

# goniómetros

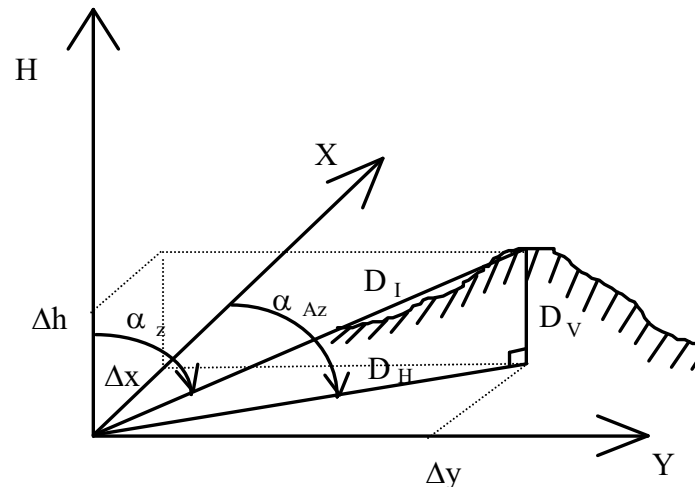
# medições

Os aparelhos destinados à medição de ângulos têm o nome genérico de goniómetros.

Em topografia apenas se consideram ângulos medidos em dois planos: **horizontal** nas operações planimétricas e **vertical** nas operações altimétricas.

Na avaliação de ângulos devem distinguir-se duas espécies:

- ângulo entre **duas direcções quaisquer**
- ângulo entre **uma direcção de referência e uma direcção qualquer**

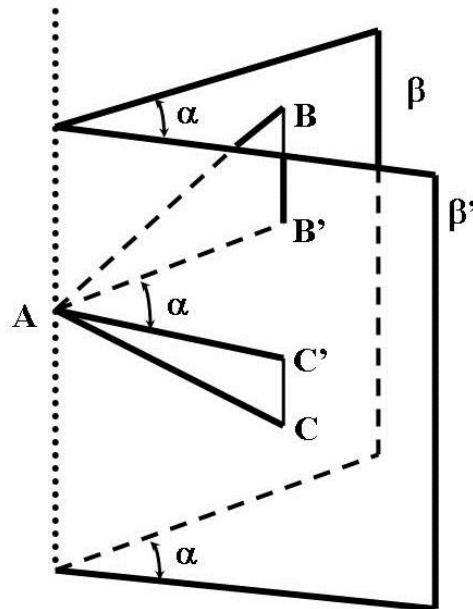


# goniómetros

# medições

- Teodolitos ou goniómetros (Norte cartográfico)
- Bússolas (Norte magnético)
- Giroscópios (Norte geográfico)

Vertical do lugar



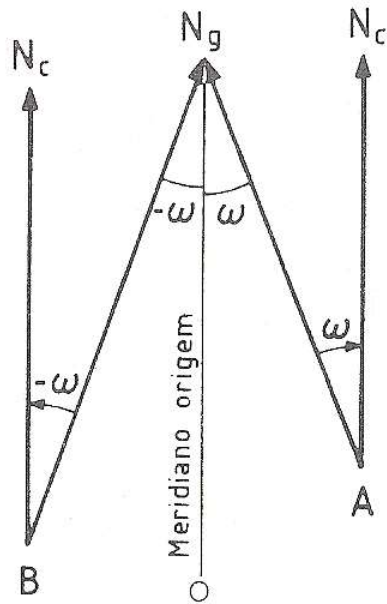
$\alpha$  é o ângulo diedro entre os dois planos verticais.

o ângulo horizontal contido entre as duas direcções AB e AC que pertencem aos planos  $\beta$  e  $\beta'$ , coincide com o ângulo  $\alpha$  diedro entre os dois planos.

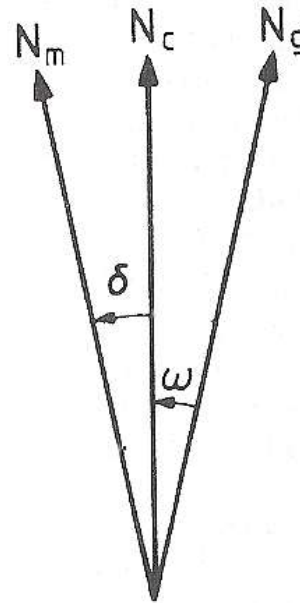
Ângulo **horizontal ou azimutal**  $\alpha$  de duas direcções que passam por um ponto A (materializadas pelas visadas AB e AC) é o rectilíneo do diedro formado pelos planos verticais que contêm essas direcções, ou seja, o ângulo das projecções dessas direcções sobre o plano horizontal.

# goniómetros

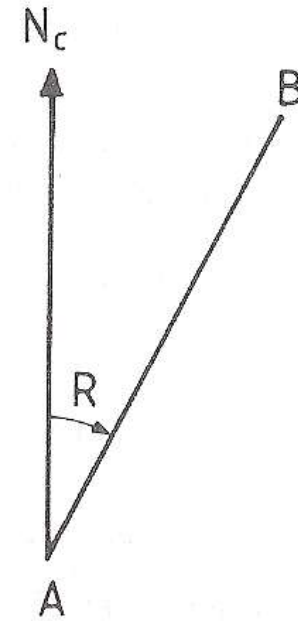
# medições



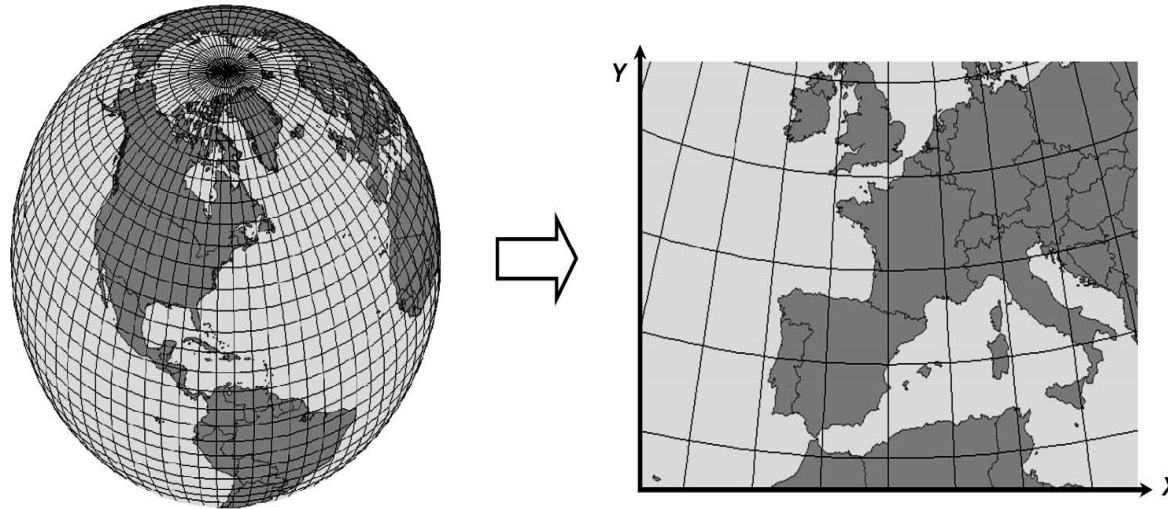
$\omega$ =convergência de meridianos



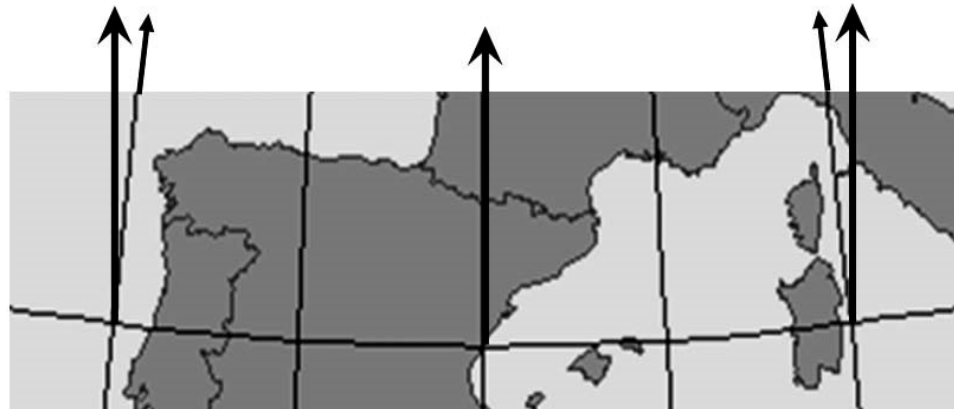
Relação entre os  $N_C$ ,  $N_G$  e  $N_m$   
( $\delta$  = declinação magnética)



Rumo de uma direcção



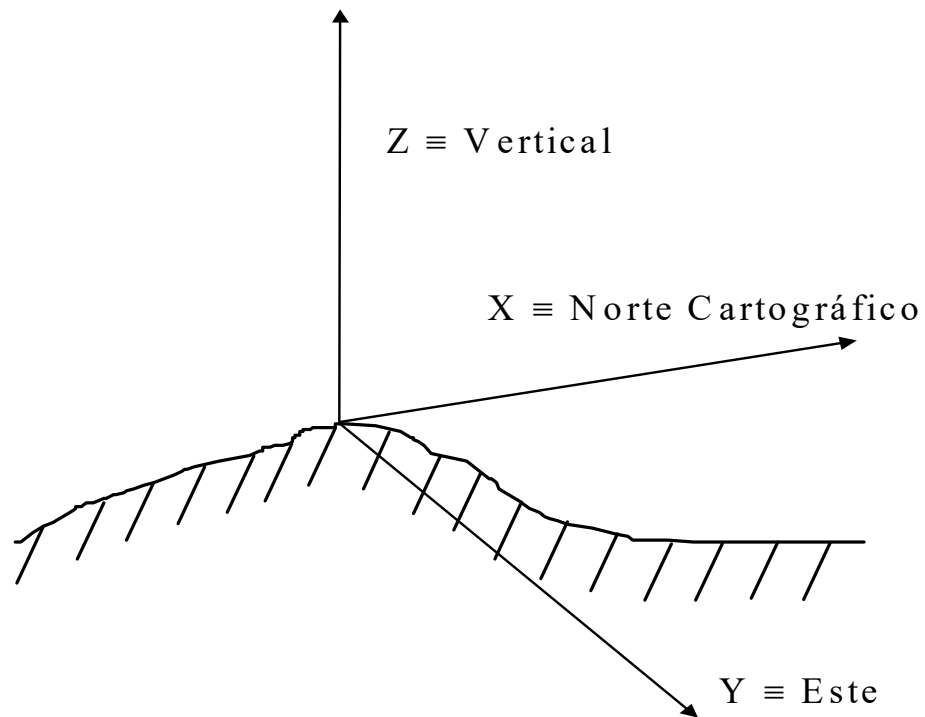
Rede de meridianos e paralelos no elipsóide e no plano



Norte geográfico, norte cartográfico, convergência de meridianos

Os ângulos verticais podem classificar-se como:

- ângulos de **inclinação**, em que a direcção de referência ou origem das leituras é o plano horizontal
- ângulos **zenitais**, em que a direcção de referência ou origem das leituras é a vertical para o zénite
- ângulos **nadirais**, em que a direcção de referência ou origem das leituras é a vertical para o nadir



Referencial associado  
ao ponto estação

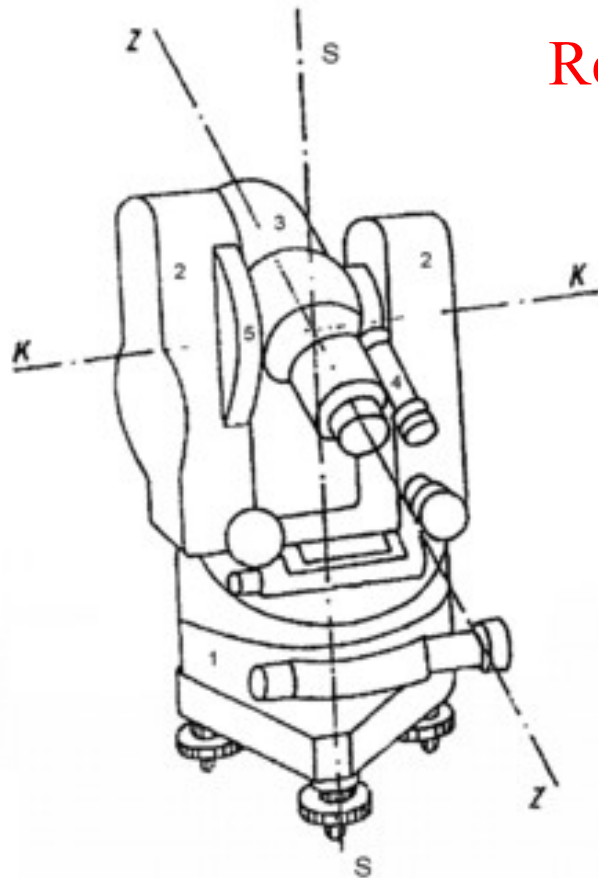
## Topocêntrico-horizontal:

(sistema triortogonal associado ao ponto estação)

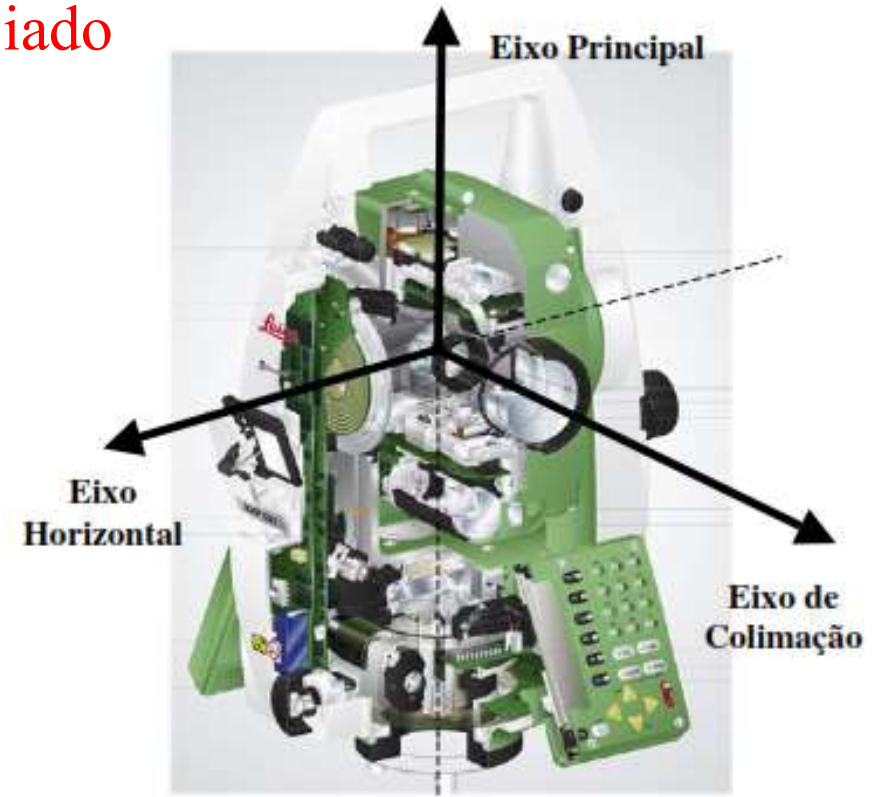
- **Plano primário:** plano horizontal;
- **Plano secundário:** plano vertical do meridiano de lugar;
- **Primeiro eixo horizontal:** direcção do Norte Cartográfico;
- **Segundo eixo horizontal:** normal ao plano secundário, formando um sistema angular dextrógiro;

# goniómetros

# medições



Referencial associado  
ao aparelho



Sistema triortogonal associado ao instrumento de medida)

*Plano primário*: plano perpendicular ao eixo principal;

- *Eixo principal*: eixo de rotação da alidade;
- *Plano secundário* : plano que contém o eixo principal e o plano de referência azimutal;

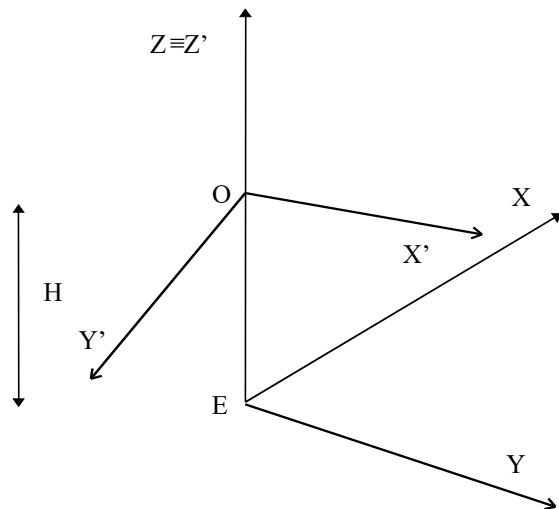
# goniómetros

# medições

**Estacionar**: É colocar o referencial do instrumento o mais próximo possível do referencial topocêntrico do ponto estação

Na prática, é executar com precisão necessária 3 rotações e 3 translações com o sistema de eixos do instrumento.

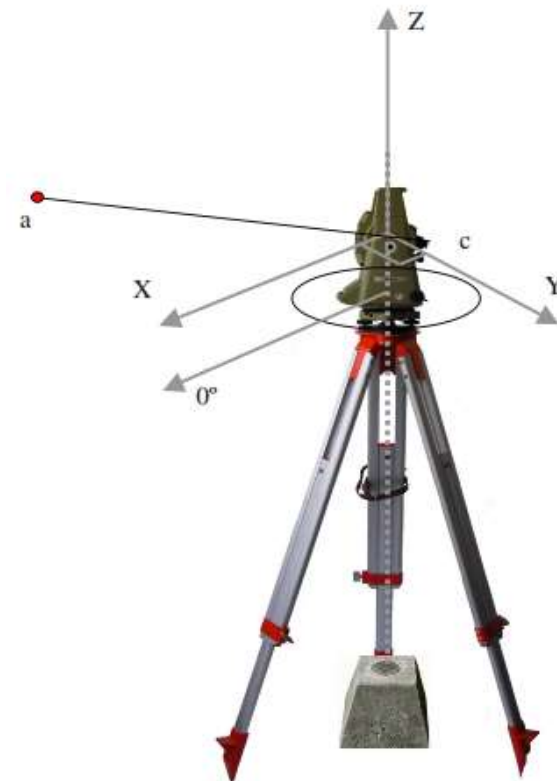
Não sendo possível colocar o centro do instrumento sobre o ponto, tem que se medir sempre a sua altura sobre a direcção vertical.



$$OZ' \equiv EZ; X'OY' \equiv XEY; OX' \equiv EX$$



$$O \equiv E; OZ' \parallel EZ; OX' \parallel EX$$



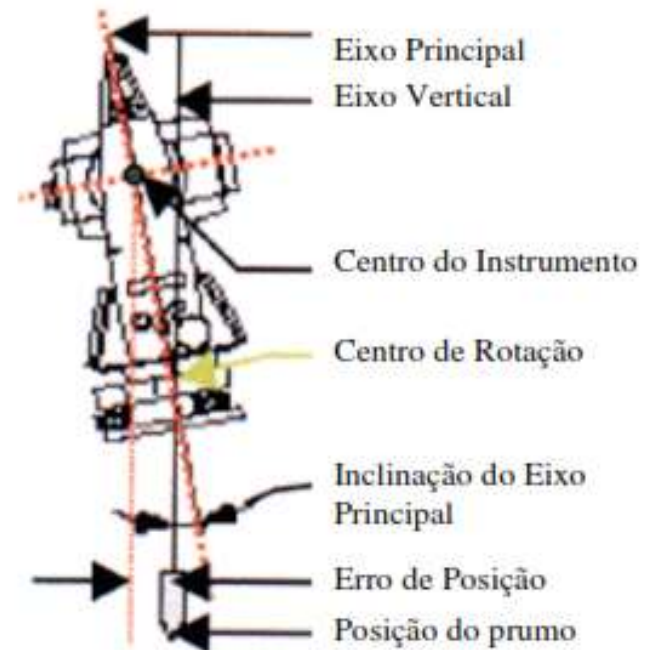


## Fases do estacionamento:

- 1º Centragem - fazer coincidir a origem com a vertical do ponto;
- 2º Horizontalização do plano XOY (verticalizar o eixo principal);
- 3º Orientação – rodar o instrumento (alidade) tornando os eixos horizontais paralelos

## Execução prática:

- 1º Centragem grosseira do tripé c/ mirada;
- 2º Centragem aproximada c/ prumo óptico;
- 3º Calagem aproximada c/ nivela esférica;
- 4º Calagem rigorosa c/ nivela tórica;
- 5º Centragem rigorosa c/ prumo óptico;
- 6º Verificação e correcção da calagem
- 7º Verificação da centragem



**Visada:** segmento de recta definido no espaço, entre o *a origem do referencial associado ao aparelho (O)* e o *ponto visado (P)*.

**Ponto estação** – ponto de estacionamento do instrumento de medida

**Ponto visado** – materializado por alvos naturais ou artificiais



## **Alvos:**

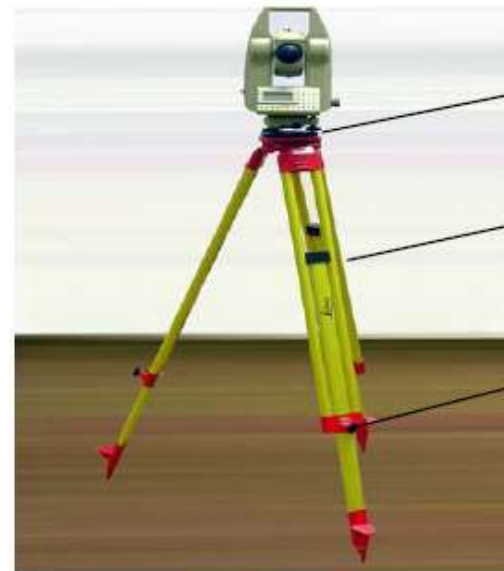
Naturais – marco, construção existente, chaminé, para-raios, etc.;

Artificiais – dispositivos estacionado sobre o ponto no terreno.

# goniómetros

# medições

As pernas do tripé, extensíveis ou não, são terminadas pelo pedal e pelo ferrão para permitir uma boa fixação ao terreno.



Base do Tripé

Tripé

Parafusos de fixação das pernas do Tripé

tripés



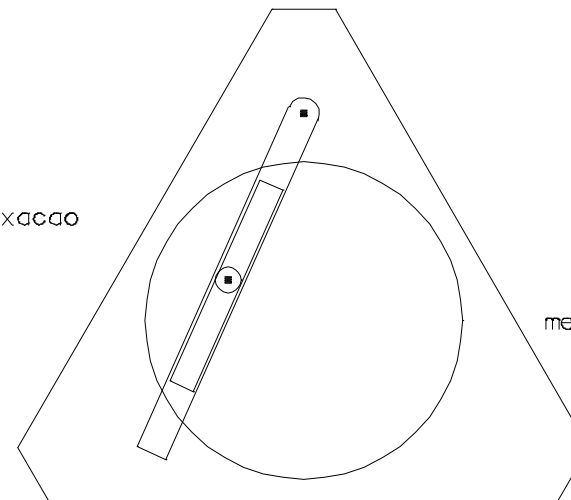
# goniómetros

# medições

Para colocar um goniómetro de modo a poder medir ângulos, isto é, para colocá-lo em estação, há que ligá-lo solidamente a um suporte que geralmente é um tripé. A ligação faz-se à **mesa**, peça de madeira ou metal, por um **parafuso** que a atravessa na parte central. As mesas metálicas que permitem variar a posição do centro do goniómetro são chamadas mesas de translação.



parafuso de fixacao



mesa do tripe

# goniómetros

# medições



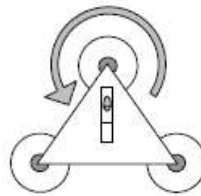
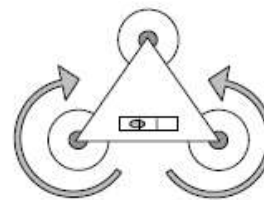
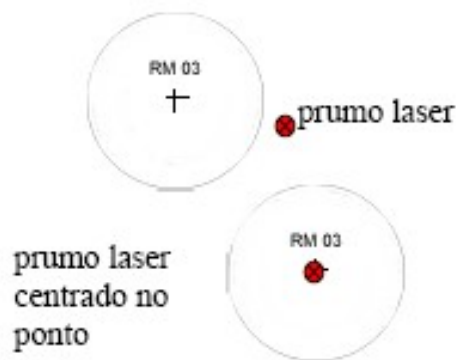
**Cravar o tripé no solo**



**Fixar o equipamento ao tripé**



**Eixo principal do aparelho passando pelo ponto estação utilizando o prumo óptico ou laser**



**Calar a nivela esférica utilizando os movimentos de extensão do tripé**



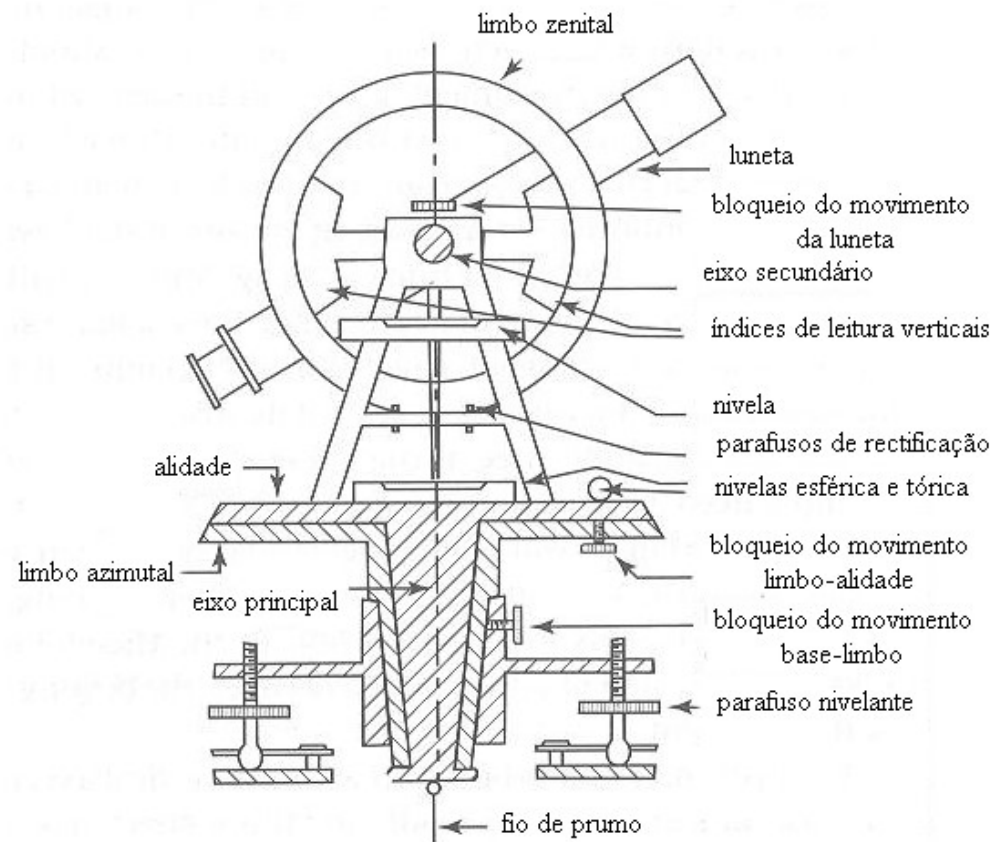
# goniómetros

# estrutura do goniómetro



1. A **base** é constituída por um cilindro apoiado em 3 braços, em cujas extremidades se encontram 3 parafusos nivelantes destinados a horizontalizar a base (e por construção a verticalizar o eixo principal).

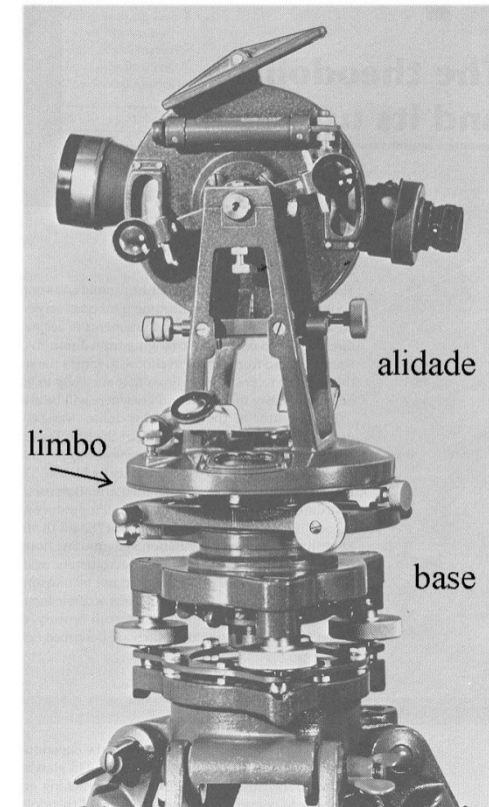
2. Sobre a parte superior da base apoia-se o **limbo graduado**. Conforme o tipo de teodolito, o limbo pode ser colocado solidário com a base, solidário com a alidade ou mover-se independentemente destas 2 peças.



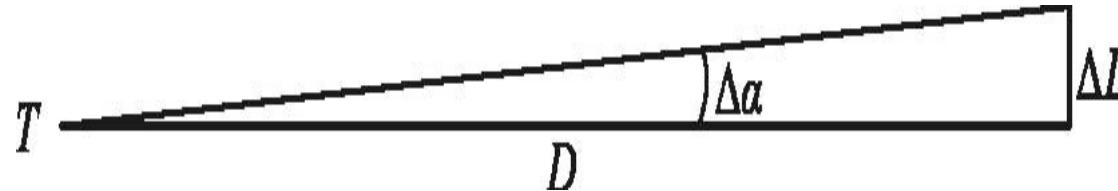


# goniómetros

# estrutura do goniómetro



**3.** Apoiada num tronco cónico que gira no interior da base encontra-se a **alidade**, que transporta em 2 locais diametralmente opostos os índices de leitura. Sobre a alidade existem 2 montantes nos quais assenta o eixo secundário, que por sua vez suporta a luneta.



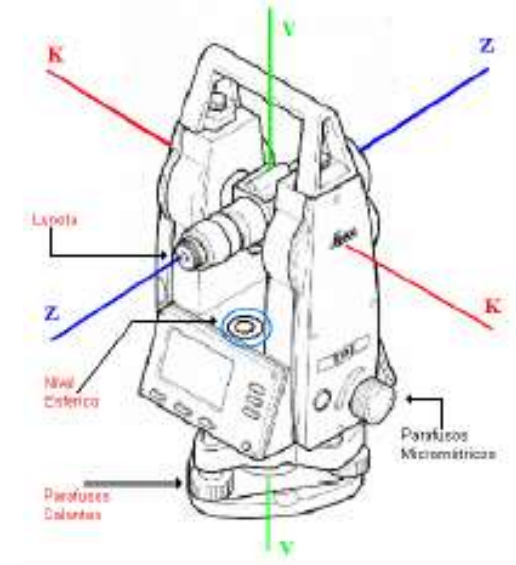
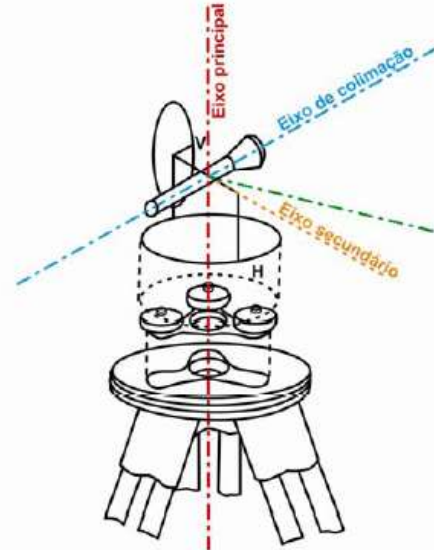
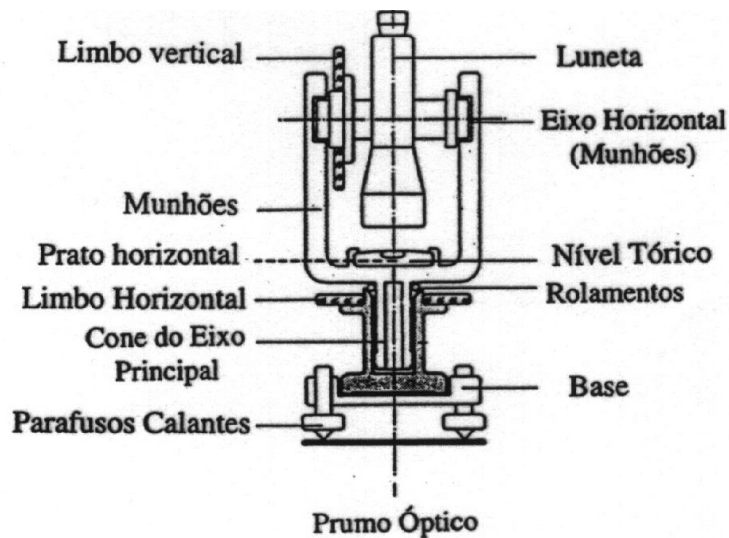
$\Delta\alpha$ (grados)	$D=100\text{ m}$	$D=1000\text{ m}$
1	$\Delta L=1,6\text{ m}$	$\Delta L=16\text{ m}$
0,01	$\Delta L=1,6\text{ cm}$	$\Delta L=16\text{ cm}$
0,001	$\Delta L=1,6\text{ mm}$	$\Delta L=1,6\text{ cm}$
0,0001	$\Delta L=0,16\text{ mm}$	$\Delta L=1,6\text{ mm}$

Erro linear  $\Delta L$  em função de um erro angular na pontaria  $\Delta\alpha$  para as distâncias de 100 m e 1000 m.



# goniómetros

# estrutura do goniómetro



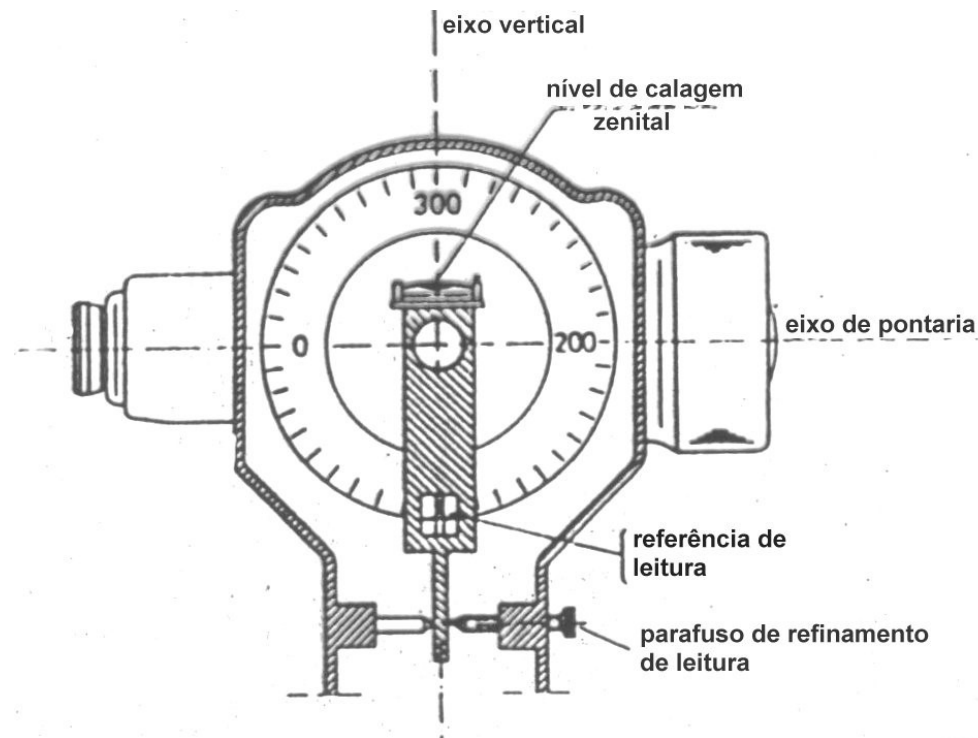
A **tri-ortogonalidade** entre os eixos do sistema de referência topocêntrico e a horizontalidade do plano primário impõem condições de construção e de operacionalidade dos teodolitos.

- 1 - **Eixo principal** coincidente com a vertical;
- 2 - Plano do sistema de leitura azimutal paralelo ao plano horizontal;
- 3 - **Eixo secundário** perpendicular ao eixo principal;
- 4 - Plano de colimação perpendicular ao eixo secundário;
- 5 - Os 3 eixos devem-se intersectar no centro do teodolito;
- 6 - Plano do sistema de leitura zenital paralelo ao plano de colimação.

# goniômetros

# estrutura do goniômetro

O círculo é fixo à luneta e o sistema de leitura é fixo ao montante. A linha de referência da leitura (contém o centro e a referência de leitura) deve ser paralela ao eixo vertical.

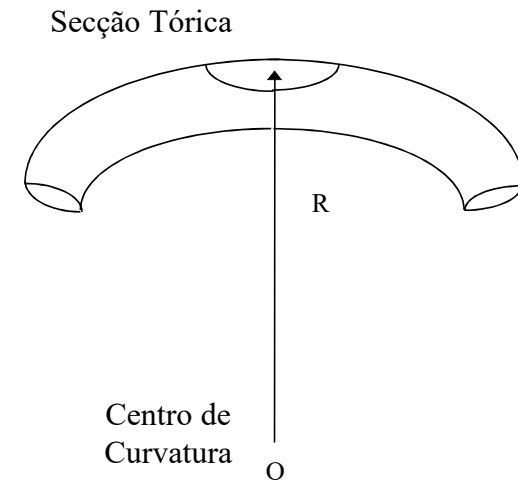
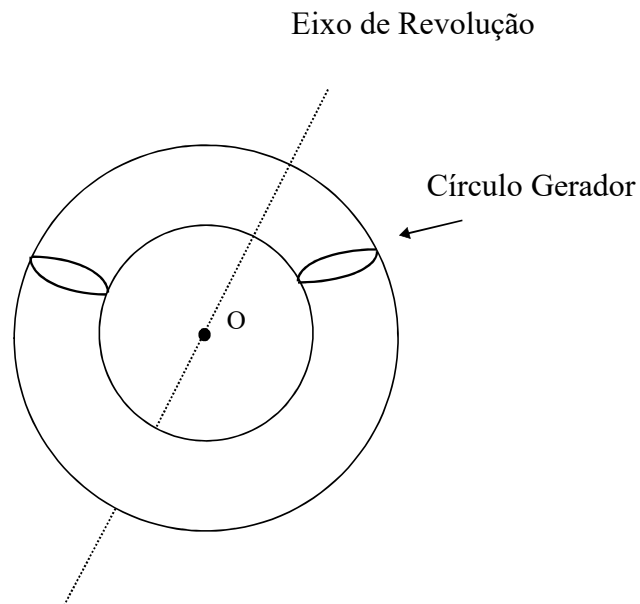


# goniómetros

# estrutura do goniómetro

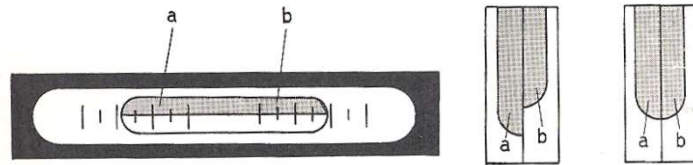
As nivelas de bolha são acessórios de que permitem a horizontalização de um plano ou a verticalização de um eixo. As nivelas tóricas são secções de toros de revolução com círculo de gola de 20 a 100 metros .

Normalmente os teodolitos possuem 1 ou 2 níveis solidários com a alidade. Quando um nível gira em torno do eixo principal e a bolha do mesmo permanece centrada, isto confirma a perpendicularidade do eixo de rotação em relação à diretriz do eixo do nível dentro dos limites da sensibilidade do mesmo. Se ocorrer um deslocamento da bolha para diferentes posições do nível em torno do eixo, a rectificação do nível torna-se necessária.

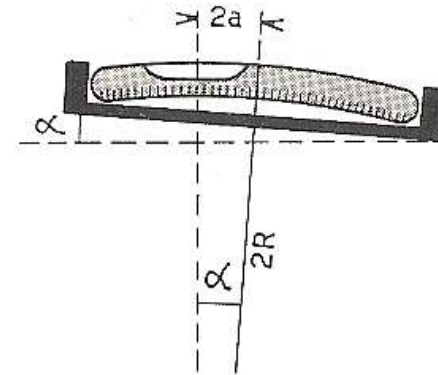


# goniómetros

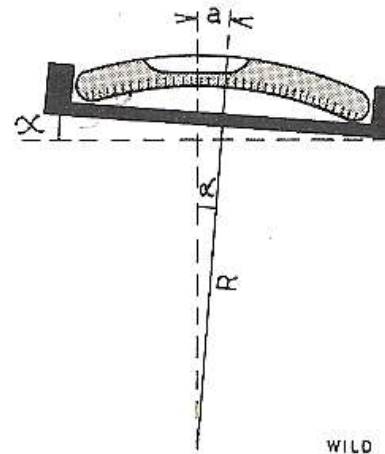
# estrutura do goniómetro



calagem da bolha por  
coincidência das imagens das  
duas extremidades



mais sensível



menos sensível

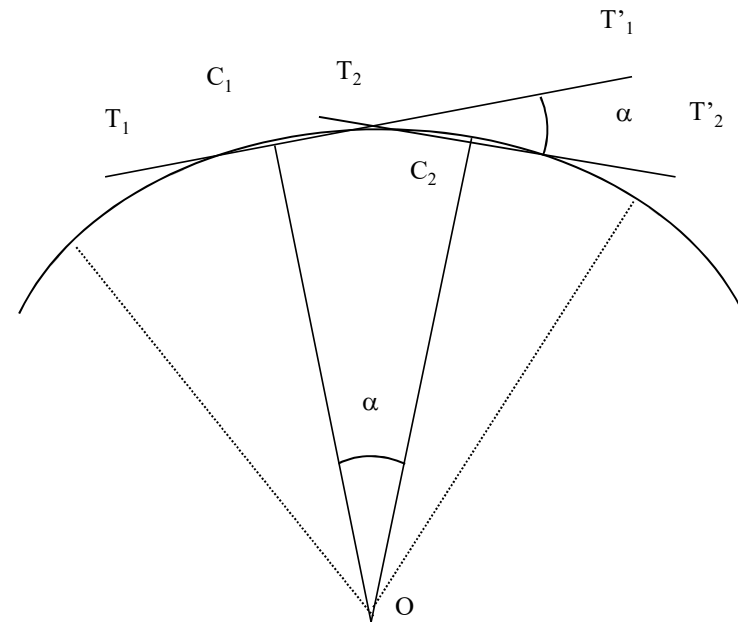
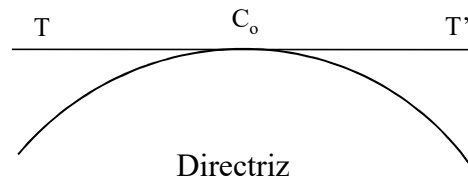
WILD

a mesma inclinação  $\alpha$  provoca um deslocamento  $a$  na nivela  
menos sensível e um deslocamento  $2a$  na nivela mais sensível

# goniómetros

# estrutura do goniómetro

A sensibilidade da nivela é dada pela variação de inclinação da directriz (TT') do nível de valor  $\alpha$  correspondente ao deslocamento da bolha de uma divisão (**2mm**)



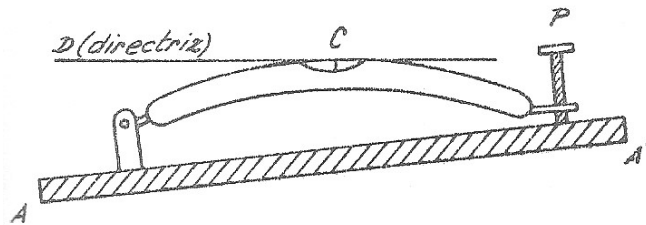
**Em topografia :** T16 = 30"  
T2 = 20"

**Em geodesia:** T3 = 6,5"  
T4 = 1 a 2"  
DKM3 = 2"

# goniómetros

# estrutura do goniómetro

*Nível calado, e desretificado*

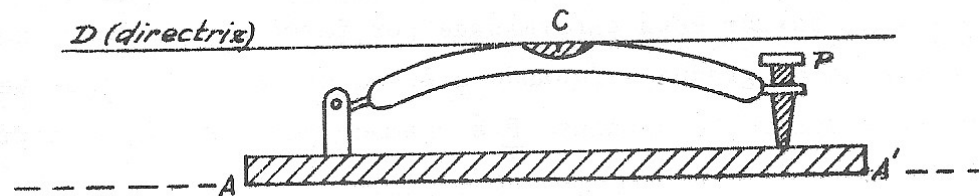
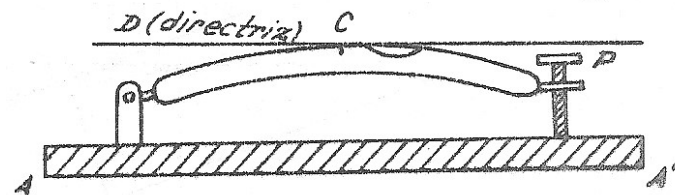


O nível apoia-se na **base** AA', de um lado por uma charneira e do outro através de um parafuso P que se destina a levantar ou baixar essa extremidade por forma a levar a bolha a ocupar o centro C da graduação. Chama-se **directriz** D de um nível à tangente à linha média no centro da graduação.

Diz-se que um nível está **calado** quando o centro da bolha coincide com o centro da graduação.

Diz-se que um nível está **retificado** quando a sua directriz D é paralela à linha de apoio AA'.

*Nível retificado mas não calado*



Constatada a necessidade de rectificação o procedimento é o seguinte: **1)** colocar a directriz do eixo do nível a ser retificado mais ou menos na direcção de dois parafusos calantes e centrar a bolha com rigor; **2)** girar a alidade de  $180^\circ$ , prender o movimento da alidade e deixar a bolha estabilizar e observar a magnitude do deslocamento da bolha em relação ao centro da graduação existente no tubo do nível; **3)** efectuar a correcção do deslocamento da bolha, fazendo com que ela volte ao centro do tubo. Esta correcção é efectuada em duas etapas: metade do deslocamento deve ser introduzida actuando nos parafusos de ajuste existente no próprio nível e a outra metade num dos dois parafusos calantes que ainda continuam paralelos à directriz do eixo do nível.

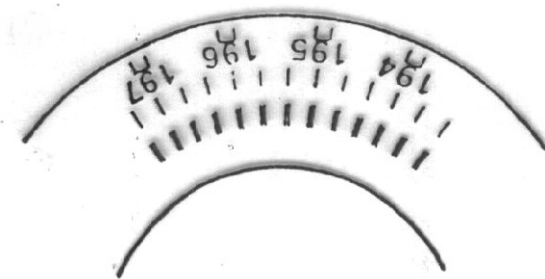
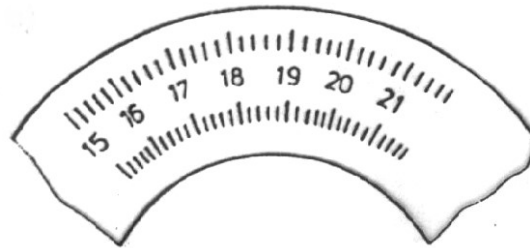
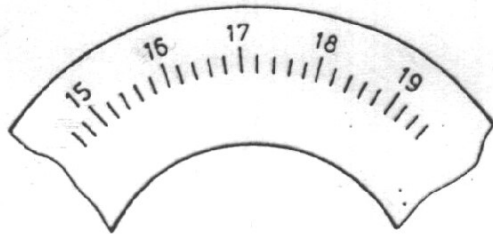
# goniómetros

# estrutura do goniómetro

---

## Limbos:

- círculos graduados, com traços de  $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$  de espessura;
- de metal, de vidro (cristal) ou poliéster, com diâmetros de 6 a 25 cm;



A graduação pode ser feita em 3 sistemas: sexagesimal, centesimal e milésimal. No primeiro caso a circunferência é dividida em 360 graus e cada um destes em 2, 3, 6 ou 12 partes, sendo lido no limbo o valor do grau e da respectiva subdivisão. As fracções menores são estimadas ou lidas por outros processos. No segundo caso a circunferência do limbo é dividida em 400 grados e cada um destes em 2, 4, 5, 10 ou 20 partes. Na divisão milésimal a circunferência é dividida em 6400 partes ( $2\pi \approx 6.283 \approx 6.400$ ).



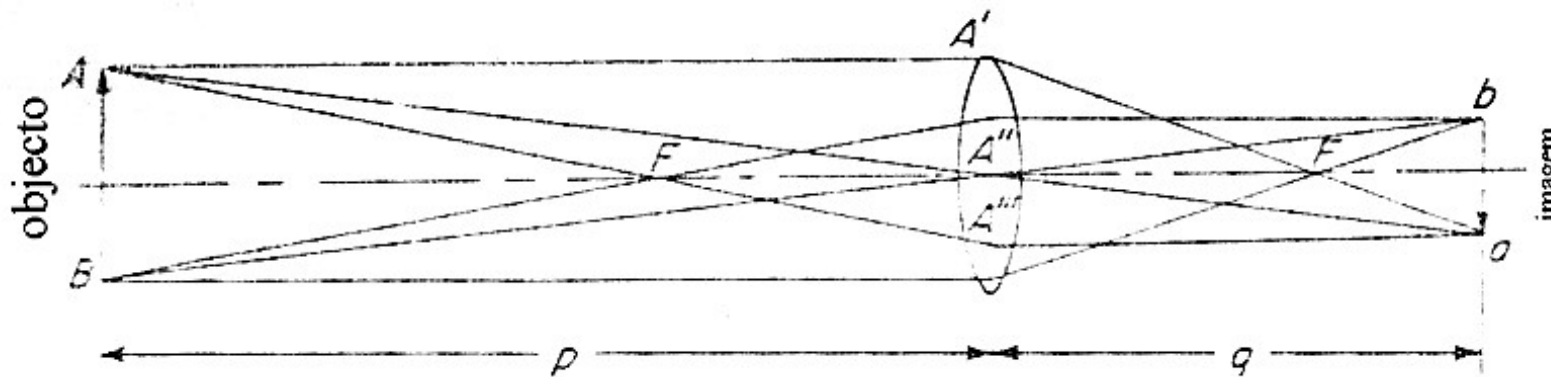
# goniómetros

# óptica

Uma **lente simples** é um corpo vítreo limitado por duas superfícies esféricas ou por uma esférica e outra plana. Consoante a respectiva curvatura, as lentes podem classificar-se como **convergentes** (ou convexas) e **divergentes** (ou côncavas). A recta que une os centros das duas superfícies que limitam uma lente designa-se por **eixo principal** e a distância entre os polos dessas superfícies define a **espessura** da lente.

O **centro óptico** de uma lente é o ponto do eixo principal pelo qual passam os raios luminosos sem mudar de direcção – **raios principais**; os raios luminosos que incidem na lente paralelamente ao eixo principal, sofrem uma refração passando pelo **foco** – **raios focais**.

Traçando os raios principais e os raios focais, é possível construir a imagem real de um objecto AB que se encontre para além do foco principal F.



# goniómetros

# óptica

A distância objecto p, medida do objecto ao centro da lente, e a distância imagem q, medida do centro da lente à imagem (ambas medidas paralelamente ao eixo óptico), estão relacionadas com a distância focal f (fixa) através de

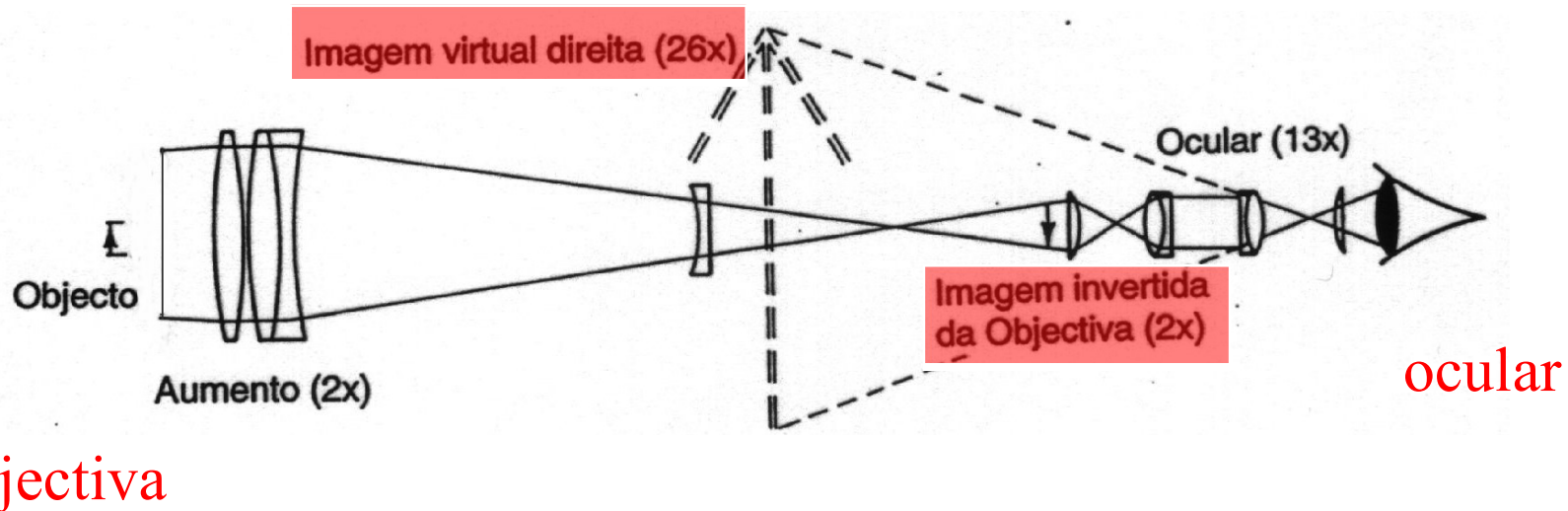
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

A relação M entre as dimensões da imagem e do objecto designa-se por **ampliação** (linear), tendo-se

$$M = \frac{\text{dimensão da imagem}}{\text{dimensão do objecto}} = \frac{q}{p}$$

A **potência** (focal) da lente é igual ao inverso da distância focal da lente e é uma medida da capacidade que a lente tem de convergir um feixe de raios paralelos a uma determinada distância da lente. Quanto menor for essa distância (focal) maior é a potência da lente. A unidade de potência focal é a dioptria, que é definida como a potência de uma lente convergente cuja distância focal é um metro:

$$P = \frac{1}{f}$$



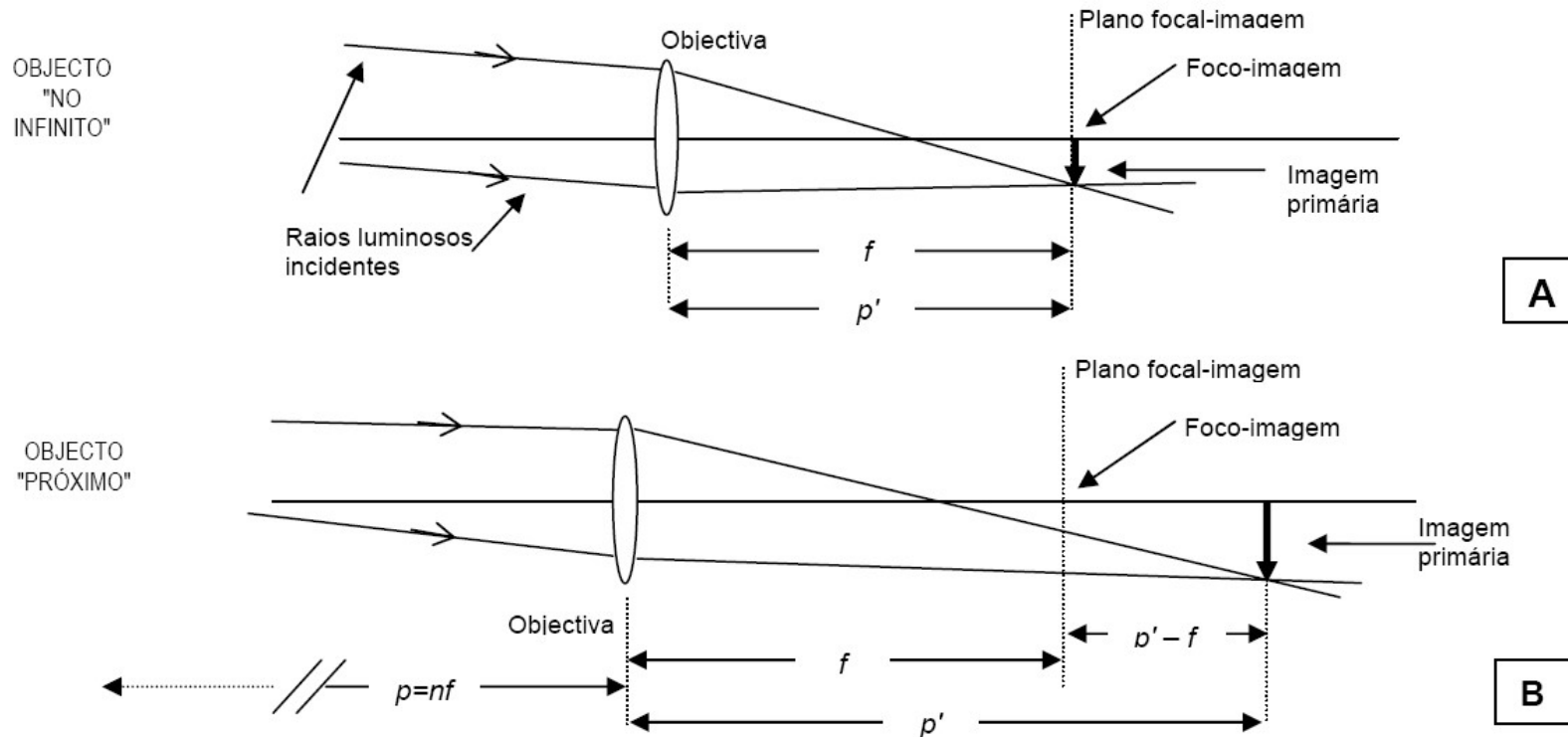
Uma luneta consiste num par de lentes (compostas) convergentes, a objectiva e a ocular, montadas de tal forma que os respectivos eixos principais são colineares, formando o eixo óptico do aparelho; a lente **objectiva**, de maior distância focal, produz uma imagem real reduzida e invertida do objecto; a lente **ocular** amplia a imagem produzida pela objectiva, dando origem a uma imagem virtual, formada num plano entre as duas lentes.

A ampliação da imagem do objecto é uma característica importante da luneta pois influencia o respectivo poder resolvente. Com o aumento da ampliação o campo de visão diminui; a abertura da lente deve aumentar com o aumento da ampliação de forma a manter as imagens suficientemente luminosas.

**Campo Visual** - espaço cónico gerado pelo ângulo de abertura ( $1^\circ$  a  $2^\circ$ )

**Resolução ou poder separador** - capacidade de separação sobre a imagem ( $2'/G$ )

**Poder de ampliação da luneta** -  $G = \alpha / \alpha'$ ,  $G = \text{tg}(\alpha) / \text{tg}(\alpha') = F/f$ ,  $G = \Omega/\omega = \text{abertura da objectiva} / \text{abertura da ocular}$



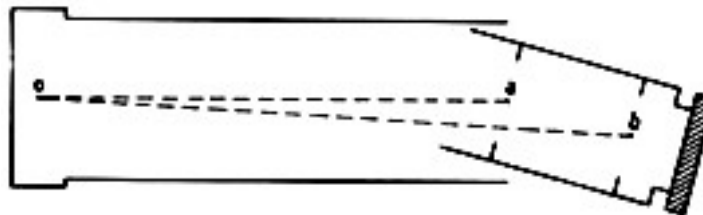
Dado um objecto muito afastado da objectiva, a imagem desse objecto forma-se no foco da lente (A). Ao fazer observações visando pontos mais próximos da objectiva (B), a imagem forma-se mais atrás do plano focal, isto é, a uma distância  $p'$  da lente superior à distância focal  $f$ . Quanto mais próximo o objecto se encontrar do teodolito maior será a diferença  $p' - f$ .

Para **focar a imagem**, o observador pode actuar de diferentes modos:

1. Nos instrumentos mais antigos, **de focagem externa**, a ocular e a objectiva são montadas em dois tubos distintos, em que um deles desliza no interior do restante:

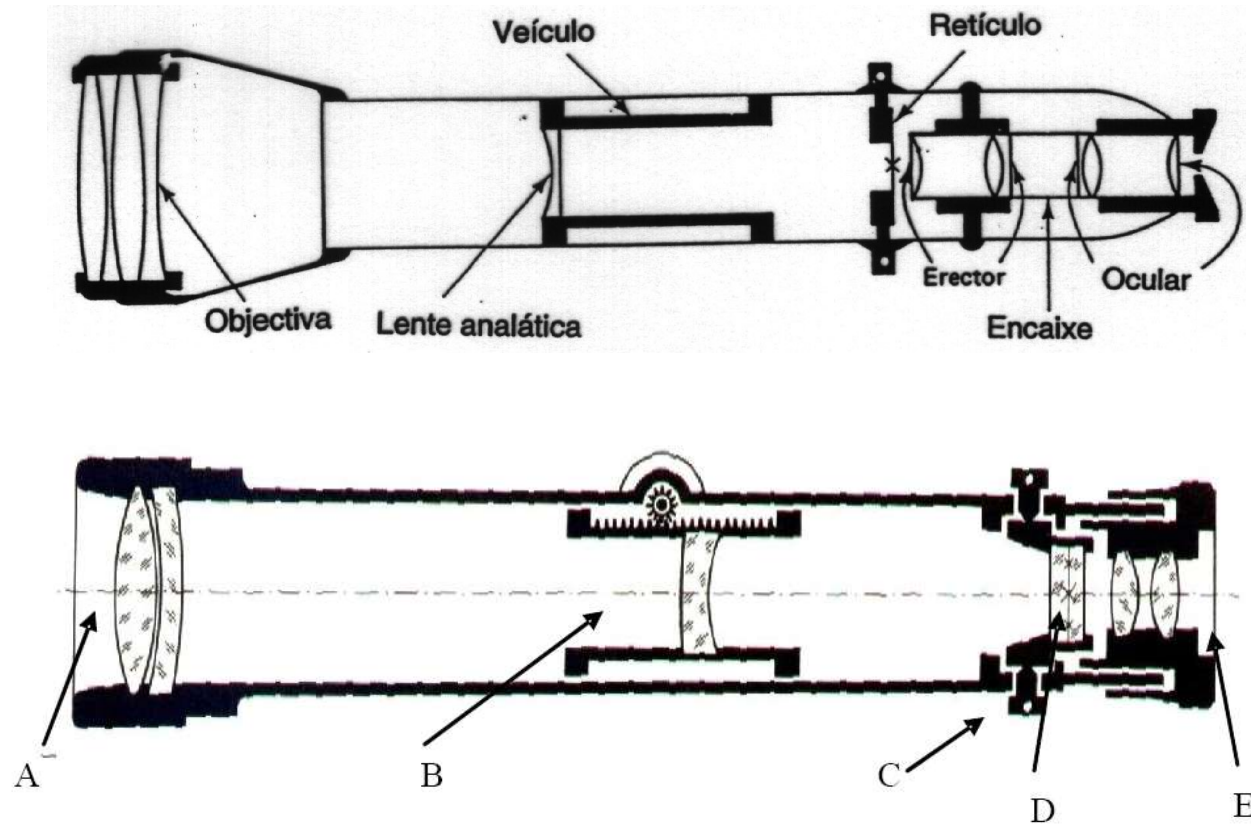
a) Nas lunetas de **distância focal fixa (da objectiva)**, o observador actua na cremalheira ou outro sistema de focagem, de modo a recuar a ocular (esse recuo vale  $p' - f$  e é tanto maior quanto mais próximo o objecto estiver).

b) Nas lunetas catadióptricas que fazem a focagem movendo a objectiva, **a posição da ocular é fixa**. O observador terá, assim de mover a objectiva, deslocando-o para trás (afastando-a ligeiramente da ocular), de modo a trazer a imagem nítida para o campo da ocular. Ao fazer isso, a distância focal efectiva do sistema diminui. Após a focagem, a imagem produzida pela objectiva situa-se um pouco para além do plano focal por outras palavras,  $p' > f$ .



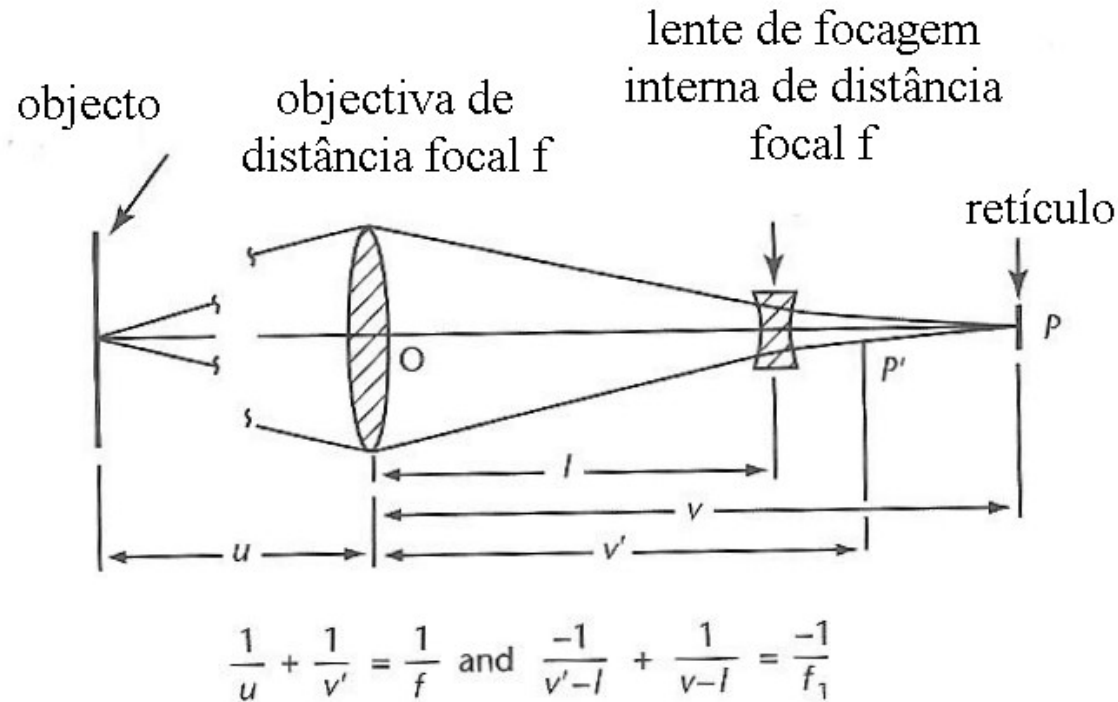
# goniómetros

# óptica



- A : Objectiva
- B : Sistema de focalização
- C : Parafusos de ajuste dos fios de retículo
- D : Retículos
- E : Ocular

Nas lunetas de **focagem interna**: 1) o comprimento da luneta mantém-se inalterável (o retículo, a ocular e a objectiva estão fixos no tubo; 2) o dispositivo de focagem interna torna o interior da luneta mais estanque a poeira e humidade; 3) mais leves



A lente côncava ao ser movimentada no interior da luneta por intermédio de um botão, foca a imagem no plano do retículo, sem que a objectiva ou a ocular se movam. No caso de não existir a lente de focagem interna, a imagem criada pela objectiva seria formada em P'; esta imagem constitui então o objecto virtual para a lente de focagem interna, cuja imagem é formada em P (a desvantagem é esta lente extra absorver alguma luz).

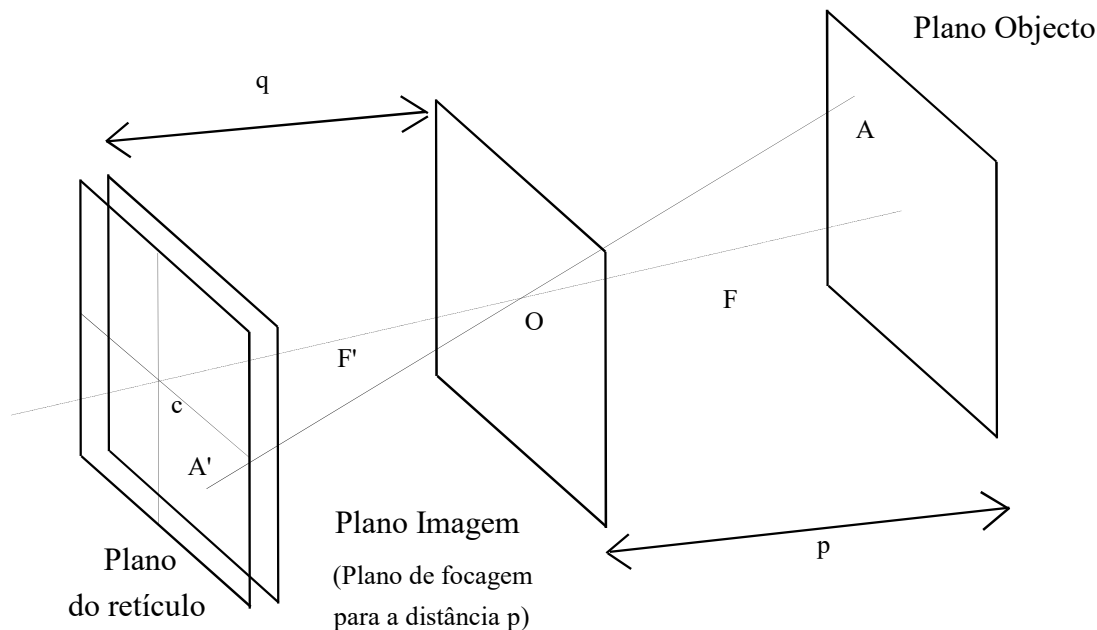


As lentes da luneta são geralmente tratadas com uma substância anti-reflectante, fazendo diminuir as perdas, por reflexão, da luz incidente na objetiva e, conseqüentemente, aumentando a luminosidade da imagem, vantagem considerável quando se trabalha com pouca luz. Além da **reflexão**, outros fatores também contribuem para a perda de luminosidade, como por exemplo a **difusão** (provocada pelo pó, vapor de água, resíduos de gordura, etc. depositados na superfície das lentes) e mesmo a **absorção** da luz pelo próprio material da lente. As lentes estão ainda sujeitas às aberrações cromáticas e geométricas tais como: **aberração esférica**, **astigmatismo** e **distorção**. Para evitar estas aberrações são introduzidas lentes com índices de refração diferentes e colocadas de forma a eliminar os raios periféricos, para que se utilize a parte central das lentes, próxima ao eixo óptico.

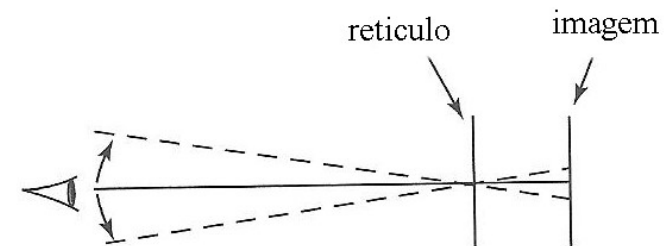
Os **fios de retículo** empregados em instrumentos topográficos são linhas ou traços muito finos. Alguns fabricantes de instrumentos utilizavam fios de platina extremamente finos, e outros utilizam traços gravados com diamante diretamente sobre o vidro. Alguns instrumentos possuem dois fios de retículo, um horizontal e um vertical. Os instrumentos que são utilizados em trabalhos mais precisos têm dois fios de retículo horizontais adicionais, um acima e um abaixo do fio horizontal usual. Estes fios de retículos adicionais são chamados de fios estadimétricos.



## Princípio da luneta com retículo



**Existe paralaxe da imagem quando a imagem do objecto, dada pela objectiva, não se forma sobre o plano do retículo.**



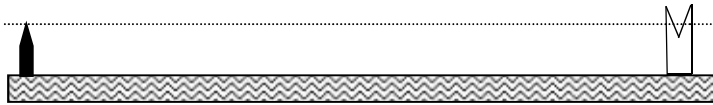
Os fios do retículo, que definem a **linha de pontaria ou de colimação** (juntamente com o centro óptico da objectiva) estão colocados numa placa de vidro situada entre as duas lentes (ocular e objectiva); esta placa pode mover-se para a frente e para trás através de um botão de focagem, de modo a colocar o retículo no plano de focagem.



**A focagem (dos fios do retículo e da imagem) é fundamental pois dela resulta uma melhor ou pior pontaria: deve focar-se em primeiro lugar os fios do retículo com o anel de focagem colocado na ocular e depois a imagem do campo visual, de tal forma a que as duas imagens não apresentem movimento uma em relação à outra (paralaxe, que pode provocar um erro na pontaria).**

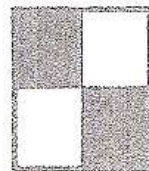
Ponto de Mira

Alça da Mira

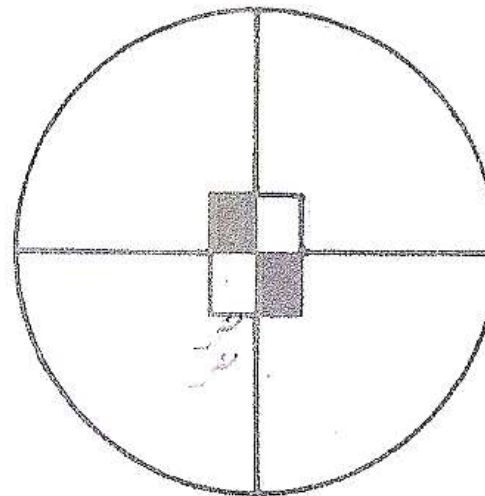


**miras de pontaria**

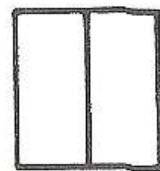
Há vários tipos de pontarias, conforme os tipos de miras e de aparelhos utilizados. Nalguns aparelhos utilizam-se retículos em cruz, onde se sobrepõe um traço sobre uma marca visada ou se faz coincidir os fios com o limite dos quadrados de uma mira: **pontaria por sobreposição**.



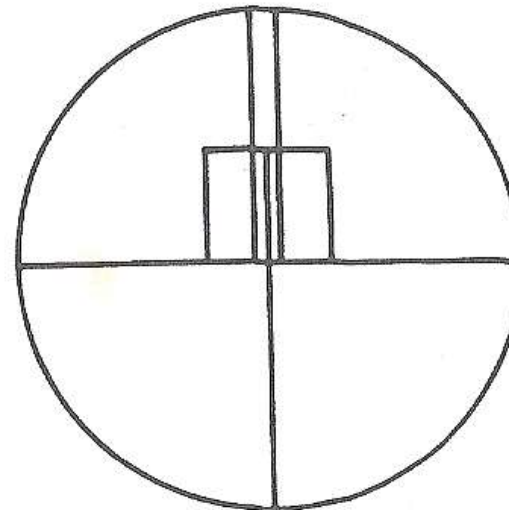
objecto



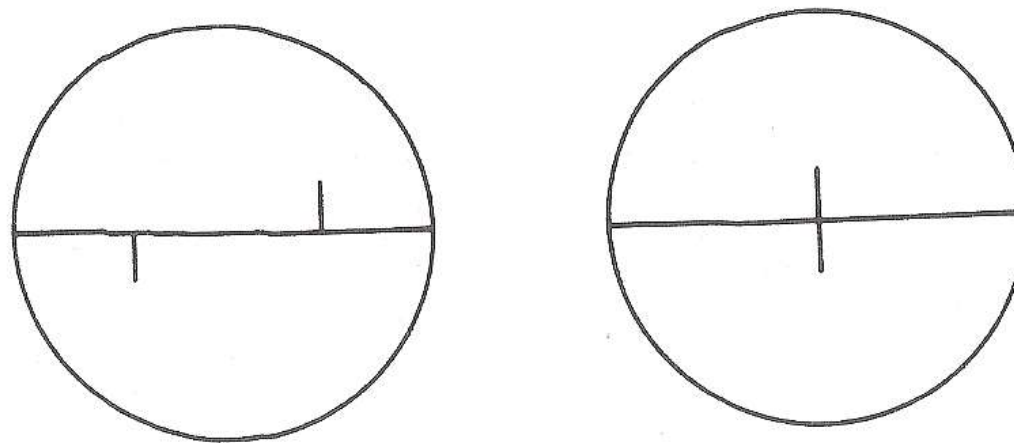
Nos aparelhos modernos utiliza-se um retículo com dois traços paralelos muito próximos; desta maneira pode enquadrar-se o alvo visado, sendo esta **pontaria por enquadramento** mais precisa do que a de sobreposição.



objecto



Por último, utiliza-se nalguns aparelhos a **pontaria por coincidência**, que consiste em sobrepor duas metades de uma imagem separadas por uma linha sem espessura.



# goniómetros

# óptica



pontaria

**Auxiliares de interpolação:** nos limbos metálicos a leitura é feita na alidade por nónio (2 diametralmente opostos) com lupa ou por microscópios micrométricos.

- nónios;
- microscópios ópticos de leitura (ampliam a graduação do limbo);
- micrómetros (alteram o percurso dos raios luminosos);
- percursos ópticos (luneta, prismas e espelhos).



**nónios**: escala auxiliar de leitura (fixa à alidade) que desliza relativamente à graduação do limbo e que serve para medir com rigor fracções da menor divisão do limbo, isto é, **sem estimação**.

Para efectuar uma leitura basta procurar qual a divisão do nóvio em coincidência com a divisão da escala, multiplicar este número pela constante do nóvio e juntar este resultado à leitura na escala do limbo mais próxima do zero do nóvio.

A dimensão de uma divisão do nónio diferencia-se da dimensão de uma divisão do limbo de uma quantidade que traduz a **sensibilidade**  $a$  do nónio.

**$(n-1)L=nN$** : a  $n$  unidades do nónio  $N$  correspondem  $(n-1)$  unidades do limbo  $L$

$$nL-L=nN$$

**Constante do nónio:  $a = L-N = L/n$**

$$n(L-N)=L$$

$$L-N=L/n$$



**Leitura:**  
 $61^\circ 20'$   
 $+ 7'$   

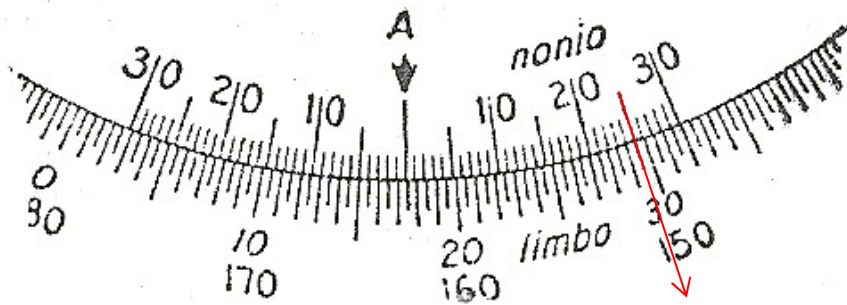

---

 $61^\circ 27'$

Neste exemplo, a menor divisão  $L$  do limbo corresponde a  $60'/3 = 20'$ , a menor divisão  $N$  do nónio corresponde a  $19'$ , tendo-se  $20 \times 19' = 19 \times 20'$ ,  $a = 20'/20 = 1'$

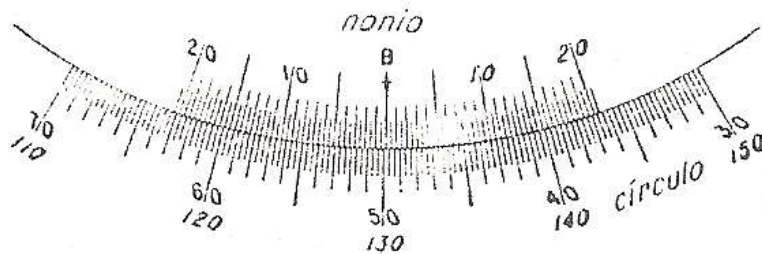
# goniómetros

# óptica



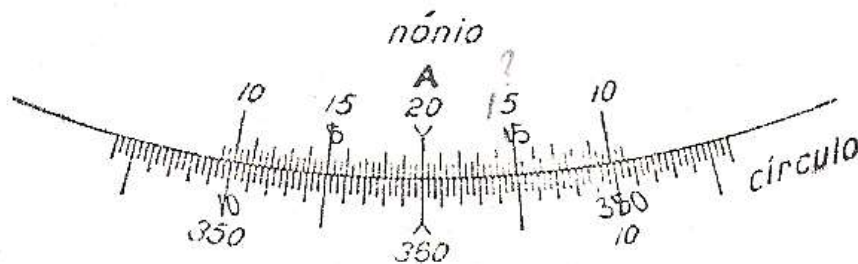
$17^{\circ} 25'$

$162^{\circ} 35'$



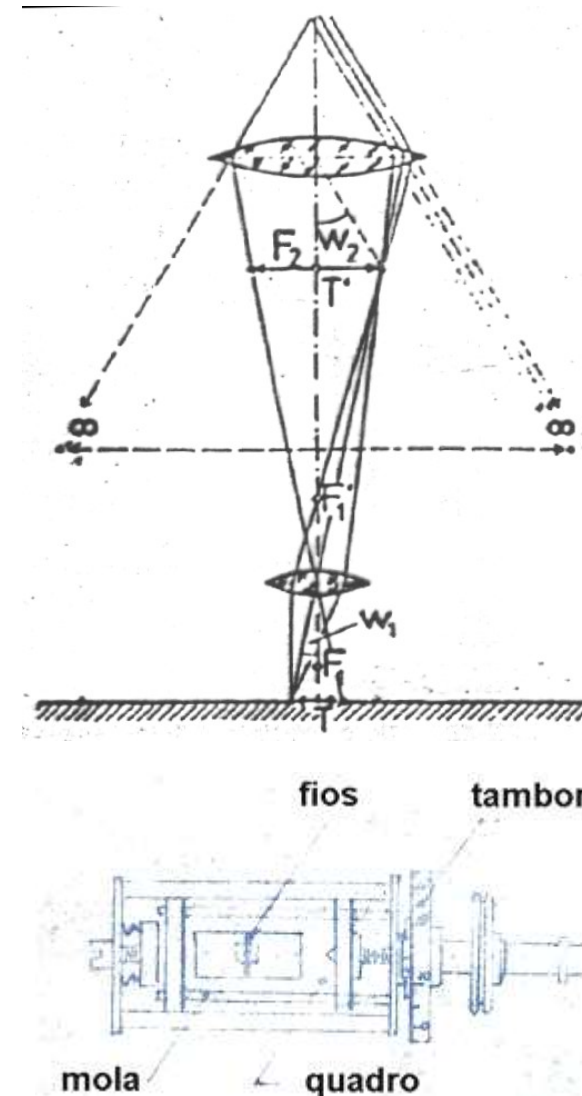
$49^{\circ} 50' 30''$

$130^{\circ} 9' 30''$



$0^{\circ} 00' 00''$

O **microscópio** é constituído por uma luneta cuja objectiva se encontra muito próxima do limbo (**lupa**), sendo a respectiva imagem formada num plano onde se encontra a **referência de leitura**, constituída por 2 fios suportados por um quadro. O movimento de um parafuso determina o deslocamento dos fios em relação à imagem da graduação e é medido por um **tambor** graduado.

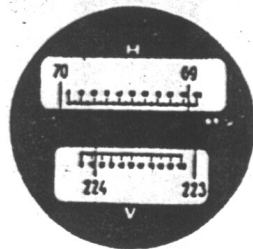


## Microscópios ópticos:

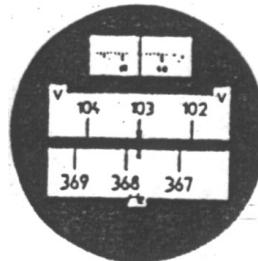
- 1) Com traço de referência de leitura (a fracção da graduação é estimada);
- 2) Com escala de referência de leitura (em vez do retículo possui uma escala, medindo-se a fracção entre a origem da escala e uma divisão do limbo) – T16;
- 3) Com traço de referência e micrómetro óptico (mede-se o deslocamento aparente da imagem do limbo para levar um traço da graduação à coincidência com o traço do retículo);
- 4) De coincidência com micrómetro óptico (dupla imagem) – T2;



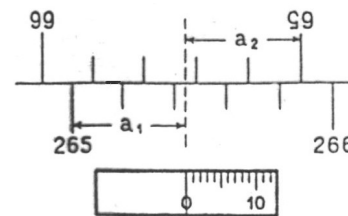
1)



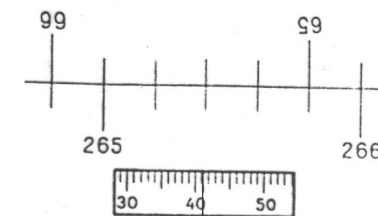
2)



3)



4)

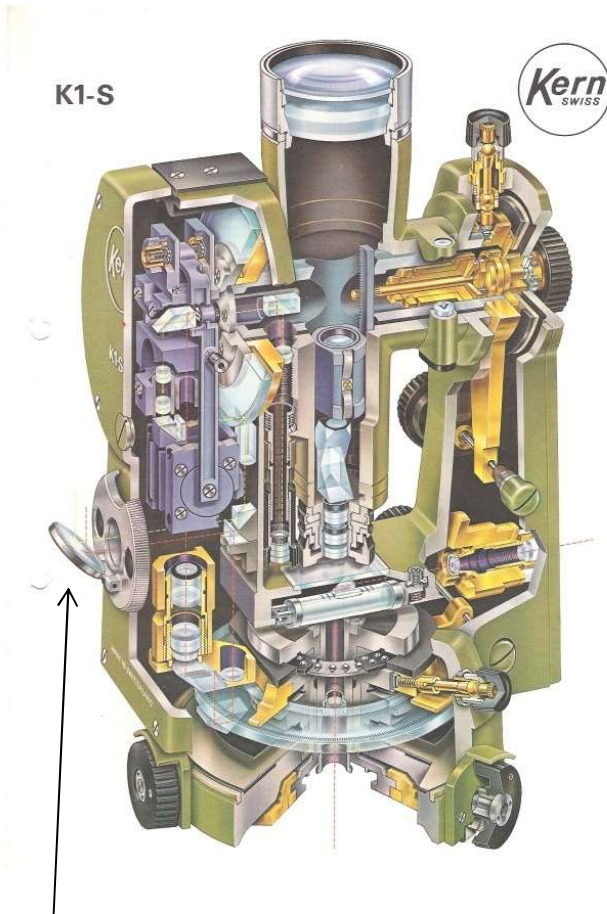


4)

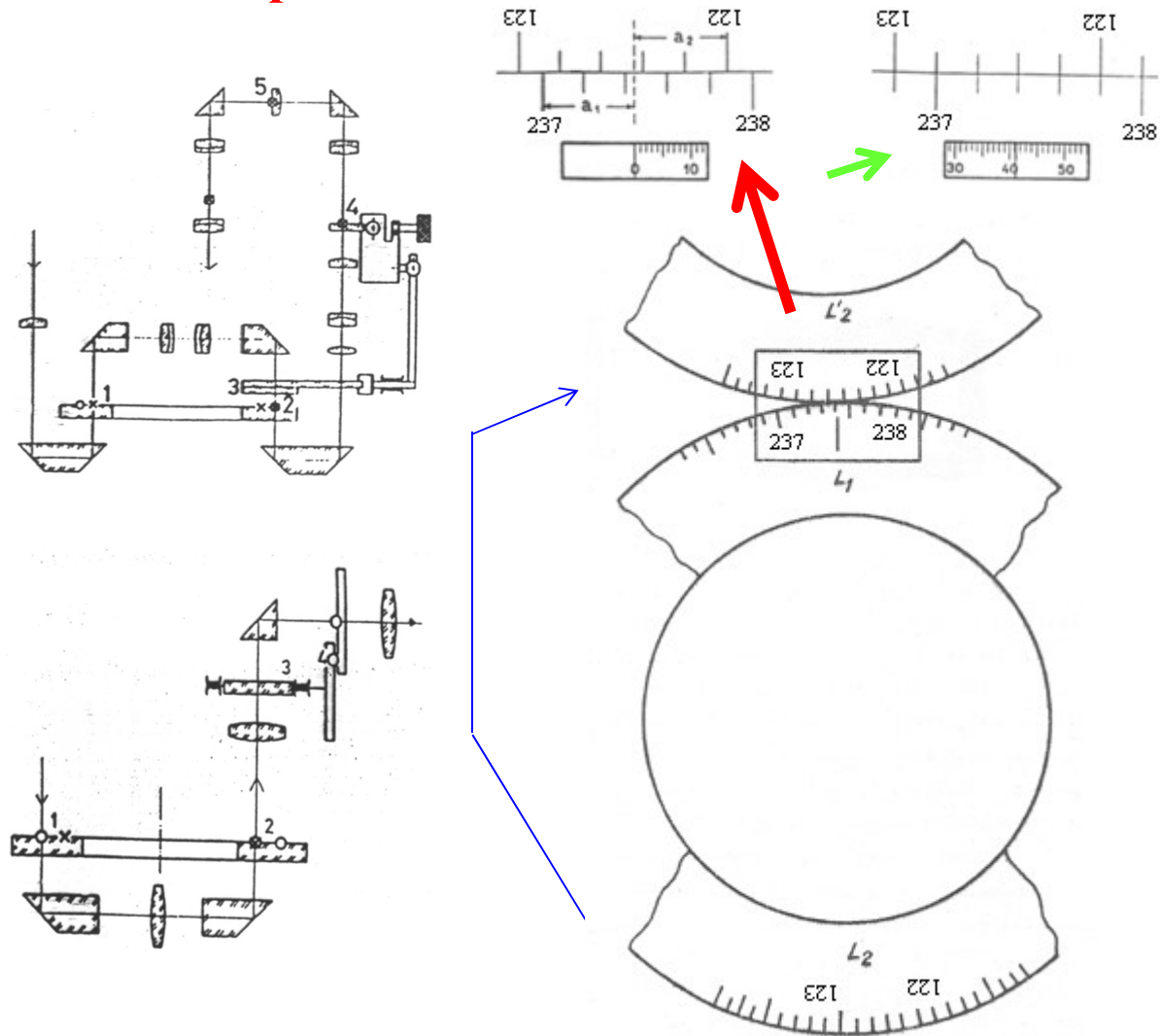
# goniómetros

# óptica

Percurso óptico do sistema de forma a efectuar **2 leituras** no limbo em zonas diametralmente opostas com **uma única pontaria**:



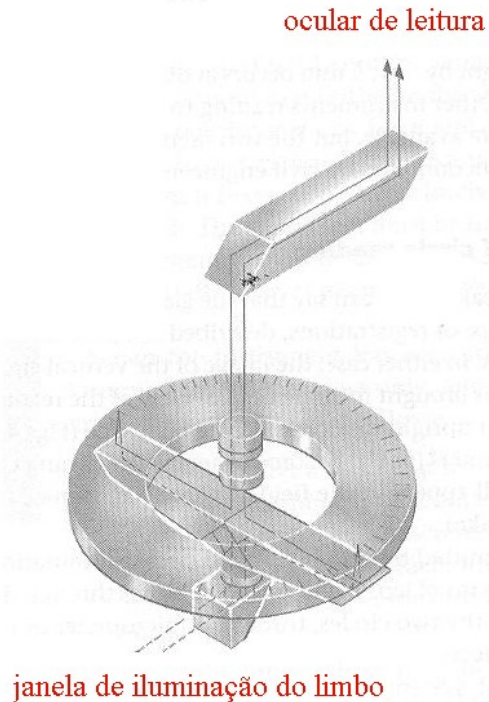
janela de iluminação  
do limbo azimuthal



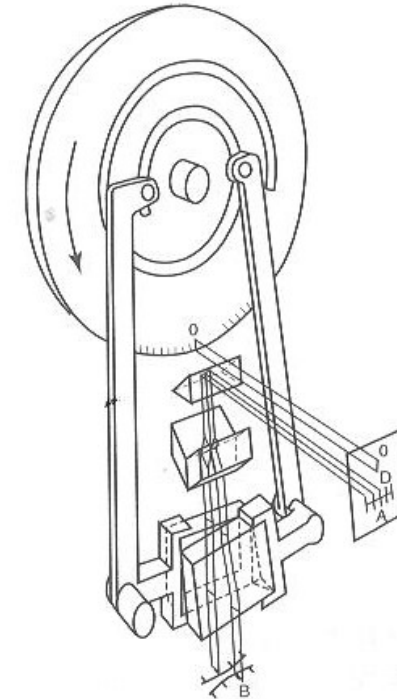
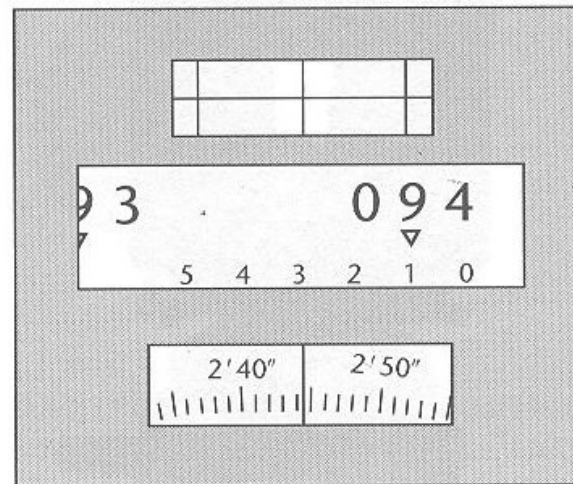


# goniómetros

# óptica



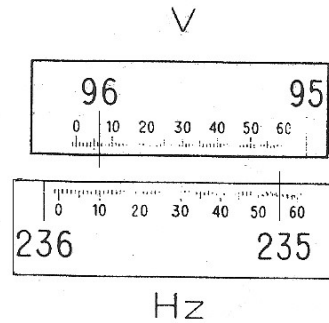
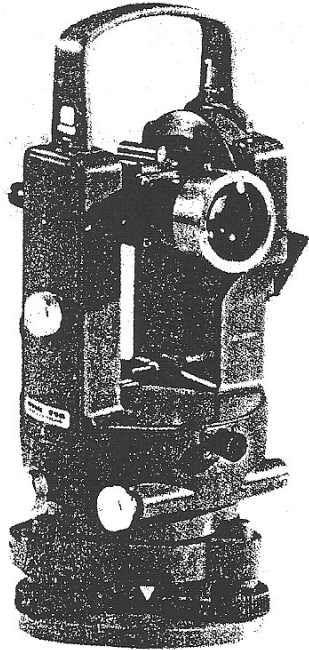
leitura no limbo azimutal:  $094^{\circ} + 10'$   
leitura no micrómetro:  $2' 44''$   
estimativa no micrómetro:  $0.4''$   
total:  $094^{\circ} 12' 44.4''$



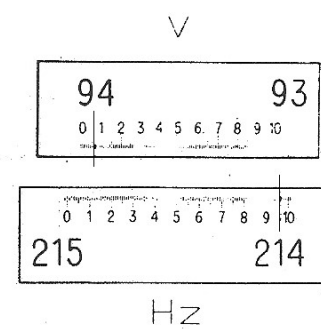
A luz que entra pela janela de iluminação atravessa o limbo azimutal em duas zonas diametralmente opostas, efectuando-se duas leituras pelo método da **coincidência** rodando o botão do micrómetro (comum às leituras zenitais); este movimento provoca uma variação da inclinação das lâminas de faces paralelas de uma mesma quantidade mas em direcções opostas até as imagens dos traços adjacentes em pontos opostos da graduação coincidirem.

# goniómetros

# óptica

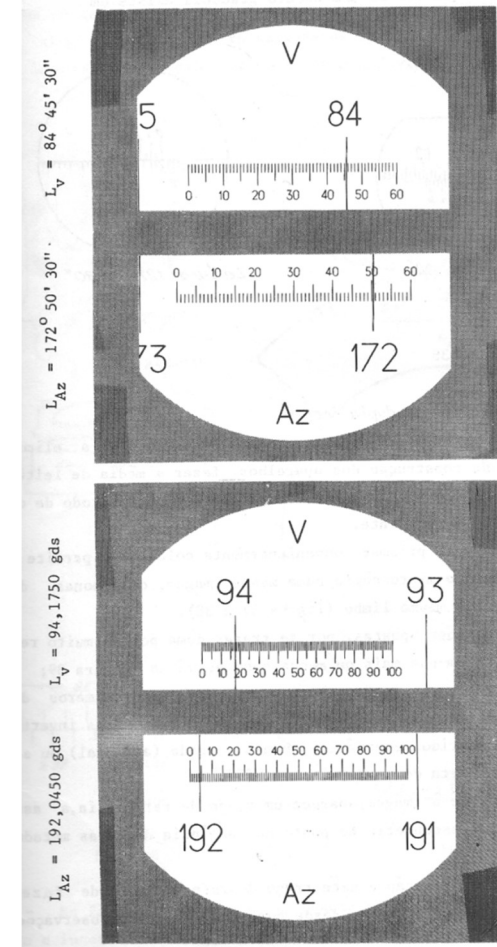


$$V = 96^{\circ} 06,5'$$
$$Hz = 235^{\circ} 56,4'$$



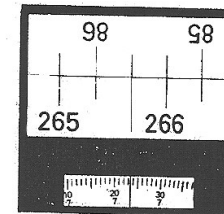
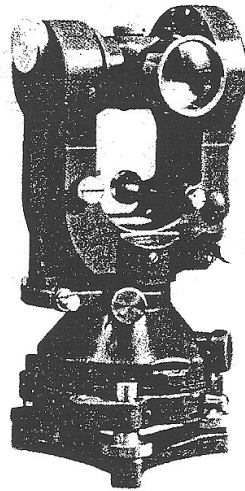
$$V = 94,064 \text{ gr.}$$
$$Hz = 214,964 \text{ gr}$$

O teodolito **Wild T16** é um teodolito **repetidor**, isto é, o limbo azimutal pode-se fixar quer à base quer à alidade, o que permite **acumular leituras**, com leitura por escala, isto é, o microscópio, em vez de possuir um retículo, possui uma escala de comprimento igual a uma divisão do limbo, gravada numa lâmina de vidro. **A menor leitura directa é de 1' ou 0.01g.**

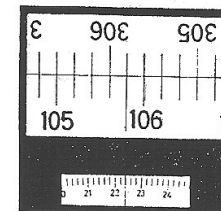




## Wild T2 antigo



265° 47' 23,5"

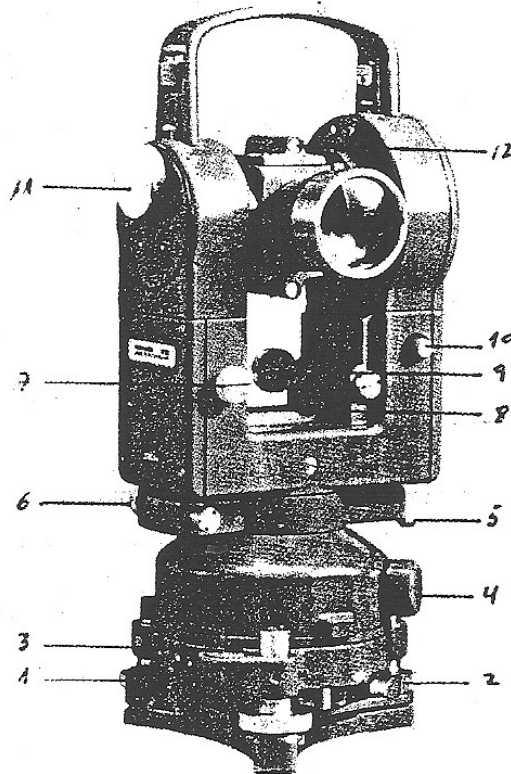


105,82 24 gr.

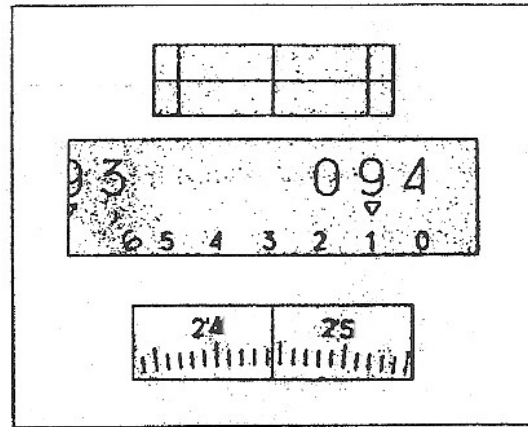
A figura mostra as leituras efectuadas nos microscópios de dupla imagem munidos de micrómetro de coincidência dos teodolitos **Wild T2** antigos. A leitura é obtida:

- determinando o valor da mais pequena divisão do limbo
- actuando no tambor do micrómetro até levar os traços da graduação superior à coincidência com os da graduação inferior
- verificando qual é a graduação dos algarismos direitos que está imediatamente à esquerda do índice de leitura e contando o número de intervalos entre uma e outra
- efectuando no micrómetro a leitura dos minutos, dezenas de segundos e segundos, que se junta à leitura anterior dos graus e dezenas de minutos.

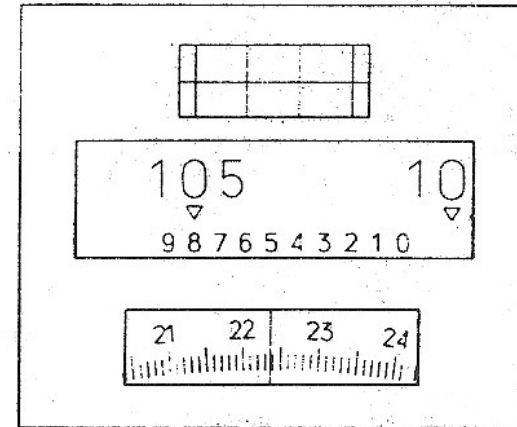
## Wild T2 moderno



- 1 - Prumo óptico
- 2 - Alavanca de fixação à base
- 3 - Nível esférico
- 4 - Parafuso de reiteração
- 5 - Alavanca de grandes movimentos gerais da alidade
- 6 - Parafuso de pequenos movimentos particulares da alidade
- 7 - Parafuso de comutação de leitura dos limbos
- 8 - Nível tórico da alidade
- 9 - Parafuso de pequenos movimentos particulares da alidade
- 10 - Botão de calagem zenital automático
- 11 - Parafuso do micrómetro óptico
- 12 - Visor óptico



$$Hz = 94^{\circ} 12' 44''$$



$$V = 105,82 24 \text{ gr}$$

No campo ocular da leitura aparecem 3 janelas dispostas de alto para baixo, que indicam:

- traços da graduação do limbo correspondentes às duas zonas do limbo diametralmente opostas, que devem ser levados à coincidência rodando o tambor micrométrico
- numeração em grados do limbo relativa à leitura a efectuar, depois de projectada numa lâmina onde está gravado o intervalo correspondente a um grado dividido em 10 partes numeradas (obtém-se daqui o grado e a décima de grado)
- tambor micrométrico que permite a leitura directa do segundo de grado

# goniómetros

# óptica

T05



T0



T1



T16



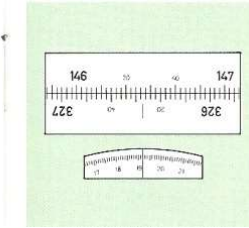
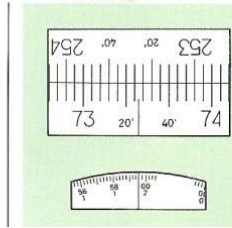
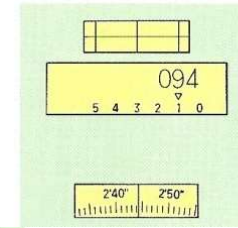
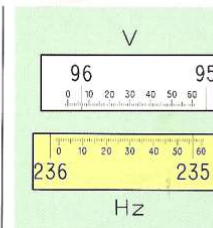
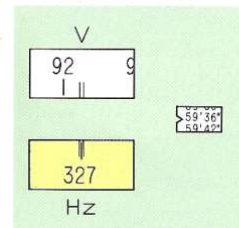
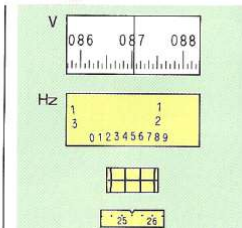
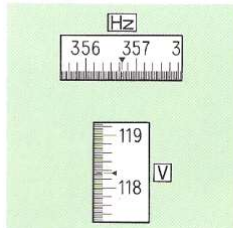
T2



T3



T4



## aparehos Wild analógicos

# goniómetros

# óptica

	T05	T0	T1	T16	T2	T3	T4
<b>Grossissement de la lunette (×)</b>	19	20	30	30	30	24, 30, 40	60, 80
<b>Champ à 1000 m (m)</b>	39	35	27	27	29	28	14
<b>Visée minimum (m)</b>	0,8	1,0	1,7	1,7	2,2	4,6	100
<b>Ecart type (Hz) selon DIN 18723</b>	0,003 <sup>g</sup> 10"	0,008 <sup>g</sup> 25"	0,001 <sup>g</sup> 3"	0,001 <sup>g</sup> 3"	0,0025 <sup>g</sup> 0,8"	0,0015 <sup>g</sup> 0,5"	0,3"
<b>Lecture directe</b>	360° 400 <sup>g</sup>	2' 0,1 <sup>g</sup>	Hz 20" V 5' Hz 0,01 <sup>g</sup> V 0,1 <sup>g</sup>	6" 0,002 <sup>g</sup>	1'/20" <sup>**</sup> 0,01 <sup>g</sup>	1" 0,0001 <sup>g</sup>	0,2" 0,0001 <sup>g</sup>
<b>Lecture par estimation</b>	360° 400 <sup>g</sup>	0,5' 0,01 <sup>g</sup>	V 1' V 0,02 <sup>g</sup>	3" 0,001 <sup>g</sup>	0,1'/5" <sup>**</sup> 0,001 <sup>g</sup>	0,1" 0,00005 <sup>g</sup>	Hz 0,05" V 0,1"
<b>Index vertical automatique</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Débattement</b>	-	-	±2'	±6'	±5'	-	-
<b>Précision du calage</b>	-	-	±1"	±1"	±0,3"	-	-
<b>Sensibilité de la nivelle d'index</b>	-	-	-	-	-	12"	2"
<b>Sensibilité de la nivelle d'alidade pour 2 mm</b>	60"	4'	30"	30"	20"	6,5"	1"
<b>Poids (kg)</b>							
<b>Instrument</b>	3,0	2,7	5,8	5,3	6,0	11,2	50
<b>Etui</b>	2,2	2,6	2,8	2,8	2,2	3,7	41

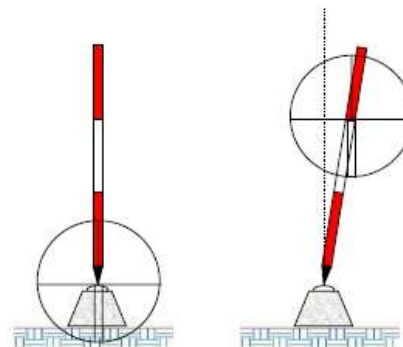
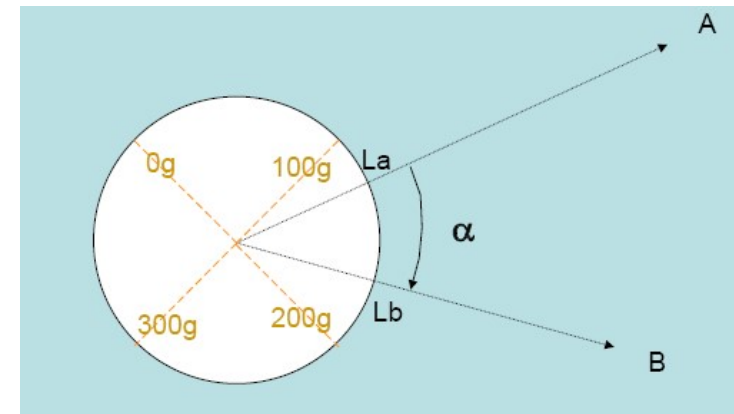
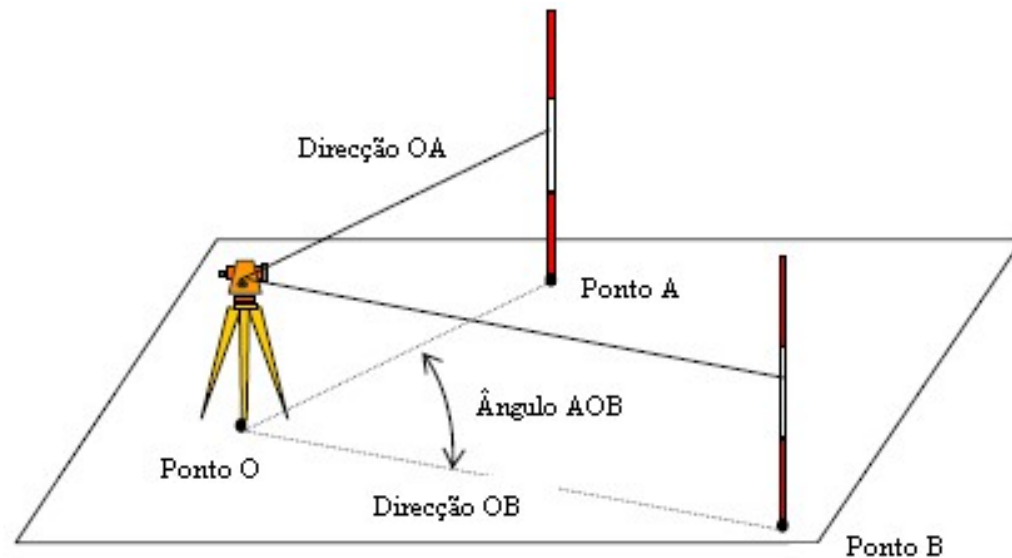
especificações técnicas (aparelhos analógicos)



# goniómetros

# observação de ângulos

## Medição de ângulos **azimutais** ou **horizontais**



$$\alpha = L_b - L_a$$

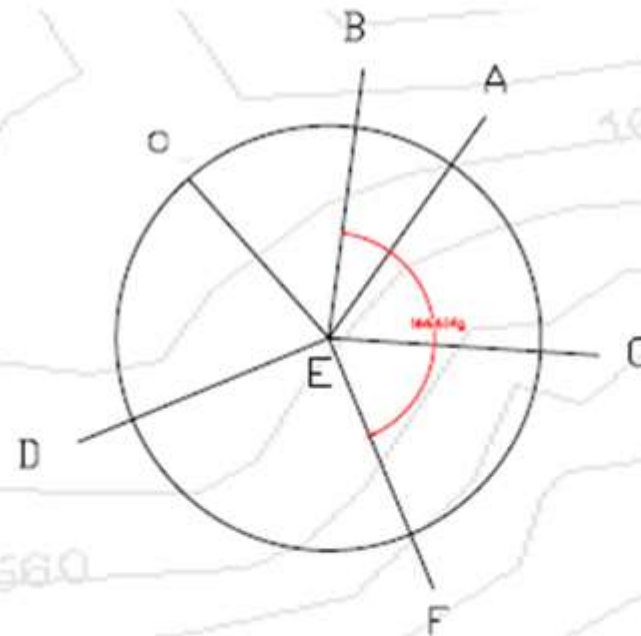
# goniómetros

# observação de ângulos

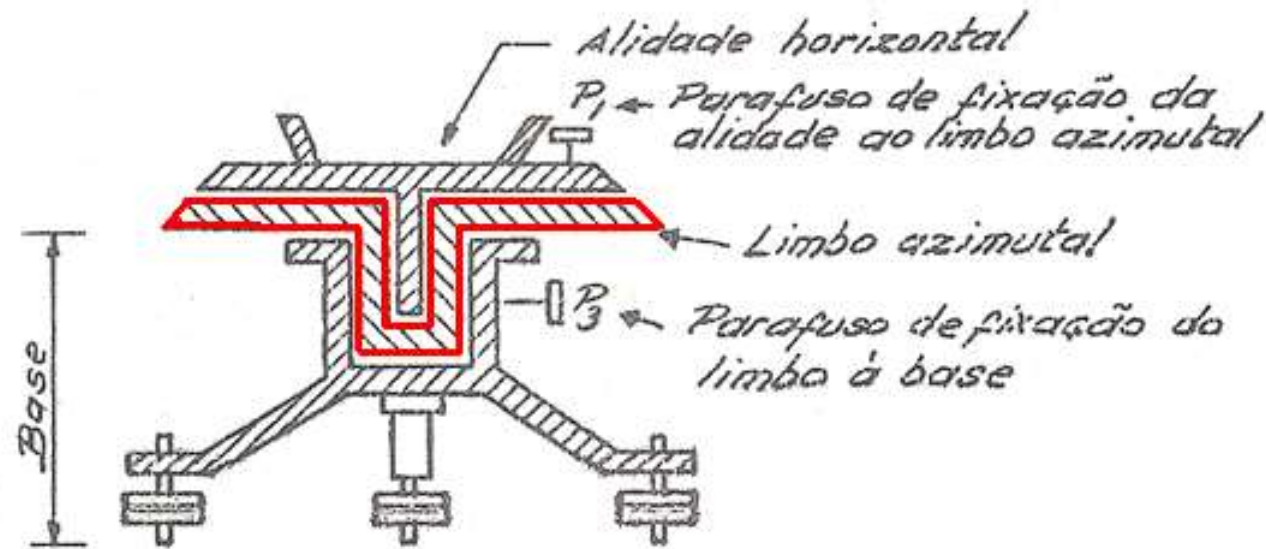
Estacionou-se um teodolito num ponto  $E$  do terreno e fizeram-se as seguintes observações:

Vértices Visados	$B$	$A$	$C$	$F$	$D$
Leituras Azimutais	$54^{\circ},136$	$85^{\circ},246$	$150^{\circ},001$	$220^{\circ},750$	$320^{\circ},970$

Determine os ângulos  $\hat{AEB}$ ,  $\hat{FED}$ ,  $\hat{BEF}$  e  $\hat{DEB}$ .



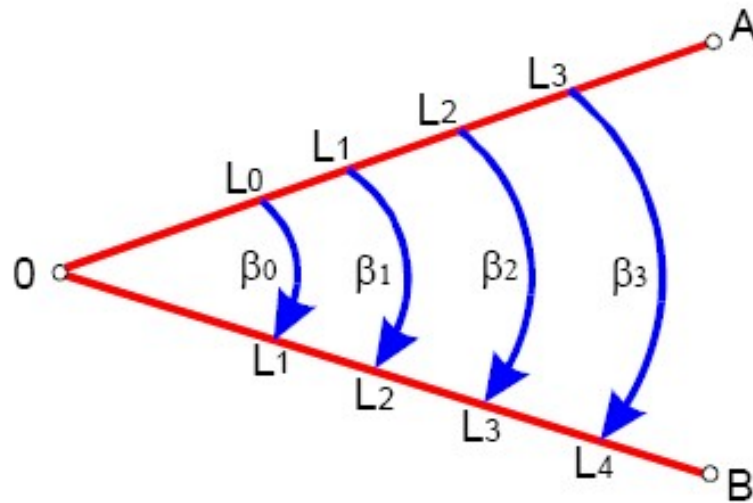
$$\hat{AEB} = 368,890'; \quad \hat{FED} = 100,220'; \quad \hat{BEF} = 166,614'; \quad \hat{DEB} = 133,166';$$



**Teodolito repetidor:** o limbo azimutal pode ou não fixar-se à base do instrumento, ou seja, a alidade pode ou não ser solidária o limbo azimutal (movimento geral). São aparelhos projectados de modo a que possam **acumular** leituras sucessivas do limbo azimutal.



Neste método efectua-se a leitura  $L_0$  segundo a direcção inicial OA e depois a leitura  $L_1$  segundo a direcção OB. Fixa-se o limbo à alidade e realiza-se a pontaria segundo a direcção OA (mantém-se a leitura  $L_1$ ). Liberta-se o movimento da alidade e faz-se a pontaria segundo OB (leitura  $L_2$ ), fixa-se esta leitura e repete-se o procedimento.



O ângulo  $\beta$  poderá ser calculado por:

$$\beta_0 = L_1 - L_0$$

$$\beta_1 = L_2 - L_1$$

$$\beta_2 = L_3 - L_2$$

$$\beta_3 = L_4 - L_3$$

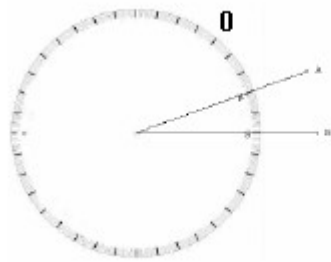
—————

$$n\beta = L_4 - L_0$$

$$\beta = \frac{L_4 - L_0}{n}$$

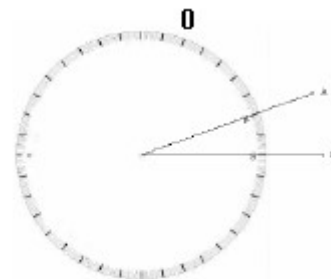
# goniómetros

# observação de ângulos



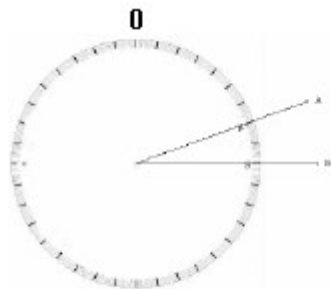
$$L_A = 30^{\circ}00'$$

$$L_B = 50^{\circ}00'$$



$$L_A = 50^{\circ}00'$$

$$L_B = 70^{\circ}00'$$

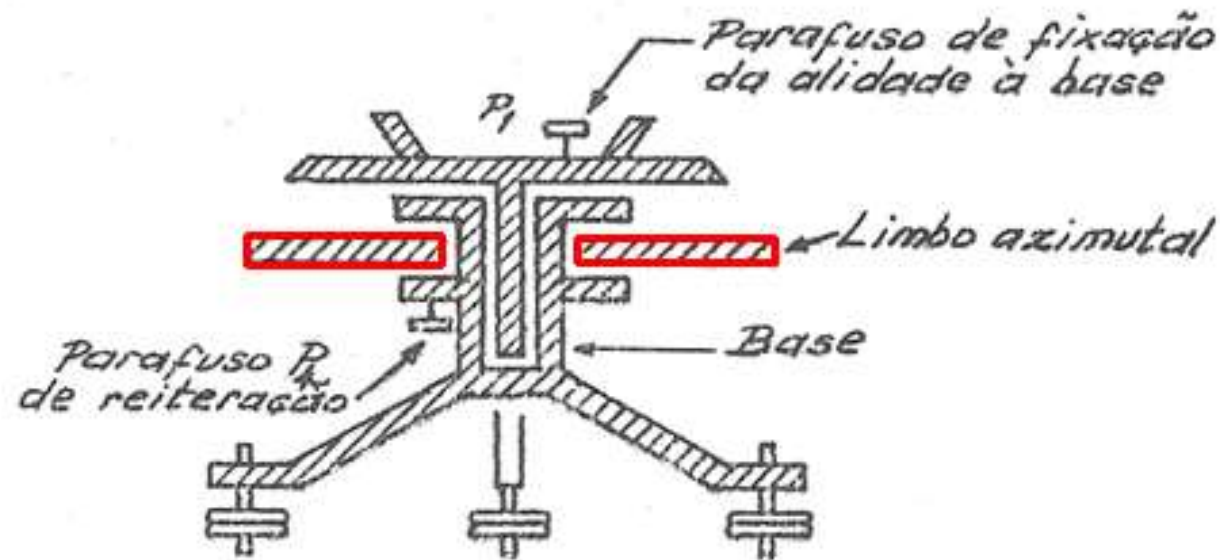


$$L_A = 70^{\circ}00'$$

$$L_B = 90^{\circ}00'$$

**Exemplo de repetição:**

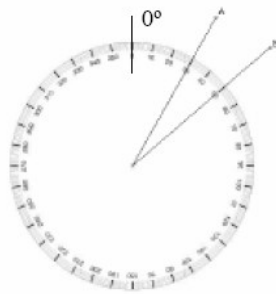
$$\alpha = \frac{90^{\circ} - 30^{\circ}}{3} = 20^{\circ}$$



**Teodolito reiterador:** o limbo azimutal tem sempre movimentos independentes da alidade, ou seja, é possível fixar ou marcar previamente no limbo a leitura que se quiser sem que o aparelho execute movimento de conjunto.

# goniômetros

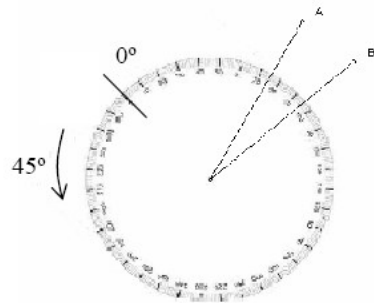
# observação de ângulos



$$L_A = 30^{\circ}00'$$

$$L_B = 50^{\circ}00'$$

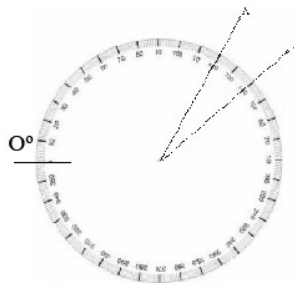
$$\alpha = 20^{\circ}00'$$



$$L_A = 75^{\circ}00'$$

$$L_B = 95^{\circ}00'$$

$$\alpha = 20^{\circ}00'$$



$$L_A = 120^{\circ}00'$$

$$L_B = 140^{\circ}00'$$

$$\alpha = 20^{\circ}00'$$

**Exemplo de reiteração: rodando sucessivamente o limbo 45°, é possível utilizar toda a extensão do limbo, minimizando-se os efeitos de erros de gravação na graduação do equipamento.**

$$\alpha = \frac{(50^{\circ} - 30^{\circ}) + (95^{\circ} - 75^{\circ}) + (140^{\circ} - 120^{\circ})}{3} = 20^{\circ}$$

Utilizando **n** reiteraões, as origens de cada reiteração são dadas por:

$$\frac{\frac{360^\circ}{p} + d}{n}$$

onde **p** é o número de leituras múltiplas diametralmente opostas (número de microscópios ópticos, normalmente igual a 2) e **d** é o valor da menor divisão do **limbo**, que coincide com a amplitude do micrómetro.

Exemplo: utilizando um **T2**, as origens das **3** reiteraões são:

$$\frac{\frac{360^\circ}{p} + d}{n} = \frac{\frac{360^\circ}{2} + 20'}{3} = \frac{180^\circ + 20'}{3} = \begin{cases} 0^\circ & 0' & 0'' \\ 60^\circ & 6' & 40'' \\ 120^\circ & 13' & 20'' \end{cases}$$

# goniómetros

# observação de ângulos

	A	B	
PD	0°31'45,5"	9°40'15,5"	
PI	180°31'44,1"	189°40'15,7"	
m1	0°31'44,8"	9°40'15,5"	$\alpha_1 = 9°08'30,8"$
PD	45°33'11,9"	54°41'42,8"	
PI	225°33'15,9"	234°41'42,4"	
m2	45°33'13,9"	54°41'42,6"	$\alpha_2 = 9°08'28,7"$
PD	90°25'44,2"	99°34'13,3"	
PI	270°25'44,5"	279°34'14,6"	
m3	90°25'44,3"	99°34'13,9"	$\alpha_3 = 9°08'29,6"$
PD	135°26'51,3"	144°35'18,9"	
PI	315°26'47,8"	324°35'15,9"	
m4	135°26'49,5"	144°35'17,4"	$\alpha_4 = 9°08'27,9"$

$$\alpha_0 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_0 = 9°08'29,2"$$

observações com 4 reiterações (45°)

# goniómetros

# observação de ângulos

No limbo zenital dos goniómetros antigos a referência de leitura tinha que ser cuidadosamente verticalizada (utilizando **nivelas**) antes de poderem ser efectuadas observações. Uma inovação de grande utilidade consistiu na introdução de um **pêndulo**, cujo movimento é convenientemente amortecido, para substituir as nivelas (ou mais recentemente um **compensador** líquido):

AA = linha de colimação

BB = eixo principal

1 = caixa protectora

2 = limbo vertical

3 = eixo secundário

5 = índice de leitura

6 = objectiva do sistema de leitura

8 = prisma

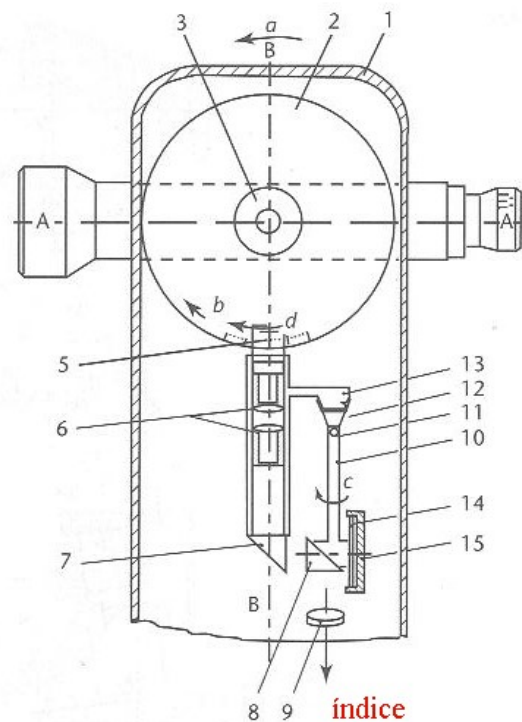
10 = pêndulo

11 = pivot

12-13 = apoios do pivot

14 = pistão de amortecimento

15 = cilindro de amortecimento



pêndulo

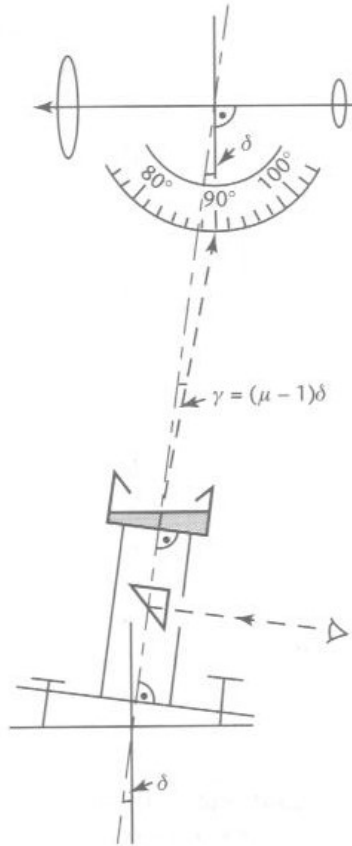
Supondo, para simplificar, que a linha AA está horizontal, se o eixo principal do goniómetro sofrer uma inclinação segundo a direcção **a**, relativamente à vertical, o eixo AA deve rodar segundo a direcção **b** de forma a permanecer horizontal e assim manter a pontaria para o ponto. O limbo vertical é arrastado com a luneta na direcção **d** mas devido à influência do pêndulo, a leitura efectuada no índice não sofre alteração: devido à inclinação sofrida pelo eixo principal, o pêndulo transportando o prisma roda na direcção **c** e o percurso do raio que materializa a leitura corrige a leitura.



# goniómetros

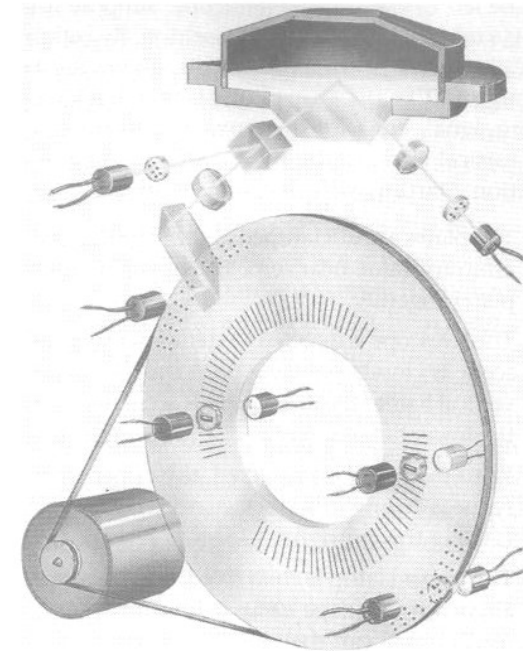
# observação de ângulos

Quando o eixo principal está perfeitamente verticalizado, a superfície do líquido (óleo) é paralela à base do recipiente e os raios atravessam-no sem qualquer desvio. Se o eixo principal sofrer um desvio  $\delta$  em relação à vertical, a superfície do líquido inclina-se este mesmo ângulo em relação à base do recipiente, sofrendo os raios um desvio  $\gamma = (\mu - 1)\delta$ , onde  $\mu$  é o índice de refração do óleo, cujo efeito é corrigir a leitura, de uma forma semelhante ao caso anterior.



compensador

Desenvolvimentos recentes conduziram à introdução de **compensadores bi-axiais**, que asseguram igualmente leituras corrigidas para as **leituras azimutais** devido ao erro de inclinação do eixo principal. Estes compensadores actuam em duas 2 direcções ortogonais, detectando inclinações também do eixo secundário.



As condições geométricas de **construção** para que um teodolito dê medidas correctas de ângulos azimutais são:

1. A linha de pontaria tem de ser perpendicular ao eixo secundário (se esta condição não se verificar, a superfície gerada pelo movimento da luneta não é um plano).
2. O eixo secundário tem de ser perpendicular ao eixo principal.

Para além disso, quando se coloca o aparelho em **estação**, devem ser respeitadas outras 2 condições:

1. O plano do limbo deve estar horizontal.
2. O eixo principal tem que conter a estação e ficar vertical (assim, todos os planos de pontaria contêm a vertical da estação).

Devido a **defeitos de construção** ou a **deficiências de colocação do teodolito em estação**, nunca é possível realizar exactamente todas as condições enunciadas.

Suponha-se que numa medição intervêm **várias causas de erro**  $x, y, z, \dots$  cujas magnitudes são muito pequenas. O **erro total**  $\varepsilon$ , proveniente dos erros devidos às causas  $x, y, z, \dots$  é dado por  **$\varepsilon=f(x, y, z, \dots)$** . Desenvolvendo  $f$  em série de Taylor na vizinhança do ponto  $(0, 0, 0, \dots)$  tem-se:

$$\varepsilon = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)_0 x + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)_0 y + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)_0 z + \dots$$

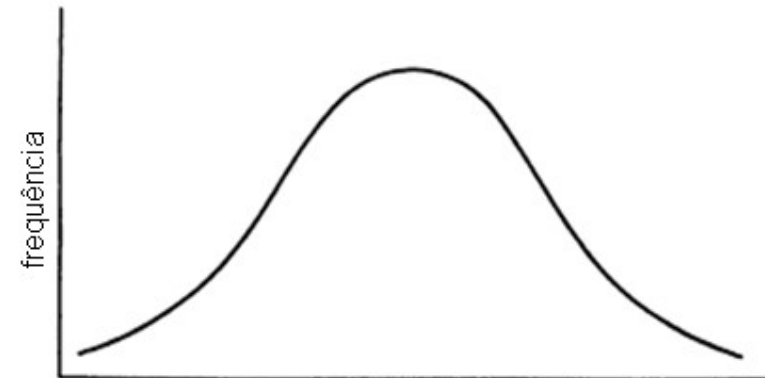
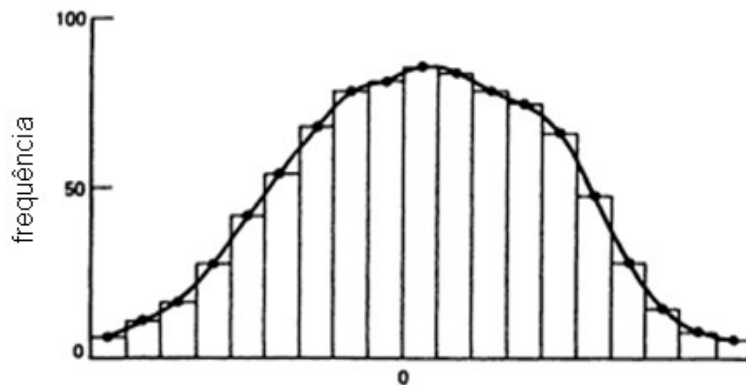
pois  $f(0,0,0,\dots)=0$  e onde foram desprezados os termos de ordem superior à primeira. Conclui-se que cada parcela diz respeito a uma causa de erro, podendo assim considerar-se cada causa separadamente.

➤ Quanto à **natureza** dos erros:

Erros {  
Aleatórios  
Sistemáticos  
Periódicos  
Grosseiros

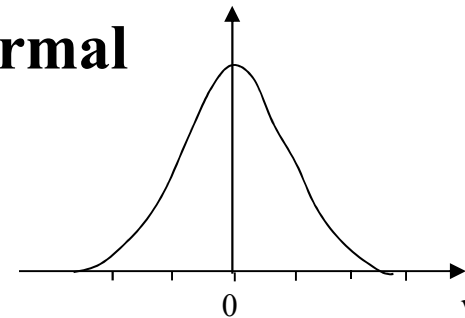
➤ Quanto à **fonte** dos erros:

Erros {  
Instrumentais (aleatórios, sistemáticos e periódicos)  
Operação (aleatórios, sistemáticos e grosseiros)  
Atmosféricos (aleatórios, sistemáticos e periódicos)



## Erros de medição: **Distribuição Normal**

Estatística:



$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Média – estimativa de  $\mu$

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

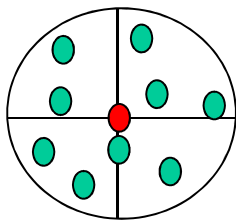
Desvio médio quadrático – estimativa de  $\sigma$

➤ **Precisão:** traduz o grau de conformidade ou a dispersão das medidas de uma mesma quantidade. Se a dispersão dos valores for pequena ( $\sigma$  pequeno), então as medidas dizem-se precisas.

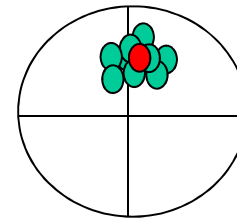
➤ **Exactidão (ou precisão absoluta):** traduz a proximidade do conjunto das medidas, ou da sua média, relativamente ao valor médio ( $\mu$ ). Ou ainda, traduz um enviesamento entre o valor observado e o valor verdadeiro, provocado por um erro sistemático.

Precisão  $\Leftrightarrow$  valor de  $\sigma$

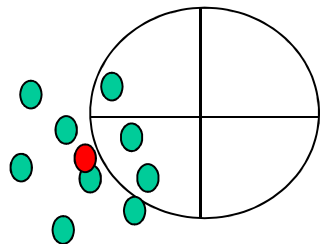
Exactidão  $\Leftrightarrow$  valor de  $(\mu - \bar{x})$



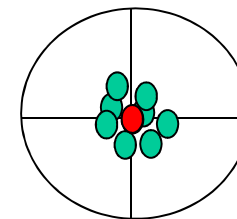
Exacta e  
N/ Precisa



N/ Exacta e  
Precisa



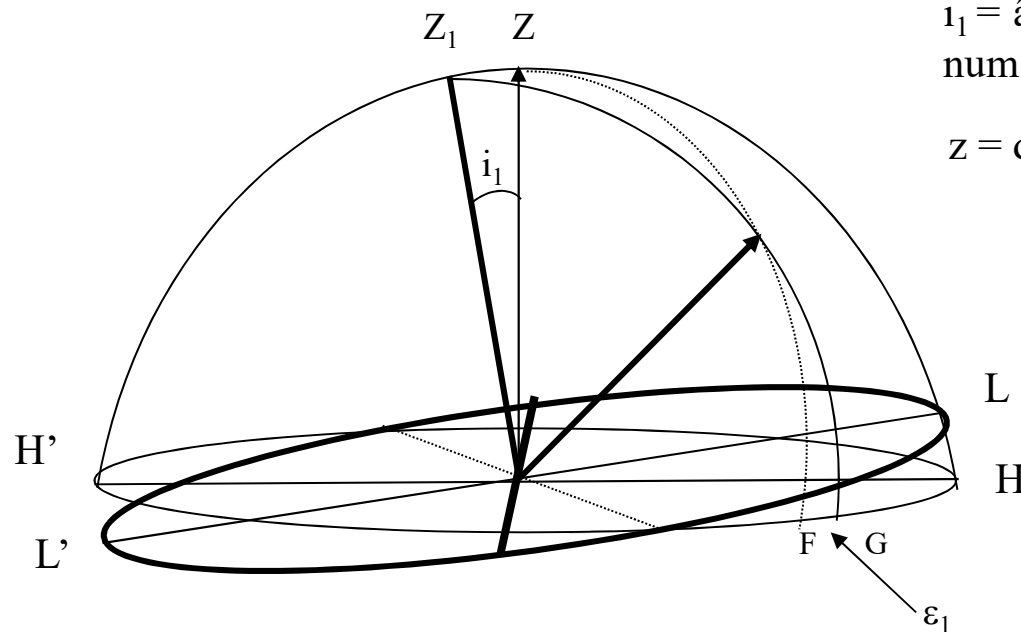
N/ Exacta e  
N/ Precisa



Exacta e  
Precisa



## 1) Influência da falta de verticalidade do eixo principal na leitura azimutal



$i_1$  = ângulo entre o eixo principal e a vertical num plano ortogonal ao plano de visada

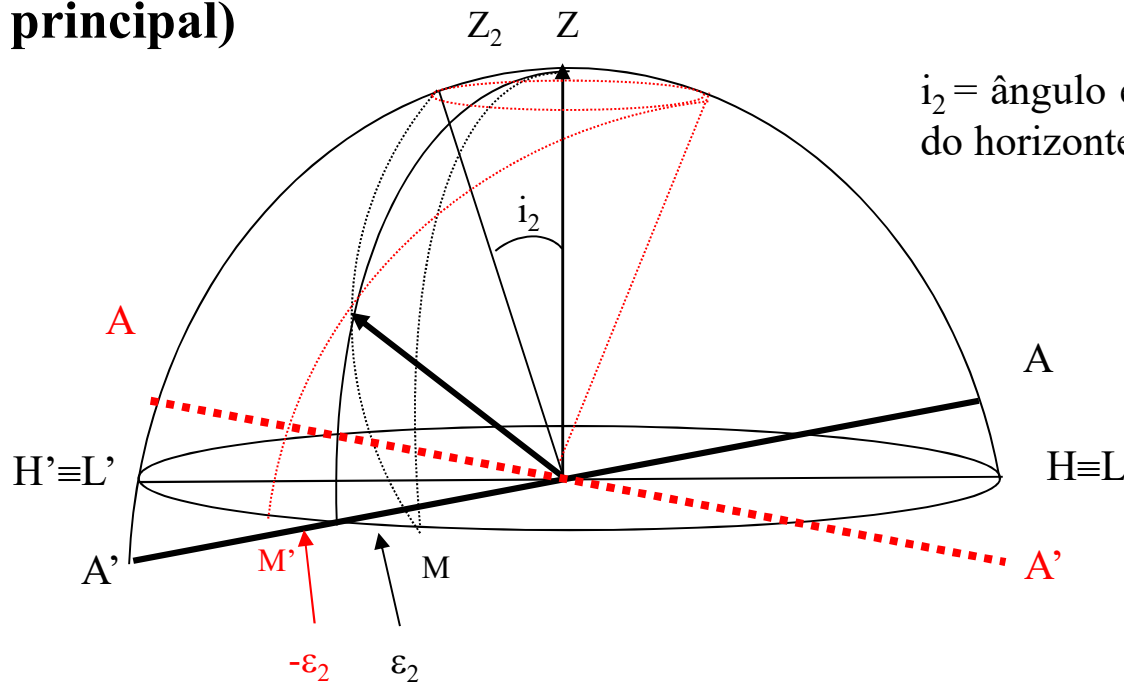
$z$  = distância zenital da visada

$$\epsilon_1 = i_1 \cot g z$$

Quando se inverte o teodolito, tanto  $i_1$  como  $\cot g z$  permanecem os mesmos: este erro **não é eliminado em pontarias conjugadas** (efectuando metade das medições com a luneta na posição directa e a outra metade com a luneta na posição inversa), mas pode ser determinado com a medição de  $i_1$  através de um nível.

Deve-se à má calagem da nivela ou a uma desrectificação da nivela.

## 2) Influência da falta da horizontalidade do eixo secundário na leitura azimutal (não perpendicularidade do eixo secundário em relação ao eixo principal)



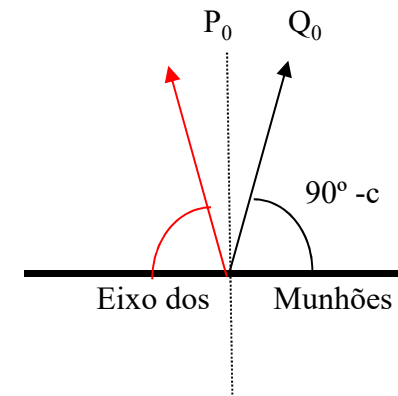
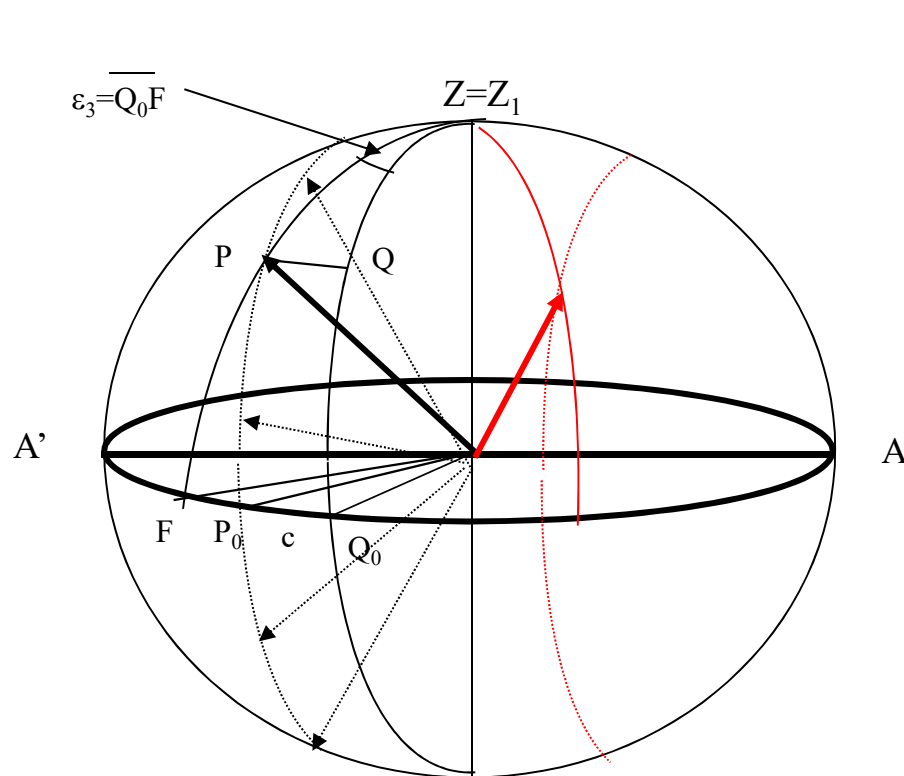
$i_2 = \text{ângulo entre o eixo secundário e o plano do horizonte}$

$$\varepsilon_2 = i_2 \cot g z$$

É eliminado através da média de observações conjugadas (Directa e Inversa).

$$l = \frac{[l_d + (l_i \pm 200 \quad )]}{2}$$

### 3) Influência do erro de colimação horizontal na leitura azimutal (a linha de pontaria não é perpendicular ao eixo de báscula)

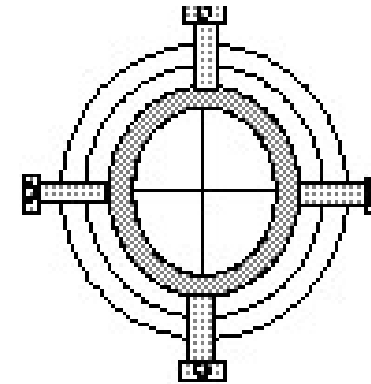


$$\epsilon_3 = c \cdot \cos ec Z$$

** eliminado através da média de observaes conjugadas (Directa e Inversa).**

**Verificação da linha de colimação:** o cruzamento dos fios do retículo deve coincidir com o eixo óptico do sistema de lentes da luneta. Quando isto não ocorre diz-se que o instrumento está com erro na linha de visada (ou linha de colimação). Dentre alguns procedimentos adotados para conduzir esta verificação apresenta-se o seguinte:

- com o instrumento instalado num ponto qualquer e a bolha do nível da alidade centrada visa-se uma graduação qualquer de uma mira fixada horizontalmente numa parede efectuando-se em seguida a leitura no limbo horizontal do instrumento (por exemplo  $250^{\circ} 12' 20''$ );
- solta-se agora o limbo horizontal e gira-se o instrumento em torno de seu eixo vertical até que se obtenha uma leitura diferente exactamente  $180^{\circ}$  da primeira (no caso  $70^{\circ} 12' 20''$ ), bascula-se a luneta e observa-se a escala da régua horizontal;



- se o fio vertical do retículo coincidir com a mesma graduação referente à primeira leitura horizontal o instrumento estará isento do erro na linha de visada.

Caso contrário a condição de perpendicularidade entre os eixos de rotação da luneta e a linha de visada não está satisfeita.

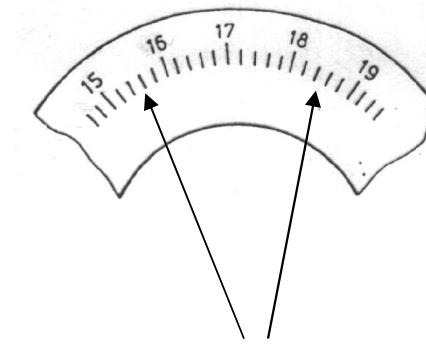
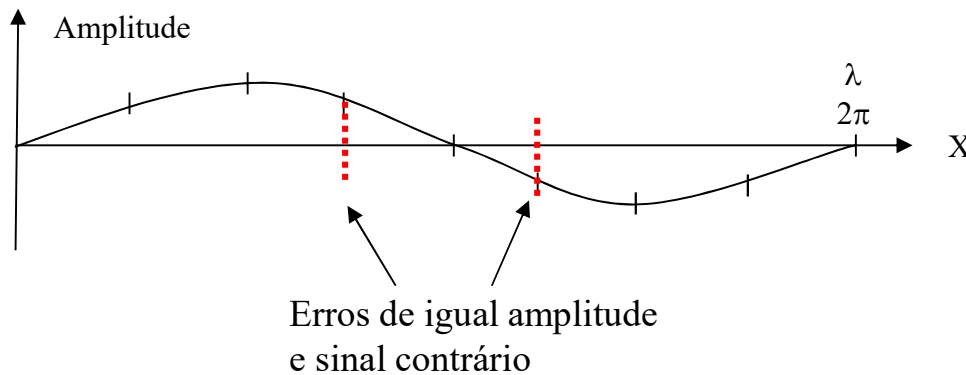
Constatada a necessidade de retificação o procedimento é o seguinte:

- calcule o ponto médio entre as duas graduações observadas na mira horizontal;
- actue nos parafusos de correção dos fios do retículo movimentando-os horizontalmente até que atinja o referido ponto médio na régua.
- repita o procedimento para confirmar a retificação.

NOTA: esta correção é introduzida em etapas (no caso de retículos com 2 parafusos de correção vai se afrouxando ligeiramente um deles e apertando o outro) até colimar o fio vertical do retículo com o ponto médio da régua. Deve-se evitar ainda que o fio vertical fique oblíquo, facto que deve ser observado à medida que se vão introduzindo as correcções.

## 4) Influência da má graduação do limbo na leitura azimutal

Gráfico das diferenças entre o espaçamento real e o espaçamento padrão



Espaçamento com variações

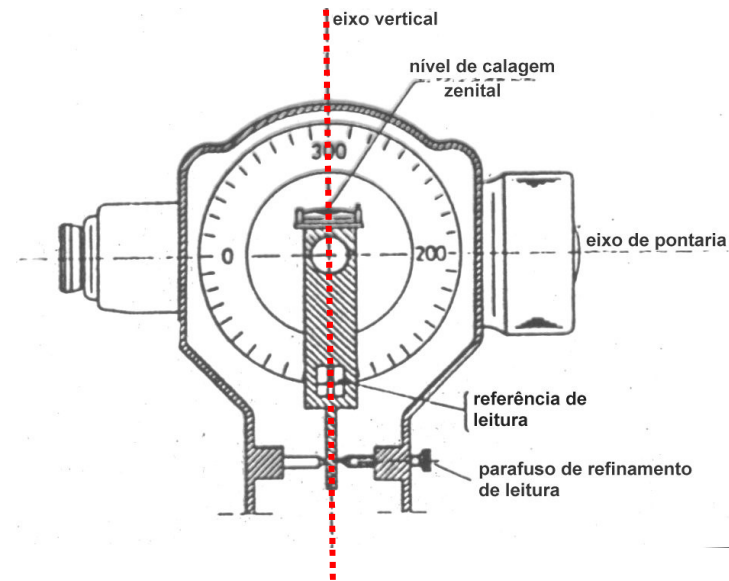
**É eliminado através da média de observações equidistantes sobre o limbo – método da reiteração ou repetição.**

- 5) A linha de pontaria não passa pelo eixo principal, provocando um erro numa leitura isolada. A média das observações efectuadas nas posições directa e inversa da luneta elimina este erro.
- 6) O eixo principal do aparelho não passa pelo centro da graduação do limbo azimutal, provocando um erro numa leitura isolada. A utilização de duas referências de leitura situadas em zonas diametralmente opostas do limbo permite eliminar este erro.
- 7) As folgas, indispensáveis ao funcionamento do aparelho, e os laqueios, resultantes do desgaste provocado pelo uso, dão origem a erros de leitura. Uma forma de minorar este tipo de erros é efectuar as observações primeiro no sentido **progressivo** (crescente) da graduação e depois em sentido **regressivo**.

## 8) Erro de índice

$$e'_z = \frac{L_D - (400 - L_I)}{2}$$

Resulta da falta de verticalidade da linha formada pela referência de leitura e o centro do limbo zenital.



**É eliminado através da média de observações conjugadas (Directa e Inversa).**



**Verificação do índice de leitura dos ângulos verticais:** existem no mercado instrumentos que fornecem 3 tipos de ângulos verticais: o ângulo zenital (com origem no zénite), o ângulo nadiral (com origem no nadir) e o ângulo de inclinação (com origem no horizonte). Nos instrumentos que fornecem ângulos zenitais, o zénite instrumental deve coincidir com o zénite verdadeiro do ponto estação, ou seja, o círculo vertical deverá indicar  $0^\circ$  quando a luneta estiver apontada para o zénite (no caso de ângulos nadirais o círculo vertical deverá registar  $0^\circ$  quando a luneta estiver apontada para o nadir e nos teodolitos que fornecem ângulos de inclinação, o limbo vertical deve registar  $90^\circ$  quando a luneta estiver na horizontal e em posição directa). Para que estas condições sejam atendidas os teodolitos são dotados basicamente de dois dispositivos: os compensadores (neste caso os instrumentos são ditos de colimação automática) e os níveis cilíndricos, comuns ou de bolha bipartida, onde se torna necessário efectuar a colimação manual antes da leitura do ângulo vertical. Os procedimentos para as verificações variam com o tipo de ângulo vertical fornecido pelo instrumento e com o sistema utilizado para a colimação.

Nos instrumentos com graduação zenital, o procedimento adoptado para a verificação do índice de leituras é o seguinte:

- com a luneta do instrumento em posição directa visa-se um ponto fixo, bem definido e distante o suficiente para proporcionar uma pontaria precisa (a imagem do ponto visado deve coincidir com o cruzamento dos fios do retículo do instrumento ou simplesmente ser ocultada pelo fio horizontal);

- após concluída a pontaria efectua-se a leitura do ângulo zenital correspondente, lembrando

que, caso o instrumento seja de colimação manual, deve proceder à centragem da bolha do nível do índice do círculo vertical;

- em seguida, inverte-se a luneta, visa-se o mesmo ponto (se for o caso centra-se novamente a bolha do nível do índice do círculo vertical) e efectua-se a leitura do ângulo vertical.

A soma das duas leituras conjugadas deve ser igual a  $360^\circ$ . Caso isto não ocorra, a diferença em relação a  $360^\circ$  corresponde ao dobro do deslocamento do zénite do instrumento em relação ao zénite verdadeiro, deslocamento este conhecido como erro de índice vertical.

**NOTA:** é possível que mesmo sendo o instrumento novo ele apresente um pequeno erro de índice vertical. Qualquer que seja a magnitude deste erro, ele é eliminado quando se obtém o valor do ângulo vertical a ser utilizado nos cálculos a partir das duas leituras oriundas das visadas conjugadas.

Caso seja necessário rectificar do erro de índice vertical, o procedimento é o seguinte:

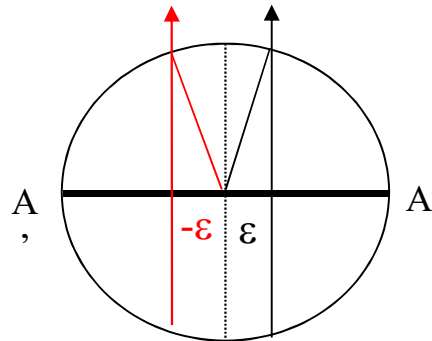
### **Instrumentos de colimação manual:**

- como exemplo, considere-se que a partir das visadas conjugadas obtiveram-se as leituras  $PD=86^{\circ} 40' 20''$  e  $PI = 273^{\circ} 21' 10''$  ; a soma  $PD + PI = 360^{\circ} 01' 30''$  e o erro de índice vertical é  $Z_0 = 01' 30'' / 2 = 45''$ ; neste instrumento todos os ângulos verticais estão majorados de  $45''$ , uma vez que  $PD+PI > 360^{\circ}$  ; assim, a leitura correcta em PD é de  $86^{\circ} 39' 35''$  e em PI de  $273^{\circ} 20' 25''$ ;
- conservando a visada ainda no ponto fixo utilizado para a determinação do  $Z_0$ , introduza no limbo vertical o valor da leitura correcta relativa à posição em que a luneta do instrumento se encontra no momento (PD ou PI), utilizando para isto o parafuso do nível. Com isto a bolha do nível não ficará mais centrada;
- centre finalmente a bolha actuando nos parafusos de correção do nível;
- repita o procedimento para confirmar a retificação.

### **Instrumentos de colimação automática:**

- o procedimento é similar ao caso anterior diferindo apenas na maneira adotada para inserir no limbo vertical a leitura correcta relativa à posição da luneta no momento da retificação.
- Nalguns instrumentos de colimação automática existe um parafuso de correcção, que movimenta o sistema óptico de leitura dos ângulos verticais. Neste caso, a leitura correcta é introduzida actuando neste parafuso. Quando isto não é possível introduz-se a leitura vertical actuando no parafuso tangencial do limbo vertical. Consequentemente o cruzamento dos fios do retículo sairá do ponto utilizado para a determinação do erro de zênite. Resta então reestabelecer a coincidência movimentando os fios do retículo do instrumento, actuando nos parafusos de ajuste vertical dos mesmos.

## 9) Erros de excentricidade



Excentricidades instrumentais

$$e'' = \frac{\varepsilon}{r} \cdot 206265''$$

Ex.:  $r = 100\text{mm}$ ;  
 $\varepsilon = 0,1\text{mm}$ ;  $e = 206''$

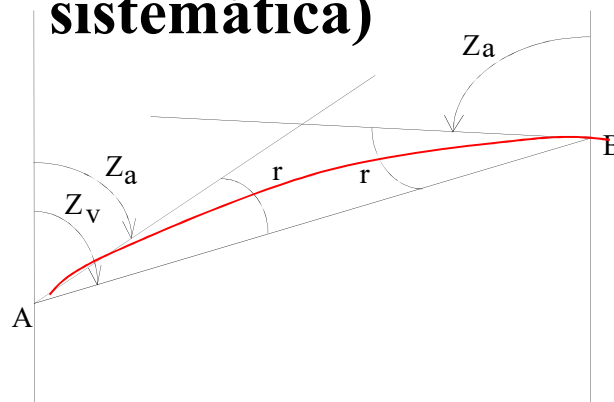


Observação excêntrica

$$e'' = \frac{\varepsilon}{D} \cdot 206265''$$

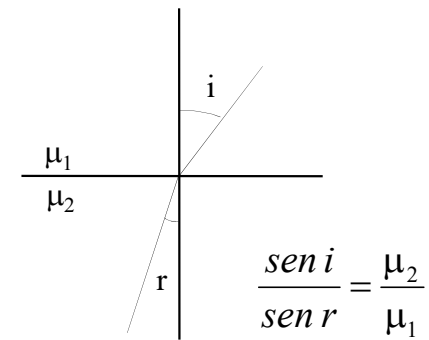
Ex.:  $D = 100\text{m}$ ;  
 $\varepsilon = 1\text{mm}$ ;  $e = 2,06''$

## 10a) Refracção vertical (normalmente sistemática)



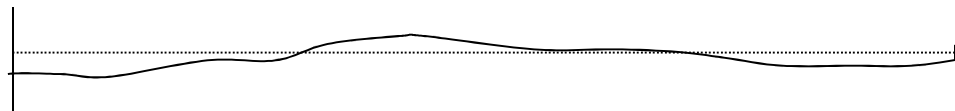
$$Z_v = Z_a + r$$

$$r = 0.07 \frac{D}{R}$$

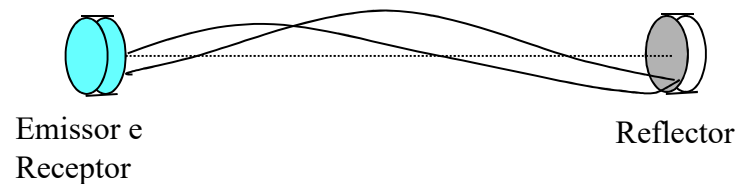


## 10b) Refracção lateral (aleatória c/ algum sistematismo)

Desvios sucessivos sem qualquer trajectória determinística, pelo facto de o raio óptico atravessar várias camadas de ar com diferentes índices de refração.



## 11) Erros atmosféricos sobre medidas electromagnéticas



- 1) Alteração à fase no decurso do percurso devido à passagem por diferentes camadas atmosféricas;
- 2) Alteração à fase de saída do Emissor devido ao efeito provocado pelas alterações atmosféricas sobre o oscilador (gerador da onda).

## 12) Erros do operador

- 1) A pontaria é a principal fonte de erros do operador;
- 2) Leitura e registo figuram como erros grosseiros.

# goniómetros      procedimento de observação

---

Método de observação: pontaria simples

## Erros:

Colimação – Corrigido com valor rectificado na memória;

Índice – Corrigido com valor rectificado na memória;

Má graduação – Corrigida pela leitura múltipla repetida sobre o limbo em rotação;

Excentricidades – Apenas a excentricidade do limbo, sendo esta eliminada no caso de aparelhos com sistema de leitura dupla.

# goniómetros      procedimento de observação

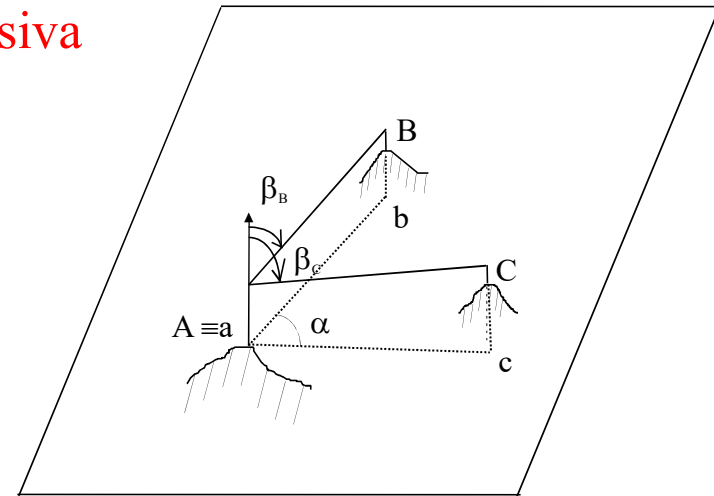
---

A medição de ângulos exige uma metodologia operatória adequada com vista à eliminação dos erros instrumentais.

**Método:** Observações encruzadas com reiteração das leituras.

Observ.  
encruzadas { **Conjugadas (directa e inversa)**  
                  +  
                  **Rotação progressiva e regressiva**

Giros do  
Horizonte { Directa Progressiva em B  
                  Directa Progressiva em C  
                  Inversa Regressiva em C  
                  Inversa Regressiva em B





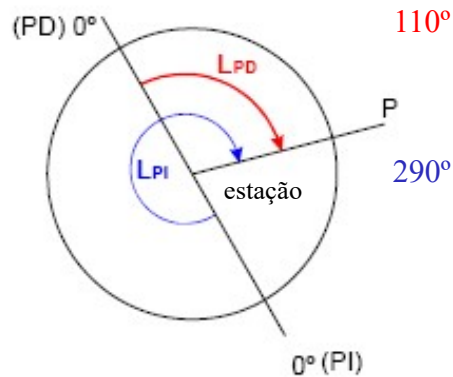
# goniómetros      procedimento de observação

---

LPD - Leitura em PD

LPI - Leitura em PI

Caso  $0^\circ < L_{PD} < 180^\circ$

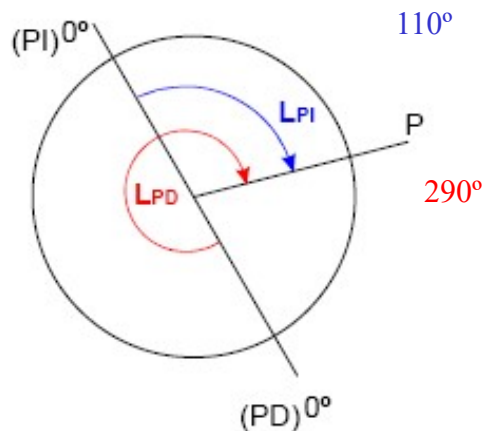


$$L = \frac{L_{PD} + L_{PI} - 180}{2}$$

$$L = \frac{L_{PD} + L_{PI}}{2} - 90$$

**Média de observações azimutais conjugadas:**

Caso  $180^\circ < L_{PD} < 360^\circ$



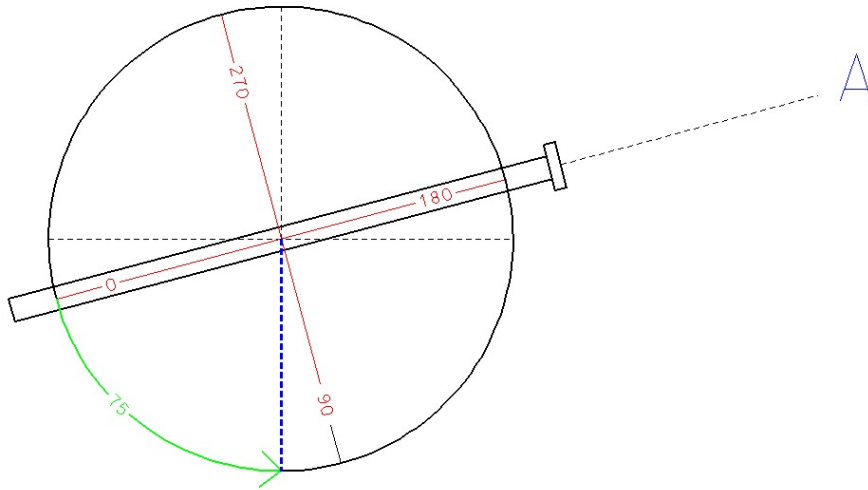
$$L = \frac{L_{PD} + L_{PI} + 180}{2}$$

$$L = \frac{L_{PD} + L_{PI}}{2} + 90$$

$$L_{Az}^{m\u00e9dia} = \frac{L_{Az}^D + (L_{Az}^I \pm 180)}{2}$$

# goniómetros

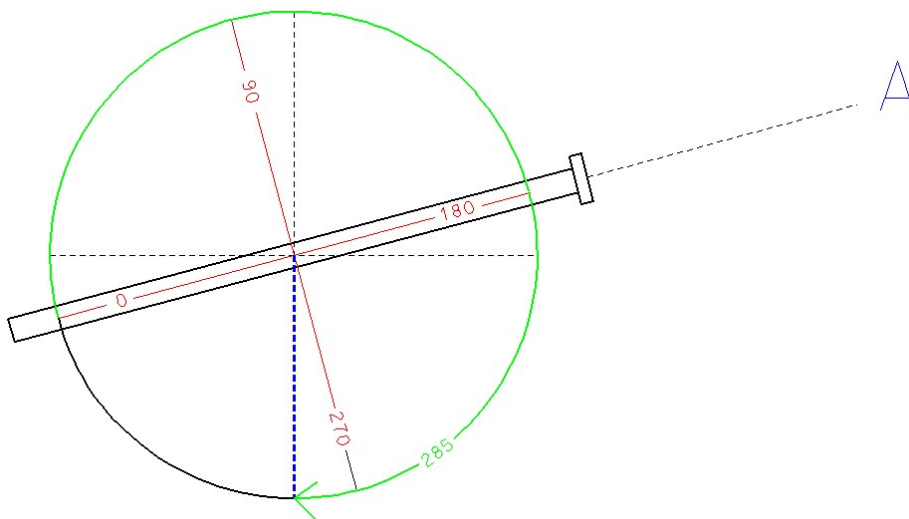
# procedimento de observação



$$L_{\text{directa}}^{\text{zenital para A}} - (360^\circ - L_{\text{inversa}}^{\text{zenital para A}}) = 0$$

**Média de observações zenitais conjugadas :**

$$L^{\text{Z}}_{\text{média}} = \frac{[L^{\text{Z}}_{\text{D}} + (360^\circ - L^{\text{Z}}_{\text{I}})]}{2}$$



# goniómetros      procedimento de observação

---

Fazendo-se uma pontaria na posição directa (PD) e uma pontaria na posição inversa (PI) para um alvo fixo, obtém-se o ângulo zenital isento do erro de índice vertical do equipamento por:

$$Z = \frac{360^\circ + Z_{PD} - Z_{PI}}{2}$$

É possível também calcular o erro de índice vertical ( $\varepsilon$ ) de um equipamento:

$$\varepsilon = \frac{360^\circ - (Z_{PD} + Z_{PI})}{2}$$

Assim, um ângulo zenital lido somente em PD pode ser corrigido do erro de índice vertical:

$$Z = Z_{PD} + \varepsilon$$

✓ **Observações encruzadas** (conjugadas + rotação P e R)

Combinação de giros  $\left\{ \begin{array}{l} DP \\ IR \\ IP \\ DR \end{array} \right\}$

**Mínimo (topografia)**

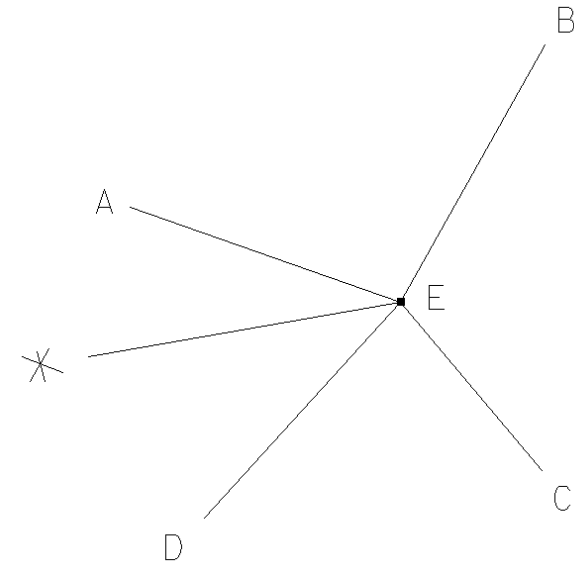
erro de fecho  $\leq 20''$   
diferença de D e I  $\leq 15''$

T2

# goniómetros      procedimento de observação

---

Supondo a estação em **E**, onde se visam os vértices **A**, **B**, **C**, **D**, a incluir no cálculo, e uma referência externa **\***, o **Método das direcções** ou dos **giros do horizonte** consiste em observar sucessivamente todos vértices (direcções), podendo estes giros ser efectuados quer com a luneta na posição directa (face 1) quer com a luneta na posição inversa (face 2) e tanto no sentido progressivo (no sentido crescente da graduação do limbo) quer no sentido regressivo, eventualmente repetindo o procedimento em várias reiteraões. Esta metodologia garante (1) que os ângulos formados por 2 direcções, contíguas ou não, têm a mesma precisão e (2) que os erros das diferentes direcções são independentes uns dos outros.



As observações iniciam-se na marca externa **\***, registando-se as leituras para cada vértice, fechando o giro novamente na marca **\***, devendo o erro de fecho  $\epsilon$  do giro (diferença entre as leituras inicial e final para a marca exterior) ser inferior a uma tolerância fixada previamente. Desta forma, cada um dos vértices **A**, **B**, **C** e **D** é visado o mesmo número de vezes, não se privilegiando nenhuma direcção.

Cada giro é compensado distribuindo o erro de fecho pelas  $n$  pontarias:  $L_i^{comp} = L_i + i * \epsilon / n$ .

# goniómetros      procedimento de observação

Pontos visados	Leituras azimutais		Leituras azimutais compensadas	Leituras azimutais médias DP+IR	Leituras zenitais	Leituras zenitais médias DP+IR
*	DP	17.2412	17.2412			
	IR	217.2446	217.2446			
A	DP	86.5405	86.5400	<u>86.54195</u>	101.1426	<u>101.14490</u>
	IR	286.5443	286.5439		298.8528	
B	DP	163.1832	163.1822	<u>163.18220</u>	98.2207	<u>98.22270</u>
	IR	363.1830	363.1822		301.7753	
C	DP	187.0225	187.0210	<u>187.47315</u>	98.8432	<u>98.84325</u>
	IR	387.9265	387.9253		301.1567	
*	DP	17.2432	17.2412			
	IR	217.2462	217.2446			

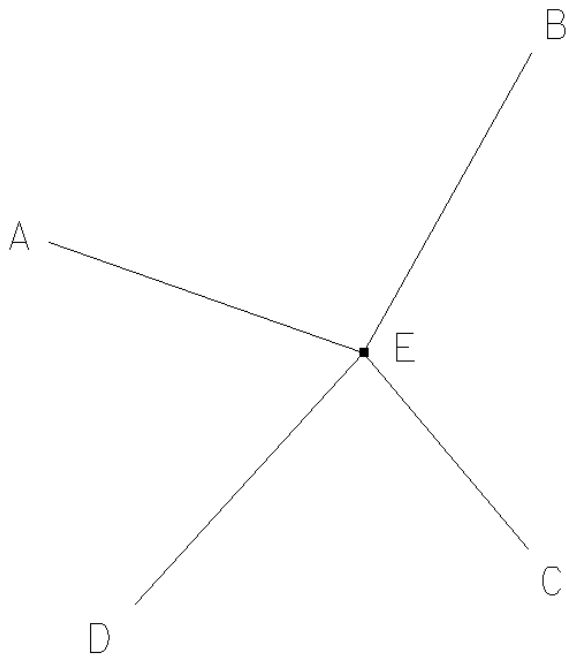
$$\varepsilon_D = 17.2432 - 17.2412 = 0.0020$$

$$\varepsilon_I = 217.2462 - 217.2446 = 0.0016$$

# goniómetros      procedimento de observação

---

O **Método dos ângulos, das combinações binárias ou de Schreiber** consiste em observar, a partir da estação **E** todos os ângulos possíveis definidos pelas pontarias para os vértices **A, B, C** e **D**. Se existem  $n$  vértices visados a partir de **E**, cada direcção é visada  $(n-1)$  vezes. A vantagem deste método consiste em ser possível escolher a ordem pela qual as observações são efectuadas, não obrigando que todos os vértices visados sejam visíveis ao mesmo tempo.



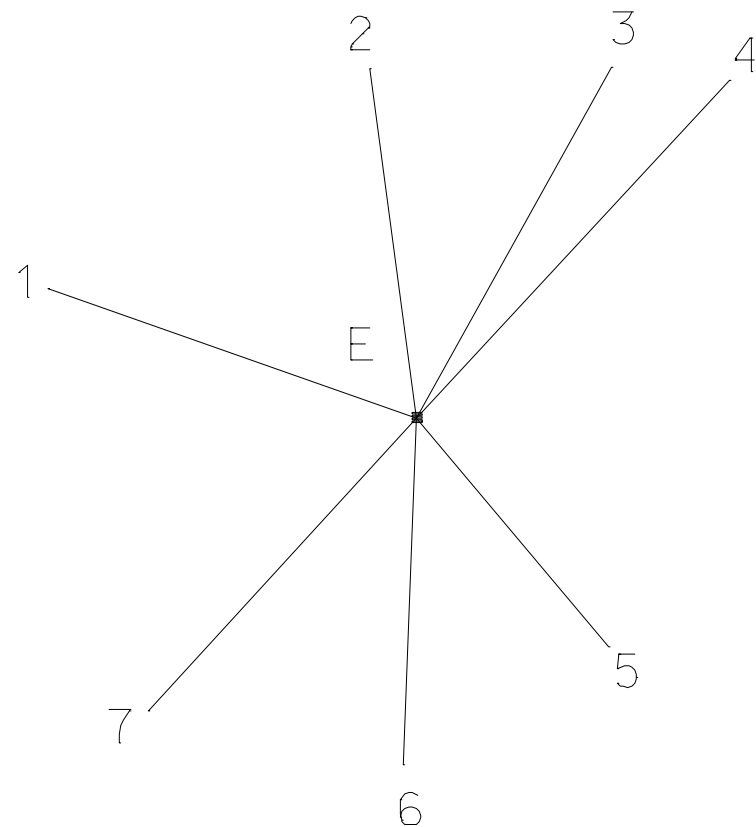
No caso figurado, um conjunto de observações pode ser:  $L_A, L_B, L_A, L_C, L_A, L_D, L_B, L_C, L_B, L_D, L_C, L_D$ , a diferença entre cada 2 pontarias consecutivas dando um ângulo. O método de Schreiber é apropriado à utilização de teodolitos **repetidores**: ao finalizar a série anterior, aponta-se ao vértice **B** e, com o limbo azimuthal fixo à alidade, aponta-se ao vértice **A**, fixando-se nessa altura o limbo à base e repetindo o mesmo procedimento; ao finalizar a série anterior, aponta-se ao vértice **C** e, com o limbo azimuthal fixo à alidade, aponta-se ao vértice **A**, fixando-se nessa altura o limbo à base e repetindo o mesmo procedimento; ao finalizar a série anterior, aponta-se ao vértice **D** e, com o limbo azimuthal fixo à alidade, aponta-se ao vértice **A**, fixando-se nessa altura o limbo à base e repetindo o mesmo procedimento.

# goniómetros      procedimento de observação

---

Nas observações geodésicas, efectuadas sempre a grandes distâncias, nem sempre os vértices estão em iguais condições de visibilidade, quer por má exposição, tempo enevoadado, sol pela frente, etc., pelo que os giros podem ter que ser interrompidos para serem continuados noutra oportunidade. Nessas circunstâncias, para que seja possível relacionar os vários conjuntos de observações efectuadas em épocas diferentes, é necessário que haja direcções comuns aos vários conjuntos: **método das direcções isoladas**.

Considerando a figura seguinte, que representa as direcções a serem observadas da estação E, suponha-se que num dia se observaram as direcções  $L_1=87.9412$  gon,  $L_2=110.0334$  gon,  $L_3=148.7608$  gon,  $L_4=196.1056$  gon e que no dia seguinte se observaram as direcções  $L'_4=76.8412$  gon,  $L'_5=109.6315$  gon,  $L'_6=147.0804$  gon,  $L'_7=182.8962$  gon, constituindo a pontaria para o vértice 4 a ligação entre os dois conjuntos de dados. De forma a reduzir as observações a um conjunto único, a diferença  $L_4 - L'_4=119.2644$  gon deve ser somada aos valores do segundo conjunto:  $L_5=228.8959$  gon,  $L_6=266.3448$  gon,  $L_7=302.1606$  gon.



No **armazém**, os teodolitos e níveis devem ser guardados fora da embalagem; as condições ambiente devem ser desfavoráveis à proliferação de fungos (evitar locais de pouca iluminação, humidade relativa alta e com pouca movimentação de ar). Alguns fabricantes recomendam o armazenamento em temperaturas próximas de 25°C e humidade relativa em torno de 50%. Em regiões de humidade relativa alta recomenda-se o uso de desumidificadores que retiram água do ambiente por condensação; evitar ficar muito tempo sem manusear os equipamentos, pois a permanência prolongada numa mesma posição pode provocar danos aos mesmos, como, por exemplo, endurecimento de lubrificantes, fungos localizados e problemas nos níveis de bolha (a bolha de ar permanecendo numa mesma posição por muito tempo pode favorecer o aparecimento de calosidades na parte interna polida dos tubos de nível, devido ao ataque do líquido no vidro ou mesmo por impurezas existentes no líquido de preenchimento).

No **transporte**, no deslocamento para o campo o instrumento deve estar acondicionado na sua embalagem original; deve-se evitar choques de qualquer natureza com o instrumento. Por isso, no veículo é aconselhável transportá-lo em local seguro e firme.

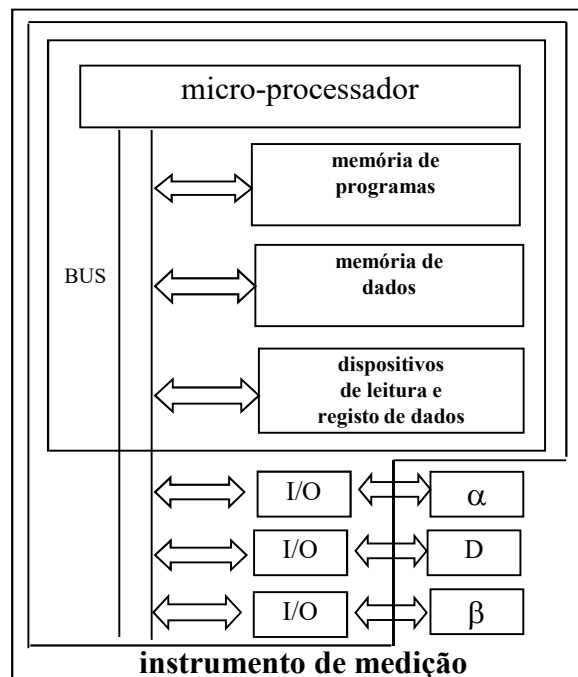


No **trabalho**, é desaconselhável transportar o instrumento montado no tripé, principalmente em trechos longos e com o instrumento inclinado. É bom lembrar que, nesta situação, grande parte da força para manter o instrumento sobre a plataforma do tripé estará concentrada nas extremidades dos parafusos calantes, sendo que neste caso, o momento ao qual o parafuso está sendo submetido é diferente daquele para o qual foi projetado. Entretanto, em deslocamentos curtos, o transporte manual poderá ser efectuado com o instrumento à frente do corpo, em posição vertical, com a alidade e luneta immobilizadas; b) evitar tocar a superfície das lentes com os dedos e proteger o instrumento contra a chuva e poeira; mantenha o tripé bem fixo ao solo e, ao colocar o instrumento sobre o mesmo certifique-se se este foi devidamente fixado à plataforma do tripé com o parafuso próprio.

# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

O impacto da electrónica nos teodolitos concentra-se no sistema de leitura dos círculos graduados, no sistema de registo dos dados e no sistema que compensa automaticamente a inclinação do equipamento, levando-o à horizontal.



# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

Sempre foi desejo dos géometras dispor de um teodolito em que **as medidas angulares não fossem influenciadas pelas imprecisões das divisões dos limbos**. Para esse efeito, seria necessário fazer participar, **em cada leitura, todas as divisões do limbo**, já que a soma de todos os erros de má graduação é nula.

No século XVII Hedraus colocou 2 nónios diametralmente opostos no limbo azimutal, sendo a leitura correspondente a uma pontaria obtida pela média dos valores lidos nos nónios. Ramsden, em 1787, utilizou 4 nónios para atenuar os erros de má graduação. Henri Wild, em 1907, combinou opticamente 2 zonas diametralmente opostas dos limbos, garantindo simultaneamente a precisão das leituras e a comodidade do utilizador.

# **goniómetros    medição electrónica de ângulos**

---

**Em 1977, a HP incorporou pela primeira vez no taqueómetro BEAR um dispositivo que permitia a leitura e medição electrónica de um ângulo definido por duas direcções, materializadas por duas componentes mecânicas montadas sobre um disco que suporta a graduação e que roda em torno do eixo principal do aparelho.**

**As características principais dos teodolitos electrónicos são o princípio dinâmico de leitura, leituras diametralmente opostas, varrimento de todo o limbo, eliminação dos erros de excentricidade e de graduação.**

# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

Os principais componentes físicos de um sistema de medição electrónica de ângulos são dois:

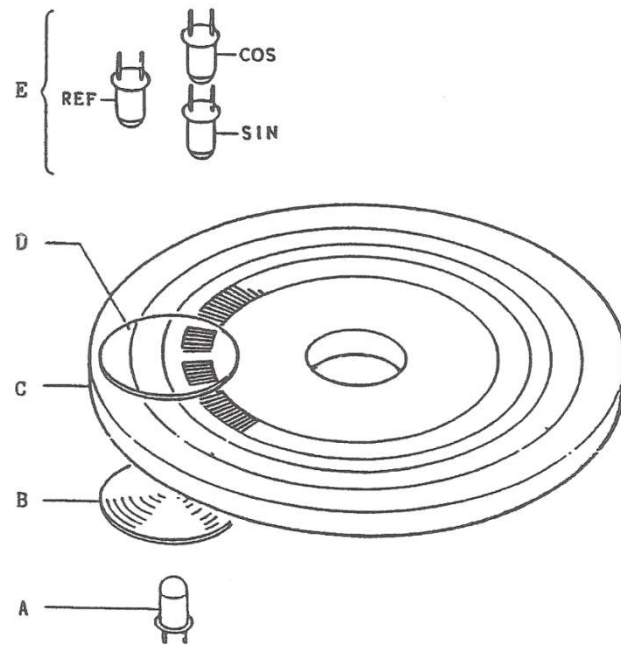
- ✓ um círculo de cristal (limbo) com regiões claras e escuras (transparentes e opacas) gravadas através de um processo de fotolitografia
- ✓ fotodíodos detectores da luz que atravessa esse círculo graduado

Existem basicamente dois princípios de **medição e codificação de limbos**, o incremental que fornece o valor com relação a uma origem, isto é, quanto se girou o teodolito a partir de uma posição inicial e o absoluto que fornece um valor angular para cada posição do círculo.

# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

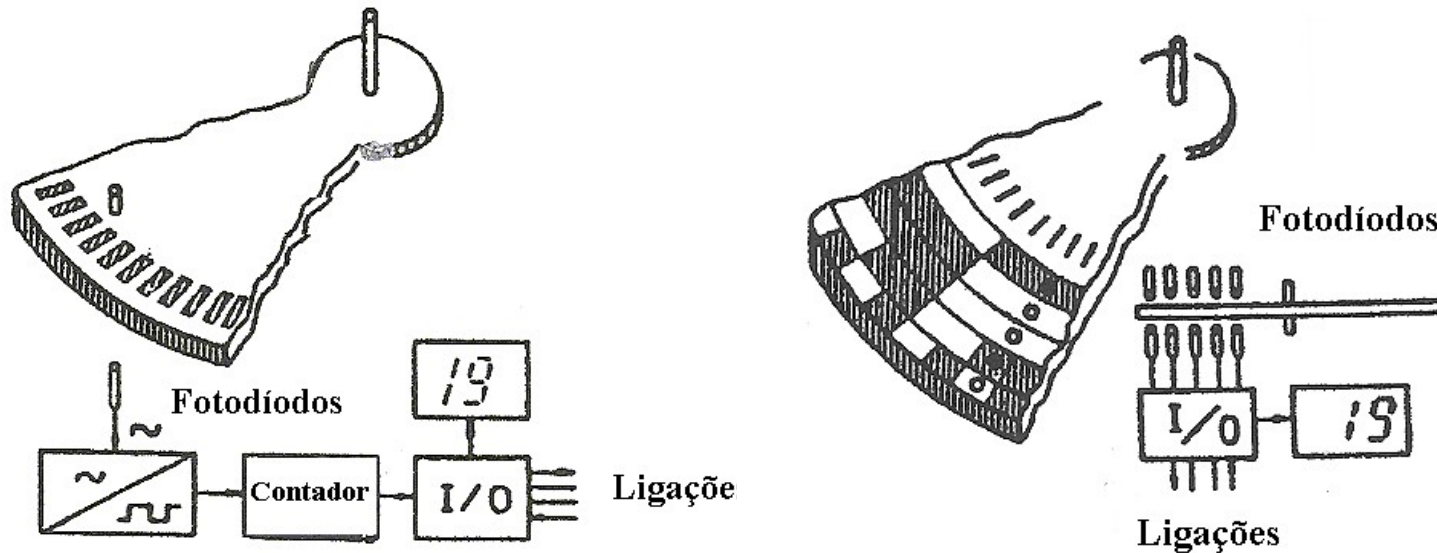
As modernas estações totais permitem a leitura electrónica dos limbos, que giram a uma velocidade angular fixa, utilizando para tal codificadores que convertem as leituras analógicas em digitais através de um processo de digitalização.



- A: LED (Light Emitting Diode)**
- B: Lente**
- C: Escala**
- D: Subescala**
- E: Sensor**

# goniómetros medição electrónica de ângulos

---



No modo incremental, a leitura correspondente a uma pontaria obtém-se convertendo em sinal eléctrico a alternância de luz-sombra registada no sensor que é gerada quando o limbo se encontra em rotação, traduzindo a relação angular entre um ponto arbitrário (a posição do zero do limbo fixa-se em qualquer ponto, quando o teodolito é ligado) e a posição para onde é rodado. Estes teodolitos devem ser rodados após o início da sessão de observação de forma a encontrar os valores de indexação horizontal e vertical.

No modo absoluto, o limbo é gravado com um código que quando é lido define a posição da direcção definida pela pontaria sobre o limbo.

# **goniómetros medição electrónica de ângulos**

---

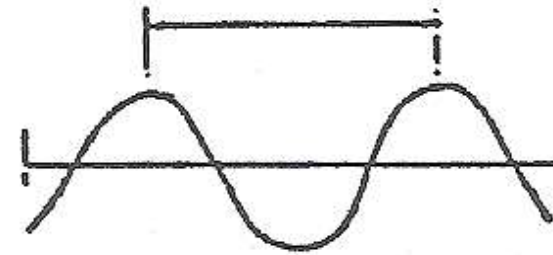
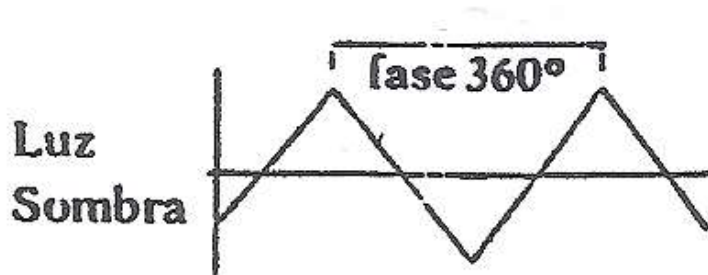
Para se entender o princípio de funcionamento da medição de ângulos, pode pensar-se, de maneira simplificada, num círculo de vidro com uma série de traços opacos igualmente espaçados: colocando uma fonte de luz de um lado do círculo e um fotodetector do outro, é possível "contar" o número de impulsos "claro/escuro" que ocorrem quando o teodolito é movido de uma direcção para outra, para medir um ângulo. Esse número de impulsos pode ser então convertido em sinal eléctrico e mostrado em forma digital num visor.

Este procedimento de contagem de impulsos fornece um ângulo com pouca precisão. Então, para refinar a leitura, empregam-se mais fotodetectores. Um segundo fotodetector indica o sentido de giro. E em outra região são utilizados mais quatro fotodetectores para realizar a leitura de precisão por interpolação.

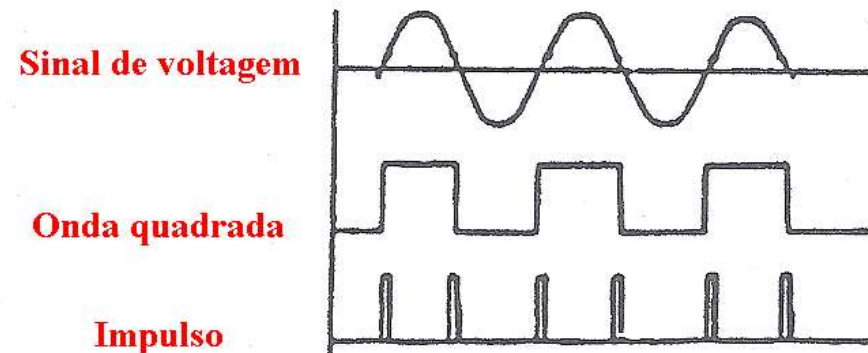


# goniómetros medição electrónica de ângulos

---



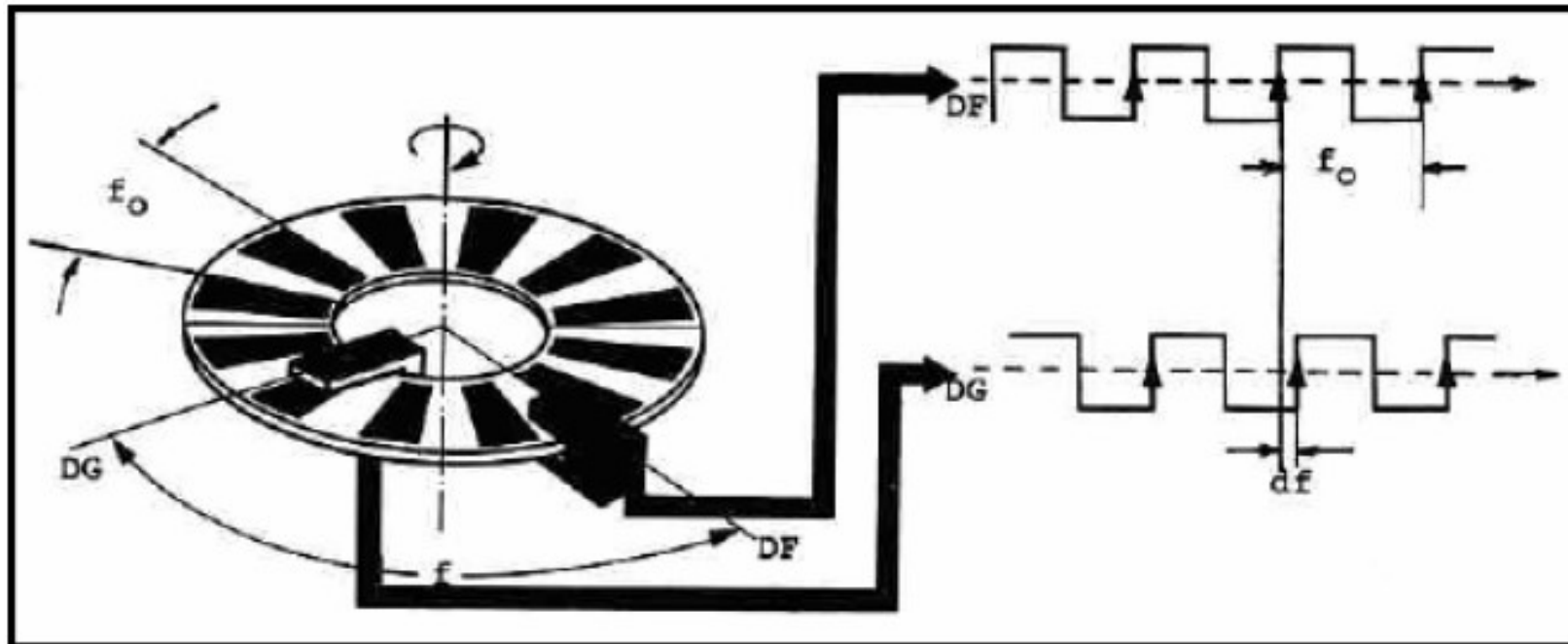
No método incremental, quando o limbo roda uma divisão, a mudança de luz para sombra e vice-versa é captada na célula fotoelétrica; embora a forma ideal desta curva fosse triangular, devido ao fenómeno da difracção a onda é sinusoidal, posteriormente transformada numa onda quadrada, sendo contado o número de impulsos correspondentes à alternância claro-escuro.



# goniómetros medição electrónica de ângulos

Suponha-se um círculo graduado (limbo azimuthal ou vertical) dividido em 1024 intervalos, equivalendo aos  $360^\circ$  do círculo (designa-se período cada divisão  $f_0$  claro/escuro, correspondendo a cerca de 20 minutos de arco, o que representa a "precisão" (não muito boa) do limbo).

O círculo efectua uma volta completa para cada medição de direcção e passa por um índice (sensor) fixo à base DF (direcção zero) e por um índice (sensor) móvel DG, solidário com a alidade.



# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

O sensor fixo e o sensor móvel fornecem um par de sinais eléctricos cuja diferença de fase varia de  $2\pi$  quando o índice móvel percorre uma divisão claro-escuro (período) da graduação. A medição desta diferença de fase fornece a interpolação dentro de cada período da graduação, isto é, a medição fina, enquanto que a medição grosseira determina o número  $n$  de pares completos opaco/transparente que estão contidos no ângulo  $f$ .

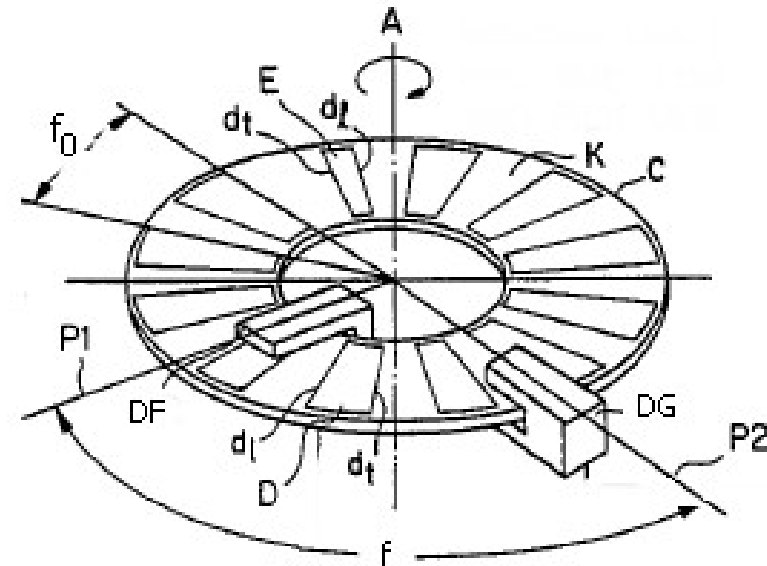
Em geral, o limbo contém uma referência que permite que o número inteiro de períodos contido num ângulo seja obtido pela diferença entre o número de períodos detectados pelos sensores fixo e móvel à medida que a referência “passa” por esses índices.

# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

De uma forma mais exacta, considerando o limbo C, a marca de referência E é definida através da alteração da largura D e da distância K entre intervalos da graduação (separados por um ângulo  $f_0$ ), de tal forma que o traço inicial de cada intervalo represente sempre uma divisão equidistante do limbo, utilizada para a medição fina do ângulo. O sensor móvel DG detecta a posição do limbo através da contagem do número de intervalos D; o sensor fixo DF detecta a posição do limbo de forma semelhante.

Os sinais produzidos em cada sensor pela alternância claro-escuro à medida que o limbo gira com velocidade angular constante permitem a determinação da respectiva diferença de fase, que pode traduzir-se no intervalo de tempo  $dt$ .



# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

Os sinais detectados pelos índices fixo e móvel correspondentes à alternância das divisões opaco/transparente estão representados na figura anterior. O ângulo  $f$  compreendido entre os 2 índices fixo e móvel, que será indicado digitalmente no ecrã do teodolito, é obtido através da relação de fases dos sinais.

Se os 2 índices forem colineares ou estiverem a distâncias angulares cuja diferença seja um múltiplo de  $f_0$ , os 2 sinais não se distinguem e o desfazamento  $df$  é nulo; caso contrário, os 2 índices registam a passagem de uma divisão com uma certa diferença de tempo  $dt$ , correspondente a  $df$ , podendo desta forma converter-se a medida de ângulo em medida de tempo, em que  $T_0$  é o período de rotação do limbo:

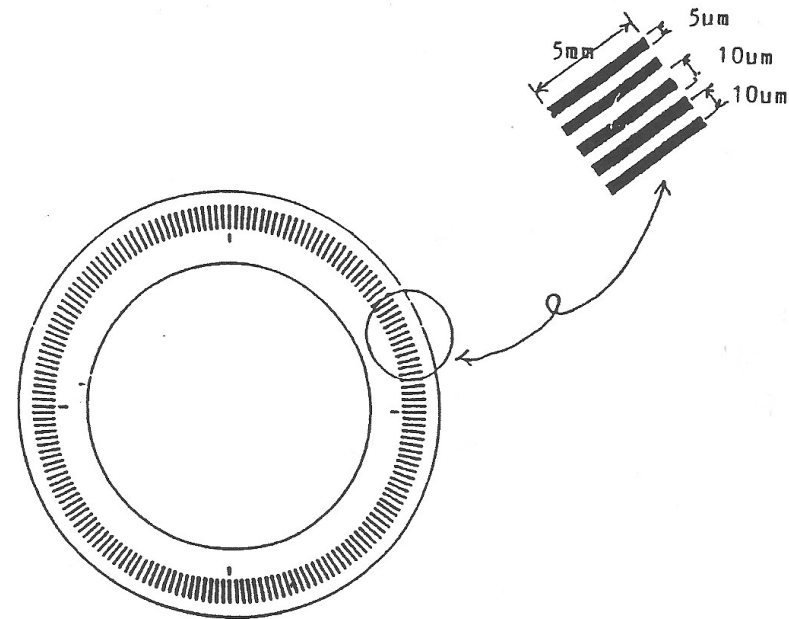
$$f = n \times f_0 + \frac{dt}{T_0} \times f_0$$

medida          medida  
grosseira      fina

# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

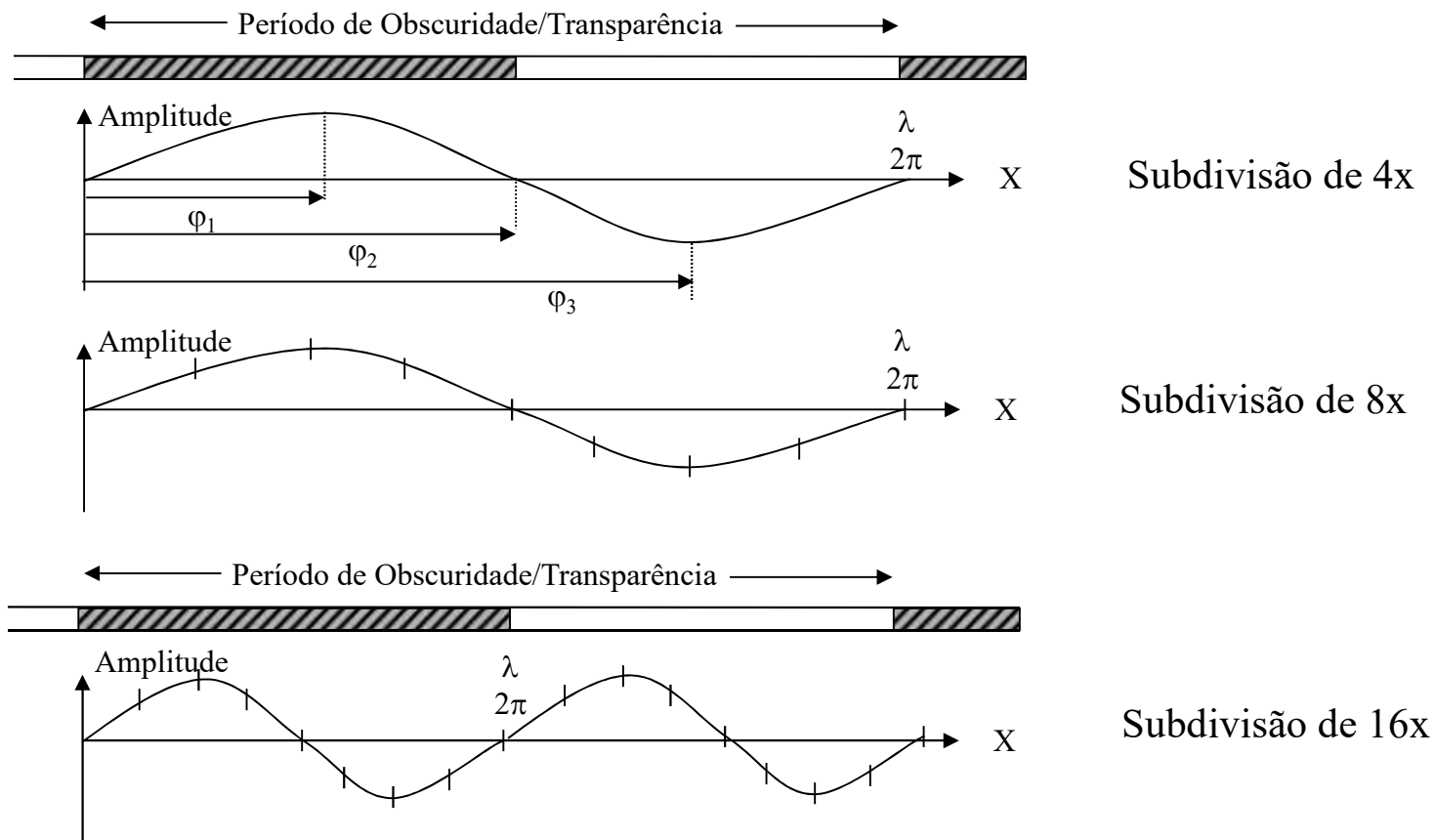
Os limbos actuais têm 12500 ou mais intervalos de graduação, podendo ler directamente 1'. A medição fina obtém-se utilizando a interpolação, a qual inclui a avaliação da intensidade da luz pelo fotodíodo: utiliza-se para o efeito uma subescala que consiste numa graduação semelhante à da escala mas desfazada  $\frac{1}{4}$  da menor graduação, produzindo-se assim 2 ondas sinusoidais desfazadas  $360^\circ/4=90^\circ$  uma em relação à outra (correspondendo uma onda a uma função seno e a outra a uma função coseno).



# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

## Método de interpolação electrónica:



# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

## Interpoladores electrónicos:

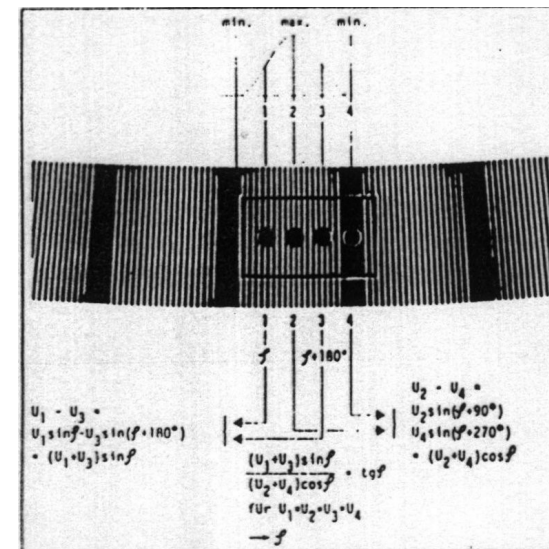
**Interpoladores de média precisão:** resolução de 0.001grad ( $\approx 3''$ ) com 1200 incrementos.

**Interpoladores de alta precisão:** resolução de 0.1 a 0.2 mgrad ( $\approx 0.5''$ ).

**Método da coincidência** — Usa as leituras diametralmente opostas para uma melhor estimação do valor angular;

**Método da comparação de fase** —  
Leitura de 4 sinais-seno desfasados de  $90^\circ$ ;

**Interpoladores matemáticos** — Um período é formado por um grupo de linhas num espaçadas num período de Moivre.

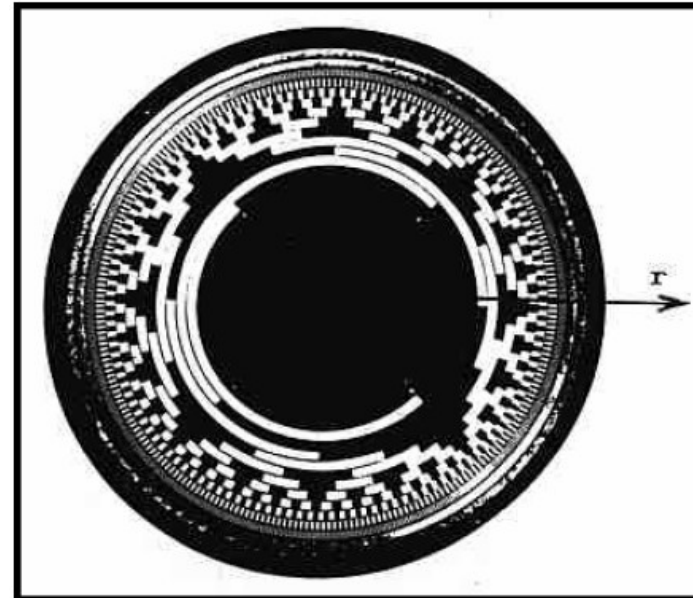




# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

Num segundo modelo (absoluto) consideram-se pistas opacas dispostas concetricamente e não na direcção radial. Associando o valor 0 (zero) quando a luz não passa e 1 (um) quando isto ocorre, e dispondo radialmente uma série de díodos, é possível associar cada posição do círculo a um código binário de zeros e uns numa determinada sequência.



# **goniómetros    medição electrónica de ângulos**

---

**Nos teodolitos analógicos usa-se a menor divisão do micrómetro ou da escala do microscópio como parâmetro para expressar a precisão nas leituras angulares; neste sentido, um aparelho é mais preciso que outro se o respectivo limbo possuir maior raio ou se o micrómetro permitir maior ampliação para conseguir que a menor divisão que se consegue ler tenha uma resolução maior.**

**Nos teodolitos electrónicos, a menor divisão do limbo pode, em princípio, fazer-se tão pequena quanto se pretenda, já que se utiliza o método da interpolação e por esta razão a leitura efectuada não está relacionada divisão do limbo. É assim necessário definir para expressar a precisão das leituras, que consiste no desvio padrão de um conjunto de observações repetidas.**

# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

**T1000**



**T1600**



**T2002**



**T3000**



aparelhos Wild digitais

# goniómetros medição electrónica de ângulos

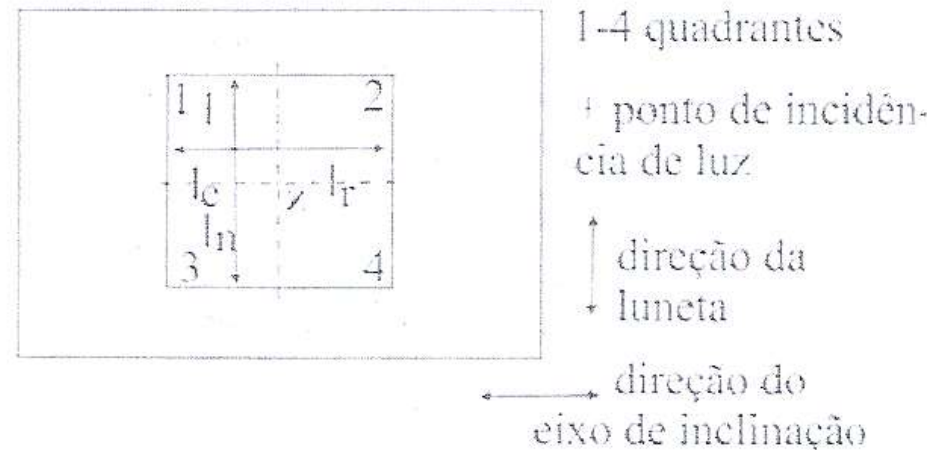
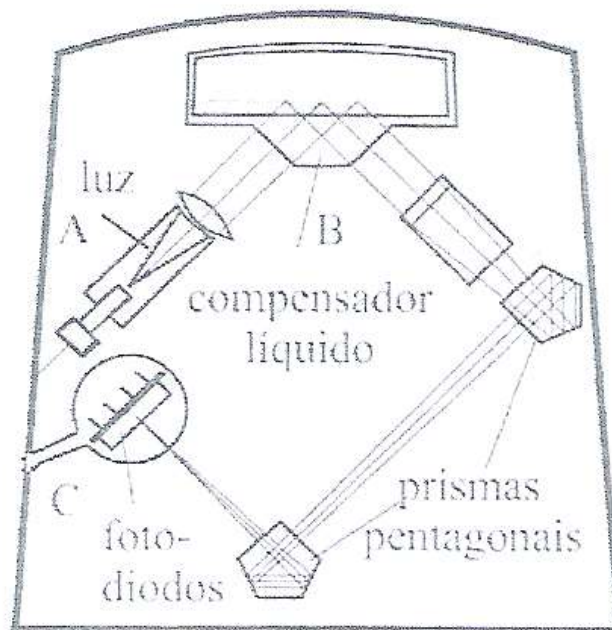
	T1000	T1600	T2002	T3000
<b>Telescope</b>	conventional	conventional	conventional	panfocal alignment telescope
Magnification	30×	30×	32×	43× (at infinity focus)
Field of view at 1000m	27m	27m	27m	20m
Shortest focusing distance	1.7m	1.7m	1.7m	0.6m
<b>Angle measurement</b>	continuous, absolute encoder	continuous, absolute encoder	absolute encoder, dynamic system, diametrical scanning	
Smallest unit in display	1", 1mgon, 0.01mil	1", 0.1mgon, 0.001mil	0.1", 0.01mgon, 0.00001°, 0.0001‰	
Updating time, continuous mode	0.1–0.3s (both circles)	0.1–0.3s (both circles)	0.3s for both circles	
<b>Standard deviation based on DIN 18723</b>	Hz: 3" (1mgon) V: 3" (1mgon)	Hz: 1.5" (0.5mgon) V: 1.5" (0.5mgon)	Hz: 0.5" (0.15mgon) V: 0.5" (0.15mgon)	
<b>Automatic index</b>	pendulum compensator	pendulum compensator	two-axis liquid compensator	Technical data as for T2002
Working range	±5' (±0.1gon)	±5' (±0.1gon)	3' (0.055gon) longitudinally and transversally	
Setting accuracy	±1" (±0.3mgon)	±1" (±0.3mgon)	0.1" (0.03mgon)	
<b>Plate-level sensitivity</b>	30" per 2mm	30" per 2mm	20" per 2mm	
<b>Displays</b>	LCDs; 2 displays in each telescope position; 8 figures with sign; symbols for operator guidance	2 LCD displays on both sides, 8 figures with sign, points, flags and symbols	LCDs; 8 figures with sign and decimal point, 1 alphanumeric display for operator guidance 2 displays for data	
<b>Power supply</b>	12V DC	12V DC	12V DC	
Plug-in battery	GEB77 0.45Ah	GEB77 0.45Ah	GEB68 2Ah	
External batteries	GEB70 2Ah GEB71 7Ah	GEB70 2Ah GEB71 7Ah	GEB70 2Ah GEB71 7Ah	
<b>Weights</b>				
Instruments	4.5kg 9.9lb	4.5kg 9.9lb	7.0kg 15.4lb	7.5kg 16.5lb
Container	3.9kg 8.6lb	3.9kg 8.6lb	5.5kg 12.1lb	5.5kg 12.1lb

especificações técnicas (aparelhos digitais)

# goniómetros

# compensadores

As estações totais dispõem de compensadores electrónicos que permitem a **correção automática do erro de verticalização do eixo principal**. O sistema é baseado na reflexão de um feixe de luz numa superfície líquida que permanece horizontal e que por essa razão pode ser utilizada como referência.



# goniómetros medição electrónica de ângulos

---

O feixe gerado em A é reflectido na superfície líquida B e, após atravessar alguns componentes ópticos, atinge o fotodíodo C, onde o valor da corrente aí induzida permite determinar a posição do feixe emitido em relação ao ponto zero (z), o que por sua vez permite determinar a inclinação longitudinal (direcção da luneta) e a inclinação lateral (direcção do eixo secundário). Desta forma, as leituras de ângulos verticais e direcções horizontais são corrigidas automaticamente do erro de falta de verticalidade.



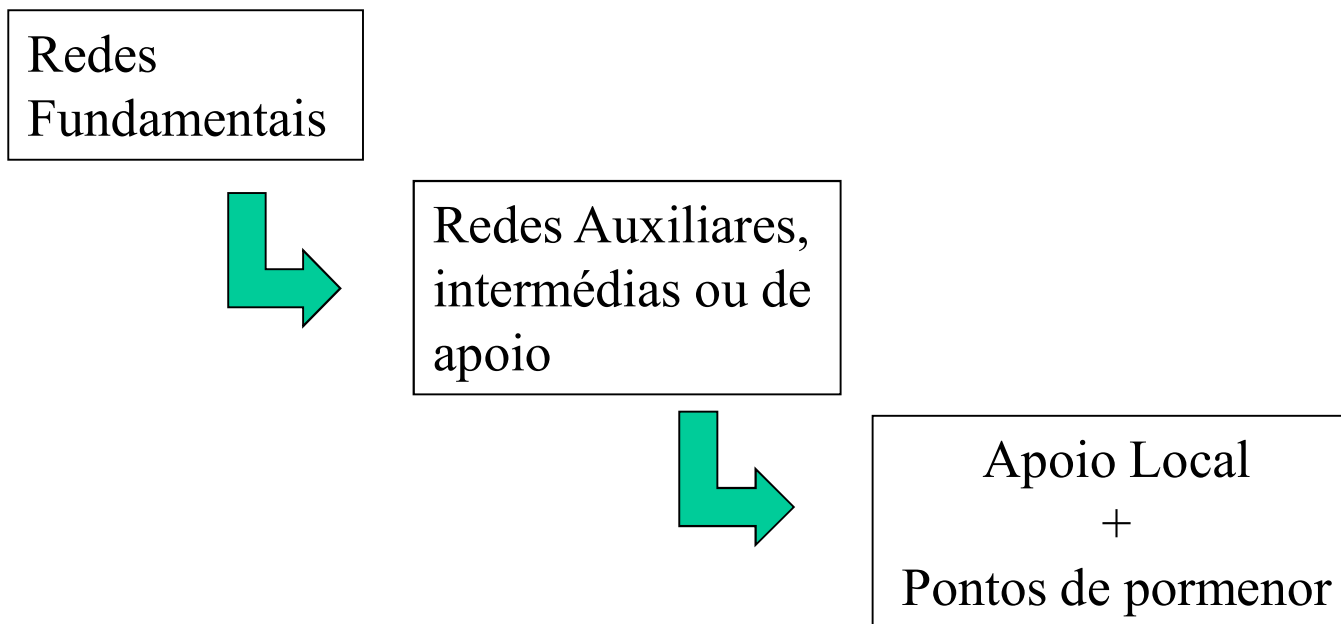
Para se obter as coordenadas (M, P, C) é necessário recorrer a um conjunto de pontos de referência - vértices geodésicos, com coordenadas conhecidas.

**Redes** {  
- Geodésicas e topográficas (vértices)  
- Nivelamento geométrico (marcas)

**Sistema de Referência Topográfico  $\equiv$  Plano Cartográfico**

**Referencial topográfico  $\equiv$  Rede Geodésica**

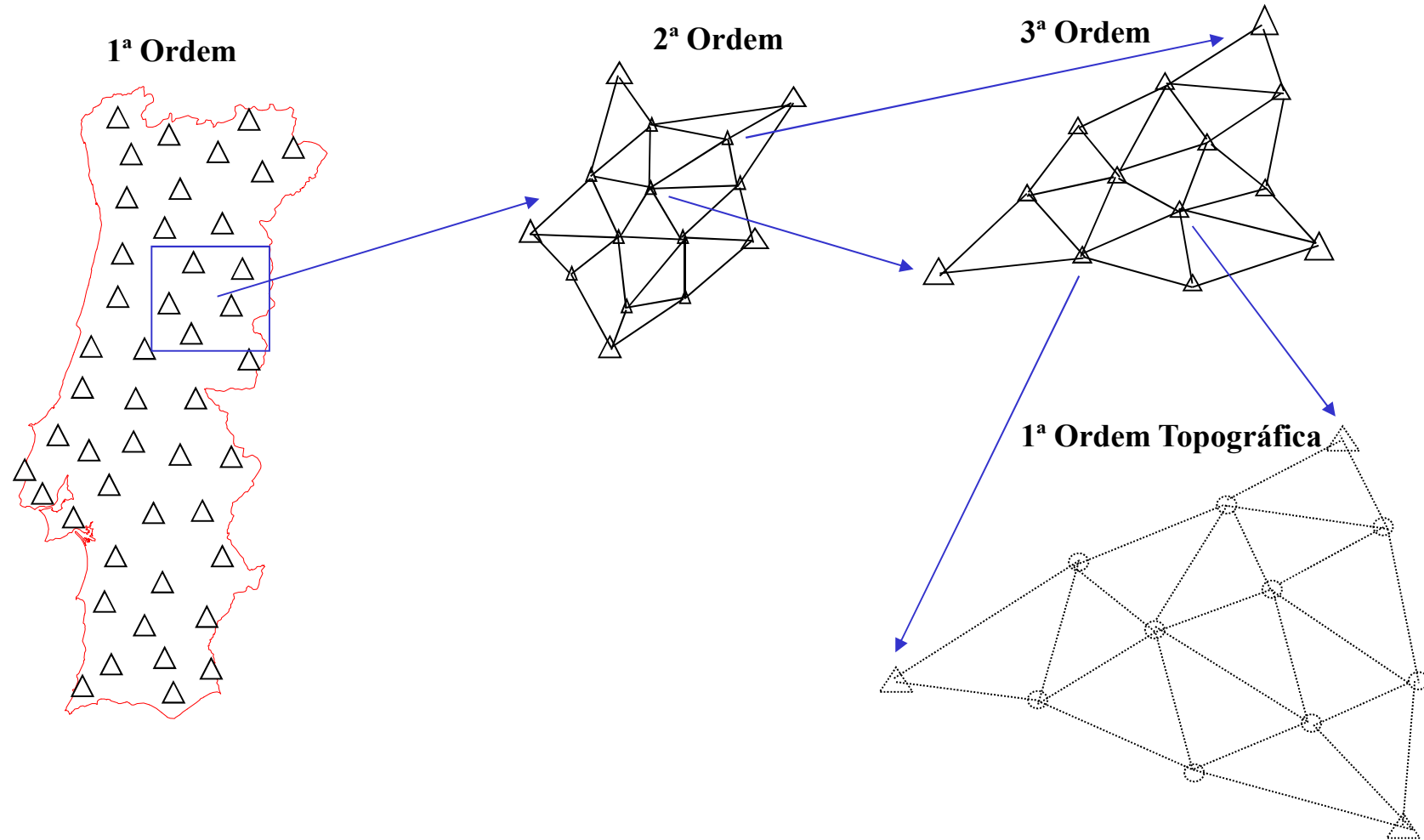
Adensamento: processo que permite obter um levantamento perfeitamente referenciado e enquadrado em qualquer sistema cartográfico.





# goniómetros

# observações

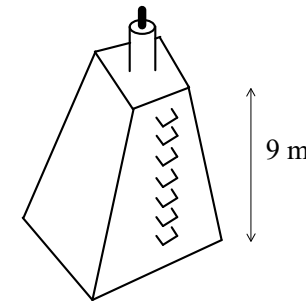


# goniómetros

# observações

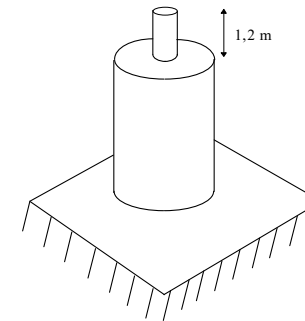
## 1ª Ordem geodésica

- Cobertura geral do Território
- Lados de 30-40 km
- Torres encimadas por pilares



## 2ª Ordem geodésica

- Adensamento intermédio
- Lados de 10-20 km
- Pilares circulares ou marcos ("Bolembreanas")
- moinhos, depósitos de água e terraços, etc



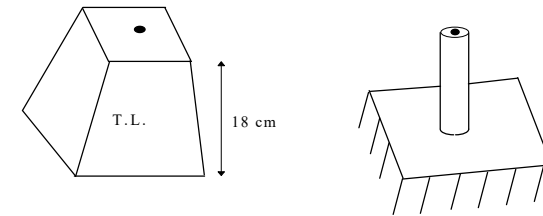
## 3ª Ordem geodésica

- Adensamento local
- Lados de 4-5 km (ev. 10 km)
- Bolembreanas
- torres de igrejas, antenas, etc.

**Cada triângulo é suficientemente pequeno para que no seu interior a superfície terrestre possa ser considerada plana.**

## 1ª Ordem cadastral

- Adensamento topográfico
- Lados de 1,5 a 2 km
- pequenos marcos ao nível do solo ou sobre construções (torres de igrejas, antenas, etc.)



## 2ª Ordem cadastral

- Lados de 0,5 a 1,5 km;
- marcos provisórios, ou estaca ou marcas cravadas no solo.

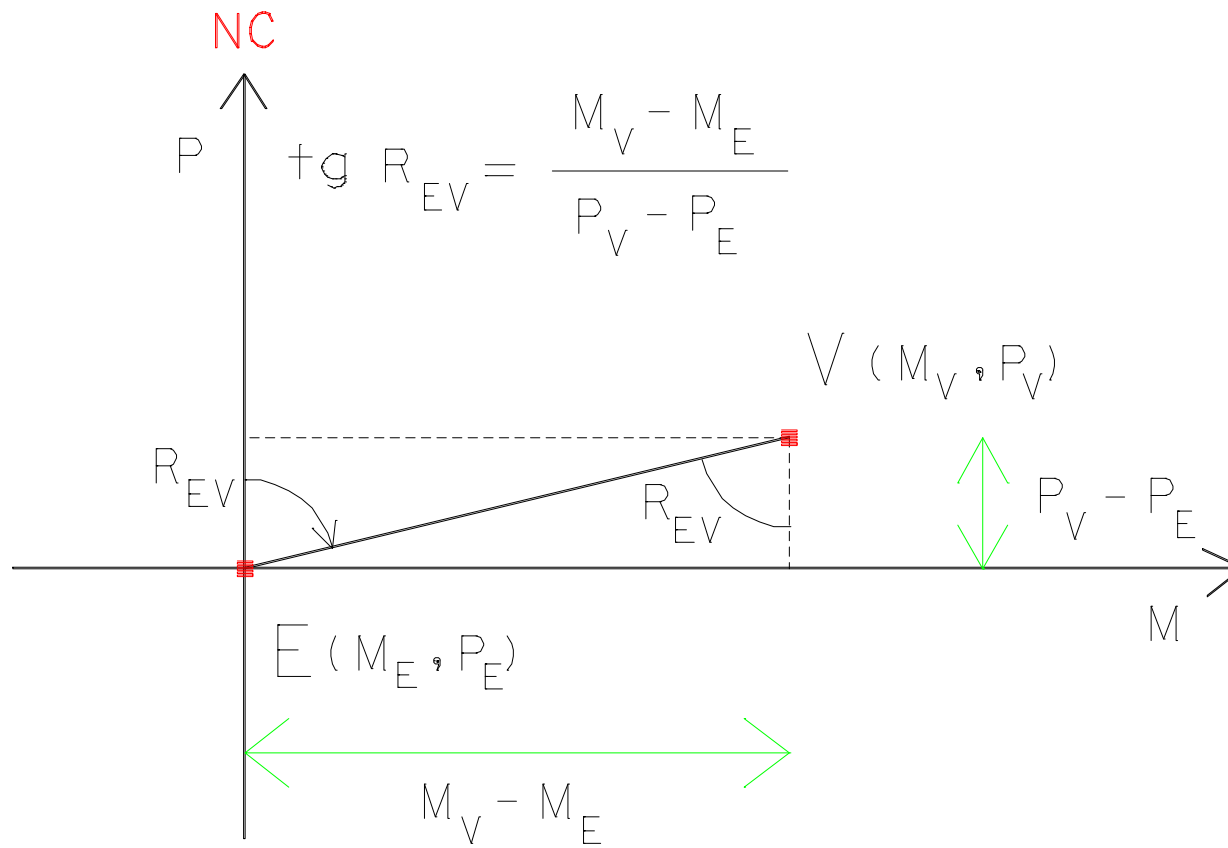
<b>Redes Geodésicas</b>	{	- marcos geodésicos - elementos proeminentes em construções; - marcos ao nível do solo;
<b>Apoio local</b>	{	- marcas provisórias no solo; - pontos notáveis do terreno ou de estacionamento momentâneo (sem sinalização específica)

## Esqueleto do Levantamento:

- pontos de apoio existentes;
- materialização de novos pontos de apoio;
- definição de visadas

O Levantamento Topográfico consiste nas seguintes operações de campo:

- 1 – Reconhecimento, escolha, implementação da rede local;
- 2 – Ligação da rede local à rede geodésica;
- 3 – Levantamento de pormenor apoiado na rede local.
- 4 – Elaboração da Planta – desenho gráfico num CAD



Rumo  $R_{EV}$  da direcção  $EV$

Sendo conhecidas as coordenadas  $(M_E, P_E)$  do ponto estação e  $(M_V, P_V)$  do ponto visado, o rumo da direcção EV é obtido por:

$$R_{EV} = \arctan \frac{M_V - M_E}{P_V - P_E}$$

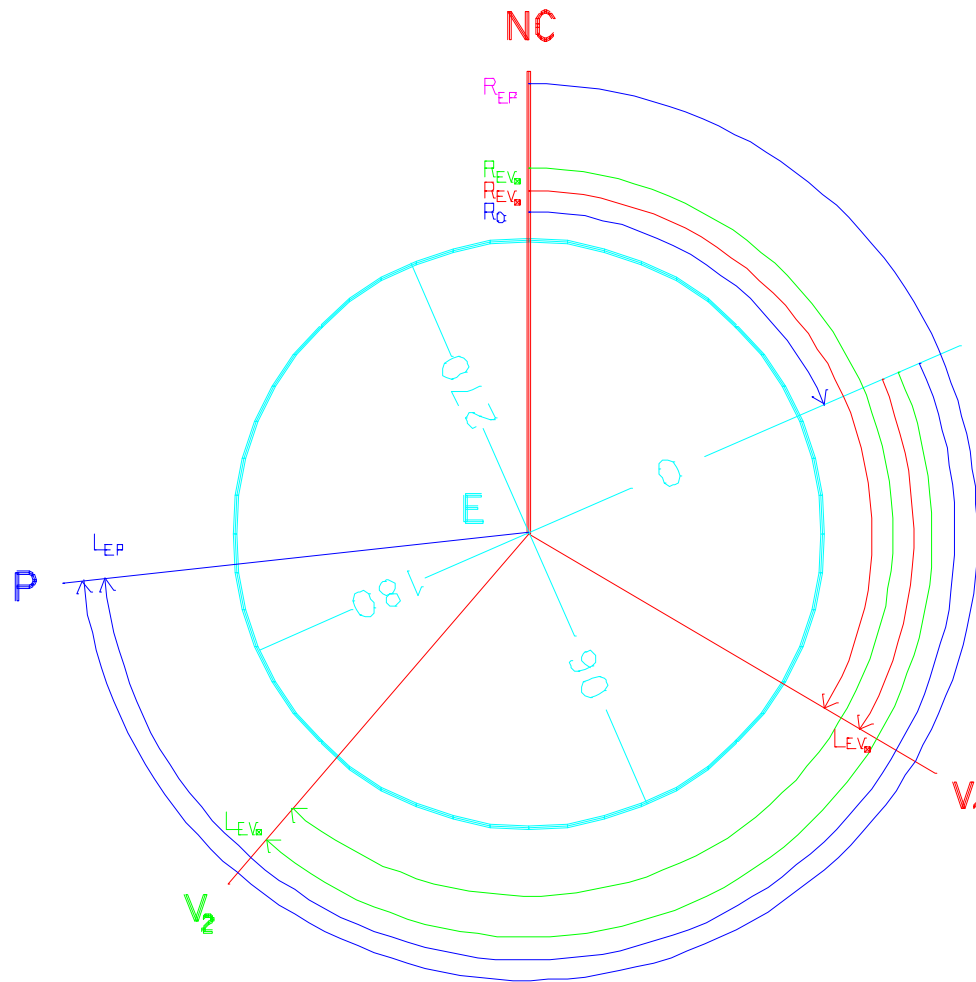
Se  $M_V - M_E > 0$  e  $P_V - P_E > 0$  (ou seja,  $EV \in 1^\circ Q$ ):  $R_{EV} = \mathbf{R_{EV}}$

Se  $P_V - P_E < 0$  (ou seja,  $EV \in 2^\circ$  ou  $3^\circ Q$ ):  $R_{EV} = \mathbf{R_{EV} + 180^\circ}$

Se  $M_V - M_E < 0$  e  $P_V - P_E > 0$  (ou seja,  $EV \in 4^\circ Q$ ):  $R_{EV} = \mathbf{R_{EV} + 360^\circ}$

# goniómetros

# observações



$$R_{01} = R_{EV1} - L_{EV1}$$

$$R_{02} = R_{EV2} - L_{EV2}$$

$$R_0 = (R_{01} + R_{02})/2$$

$$R_{EP} = R_0 + L_{EP}$$

Rumo do zero da graduação ( $R_0$ ): permite transformar leituras azimutais em rumos



# goniómetros

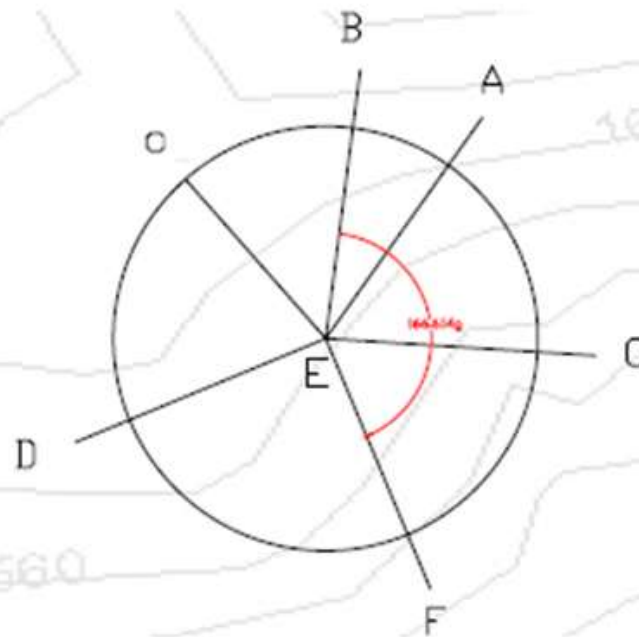
# observações

Estacionou-se um teodolito num ponto  $E$  do terreno e fizeram-se as seguintes observações:

Vértices Visados	$B$	$A$	$C$	$F$	$D$
Leituras Azimutais	$54^{\circ}136$	$85^{\circ}246$	$150^{\circ}001$	$220^{\circ}750$	$320^{\circ}970$

Determine os ângulos  $\hat{AEB}$ ,  $\hat{FED}$ ,  $\hat{BEF}$  e  $\hat{DEB}$ .

Sabendo que  $(CE) = 124^m,683$ , determine os rumos  $(EF)$  e  $(AE)$ .



$$\hat{AEB} = 368,890'; \quad \hat{FED} = 100,220'; \quad \hat{BEF} = 166,614'; \quad \hat{DEB} = 133,166';$$

$$(AE) = 59,928e; \quad (EF) = 395,432e;$$

# goniómetros

# observações

Estacionou-se um teodolito num ponto E do terreno e visaram-se os pontos A e B, tendo sido efectuadas para cada ponto duas leituras conjugadas. Tendo-se obtido o seguinte registo de observações, determine:

- a) as leituras azimutais compensadas para cada direcção.
- b) o erro de índice do teodolito.
- c) a leitura zenital observada na posição inversa para o ponto B.
- d) as leituras zenitais compensadas para os pontos A e B.
- e) o rumo da direcção EB sabendo que  $M_E=100.00$  m,  $P_E=100.00$  m,  $M_A=100.00$  m,  $P_A=-100.00$  m.
- f) o rumo do zero da graduação na estação E.

Estação: E	Pontos visados		Leituras azimutais	Leituras zenitais
	A	Posição directa	326 <sup>g</sup> .184	99 <sup>g</sup> .984
	A	Posição inversa	126 <sup>g</sup> .171	299 <sup>g</sup> .984
	B	Posição directa	84 <sup>g</sup> .250	107 <sup>g</sup> .462
	B	Posição inversa	284 <sup>g</sup> .248	---

# goniómetros

# observações

Dadas as observações seguintes, a) calcule o ângulo azimutal entre as direcções A e B; b) calcule a distância zenital das duas direcções.

Ponto visado	Leitura	directa	Leitura	inversa
A	92°14'56.2''	96°21'30.5''	272°14'52.9''	263°38'26.6''
B	157°24'34.2''	87°59'12.6''	337°24'36.1''	272°00'51.3''