

Base de Classificação de Teodolitos e Estações Totais na Universidade Federal do Paraná

Alex Soria Medina ¹
 Prof. Dr. Silvio R. C. de Freitas ²

UFPR - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
 Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésicas
 CP. 19011 - 81531-990 Curitiba PR
 Fone: (041) 361-3008 361-3150 Ramal 3107
 Fax (041) 266-2393

¹ ✉ asmedina@geoc.ufpr.br

² ✉ sfreitas@cce.ufpr.br

Conteúdo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introdução 2. Geometria da base 3. Análise geotécnica do subsolo 4. Construção da Base (pilares) 5. Obtenção dos dados 6. Instrumental Utilizado para Classificação de Teodolitos e Estações Totais 7. Classificação de um Teodolito 8. Conclusão 9. Bibliografia Consultada
-----------------	---

Resumo: As especificações contidas na NBR 13133, estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, prevê a classificação de teodolitos visando a garantia da qualidade dos levantamentos, sendo fundamental o conhecimento das características técnicas dos equipamentos que capacitam o profissional a selecionar os mais indicados para realizar suas medidas, operá-lo e utilizá-lo corretamente e eficientemente. Neste particular concorre também o conhecimento teórico da estrutura e o funcionamento dos mesmos. O Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésica da UFPR, construiu uma base de classificação de teodolitos e da componente angular de estações totais, de modo a atender as especificações da NBR 13133 e também desenvolver pesquisas de outros fatores intervenientes na avaliação instrumental. Está situada no Centro Politécnico e é constituída de cinco pilares, com controle térmico e do nível do lençol freático. Esta base permite efetuar as medidas angulares necessárias para a avaliação das direções ajustadas, calcular os resíduos e desvios padrão que possibilitam a classificação dos equipamentos em questão e também verificar os aspectos relacionados com a estabilidade dos pilares.

Palavras Chaves: Classificação, ABNT, UFPR

Abstract: The specifications contained in NBR 13133, established by the Brazilian Association of Technical Norms, foresees the theodolites classification seeking the warranty the quality of the surveying, being fundamental the knowledge of the technical characteristics of the equipments which qualify the professional to select the more indicated to accomplish its measures, to operate it and to use it correctly and efficiently. For this purpose is necessary the theoretical knowledge of their structure and the operation procedures. The Calibration and Geodetic Instrumentation Laboratory of UFPR, has a base of theodolites classification and the angular component of total stations study, as a assist the NBR 13133 specifications and also to develop researches of other intervening factors in the instrumental evaluation. It is placed in the Polytechnical Center of UFPR and it is constituted of five pillars, with thermal and level of the water table control. This base permit to make the necessary angular measures for the evaluation of the adjusted directions, to calculate the residual and standard deviations that facilitate the classification of the equipments in subject and also to verify the different aspects related with the stability of the pillars.

Keyword: Classification, ABNT, UFPR

1. Introdução

Os empreendimentos da engenharia tais como: a construção de edifícios, barragens, estradas, túneis, ferrovias, sistemas de abastecimento de águas, esgotos sanitários, irrigação, necessitam de levantamentos plani-altimétricos sejam topográficos ou geodésicos. Para execução destes levantamentos utiliza-se teodolitos, distanciômetros e estações totais nas medidas de direções e de distâncias.

Face aos critérios de qualidade exigidos nos levantamentos Geodésicos é inquestionável a necessidade de serem efetuadas calibrações nos equipamentos a serem utilizados na Topografia e Geodésia. Além do mais é uma forma de atender as prescrições técnicas indicadas nas especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos (IBGE, 1983) e das normas de execução de levantamentos topográficos (ABNT, 1994).

De acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a Norma Brasileira NBR 13133, de maio de 1994, que se

refere a levantamentos topográficos e geodésicos, traz no seu corpo um item que mostra como deve ser feita a classificação dos equipamentos utilizados em Topografia e Geodésia.

A precisão pretendida em um levantamento, depende dentre outros fatores, da precisão do equipamento utilizado. Assim é necessário estabelecer uma metodologia de controle da precisão deste equipamento, sendo possível garantir que as observações atendam as especificações preestabelecidas. isto é, um processo de classificação.

Segundo o dicionário Aurélio classificar é:

- distribuir em classes e/ou grupos, segundo um sistema ou método de classificação;
- determinar as categorias em que se divide ou subdivide um conjunto.

Para conhecer com segurança as condições de funcionamento dos teodolitos é necessário estabelecer uma metodologia de controle da sua precisão, para a execução dos levantamentos topográficos ou geodésicos.

Para isto é necessário dispor de uma metodologia de classificação desses instrumentos. O processo de base com pilar central sugerido pela Norma Brasileira NBR-13133 estabelece uma comparação entre um conjunto de medidas observadas, com outras conhecidas permitindo assim a classificação e a determinação de erros sistemáticos próprios destes instrumentos.

Pretende-se que o experimento na base da Universidade Federal do Paraná venha contribuir com a norma no que diz respeito as especificações necessárias que devam ser levadas em conta quando de sua construção, tais como: geometria da base, estabilidade dos pilares, adequação da centragem forçada, controle das condições ambientais (temperatura, refração) e suas influências, como também estender esta classificação para as estações totais com respeito as medidas angulares.

Segundo a Norma Brasileira NBR 13133 a classificação de teodolitos é normalmente definida pelos fabricantes. Em caso contrário, deve ser efetuada por entidades oficiais e/ou universidades, em bases apropriadas para as suas classificações. Uma norma internacional a este respeito usada pelos principais fabricantes é a DIN 18723. Com tudo tem sido demonstrado na prática que esta primeira classificação deve ser repetida periodicamente por causa do uso e conseqüentemente o desgaste do instrumento. A Norma Brasileira NBR-13133 propõe uma metodologia e modelo para base de classificação, no entanto diversos aspectos relacionados com modelos matemáticos, estabilidade dos pilares, controle ambiental e outras alternativas possíveis não são nela discutidos. Desta forma é de fundamental importância introduzir esta discussão em vista da necessidade de garantir qualidade e aperfeiçoamento destes procedimentos.

2. Geometria da base

Situada ao redor da pista de atletismo do Centro de Educação Física e Desportos (CED) do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, a base é constituída de 5 (pilares) estações, sendo que 4 (pilares) estações alvos são colocadas ao redor de 1 (pilar) estação central que comporta o instrumento a ser classificado, a uma distância de aproximadamente 185 metros formando um arco maior do que 90° graus, onde verificou-se que a área atende as condições exigidas pela Norma Brasileira NBR 13133. As exigências são as seguintes:

- quatro alvos distribuídos num arco maior que 90°
- distâncias iguais do centro de teodolito aos alvos;
- alvos posicionados num mesmo plano horizontal;
- distância mínima entre o teodolito e os alvos é de 185 m.

A figura 1 mostra a disposição geométrica da base e a tabela 1 os dados de ângulos e distâncias.

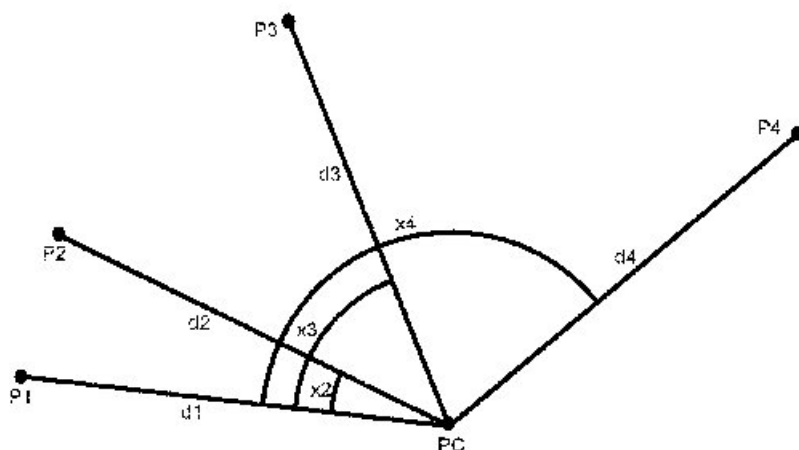


Fig. 1: Geometria da base da UFPR

Tabela 1: Dados de ângulos e distâncias da Base da UFPR

Ângulos	
x2	09° 08' 06.5"
x3	36° 01' 00,9"
x4	55° 45' 09.7"
Distâncias	
d1	184,955 m

d2	184,995 m
d3	185,045 m
d4	185,093 m

Antes de iniciar o processo construtivo e escolha do local para a base foram estabelecidas os seguintes critérios:

- comportamento e estabilidade do solo, efetuados através de sondagem;
- forma e tamanho dos pilares de modo a minimizar efeitos de recalque, baseados nos estudos do item anterior;
- geometria do alvo de acordo com a dimensão do alinhamento, pois este e um dos fatores que influenciam a qualidade das medidas de direções horizontais.

3. Análise geotécnica do subsolo

Para permitir o estudo do solo foi realizado uma sondagem à percussão, que nos mostra o perfil do terreno e nos dá uma idéia da resistência do solo a cada metro de perfuração através do ensaio SPT (Standard Penetration Test). Na sondagem em questão, conforme relatório da Empresa Fundestac Engenharia de Fundações Ltda., o terreno pertence a Formação Guabirota, esse material apresenta consistência muito elevada desde o primeiro ensaio SPT, realizado a um metro abaixo da superfície. Tal característica mantém-se elevada ou aumenta ainda mais com a profundidade. A solução que apresenta ser mais viável técnica e economicamente, é a que utiliza estaca manual ou sapata.

4. Construção da Base (pilares)

Para manter a estabilidade dos 5 pilares e após a análise do subsolo optamos pela construção dos pilares assentados em sapatas e estacas. As estacas variando de 1,60 metros já que este comprimento satisfaria a estabilidade pretendida.

As estacas com diâmetros de 30 cm e comprimento variando em torno dos 1,60 metros foram montadas "in loco" em concreto armado tendo um traço de 1:3:3 ou seja uma parte de cimento, três partes de areia e três partes de brita e uma armadura de ferro de 3/8 (CA-50a) de diâmetro e estribo de ferro 1/4 (CA-50a) de diâmetro as quais serviriam de sustento para as sapatas.

As sapatas em forma triangular (triângulo equilátero) com lados de dimensões de 1,20 metros e uma altura de 0,30 metros e uma armadura de ferro de 3/8 (CA-50a) de diâmetro e estribo de ferro 1/4 (CA-50a) de diâmetro foram apoiadas sobre as estacas, que receberam os pilares.

Os pilares em forma circular com diâmetro de 40 cm e altura variável de acordo com os desníveis do terreno, na construção dos pilares utilizou-se manilhas pre-fabricadas que colocadas acima das sapatas receberam a armação de ferro de 3/8 (CA-50a) de diâmetro e estribo de ferro 1/4 (CA-50a) de diâmetro e o concreto armado tendo um traço de 1:3:3 ou seja uma parte de cimento, três partes de areia e três partes de brita.

Ainda para minimizar os erros de centragem e estabilidade dos instrumentos, foi necessário a utilização de uma centragem forçada para que os instrumentos que são colocados no topo sempre ocupem a mesma posição. Este sistema de centragem forçada é constituído de uma base de alumínio de 2 cm de espessura a qual será fixada no pilar através de três parafusos dispostos diametralmente ajudando assim quando da sua instalação para o nivelamento, na parte central comporta um parafuso universal onde será colocado o instrumento, assim o equipamento fica apoiado no topo do pilar evitando deslocamento horizontais.

As figuras 2 ilustra os pilares da base da Universidade Federal do Paraná e a figura 3 o teodolito sendo retificado.



Fig. 2: Pilar da Base de Classificação da Universidade Federal do Paraná



Fig. 3: Retificação de teodolitos

5. Obtenção dos dados

Antes de iniciarmos cada processo de classificação devemos levar em conta que os instrumentos a serem classificados deveram ser verificados e retificados, para isto utiliza-se um colimador de ajuste de alta precisão. No colimador, a imagem de um retículo é projetada para a capacidade máxima de focalização do equipamento.

Os procedimentos essenciais para a verificação consistem na verificação e retificação da verticalidade do eixo principal e na verificação e retificação do paralelismo entre o eixo de colimação e o eixo do nível tubular, sendo que o eixo principal do nível é normal ao plano do horizonte do limbo e deve passar pelo seu centro e o eixo de colimação coincide com a linha de visada, como também verificar e retificar o perpendicularismo do eixo óptico sobre o eixo de rotação da luneta, a horizontalidade do eixo de rotação da luneta e o paralelismo e horizontalismo do eixo do nível da bolha da luneta.

Os dados são oriundos das medidas realizadas por 4 (quatro) séries completas visando os alvos nas duas posições da luneta: posição direta (PD) e posição inversa (PI), assim ao terminar a primeira série, reiterasse o limbo do instrumento para dar prosseguimento as séries subseqüentes, assim temos condições de obter o desvio padrão compara-lo com os valores das tabelas fornecidas pela norma brasileira NBR 131333, e conseqüentemente classifica-lo em função destas. Segundo a norma os instrumentos podem ser classificados em três categorias como mostra a tabela 2.

Juntamente com as medidas angulares são efetuadas medidas de temperatura ambiente, medidas de temperatura dentro do pilar e mediadas da umidade relativa do ar.

Tabela 2: Classificação de teodolitos

Classes de Teodolitos	Desvio Padrão Precisão angular
Precisão baixa	$\sigma \pm 30''$

Precisão média	$\sigma \pm 07''$
Precisão alta	$\sigma \pm 02''$

Vale ressaltar que a tabela acima mostrada precisa ser revista já que ela é limitada pois hoje em dia existem no mercado equipamentos com precisões acima do décimo do segundo.

Devemos levar em conta que a morna não prevê calibração. No entanto as características construtiva da base e a medida de alta precisão das direções permite a calibração dos instrumentos supostamente até 0,5".

6. Instrumental Utilizado para Classificação de Teodolitos e Estações Totais

Para cada processo de classificação são utilizados os seguintes equipamentos:

- teodolito ou estação total a ser classificado;
- 4 (quatro) alvos tipo Zeiss;
- 1 (um) guarda sol para proteção do instrumento;
- psicrômetro digital para medida da temperatura (seca e úmida) e umidade relativa do ar ;
- Laptop para os cálculos dos desvios padrão das observações.

7. Classificação de um Teodolito

As tabelas a seguir mostram o cálculo do desvios padrão de uma observação em duas posições da luneta de um teodolito no caso um T2 da Wild com a leitura direta de 1" usando a Norma NBR 13133 da ABNT e classifica-lo de acordo com a tabela acima mostrada.

Para cada observação realizada temos uma equação do tipo:

$$V = X - Z - L$$

V : é o vetor dos resíduos;

X : é o matriz dos ângulos ajustados;

L : é a matriz dos ângulos observados;

Z : é matriz das incógnitas de orientação.

Tabela 3: Cálculo do desvio padrão de teodolito Wild T2

Classificação De Instrumentos Segundo a NBR-13133																	
Instrumento: T2		n°: 307258		Temperatura humida do pilar (centina):				Temperatura humida do pilar (C):									
Data: 07 - 08 - 98				Temperatura humida do pilar (1):				Temperatura humida do pilar (2):									
Observador da série (1): Andréia		Hora: 9h40min		obs.:				Temperatura humida do pilar (3):									
Observador da série (1): Andréia		Hora: 9h40min		obs.:				Temperatura humida do pilar (4):									
Observador da série (1): Andréia		Hora: 9h40min		obs.:				Temperatura Seca: inicio: 22,2°C		Termino: 22,9°C							
Observador da série (1): Andréia		Hora: 9h40min		obs.:				Temperatura Umida: inicio: 17,7°C		Termino: 17,2°C							
Observador da série (1): Andréia		Hora: 9h40min		obs.:				Umidade relativa: inicio: 85,8%		Termino: 89,2%							
Obs.: O número de observações para cada série deverá ser maior que 2 e menor que 8.				4		s(n° de pontos)		Classificação									
				4		n(n° de observações)		Instrumento de Alta Precisão									
								Horas de Inicio: 9h40min									
								Horas de Termino: 10h08min									
Série	P.D		P.I		Ângulos dos Pilares		Transformação de Média Em graus		d	d*	v	v*	S. [d*]	[dd]	[vv]	m(°)	
1	0	31	45,5	180	31	44,1	9,141888889	9	8	29,2375	0,3	0,09	0,85	0,72			
2	9	40	15,5	189	40	15,7	46,15338889	46	9	11,275	s. [d]		[d*]				
3	45	40	55,8	225	40	58,2	100,9085139	100	54	30,95	-2,2						
4	101	26	15,3	281	26	15,6											
Série	P.D		P.I		Ângulos dos Pilares		Observação dos ângulos:		d	d*	v	v*	Condições Ambientais:				
1	45	33	11,8	225	33	15,9	9,141305556	9	8	29,2375	0,3	0,09	0,85	0,72			
2	54	41	42,8	234	41	42,4	46,15323611	46	9	11,275	s. [d]		[d*]				
3	90	42	26,1	270	42	26	100,9084722	100	54	30,95	-2,2						
4	148	27	43,1	328	27	45,7											
Série	P.D		P.I		Ângulos dos Pilares		Crocqui:		d	d*	v	v*					
1	90	25	44,2	270	25	44,5	9,141555556	9	8	29,2375	0,3	0,09	0,85	0,72			
2	99	34	13,3	279	34	14,6	46,15296111	46	9	11,275	s. [d]		[d*]				
3	135	34	55,3	315	34	54	100,9086806	100	54	30,95	-2,2						
4	191	20	16,3	11	20	14,9											
Série	P.D		P.I		Ângulos dos Pilares		Diagrama de referência em um eixo		d	d*	v	v*					
1	135	26	51,3	315	26	47,8	9,141069444	9	8	29,2375	0,3	0,09	0,85	0,72			
2	144	35	18,9	324	35	15,9	46,15304167	46	9	11,275	s. [d]		[d*]				
3	180	36	0,8	0	36	0,2	100,9087222	100	54	30,95	-2,2						
4	236	21	20,9	56	21	21											

onde :

m : desvio padrão;

v : resíduos das observações;

n : número de séries;

s : número de alvos.

8. Conclusão

O Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésica da Universidade Federal do Paraná coloca a disposição da comunidade usuária dos levantamentos tanto topográficos como geodésicos de campo a base de classificação de teodolitos e estações totais.

Com a base da UFPR podemos calcular os desvios padrão das observações realizadas com instrumentos de medidas angulares atendendo assim a todas as especificações preestabelecidas pela norma NBR 131333, no que diz respeito a classificação destes instrumentos.

As características da base permitem também o estabelecimento de procedimentos de calibração, por procedimento de laboratório, tais como verificação e retificação instrumental.

9. Bibliografia Consultada

ABNT. *NBR 13133 Execução de Levantamento Topográfico: procedimento.* Rio de Janeiro, maio de 1994.

BRINKER R.C.; WOLF P.R.: *Elementary Surveying*, Thomas Y. Crowell Company, Inc. New York, 1977.

DEUMLICH F.: *Surveying Instruments.* Walter de Gruyter, Berlin/New York; 1982.

DIN. 18723 *Deutsche Normen Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung Geodätischer Instrumente - Theodolite.* Teil 3, Julho 1990

GEMAEL C.: *Introdução ao Ajustamento das observações: Aplicações Geodésicas*, Curitiba, Editora da UFPR, 1994

HARVEY B. R. *Theodolite Observations and Least Squares* School of Surveying University of New South Wales. The Australian Surveyor, June 1992.

KAHMEN H.; FAIG W.: *Surveying.* Walter de Gruyter, Berlin/New York; 1982.

NETTO N.P.: *Calibração de Medidores Eletrônicos de Distância: Construção de uma Base Multipilar da USP e Metodologia de Aferição.* Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.