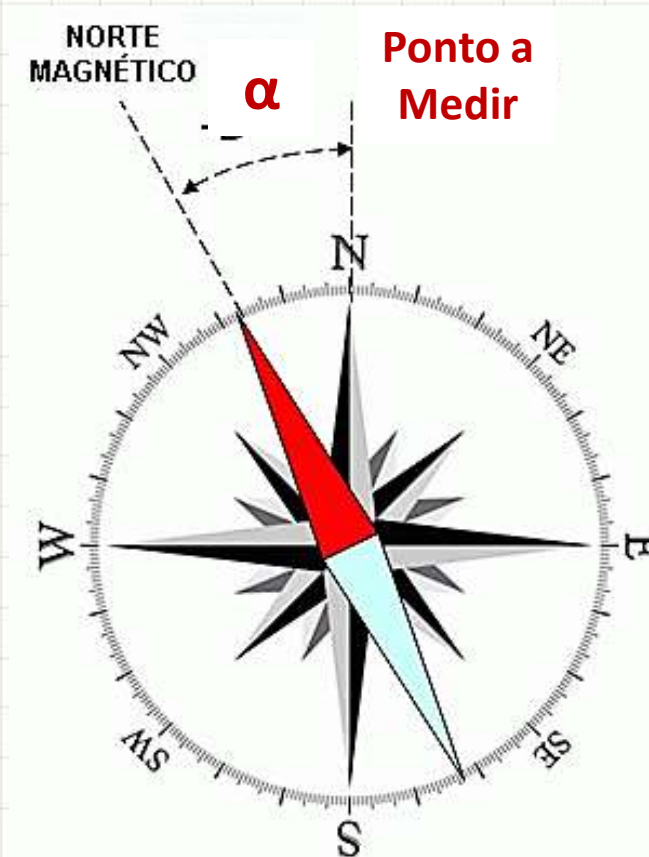
Medindo com o Teodolito

- Estacionamento: colocar equipamento no local
- Nivelamento: garantir que está na horizontal
- Colimação: Visar o ponto
- Orientação: posicionar o 0° na direção determinada
 - Magnética
 - Bússola – erro de $0,5^\circ$ a 1°
 - Verdadeira
 - Giroscópio / processo astronômico)



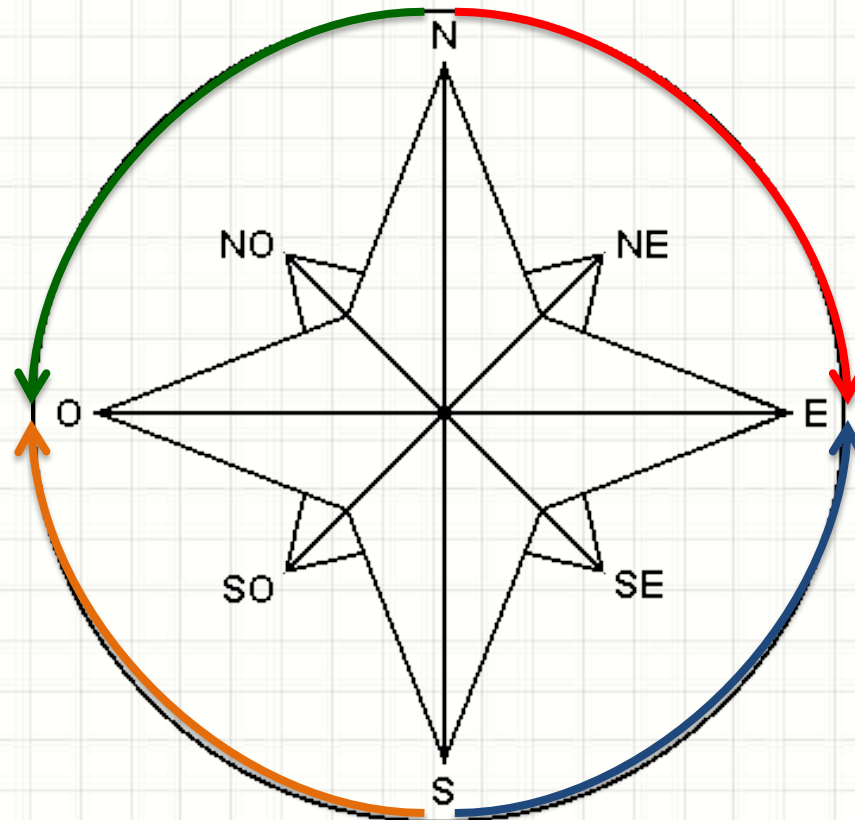
Medindo com a Bússola

- Processo expedito
- Erro alto (2° a 5° , se bem executado)



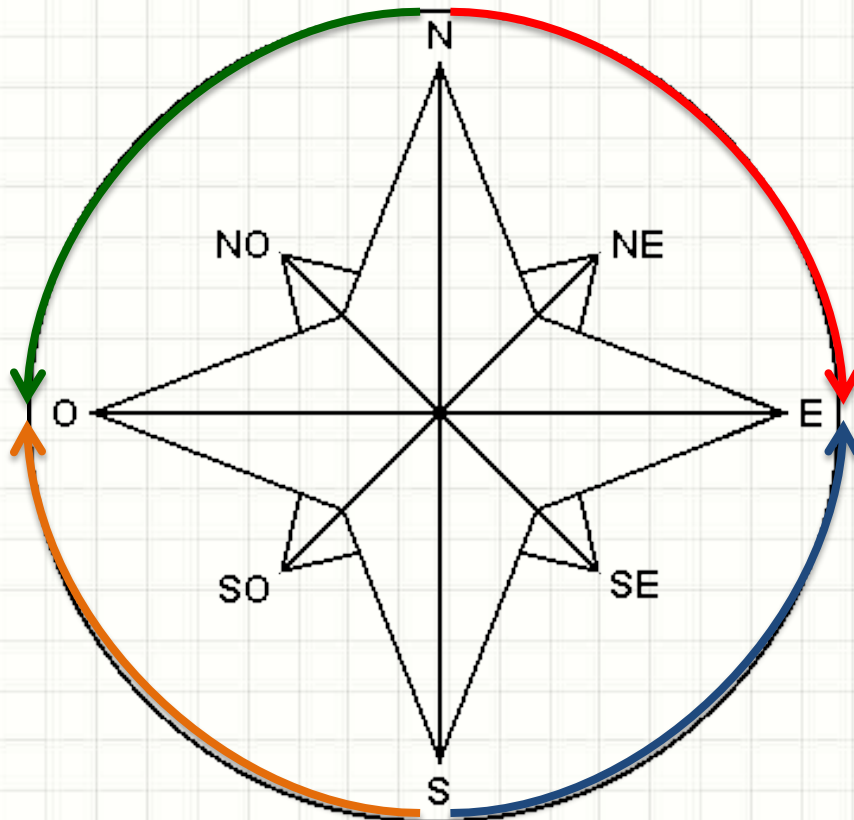
Orientação por Rumos

- Medir ângulo por rumo
- **NE**
- **NW**
- **SE**
- **SW**



Orientação por Rumo

- Converter entre Azimute e Rumo
- **NE, NW, SE, SW**



Quadrante	Fórmula	Rumo
1	$R = A$	NE
2	$R = 180^\circ - A$	SE
3	$R = A - 180^\circ$	SW
4	$R = 360^\circ - A$	NW

Rumo	Fórmula
NE	$A = R$
SE	$A = 180^\circ - R$
SW	$A = R + 180^\circ$
NW	$A = 360^\circ - R$



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Exercícios Resolvidos

- Converta de Azimute para Rumo

a) $115^{\circ}42'$

b) $273^{\circ}27'$

Exercícios Resolvidos

- Converta de Azimute para Rumo

a) $115^{\circ}42'$

Este ângulo cai no segundo quadrante

$$\text{Rumo: } 180^{\circ} - 115^{\circ}42' = 64^{\circ}18' \text{ SE}$$

b) $273^{\circ}27'$

Este ângulo cai no quarto quadrante

$$\text{Rumo: } 360^{\circ} - 273^{\circ}27' = 86^{\circ}33' \text{ NW}$$

Exercícios Resolvidos

- Converta de Rumor para Azimute

a) $73^{\circ}08'$ SW

b) $72^{\circ}01'$ NW

Exercícios Resolvidos

- Converta de Azimute para Rumo

a) $73^{\circ}08'$ SW

$$\text{Azimute: } 73^{\circ}08' + 180^{\circ} = 253^{\circ}08'$$

b) $72^{\circ}01'$ NW

$$\text{Azimute: } 360^{\circ} - 72^{\circ}01' = 287^{\circ}59' \text{ NW}$$

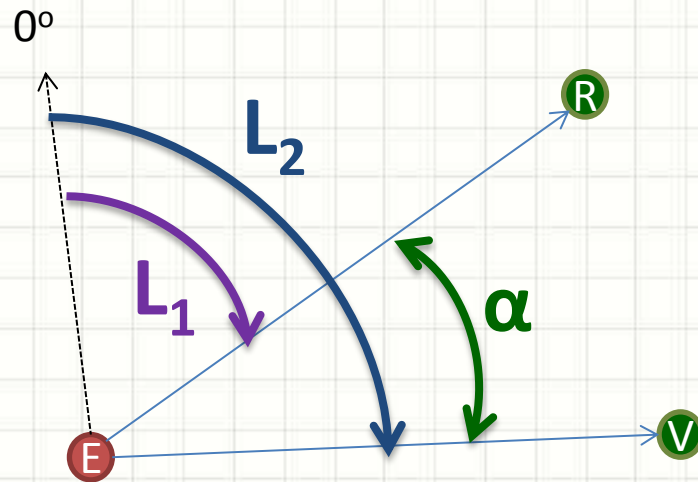


TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE ÂNGULOS EM CAMPO

Técnicas de Medição

- Aparelho não Orientado

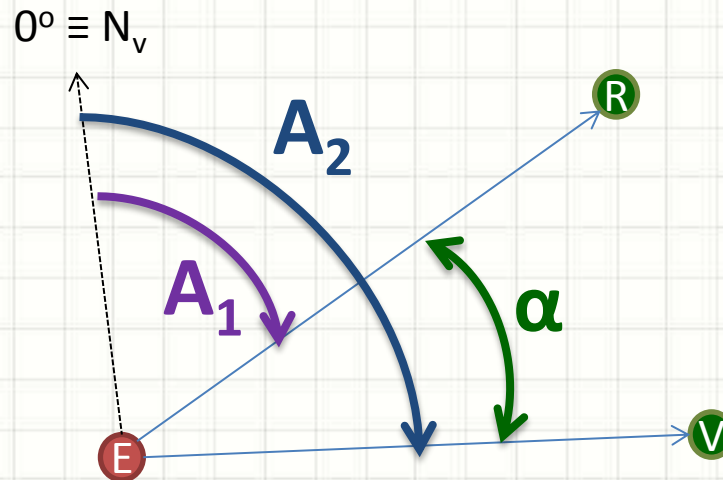
- Vante - Ré



$$\alpha = L_2 - L_1 \quad (+360^\circ)$$

Técnicas de Medição

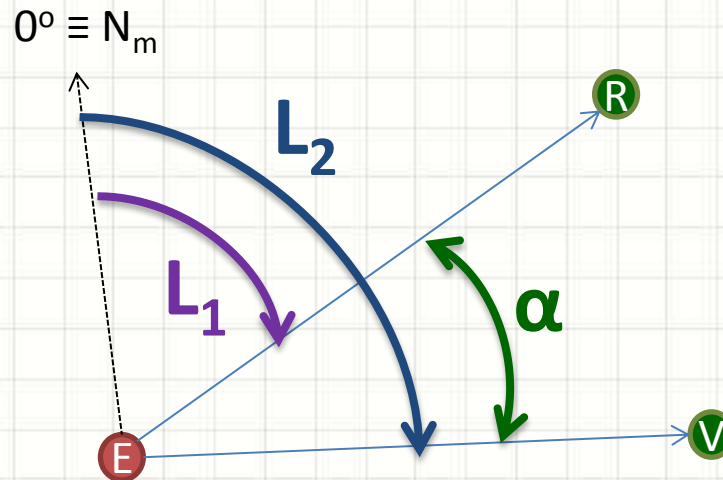
- Aparelho Orientado pelo Norte Verdadeiro
 - Vante - Ré



$$\alpha = A_2 - A_1$$

Técnicas de Medição

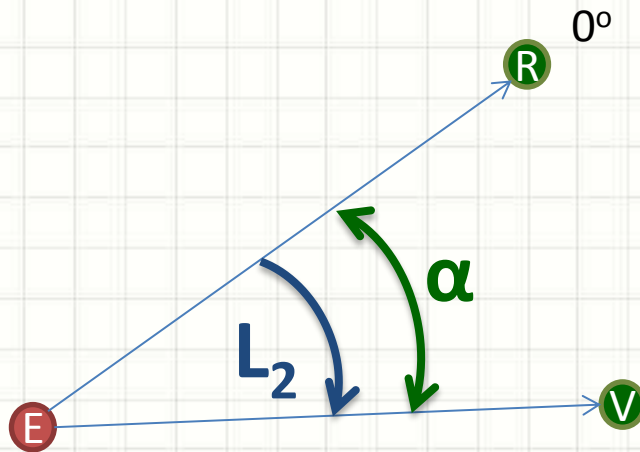
- Aparelho Orientado pelo Norte Magnético
 - Vante - Ré



$$\alpha = L_2 - L_1$$

Técnicas de Medição

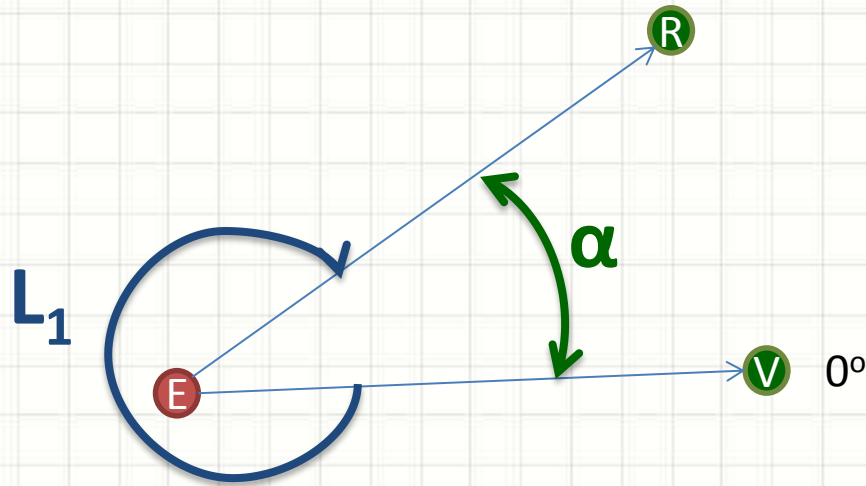
- Aparelho Orientado por Ré
 - Vante



$$\alpha = L_2$$

Técnicas de Medição

- Aparelho Orientado por Vante
 - Vante



$$\alpha = 360 - L_1$$



REDUZINDO ERROS NA MEDIÇÃO DE ÂNGULOS

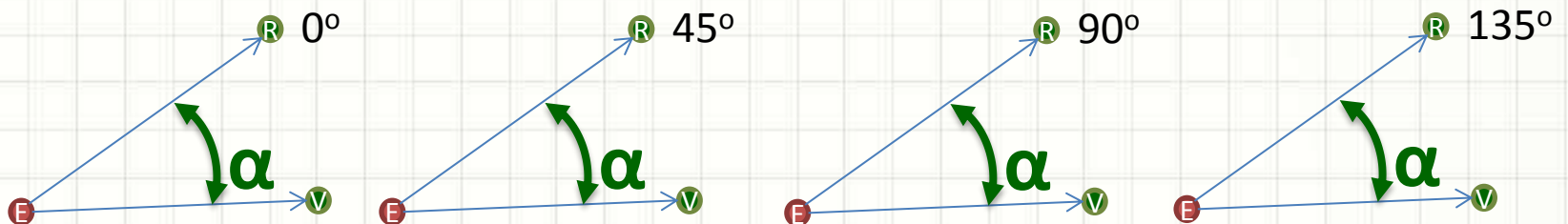
Reduzindo os Erros

- Leituras Conjugadas
 - Medição normal
 - Medição com inversão da luneta
 - Média das duas leituras

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$$

Reduzindo os Erros

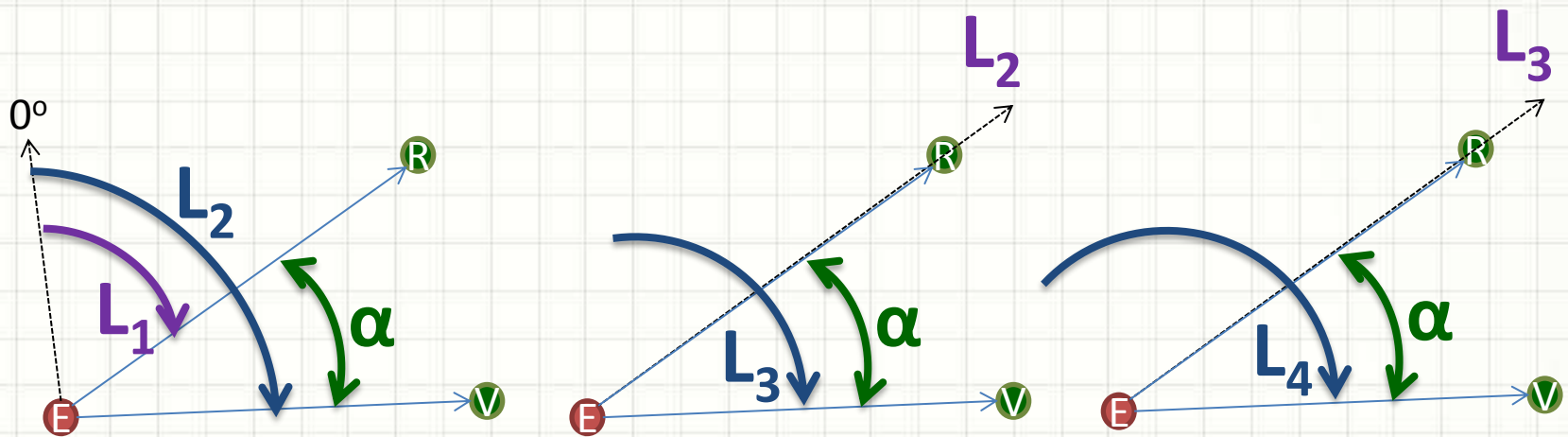
- Medida com n Reiteraões
 - Realizar n medidas
 - Cada medida com origem deslocada de $360^\circ / (2 \cdot n)$
 - Erro da média: $(\textit{Precisão Simples}) / \sqrt{n}$
- Exemplo: 4 medidas?
 - Deslocamento de $360^\circ / (2 \cdot 4) = 45^\circ$



- Imagine medir 50 vezes e anotar 50 valores!

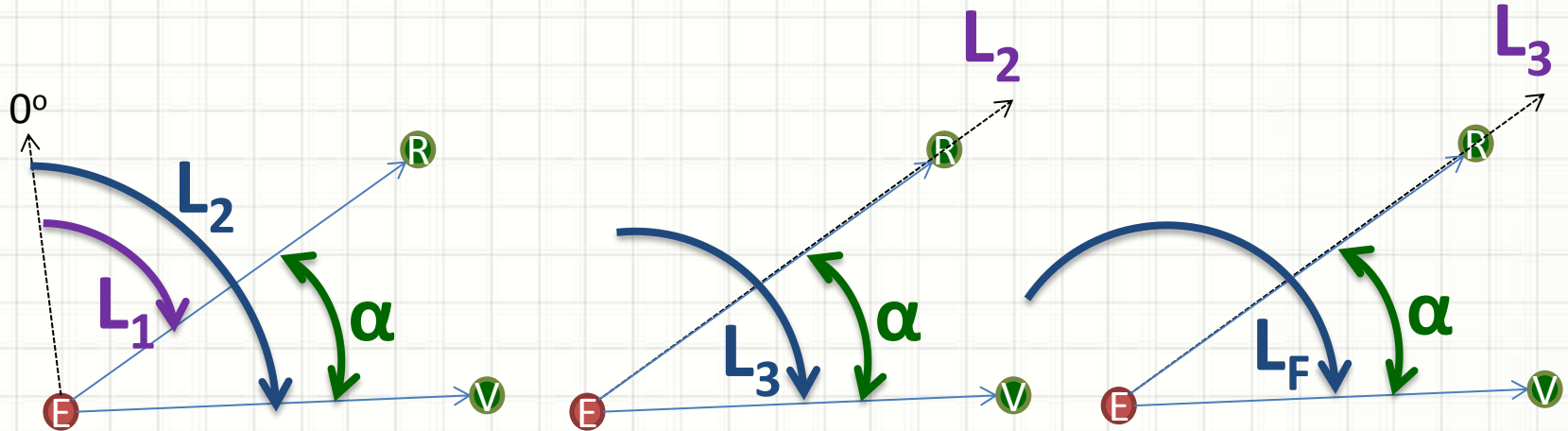
Reduzindo os Erros

- Medida com Repetição
 - Medição normal
 - Deslocar aparelho para que L_2 coincida com ponto 1 (R)
 - Medir novamente
 - Deslocar aparelho para que L_3 coincida com ponto 1 (R)
 - ...



Reduzindo os Erros

- Medida com Repetição



$$\alpha = \frac{L_f - L_1 + [x \cdot 360^\circ]}{n}$$

- n é o número de medidas
- x é o número de giros completos do círculo graduado



PAUSA PARA O CAFÉ!



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Exercícios Resolvidos

- Um ângulo foi medido através do método de repetição, com precisão de segundos. A leitura na visada à ré inicial foi de $125^{\circ}52'00''$.
 - Após a primeira repetição, lê-se de forma aproximada $202^{\circ}15'$. Após a sexta repetição, a leitura final foi $224^{\circ}12'30''$
- a) Qual o valor aproximado do ângulo?
 - b) Quantas voltas totais ocorreram nas medidas?
 - c) Qual o valor mais provável do ângulo?

Exercício Resolvido

$$\begin{aligned}L_1 &= 125^\circ 52' 00'' \\L_2 &= 202^\circ 15' \\L_6 &= 224^\circ 12' 30''\end{aligned}$$

a) Qual o valor aproximado do ângulo?

$$\alpha_{\text{aprox}} = L_2 - L_1$$

$$\alpha_{\text{aprox}} = 202^\circ 15' - 125^\circ 52' 00''$$

$$\alpha_{\text{aprox}} = 76^\circ 23'$$

b) Quantas voltas totais ocorreram nas medidas?

$$\hat{\text{Ângulo total}} = N_{\text{repetições}} \cdot \alpha_{\text{aprox}}$$

$$\hat{\text{Ângulo total}} = 6 \cdot 76^\circ 23'$$

$$\hat{\text{Ângulo total}} = 458^\circ 18'$$

Ou seja, apenas **1 volta total**

Exercício Resolvido

$$\begin{aligned}L_1 &= 125^\circ 52' 00'' \\L_2 &= 202^\circ 15' \\L_6 &= 224^\circ 12' 30'' \\N_v &= 1 \\N_r &= 6\end{aligned}$$

c) Valor mais provável do ângulo?

$$\alpha = \frac{L_f - L_i + n_{voltas} \cdot 360}{n_{repetições}}$$

$$\alpha = \frac{224^\circ 12' 30'' - 125^\circ 52' 00'' + 1 \cdot 360}{6}$$

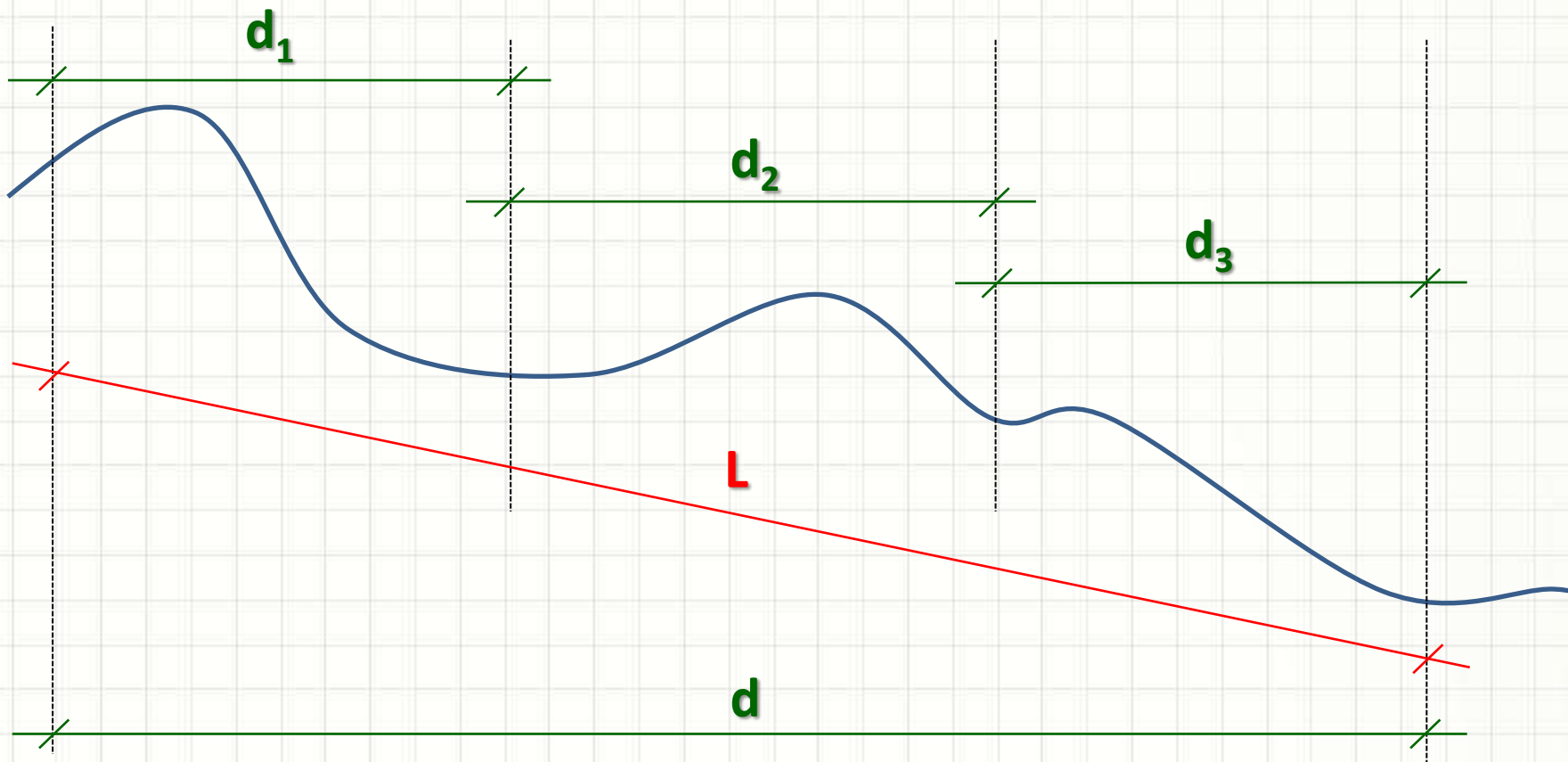
$$\alpha = 76^\circ 23' 25''$$



MEDINDO DISTÂNCIAS

Medindo Distância

- Sempre medida na projeção horizontal



Instrumentos de Medida

- Além da taqueometria...
 - Trena
 - Distanciômetro

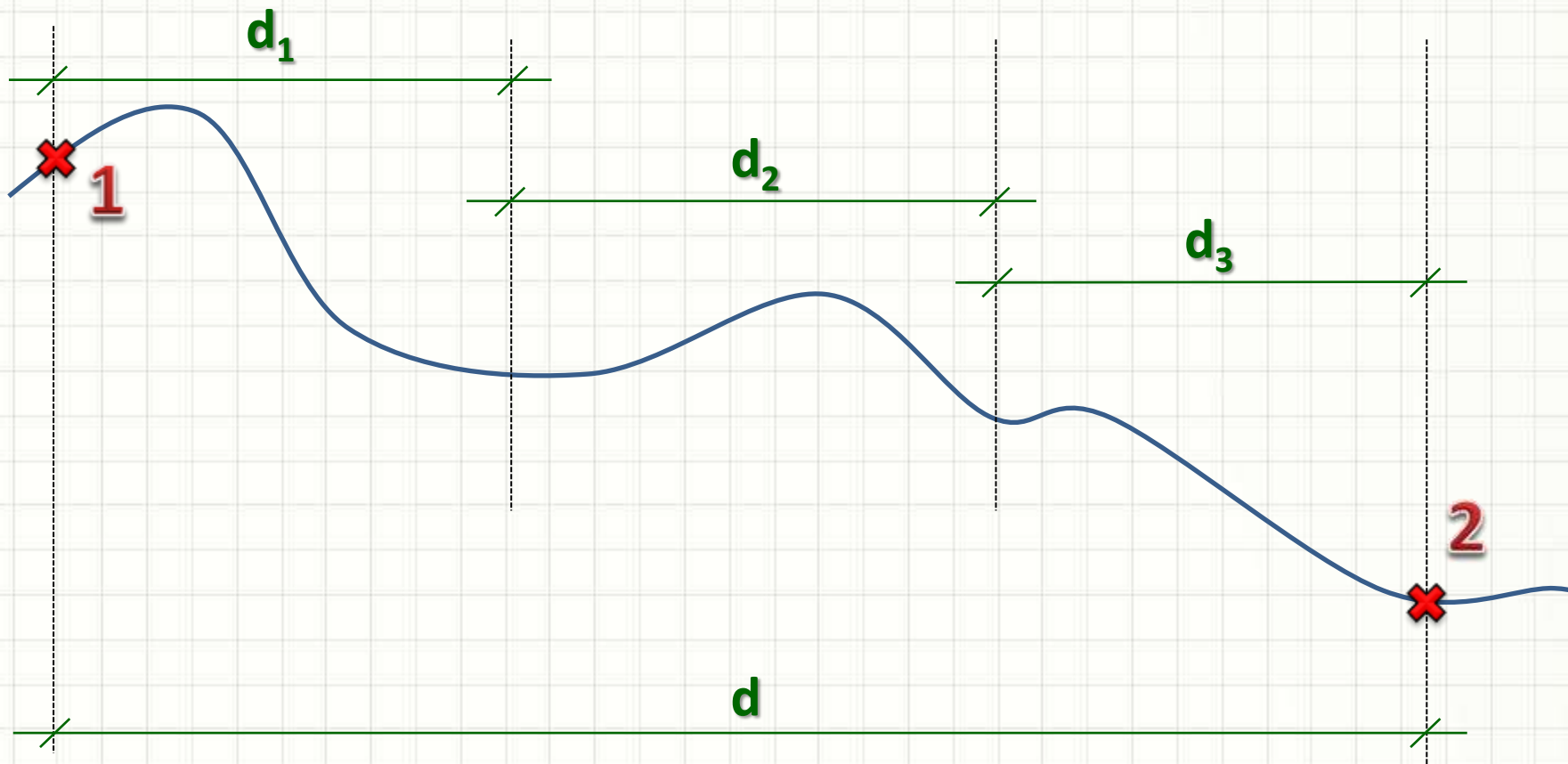


Instrumentos de Medida

- Menor precisão
 - Fita de lona
 - Correntes de agrimensura
 - Roda contadora
 - Podômetro
 - ...

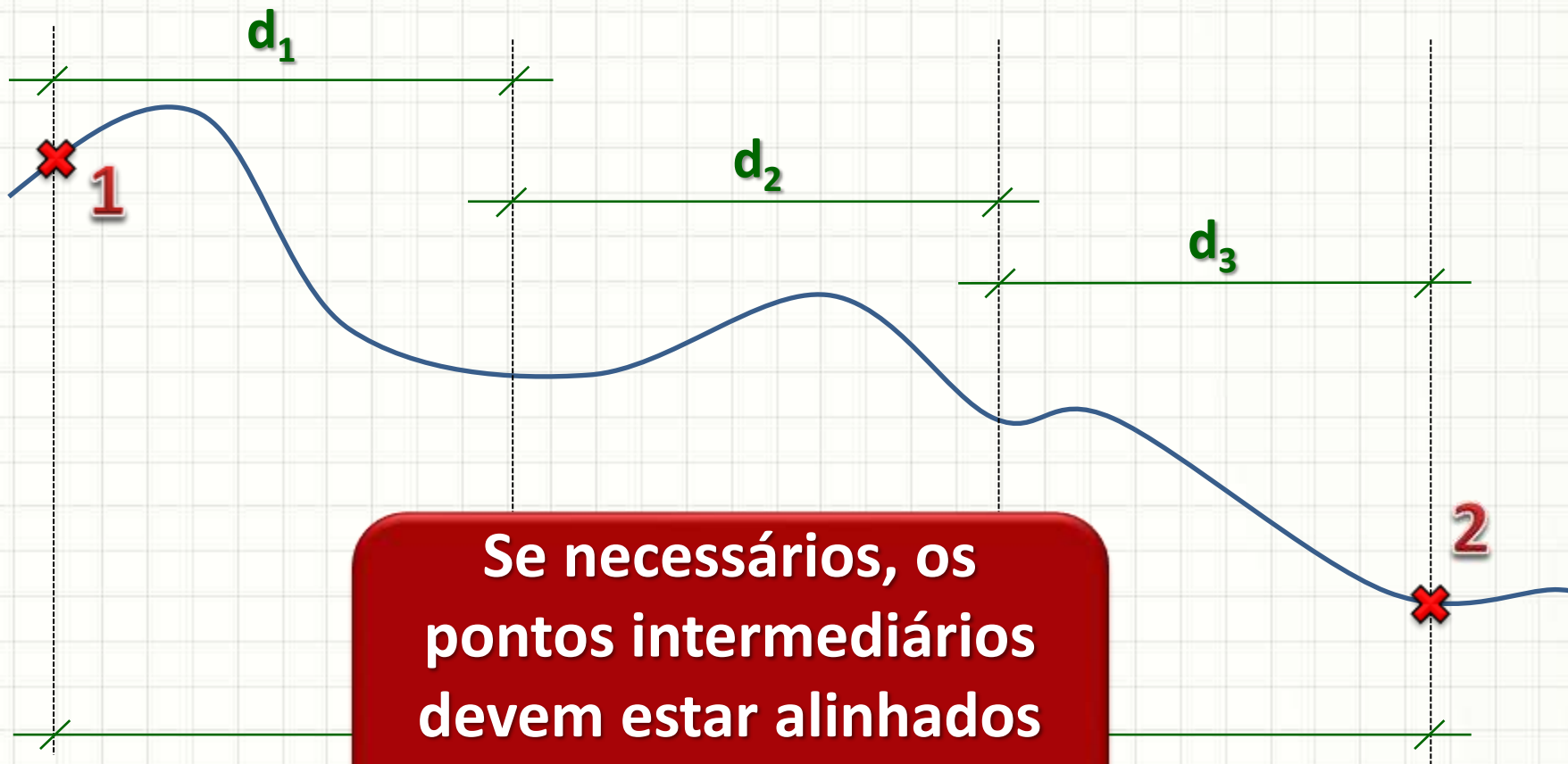
Procedimento de Medida

- Definir claramente os pontos 1 e 2



Procedimento de Medida

- Definir claramente os pontos 1 e 2



Se necessários, os pontos intermediários devem estar alinhados com 1 e 2!



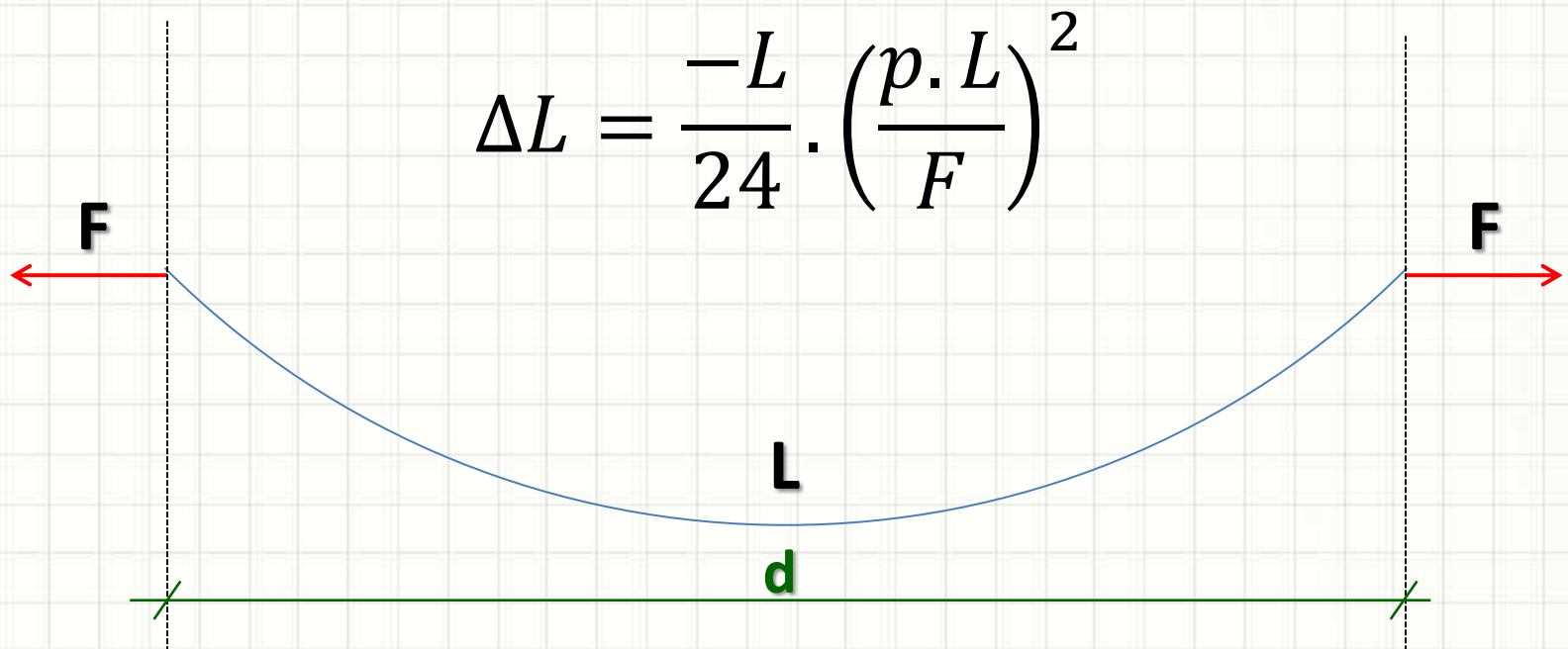
ERROS NA MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS

Erros de Medida

- Erros grosseiros
 - Ajuste do início da trena
 - Engano no número de trenadas
 - Anotações incorretas...
- Erros sistemáticos
 - Catenária
 - Desnível entre extremidades
 - Falta de alinhamento
 - Dilatação térmica
 - Deformação Elástica

Erros de Medida

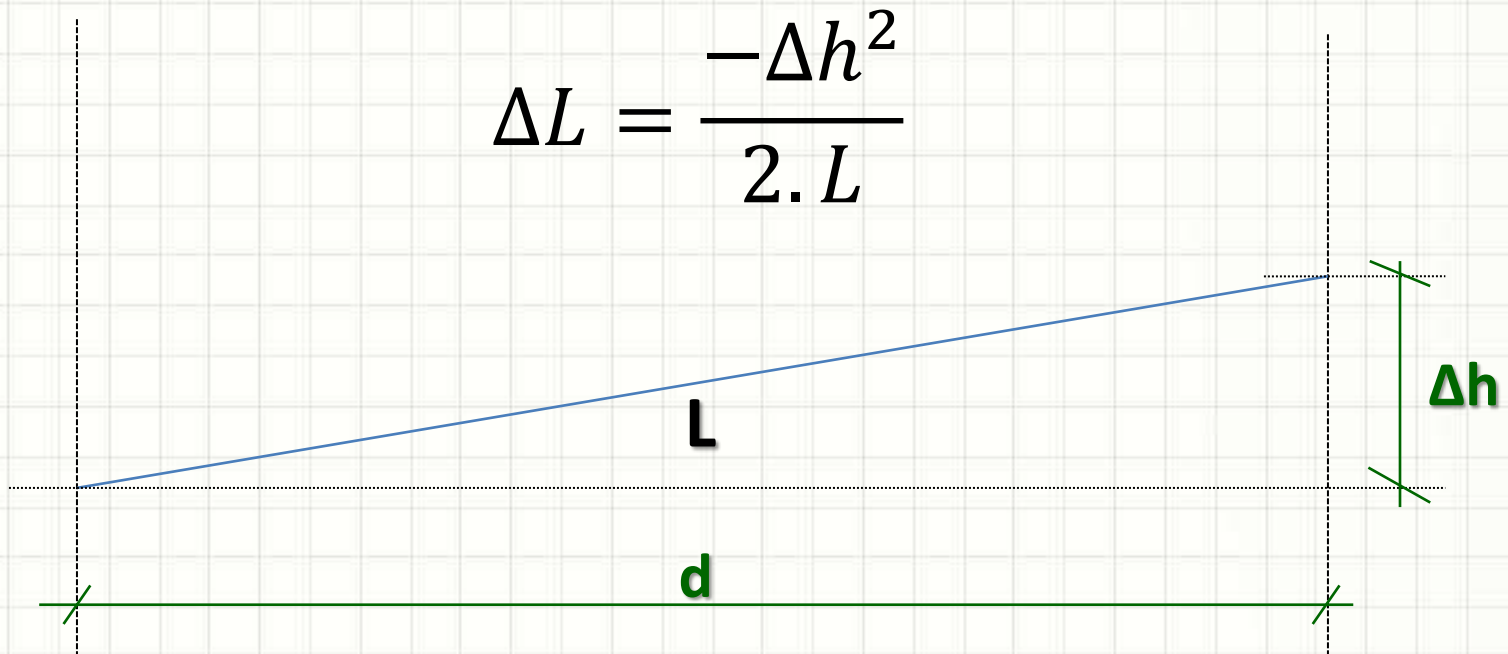
- Catenária



$$d = L + \Delta L$$

Erros de Medida

- Desnível entre extremidades

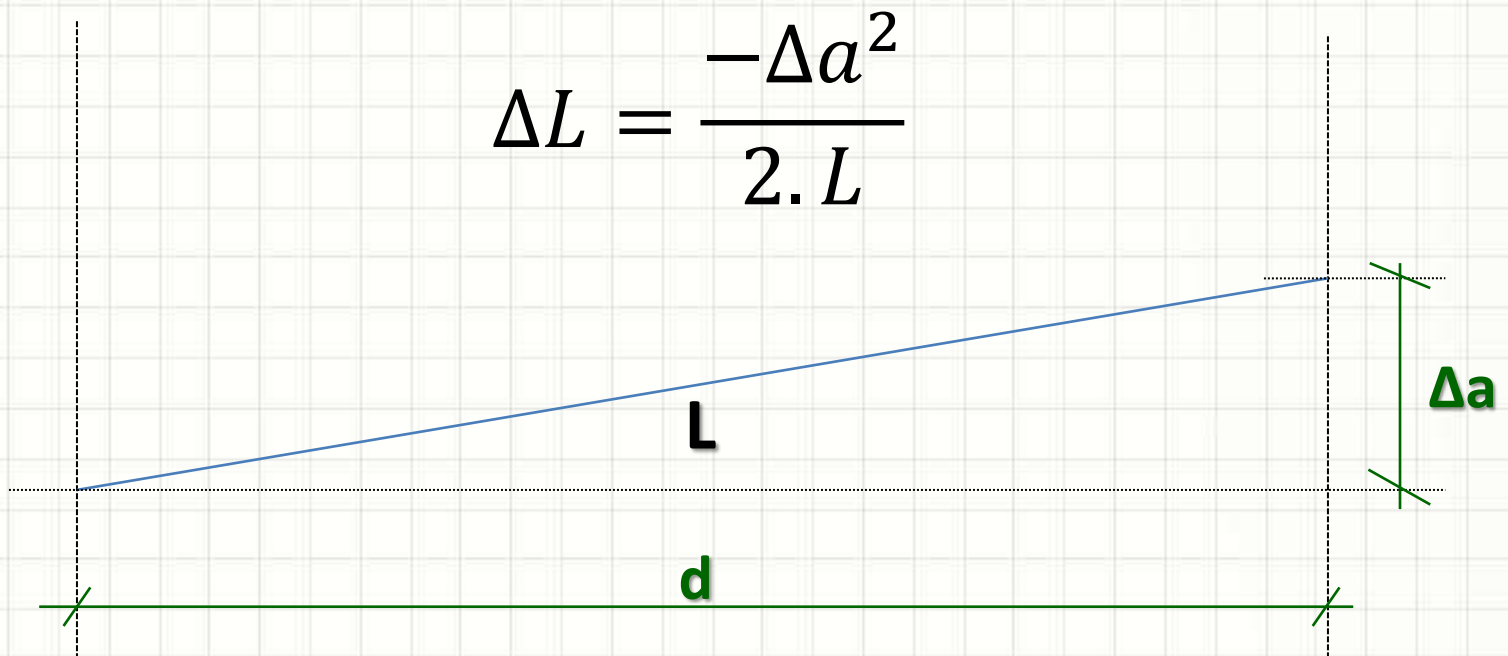


$$\Delta L = \frac{-\Delta h^2}{2 \cdot L}$$

$$d = L + \Delta L$$

Erros de Medida

- Falta de Alinhamento

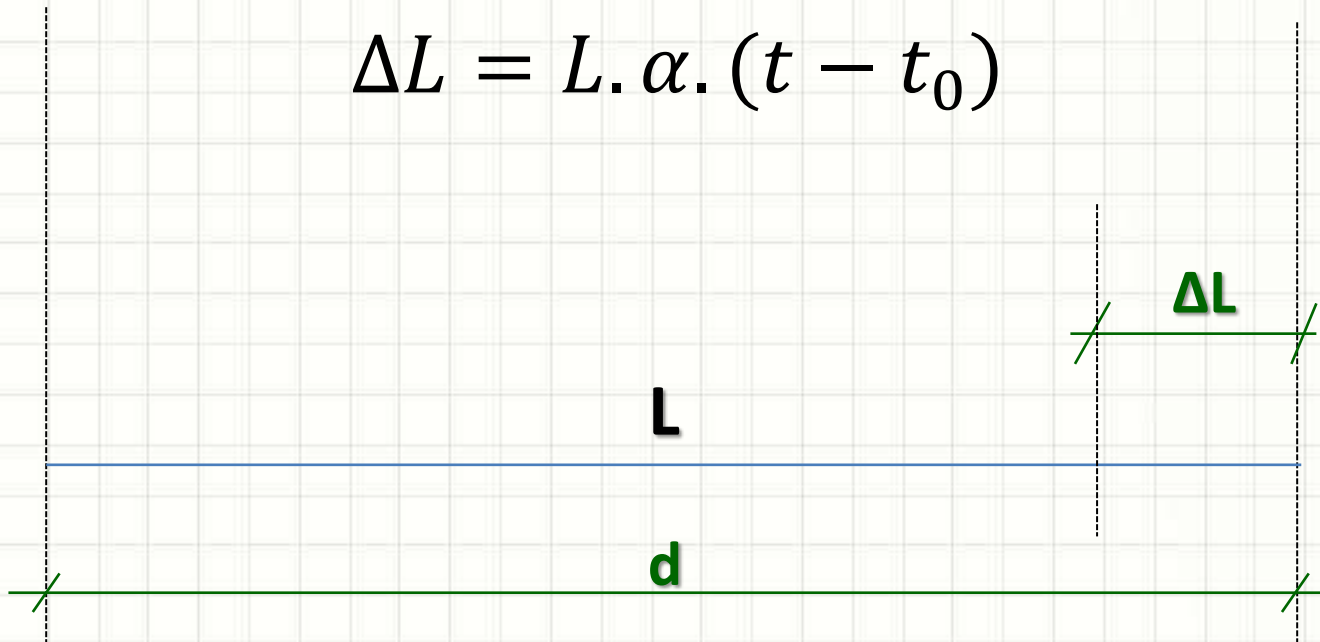


$$d = L + \Delta L$$

Erros de Medida

- Dilatação Térmica

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot (t - t_0)$$

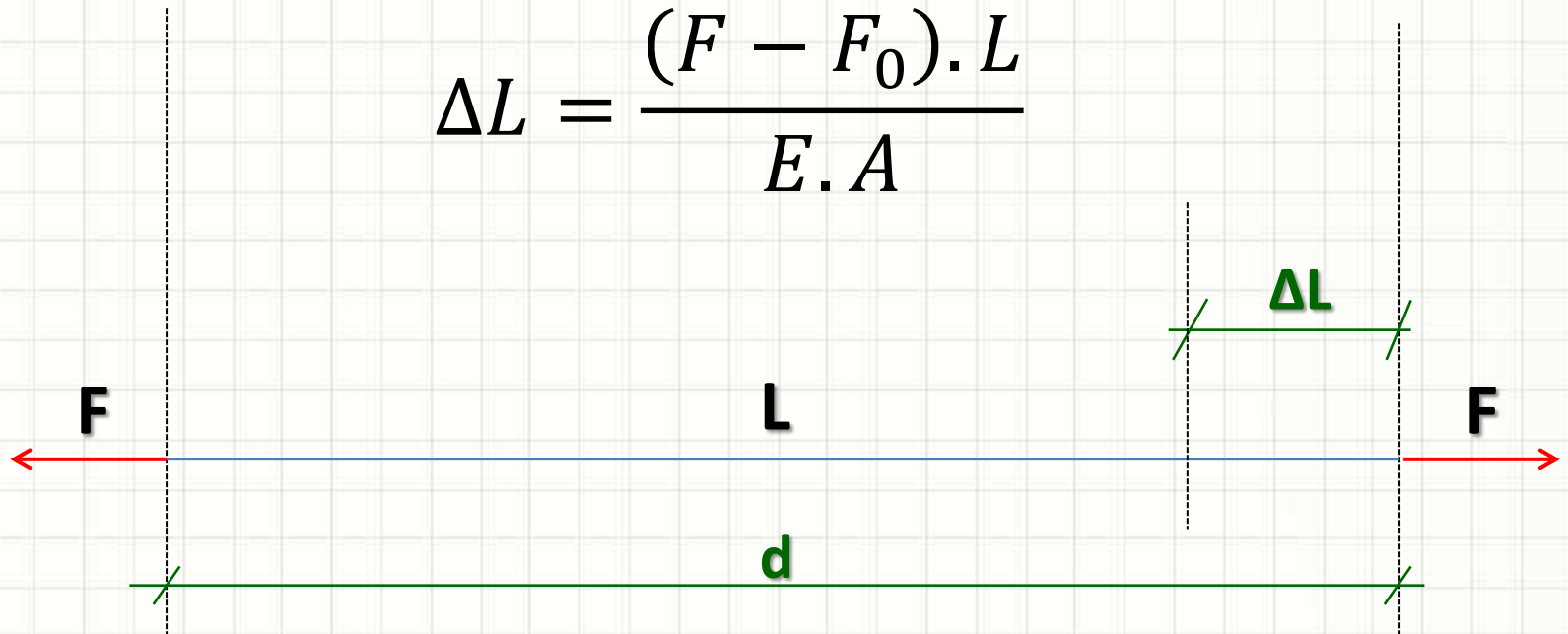


$$d = L + \Delta L$$

Erros de Medida

- Deformação Elástica

$$\Delta L = \frac{(F - F_0) \cdot L}{E \cdot A}$$



$$d = L + \Delta L$$

Erros de Medida

- Efeito Combinado
 - Efeitos são independentes
 - Superposição de efeitos

$$d = L + \sum \Delta L$$

Erros de Medida

- Na prática... Evitar os erros!
 - Manter a trena horizontal e alinhada
 - Evitar medir em horas de temperaturas extremas
 - Aplicar tensão adequada
 - Diminuir deformação elástica
 - Diminuir catenária
- Medição de distâncias menores
 - Pode introduzir problemas de alinhamento
 - Mas reduz efeito da catenária



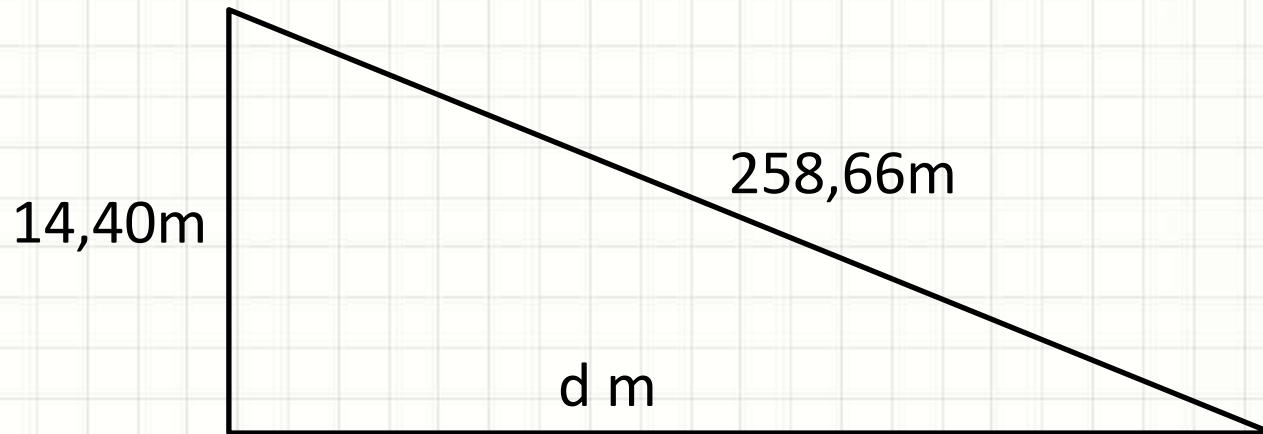
EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Exercícios Resolvidos

- Mediu-se a distância entre dois pontos com uma inclinação constante. A distância medida (inclinada) foi de 258,66m, e a diferença de cota entre os pontos é de 14,4m. Qual a distância horizontal entre os pontos?

Exercício Resolvido

- Distância horizontal?



$$\Delta L = \frac{-\Delta h^2}{2 \cdot L} = \frac{-(14,4)^2}{2 \cdot 258,66} = \frac{-207,36}{517,32} = -0,4$$

$$d = 258,66 + (-0,4) = 258,26$$

Exercícios Resolvidos

- Uma trena de 20m foi aferida e considerada exata a uma temperatura de 25°C e tensão de 15kgf. Qual tensão compensaria o efeito de uma temperatura de 10°C ?
- Considere:
 - $E = 2.100.000\text{kgf/cm}^2$
 - $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 - $A = 0,025\text{cm}^2$

Exercícios Resolvidos

- Compensação de Efeitos

- ↓ Temperatura: ↑ comprimento
- ↑ Tensão: ↓ comprimento

$$E = 2.100.000 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$A = 0,025 \text{ cm}^2$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$T_a = 25^\circ\text{C}$$

$$F_a = 15 \text{ kgf}$$

$$T_f = 10^\circ\text{C}$$

$$F_f = ? \text{ kgf}$$

$$\frac{(F - F_0) \cdot L}{E \cdot A} + L \cdot \alpha \cdot (t - t_0) = 0$$

$$\frac{(F - 15) \cdot 20}{2100000 \cdot 0,025} = -20 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (10 - 25)$$

$$\mathbf{F = 15 + 9,5 = 24,5 \text{ kgf}}$$



PERGUNTAS?



CONCLUSÕES

Resumo

- Posicionamento em polares: mais precisa
 - Medição de ângulos: delicada
 - Precisão varia com o instrumento utilizado
 - É possível medir distâncias com equipamentos simples
 - Erros podem ser grandes: tomar cuidados!
-
- Como medir grandes distâncias?
 - Como controlar o erro?
 - Como transformar ângulos e distâncias em coordenadas?



EXERCÍCIOS

Exercícios

1. Foi realizada uma medida de “L” metros entre dois pontos, usando uma trena de $p = 25\text{g/m}$ e força de $F=15\text{kgf}$. Qual o efeito da catenária nesse caso? E se a medida fosse original fosse $L/2$? E se fosse $L/4$?
2. Foram realizadas 4 séries de leituras de ângulos para 4 pontos visados, conforme indicado abaixo. Calcule para cada série, os ângulos α_{12} , α_{23} e α_{34} . Em seguida, calcule o valor mais provável (média) de cada um deles.

Ponto Visado	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4
1	123°14'22,6"	168°14'18,0"	213°14'25,9"	258°14'23,5"
2	160°52'03,0"	205°52'03,6"	250°52'09,9"	295°52'06,6"
3	191°03'56,2"	236°03'55,4"	281°04'02,1"	326°04'30,1"
4	233°27'44,4"	278°27'41,4"	323°27'52,3"	8°27'54,7"