

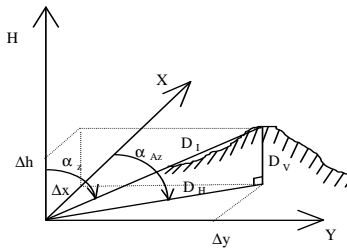
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Os aparelhos destinados à medição de **ângulos (mais exactamente direcções)** têm o nome genérico de goniómetros.

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

Na avaliação de ângulos devem distinguir-se duas espécies:

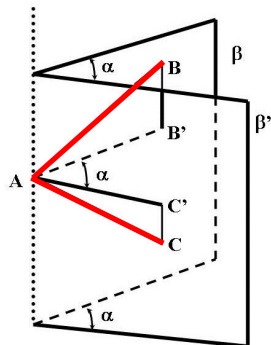
- ângulo entre **duas direcções quaisquer**
- ângulo entre **uma direcção de referência e uma direcção qualquer**



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

Vertical do lugar



α é o ângulo diedro entre os dois planos verticais.

o ângulo horizontal contido entre as duas direcções AB e AC que pertencem aos planos β e β' , coincide com o ângulo α diedro entre os dois planos.

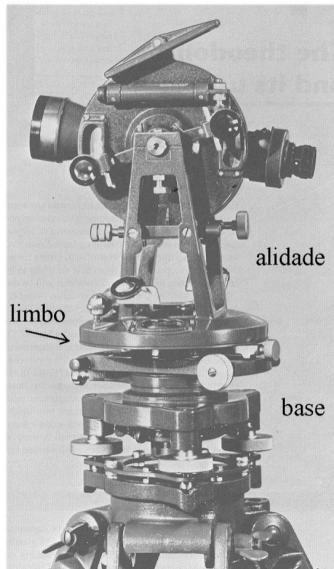
Ângulo horizontal ou azimutal α de duas direcções que passam por um ponto A (materializadas pelas visadas AB e AC) é o rectilíneo do diedro formado pelos planos verticais que contêm essas direcções, ou seja, o ângulo das projecções dessas direcções sobre o plano horizontal.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Os ângulos verticais podem classificar-se como:

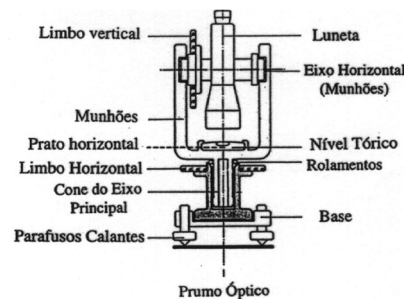
- ângulos de **inclinação**, em que a direcção de referência ou origem das leituras é o plano horizontal
- ângulos **zenitais**, em que a direcção de referência ou origem das leituras é a vertical para o zénite
- ângulos **nadirais**, em que a direcção de referência ou origem das leituras é a vertical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

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



As 3 peças fundamentais em que um instrumento se pode decompor são:

1. Base
2. Limbo
3. Alidade



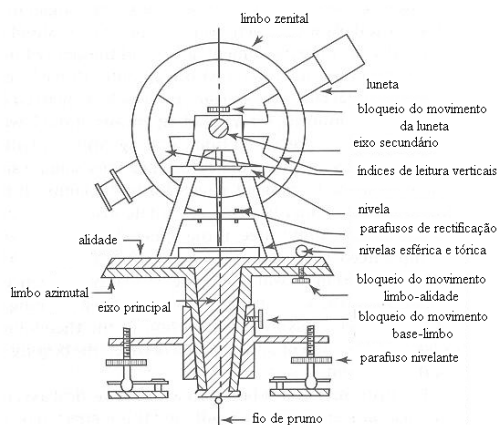
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



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**).

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.

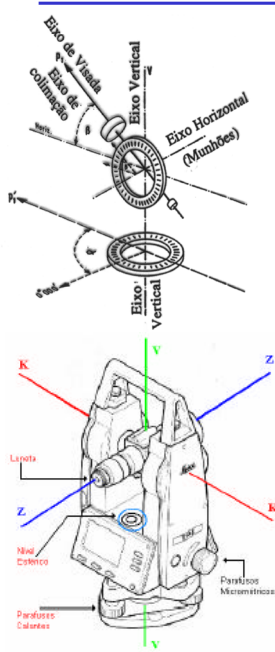


LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



3. Apoiada num tronco cónico que gira no interior da base encontra-se a **alidade**, que transporta o índice de leitura. Sobre a alidade existem 2 montantes nos quais assenta o **eixo secundário**, que por sua vez suporta a luneta (**eixo de colimação**).

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 **millesimal**. 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 millesimal a circunferência é dividida em 6400 partes ($2\pi \approx 6.283 \approx 6.400$).

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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).

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 nócio em coincidência com a divisão da escala, multiplicar este número pela constante do nócio e juntar este resultado à leitura na escala do limbo mais próxima do zero do nócio.

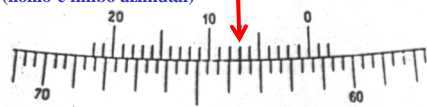
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

$(n-1)C=nN$: a n unidades do nócio N correspondem $(n-1)$ unidades do círculo C

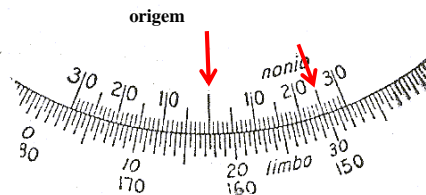
coincidência entre as 2 graduações (nócio e limbo azimutal) origem do nócio, correspondente à pontaria para o ponto visado

Constante do nócio:
 $a = C \cdot N = C/n$
 $a = 20'/20 = 1'$



Leitura:
 $\frac{61^\circ 20'}{+ 7'}$
 $61^\circ 27'$

a menor divisão do limbo corresponde a $60'/3 = 20'$, a menor divisão do nócio corresponde a $19'$, tendo-se $20 \times 19' = 19 \times 20'$

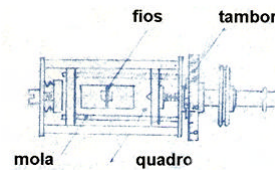
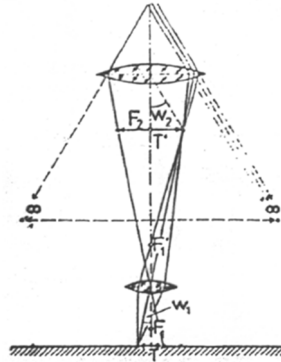


$17^\circ 25'$

$162^\circ 35'$

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 **gradação** e é medido por um **tambor graduado**.



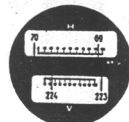
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Microscópios ópticos:

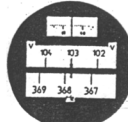
- 1) Com traço de referência de leitura (a fracção da gradação é estimada);
- 2) Com escala de referência de leitura (em vez do retículo possui uma escala, medindo-se a fracção entre a origem da escala e uma divisão do limbo);
- 3) Com traço de referência e micrómetro óptico (mede-se o deslocamento aparente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



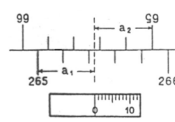
1)



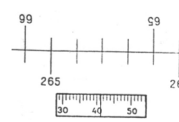
2)



3)



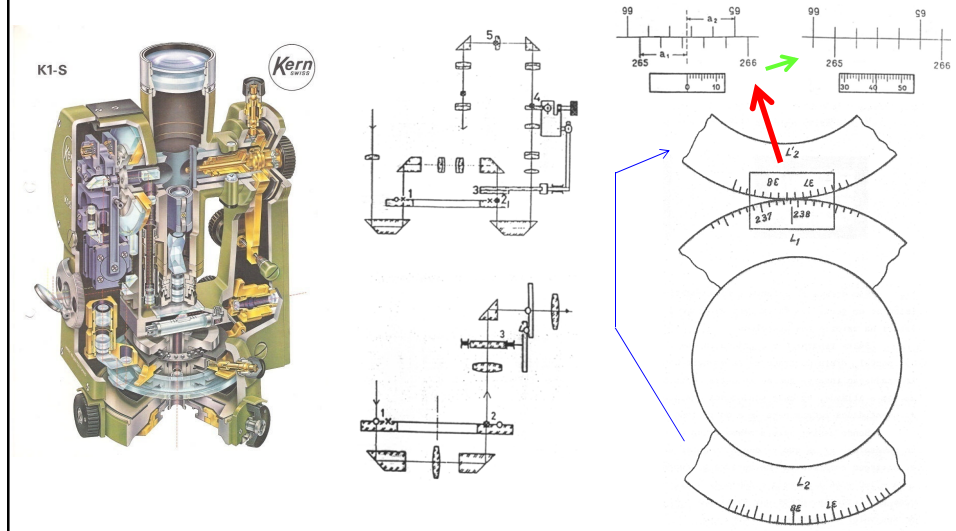
4)



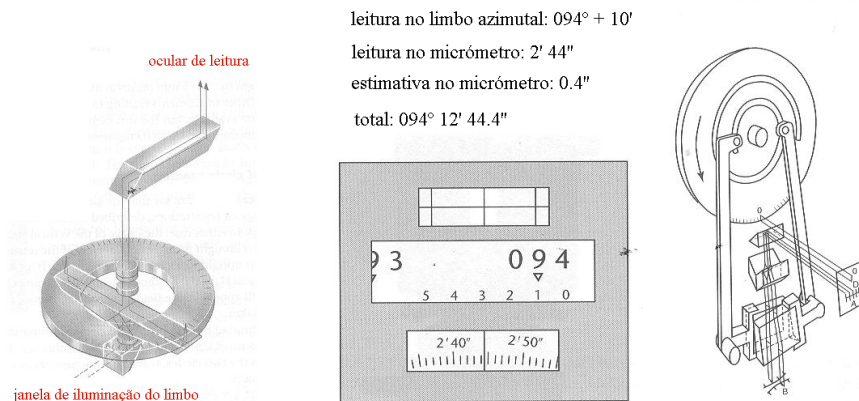
4)

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

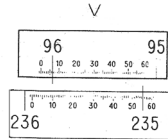
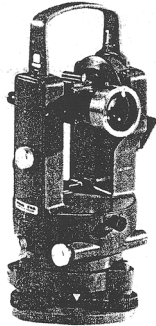


LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

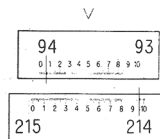


A luz que entra pela janela de iluminação atravessa o limbo azimutal em duas zonas diametralmente opostas, efectuando-se duas leituras pelo método da **coincidência** rodando o botão do micrómetro (comum às leituras zenitais); este movimento provoca uma variação da inclinação das lâminas de faces paralelas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

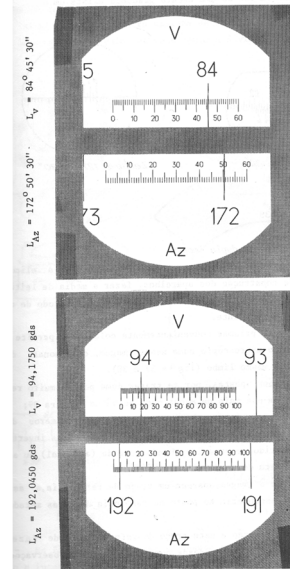
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



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



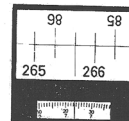
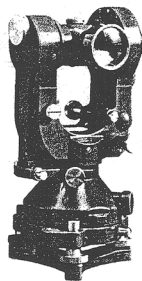
Hz
 $V = 94,064 \text{ gr.}$
 $H_z = 214,964 \text{ gr.}$



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. As leituras são efectuadas numa 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 **0.01**°.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Wild T2 antigo



$265^{\circ} 47' 23,5''$



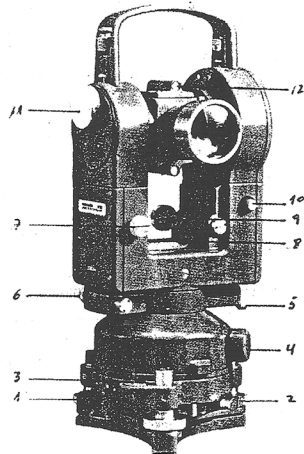
$105,82 24 \text{ gr.}$

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:

- a) determinando o valor da mais pequena divisão do limbo
- b) actuando no tambor do micrómetro até levar os traços da graduação superior à coincidência com os da graduação inferior
- c) 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
- d) efectuando no micrómetro a leitura dos minutos, dezenas de segundos e segundos, que se junta à leitura anterior dos graus e dezenas de minutos.

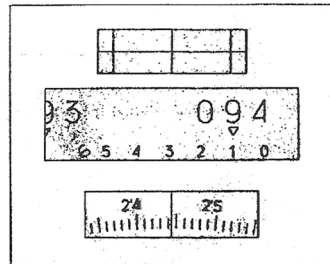
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Wild T2 moderno

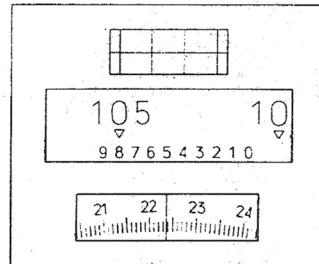


- 1 - Prumo óptico
- 2 - Alavanca de fixação à base
- 3 - Nível esférico
- 4 - Parafuso de reiteração
- 5 - Alavanca de grandes movimentos gerais da alidade
- 6 - Parafuso de pequenos movimentos particulares da alidade
- 7 - Parafuso de comutação de leitura dos limbos
- 8 - Nível tórico da alidade
-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

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



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

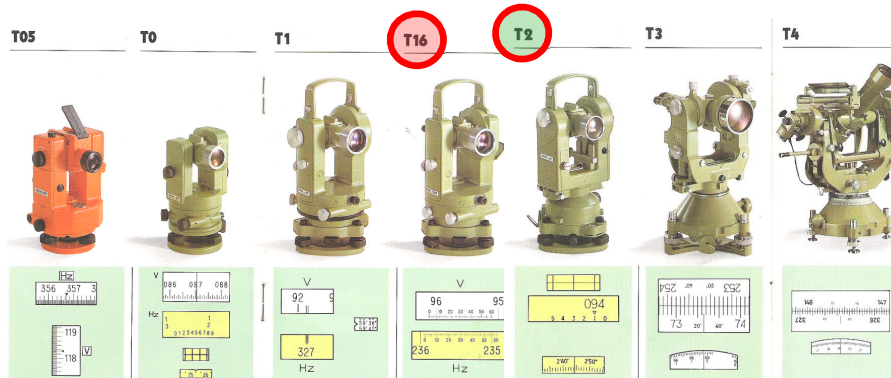


$$V = 105,82 24 \text{ gr}$$

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

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

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



aparelhos Wild analógicos

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

especificações técnicas (aparelhos analógicos)

MODELO		B3	T 05	T 0	T 1	T 16	T 2	T 3	T 4	RK 1	RDS
Aumento da Luneta	(x)	2	19	20	30	30	30	24, 30 40	60, 80	25	24
Imagem (inversa, direita)		I	D	D	D	D	D	I	I	D	D
Campo a 1000 m	(m)	120	39	35	27	27	29	28	14	22	22
Distância mínima de focagem	(m)	2	0,8	1,0	1,7	1,7	2,2	4,6	100	2,4	2,4
Constante estadimétrica		—	100	100	100	100	100	—	—	100	100
Constante de adição	(cm)	—	0	0	0	0	0	—	—	0	0
Sensibilidade do nível da alidade p/2 mm		8'	60"	4'	30"	30"	20"	6,5"	1"	2'	30"
Leitura directa	360º	Hz 1º V 5%	2'	Hz 20" V 5'	6"	1' (20")	1"	0,2"	Hz 0,1" V 0,2"	V 10'	1'
	400º	Hz 19 V 5%	10°	Hz 1° V 10°	0,2°	1°	1°	1°	—	V 10°	1°
Leitura p/ estimativa	360º	Hz 6' V 1%	0,5'	Hz— V 1'	3"	0,1' (5")		0,1"	Hz 0,05" V 0,1"	V 1'	0,1'
	400º	Hz 10 V 1%	1°	Hz— V 2°	0,1°	0,1°		0,5°	—	V 1°	0,2°
Peso do instrumento	(kg)	0,8	3,0	2,7	5,8	5,3	6,0	11,2	50	2,5	7,1
Peso do estojo	(kg)	0,3	2,2	2,6	2,8	2,8	2,2	3,7	41	3,6	2,3
Prospecto detalhado	G 1-	426s	269s	270s	261s	243s	265s	219s	255s	308s	301s

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

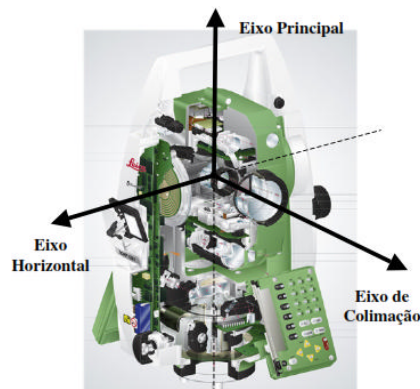
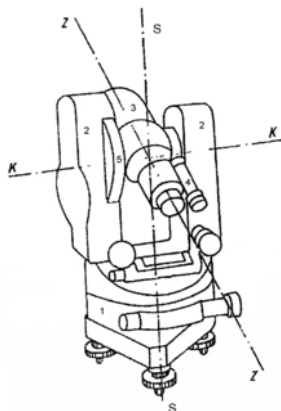
especificações técnicas (aparelhos analógicos)

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

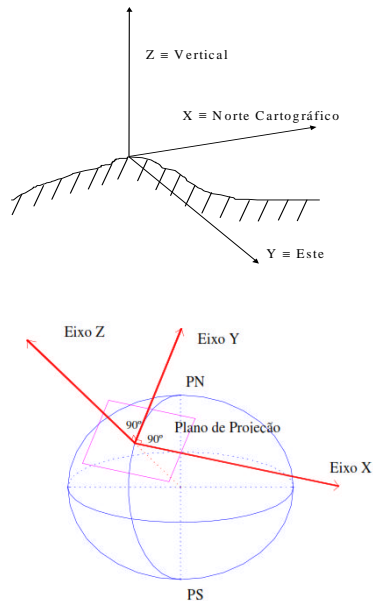
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Referencial Instrumental: (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;



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



Referencial 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;

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



nível esférico para definir
um plano horizontal

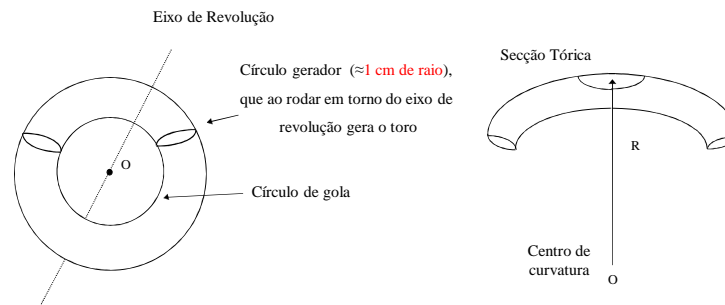


nível tórico para definir
uma direcção horizontal

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

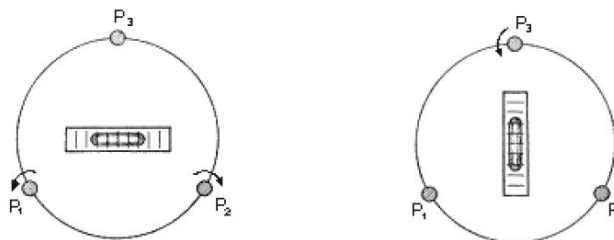
As **nivelas** de bolha são acessórios de que permitem a horizontalização de um plano ou a horizontalização de uma direcção. As nivelas tóricas são **secções de toros de revolução** com círculo de gola de **20 a 100 metros de raio**.

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



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

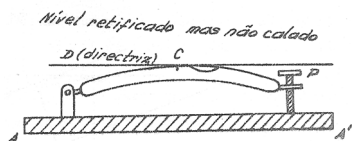
- 1) Colocar a nivela de modo que a directriz desta fique aproximadamente paralela ao plano vertical que passa por dois dos parafusos nivelantes;
- 2) Rodar esses dois parafusos em sentidos contrários até calar a nivela;
- 3) Rodar a nivela de 100 grados em torno do eixo principal;
- 4) Voltar a calar a nivela rodando agora apenas o terceiro parafuso nivelante.



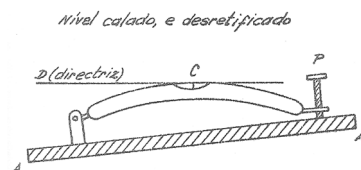
Representação esquemática dos parafusos nivelantes de um teodolito e da nivela tórica, durante o procedimento de verticalização do eixo principal.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

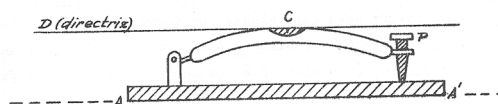
A nível apoia-se na **base AA'**, de um lado por uma charneira e do outro através de um parafuso P que se destina a levantar ou baixar essa extremidade por forma a levar a bolha a ocupar o **centro C** da graduação. Chama-se **directriz D** de uma nível à tangente à linha média no centro da graduação.



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

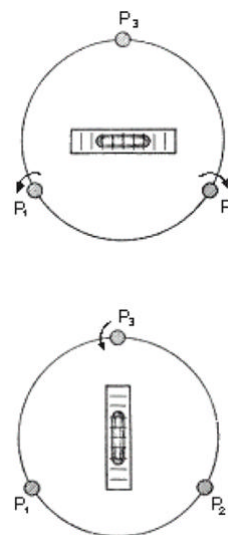


Diz-se que uma nível está **calada** quando o centro da bolha coincide com o centro da graduação.



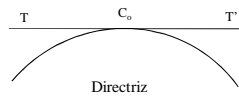
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Constatada a **necessidade de rectificação** o procedimento é o seguinte: colocar a directriz do eixo da nível a ser retificada mais ou menos na direcção de dois parafusos calantes e centrar a bolha com rigor; girar a alidade 180°, 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 da nível. Mantendo fixa a alidade 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 na própria nível e a outra **metade** num dos dois parafusos calantes que ainda continuam paralelos à directriz do eixo da nível.



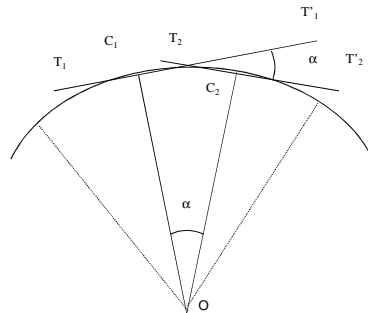
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

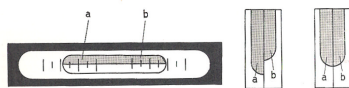


Em topografia : T16 = 30"
T2 = 20"

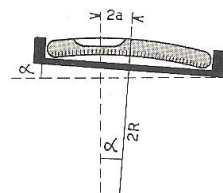
Em geodesia: T3 = 6,5"
T4 = 1 a 2"
DKM3 = 2"



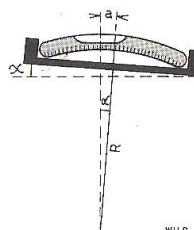
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



calagem da bolha por coincidência das imagens das duas extremidades



mais sensível



menos sensível

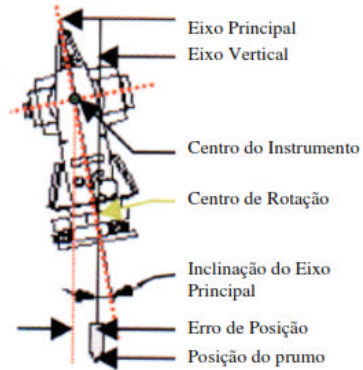
a mesma inclinação α provoca um deslocamento **a** na nívela menos sensível e um deslocamento **2a** na nívela mais sensível

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

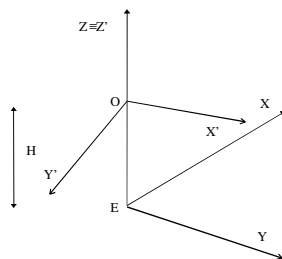
Na prática, é executar com precisão necessária 3 rotações e 3 translações com o sistema de eixos do instrumento.

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



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

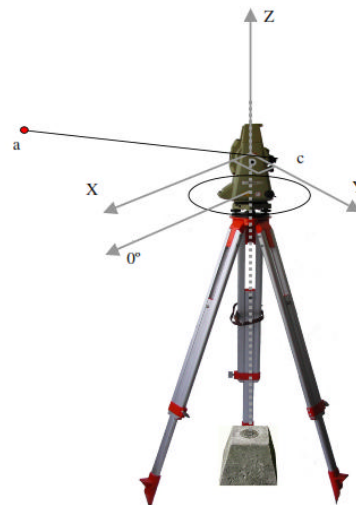
As condições ideais são as que fazem coincidir o referencial do instrumento com o referencial local de origem no ponto estação.



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

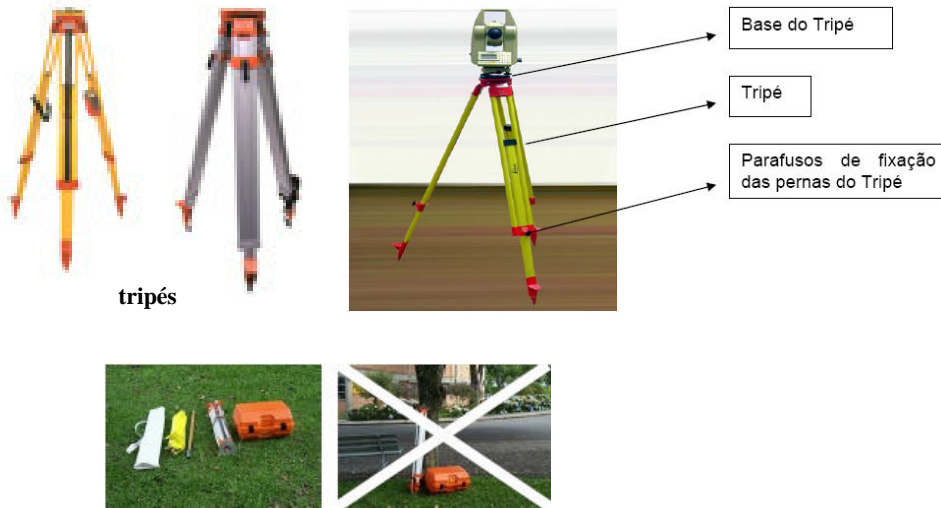
$$\Leftrightarrow$$

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



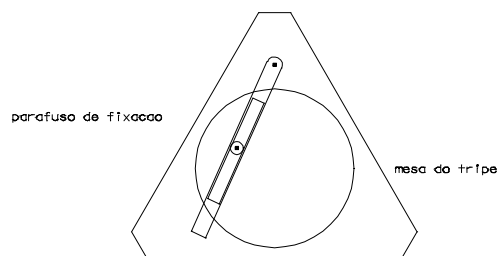
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

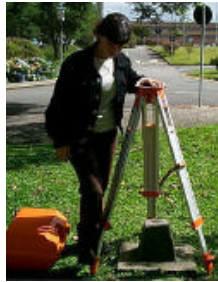


LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



1. Cravar o tripé no solo



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



2. Fixar o equipamento ao tripé

4. Calar a nívela esférica utilizando os movimentos de extensão do tripé



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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:

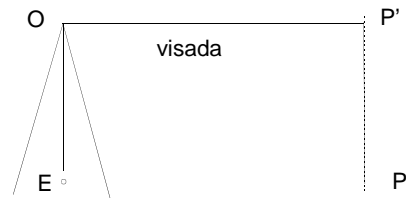
- 1º Centragem grosseira do tripé c/ mirada;
- 2º Centragem aproximada c/ prumo óptico;
- 3º Calagem aproximada c/ nívela esférica;
- 4º Calagem rigorosa c/ nívela tórica;
- 5º Centragem rigorosa c/ prumo óptico;
- 6º Verificação e correção da calagem
- 7º Verificação da centragem

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Visada: segmento de recta definido no espaço, entre o centro do aparelho colocado no *ponto estação (E)* e o alvo colocado no *ponto visado (P)*.

Ponto estação – ponto de estacionamento do instrumento de medida

Ponto visado – materializado por alvos naturais ou artificiais



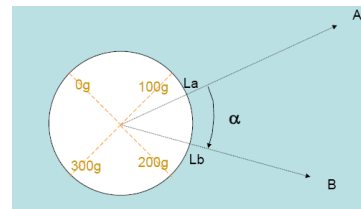
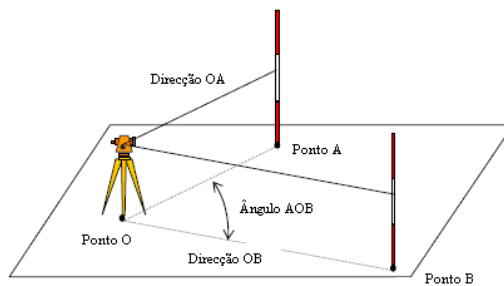
Alvos:

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

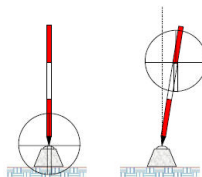
Artificiais – dispositivos estacionado sobre o ponto no terreno.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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



$$\alpha = L_b - L_a$$



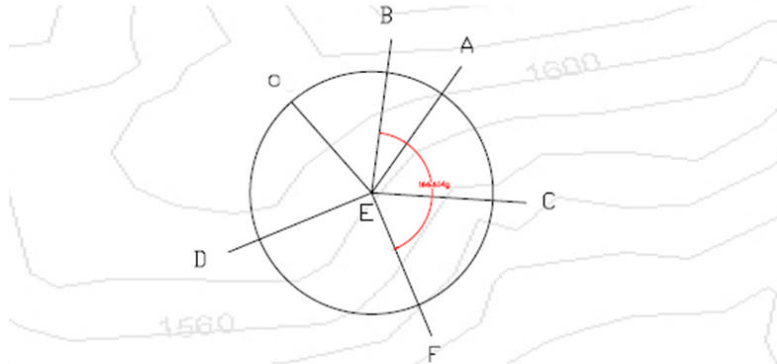
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 $(CE) = 124^{\circ}683$, determine os rumos (EF) e (AE) .



$$\hat{AEB} = 368,890'; \quad \hat{FED} = 100,220'; \quad \hat{BEF} = 166,614'; \quad \hat{DEB} = 133,166';$$
$$(AE) = 59,928s; \quad (EF) = 395,432s;$$

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Método de observação: pontaria simples

Erros:

- Colimação – Corrigido com valor rectificadado na memória;
- Índice – Corrigido com valor rectificadado 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.

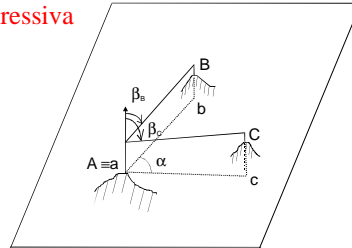
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

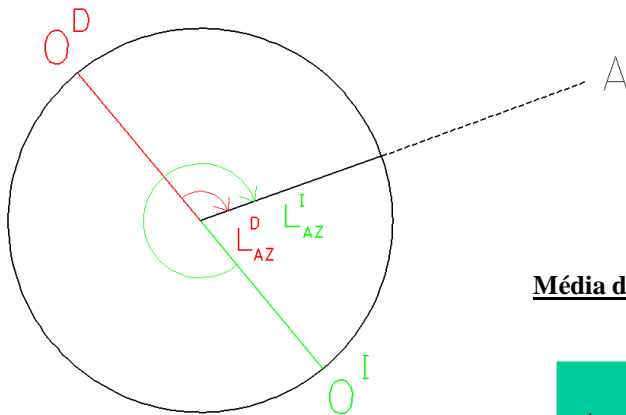
Método: observações encruzadas com reiteração das leituras

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



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

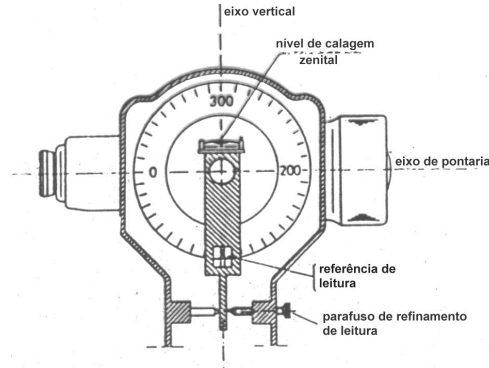


Média de observações azimutais conjugadas:

$$L^{Az}_{m\acute{e}dia} = \frac{[L^{Az}_D + (L^{Az}_I \pm 180)]}{2}$$

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

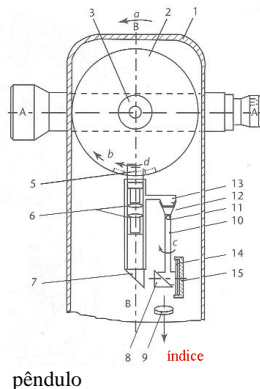
O círculo é **fixo à luneta** e o sistema de leitura é fixo ao montante. A linha de referência da leitura (contém o centro e a referência de leitura) deve ser paralela ao eixo vertical.



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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**):

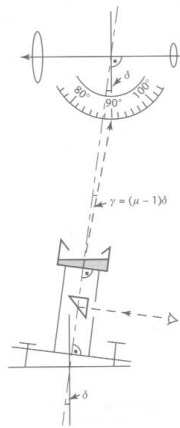
- AA = linha de colimação
- BB = eixo principal
- 1 = caixa protectora
- 2 = limbo vertical
- 3 = eixo secundário
- 5 = índice de leitura
- 6 = objectiva do sistema de leitura
- 8 = prisma
- 10 = pêndulo
- 11 = pivot
- 12-13 = apoios do pivot
- 14 = pistão de amortecimento
- 15 = cilindro de amortecimento



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.

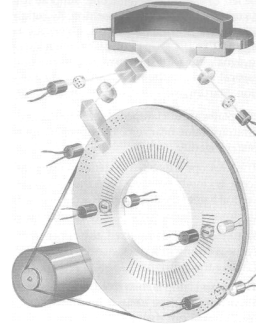
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 δ 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 μ é o índice de refração do óleo, cujo efeito é corrigir a leitura, de uma forma semelhante ao caso anterior.

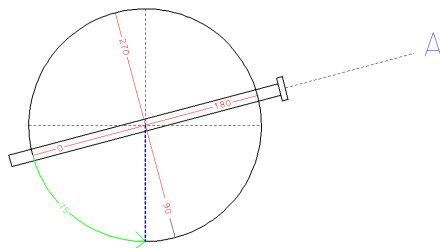


compensador

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.



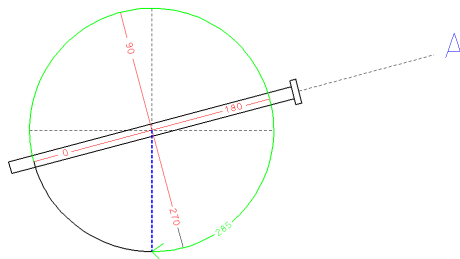
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



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

Média de observações zenitais conjugadas :

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



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Nos instrumentos com graduação zenital um procedimento adotado para a verificação do índice de leituras é o seguinte: - com a luneta do instrumento em posição direta 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 a 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° . Caso isto não ocorra, a diferença em relação a 360° corresponde ao dobro do deslocamento do zénite do instrumento em relação ao zénite verdadeiro.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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:

- as leituras azimutais compensadas para cada direcção.
- o erro de índice do teodolito.
- a leitura zenital observada na posição inversa para o ponto B.
- as leituras zenitais compensadas para os pontos A e B.

Estação: E	Pontos visados	Leituras azimutais	Leituras zenitais
A	Posição directa	123° 186	99° 984
B	Posição directa	204° 703	107° 462
B	Posição inversa	004° 689	---
A	Posição inversa	323° 172	299° 984

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

- ..
- a) para A: $\frac{123^{\circ}.186 + (323^{\circ}.172 - 200^{\circ})}{2} = 123^{\circ}.179$; para B: $\frac{204^{\circ}.703 + (004^{\circ}.689 + 200^{\circ})}{2} = 204^{\circ}.696$
- b) se não existir erro de índice, isto é, se $e_{\text{índice}} = 0$, a soma das leituras zenitais conjugadas é igual a 400° , e portanto $L_{\text{directa}}^{\text{zenital para A}} - (400^{\circ} - L_{\text{inversa}}^{\text{zenital para A}}) = 0$; não se verificando, em geral, esta situação ($e_{\text{índice}} \neq 0$), tem-se:
- $$e_{\text{índice}} = \frac{L_{\text{directa}}^{\text{zenital para A}} - (400^{\circ} - L_{\text{inversa}}^{\text{zenital para A}})}{2} = \frac{99^{\circ}.984 - (400^{\circ} - 299^{\circ}.984)}{2} = -0^{\circ}.016$$
- c) $L_{\text{inversa}}^{\text{zenital para B}} = 2 \times e_{\text{índice}} - L_{\text{directa}}^{\text{zenital para B}} + 400^{\circ} = -0^{\circ}.032 - 107^{\circ}.462 + 400^{\circ} = 292^{\circ}.506$
- d) $L_A^{\text{zenital compensada}} = \frac{L_{\text{directa}}^{\text{zenital para A}} + 400^{\circ} - L_{\text{inversa}}^{\text{zenital para A}}}{2} = \frac{99^{\circ}.984 + 400^{\circ} - 299^{\circ}.984}{2} = 100^{\circ}$
- $$L_B^{\text{zenital compensada}} = \frac{L_{\text{directa}}^{\text{zenital para B}} + 400^{\circ} - L_{\text{inversa}}^{\text{zenital para B}}}{2} = \frac{107^{\circ}.462 + 400^{\circ} - 292^{\circ}.506}{2} = 107^{\circ}.478$$

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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** (ε) 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 $\leq 15''$

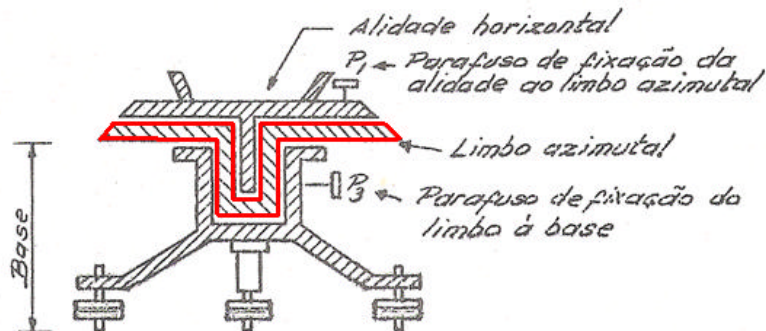
T2

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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	86.54195	101.1426	101.14490
	IR	286.5443	286.5439		298.8528	
B	DP	163.1832	163.1822	163.18220	98.2207	98.22270
	IR	363.1830	363.1822		301.7753	
C	DP	187.0225	187.0210	187.47315	98.8432	98.84325
	IR	387.9265	387.9253		301.1567	
*	DP	17.2432	17.2412			
	IR	217.2462	217.2446			

$$\varepsilon_D = 17.2432 - 17.2412 = 0.0020 \quad \varepsilon_I = 217.2462 - 217.2446 = 0.0016$$

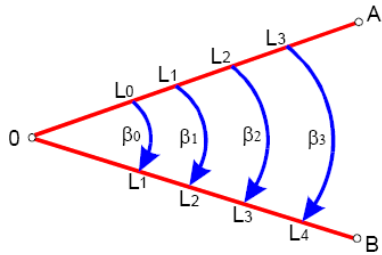
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

O ângulo β poderá ser calculado por:

$$\beta_0 = L_1 - L_0$$

$$\beta_1 = L_2 - L_1$$

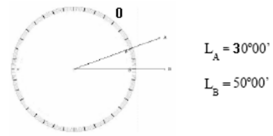
$$\beta_2 = L_3 - L_2$$

$$\beta_3 = L_4 - L_3$$

$$n\beta = L_4 - L_0$$

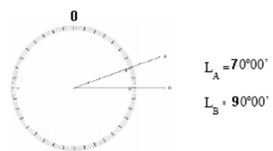
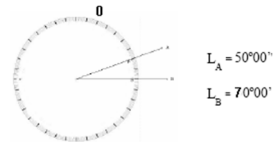
$$\beta = \frac{L_4 - L_0}{n}$$

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



Exemplo de repetição:

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



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

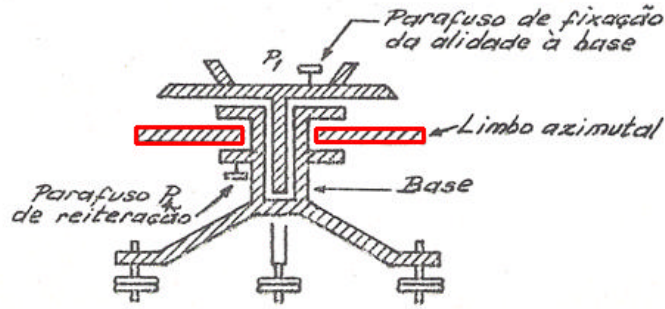
Método da repetição:

O número de repetições na observação de um ângulo α é dado por

$$n_R = p^{-1} \cdot \text{Int} \left(\frac{360}{\alpha} \right)$$

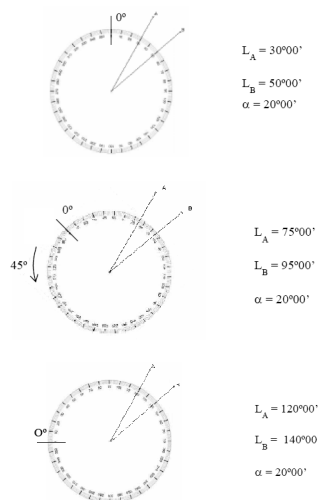
onde p é o número de leituras múltiplas diametralmente opostas (número de microscópios ópticos, normalmente igual a 2)

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



Teodolito reiterador: o limbo azimuthal 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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



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.

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

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

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

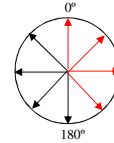
onde **p** é o número de leituras múltiplas diametralmente opostas (número de microscópios ópticos, normalmente igual a 2) e **d** é o valor da menor divisão do limbo, que coincide com a amplitude do micrómetro.

Exemplo: utilizando o **T2 antigo (sexagesimal)**, as origens das **3** reiterações são:

$$\frac{\frac{360^\circ}{p} + d}{n} = \frac{\frac{360^\circ}{2} + 10'}{3} = \frac{180^\circ + 10'}{3} = \begin{cases} 0^\circ & 0' & 0'' \\ 60^\circ & 3' & 20'' \\ 120^\circ & 6' & 40'' \end{cases}$$

Exemplo: utilizando o **T2 antigo (sexagesimal)**, as origens das **4** reiterações são:

$$\frac{\frac{360^\circ}{p} + d}{n} = \frac{\frac{360^\circ}{2} + 10'}{4} = \frac{180^\circ + 10'}{4} = \begin{cases} 0^\circ & 0' & 0'' \\ 45^\circ & 2' & 30'' \\ 90^\circ & 5' & 0'' \\ 135^\circ & 7' & 30'' \end{cases}$$



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

	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"	$\alpha_1 = 9^\circ 08' 30,8''$
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"	$\alpha_2 = 9^\circ 08' 28,7''$
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"	$\alpha_3 = 9^\circ 08' 29,6''$
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"	$\alpha_4 = 9^\circ 08' 27,9''$

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

$$\alpha_0 = 9^\circ 08' 29,2''$$

observações com 4 reiterações (45°)

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

As condições geométricas de **construção** para que um teodolito forneça 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 óptico da luneta deve intersectar o eixo principal.
3. O eixo secundário deve ser perpendicular ao eixo principal.
4. O eixo principal deve ser normal ao plano do limbo horizontal.
5. O eixo principal deve intersectar o limbo azimutal no centro da graduação.
6. O limbo azimutal deve estar correctamente graduado.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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).

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 ε** , 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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

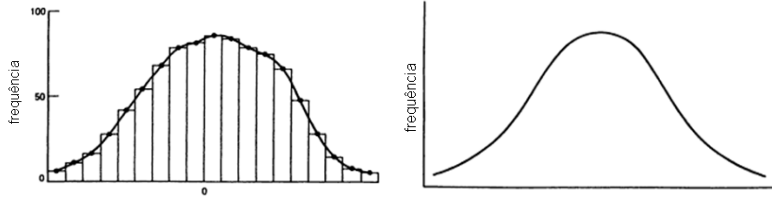
➤ Quanto à **natureza** dos erros:

Erros {
Aleatórios
Sistemáticos
Periódicos
Grosseiros

➤ Quanto à **fonte** dos erros:

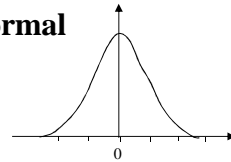
Erros {
Instrumentais (aleatórios, sistemáticos e periódicos)
Operação (aleatórios, sistemáticos e grosseiros)
Atmosféricos (aleatórios, sistemáticos e periódicos)

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



Erros de medição: **Distribuição Normal**

Estatística:



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

Média – estimativa de μ

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

Desvio médio quadrático – estimativa de σ

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

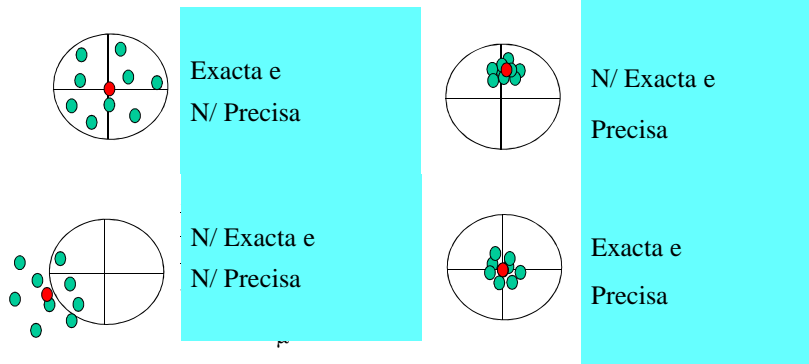
➤ **Precisão:** traduz o grau de conformidade ou a dispersão das medidas de uma mesma quantidade. Se a dispersão dos valores for pequena (σ pequeno), então as medidas dizem-se precisas.

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

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Precisão \Leftrightarrow valor de σ

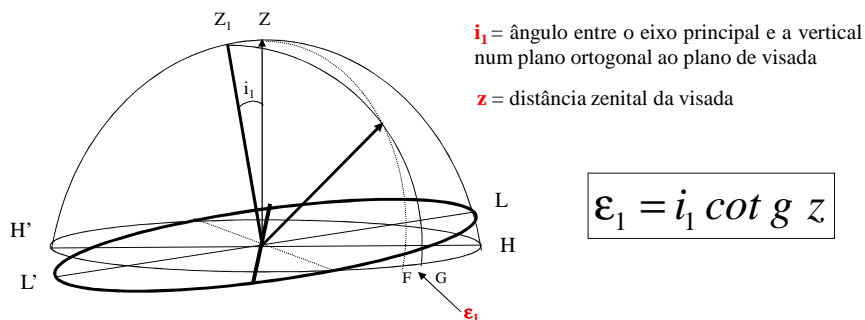
Exactidão \Leftrightarrow valor de $(\mu - \bar{x})$



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

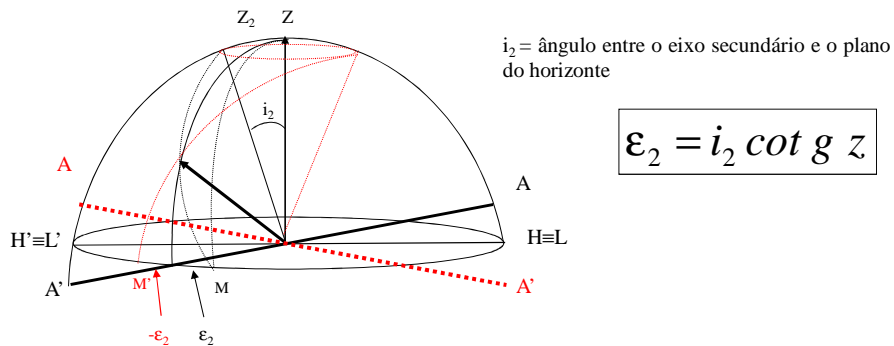
Deve-se à má calagem da nivela ou a uma desrectificação da nivela.



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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

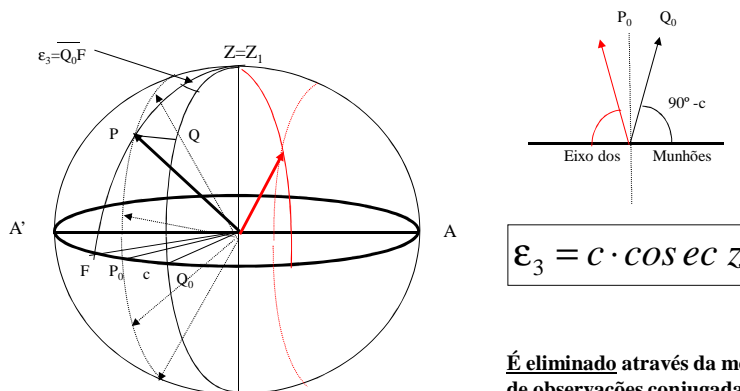
2. Influência da falta da horizontalidade do eixo secundário na leitura azimutal (não perpendicularidade do eixo secundário em relação ao eixo principal)



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

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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



É eliminado através da média de observações 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° 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.

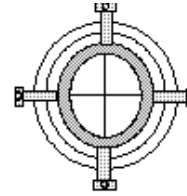
Constatada a necessidade de retificação o procedimento é o seguinte:

- 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.

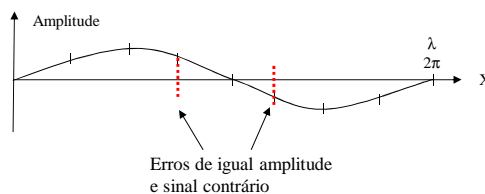
NOTA: esta correção é introduzida em etapas (no caso de retículos com 2 parafusos de correção vai se afrouxando ligeiramente um deles e apertando o outro) até colimar o fio vertical do retículo com o ponto médio da régua. Deve-se evitar ainda que o fio vertical fique oblíquo, facto que deve ser observado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



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

- 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.

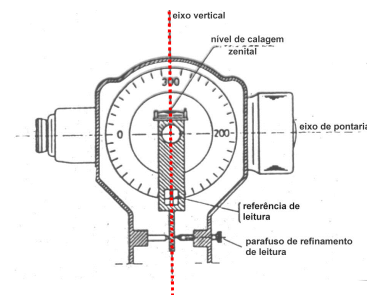
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

Provocado pela desrectificação da nivela ou pela má calagem da bolha.



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

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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° quando a luneta estiver apontada para o zénite (no caso de ângulos nadirais o círculo vertical deverá registar 0° quando a luneta estiver apontada para o nadir e nos teodolitos que fornecem ângulos de inclinação, o limbo vertical deve registar 90° 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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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° . Caso isto não ocorra, a diferença em relação a 360° 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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

Instrumentos de colimação manual:

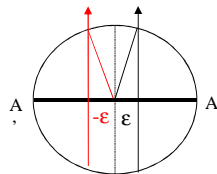
- como exemplo, considere-se que a partir das visadas conjugadas obtiveram-se as leituras PD=86° 40' 20" e PI = 273° 21' 10" ; a soma PD + PI = 360° 01' 30" e o erro de índice vertical é $Z_0 = 01' 30" / 2 = 45"$; neste instrumento todos os ângulos verticais estão majorados de 45", uma vez que PD+PI > 360° ; assim, a leitura correcta em PD é de 86° 39' 35" e em PI de 273° 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 correcção 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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

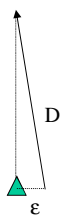
9) Erros de excentricidade



Excentricidades instrumentais

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

Ex.: r = 100mm;
ε = 0,1mm; e = 206"



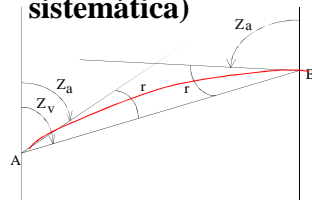
Observação excêntrica

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

Ex.: D = 100m;
ε = 1mm; e = 2,06"

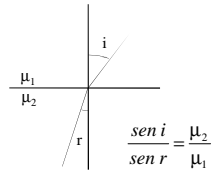
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

10a) Refracção vertical (normalmente sistemática)



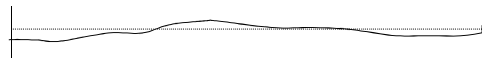
$$Z_v = Z_a + r$$

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



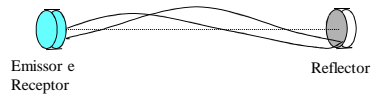
10b) Refracção lateral (aleatória c/ algum sistematismo)

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



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.

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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 **ópticamente** 2 zonas diametralmente opostas dos limbos, garantindo simultaneamente a precisão das leituras e a comodidade do utilizador.

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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

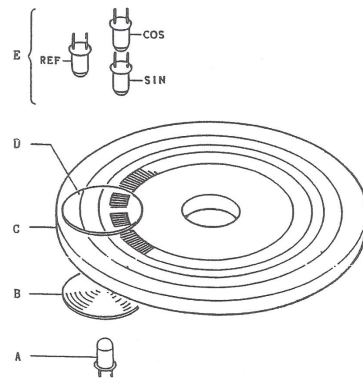
✓ um círculo de cristal (limbo) com regiões **claras e escuras** (transparentes e opacas) gravadas através de um processo de fotolitografia

✓ **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, .

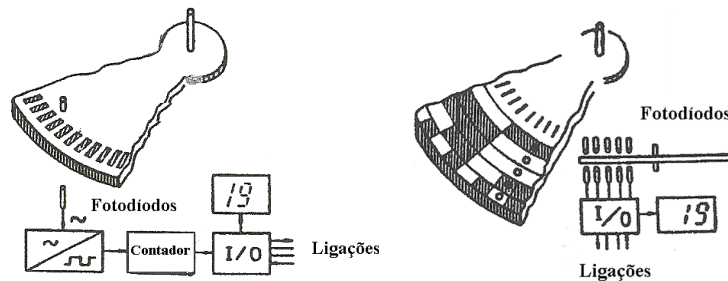
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



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.

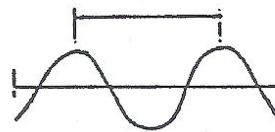
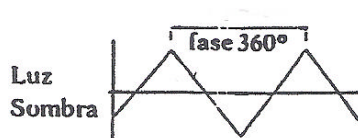
No modo absoluto, o limbo é gravado com um código que quando é lido define a posição da direcção definida pela pontaria sobre o limbo.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

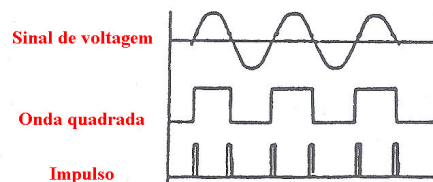
Para se entender o princípio de funcionamento da medição de ângulos, pode pensar-se, de maneira simplificada, num círculo de vidro com uma série de traços opacos igualmente espaçados: colocando uma fonte de luz de um lado do círculo e um fotodetector do outro, é possível "**contar**" o **número de impulsos "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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS



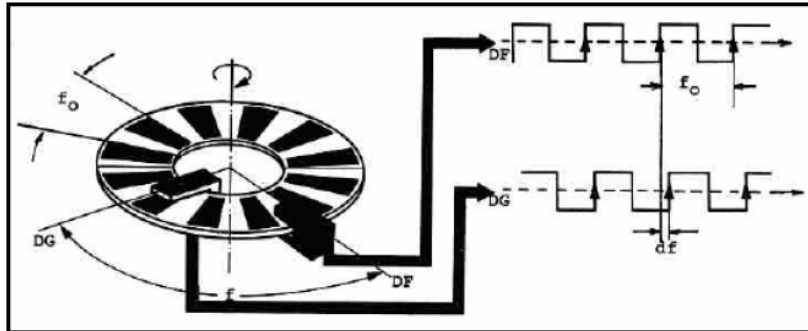
No método incremental, quando o limbo roda uma divisão, a mudança de luz para sombra e vice-versa é captada na célula fotoeléctrica; embora a forma ideal desta curva fosse triangular, devido ao fenómeno da difracção a onda é sinusoidal, posteriormente transformada numa onda quadrada, sendo contado o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



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Suponha-se um círculo graduado (limbo azimutal ou vertical) dividido em **1024** intervalos, equivalendo aos **360°** 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.



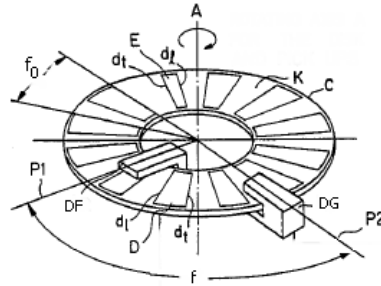
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

O sensor fixo e o sensor móvel fornecem um **par de sinais** eléctricos cuja diferença de fase varia de 2π 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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 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 .

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.

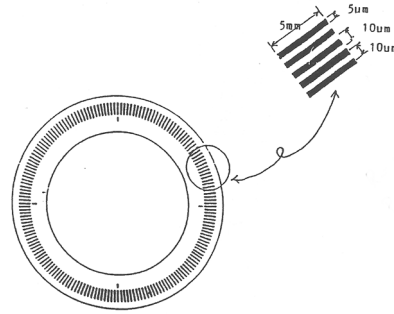
Se os 2 índices forem colineares ou estiverem a distâncias angulares cuja diferença seja um múltiplo de f_0 , os 2 sinais não se distinguem e o desfazamento df é nulo; caso contrário, os 2 índices registam a passagem de uma divisão com uma certa diferença de tempo dt , correspondente a df , podendo desta 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

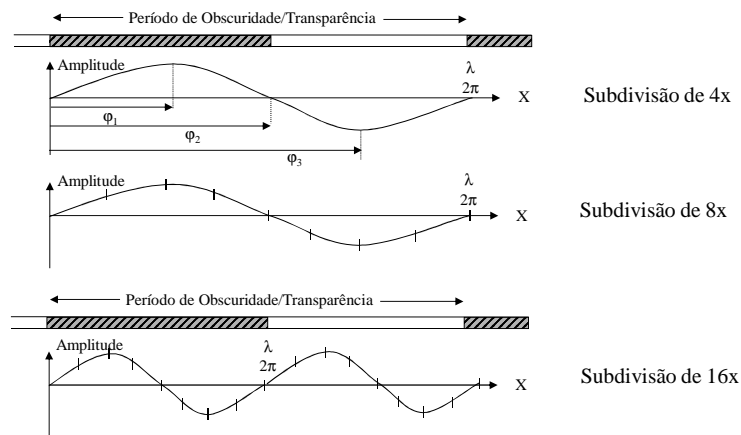
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 fotodiodo: 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).



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Método de interpolação electrónica:



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Interpoladores electrónicos:

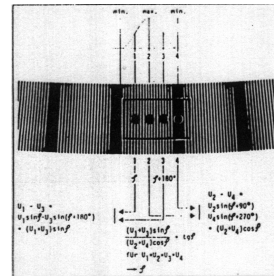
Interpoladores de média precisão: resolução de 0.001grad ($\approx 3''$) com 1200 incrementos.

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;

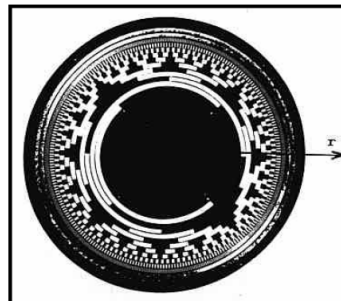
Método da comparação de fase —
Leitura de 4 sinais-seno desfasados de 90° ;

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



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Num segundo modelo (absoluto) consideram-se pistas opacas dispostas concentricamente 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.



LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

T1000



T1600



T2002



T3000



aparelhos Wild digitais

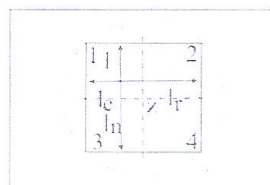
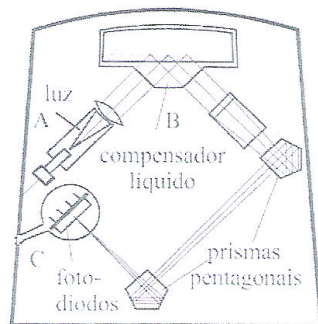
LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

	T1000	T1600	T2002	T3000
Telescope	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
Angle measurement	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	
Standard deviation based on DIN 18723	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)	
Automatic index	pendulum compensator	pendulum compensator	two-axis liquid compensator	Technical data as for T2002
Working range	±5" (±0.1gon)	±5" (±0.1gon)	3" (0.05gon) longitudinally and transversally	
Setting accuracy	±1" (±0.3mgon)	±1" (±0.3mgon)	0.1" (0.03mgon)	
Plate-level sensitivity	30" per 2mm	30" per 2mm	20" per 2mm	
Displays	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	
Power supply	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	
Weights				
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)

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

As estações totais dispõem de **compensadores eletrônicos** 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.



1-4 quadrantes
+ ponto de incidência de luz
↑ direção da luneta
← direção do eixo de inclinação

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 retirem 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**, na deslocação 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.

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

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 imobilizadas; 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.