

## Desníveis de Alta Precisão com TC2002, N3 e NA3003, Metodologia e Resultados

Prof. MSc. Pedro Luis Faggion <sup>1</sup>  
 Prof. Dr. Sílvio Rogério Correia de Freitas <sup>2</sup>

UFPR - Departamento de Geociências  
 Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas  
 Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésicas  
 81531-990 Curitiba PR

<sup>1</sup> ✉ pedrof@geoc.ufpr.br

<sup>2</sup> ✉ sfreitas@cce.ufpr.br

<b>Conteúdo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introdução:</li> <li>2. Metodologia aplicada           <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Nivelamento Geométrico</li> <li>2.2 Nivelamento Trigonométrico</li> </ol> </li> <li>3. Resultados</li> <li>4. Conclusões</li> <li>5. Agradecimentos</li> <li>6. Referências bibliográficas</li> </ol>
-----------------	---

**Resumo:** As técnicas para a obtenção de desníveis têm-se mostrado bastante diversificadas. Para verificar a relação precisão/tempo na obtenção dos dados, realizou-se testes sobre a rede altimétrica de primeira ordem implantada nas dependências do campus III da Universidade Federal do Paraná. Comparando os tradicionais métodos de nivelamento geométrico de primeira ordem, nivelamento trigonométrico, este com algumas alterações nos procedimentos de campo, e também o nivelamento geométrico com o nível eletrônico NA3003 que utiliza miras de invar gravadas em códigos de barras, a metodologia empregada e os resultados preliminares são apresentados.

**Palavras Chave:** Métodos de Nivelamento Geodésico, Avaliação da Precisão/Tempo em Nivelamento

**Abstract:** The techniques to obtain the high differences in leveling have shown themselves quite diversified. In order to check the relation precision/time for acquisition of data, tests have been made on the spirit leveling network of first order fixed in the dependencies of campus III of Universidade Federal do Paraná. Comparing the traditional methods of spirit leveling of first order, trigonometrical leveling, this last one with some alterations in field method, and also the spirit leveling with an electronic level NA 3003 which uses telescoping sights of invar engrave in bar coder, the methodology and preliminary results are presented.

**Keywords:** method leveling of Geodetic, precision/time analysis in leveling

### 1. Introdução:

A Instrumentação Geodésica na Universidade Federal do Paraná, além de trabalhar com verificação, retificação, calibração e classificação de equipamentos topográficos e geodésicos, preocupa-se também com o estudo de metodologias que visem a melhoria da qualidade dos levantamentos geodésicos. No presente trabalho relata-se os estudos comparativos realizados entre métodos e equipamentos, visando a melhoria da relação custos/tempo, utilizados na determinação de desníveis com precisão.

A área piloto utilizada é parte da rede altimétrica científica monumentada no campus III do Centro Politécnico, que contem no total 16 RRNN, em uma extensão de aproximadamente 7,3 km, com altitudes determinadas com o critério de 0,5 mmÖK, onde K é a média da distância nivelada e contra-nivelada em quilômetros.

O circuito tem aproximadamente 1100m de perímetro, composto por 4 RRNN, sendo que, uma é antiga, três foram implantadas recentemente.

O estudo fundamentou-se na comparação dos resultados obtidos com as diferentes técnicas e equipamentos antigos e de última geração disponíveis no mercado.

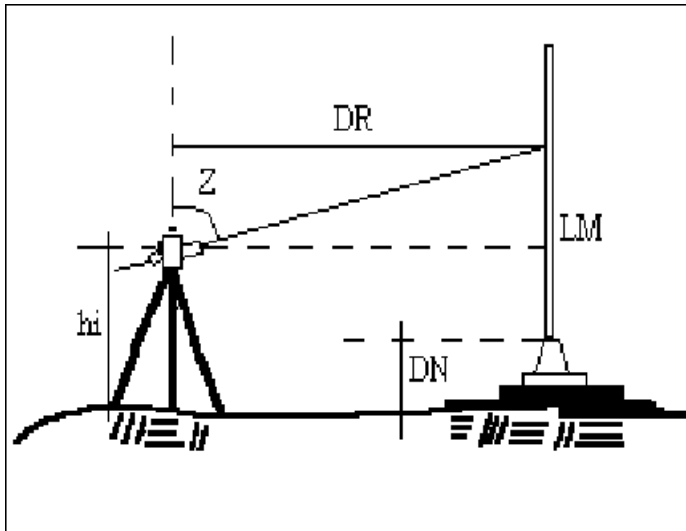
### 2. Metodologia aplicada

As técnicas aplicadas no estudo foram nivelamento geométrico de precisão e nivelamento trigonométrico, esse com algumas alterações nos procedimentos de campo objetivando a eliminação da medida da altura do instrumento, uma das maiores fontes de erro, e utilizando um sistema de alvos com o intuito de obter os ângulos verticais com melhor qualidade.



os pontos a determinar o desnível, a altura do instrumento e a altura do sinal (Figura 02).

O desnível entre a estação e a RN sobre a qual a mira está estacionada, é obtido com a seguinte fórmula:



$$DN = hi - LM \pm DR * \cotg(Z),$$

onde:

hi = altura do instrumento;

LM = leitura estadiométrica do fio médio;

Z = ângulo vertical;

DR = distância reduzida;

DN = desnível.

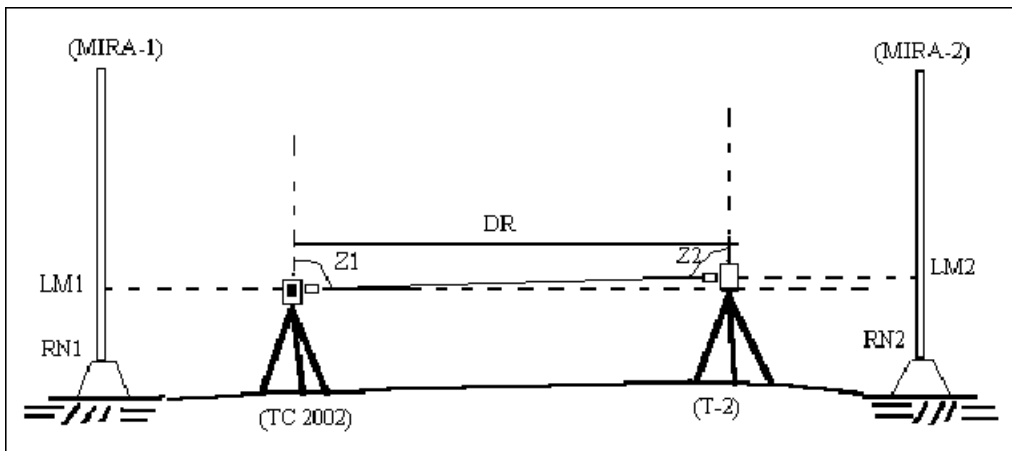
Apesar da versatilidade do método, existe alguns fatores que afetam a precisão, tais como: refração atmosférica, curvatura da Terra, erro de zênite instrumental, altura do instrumento e medida do ângulo vertical; em contra partida tem-se um alto rendimento quando comparado com os métodos anteriores. O objetivo do presente estudo foi melhorar o desempenho do nivelamento trigonométrico, simplesmente introduzindo algumas modificações no método convencional, viabilizando a utilização do mesmo, na obtenção de desníveis, e torná-los

**Figura 2**

compatíveis com os obtidos através do nivelamento geométrico de precisão. As modificações consistem em:

1. Aplicar o método de visadas recíprocas e simultâneas; com isso, elimina-se os três primeiros erros citados;
2. eliminar a altura do instrumento; para tal, instala-se o teodolito excêntrico a RN, a aproximadamente a dois metros da mesma;
3. melhorar a qualidade do ângulo vertical; para tal, construiu-se um sistema de alvos ( Figura 04).

Com as modificações introduzidas podemos dizer que o método que vem sendo estudado pode ser chamado de visadas recíprocas e simultâneas com teodolitos excêntricos (Figura 03).



**Fig. 3: Nivelamento Trigonométrico com Teodolito Excêntrico**

O método consiste, numa primeira fase, em se determinar o desnível entre o centro óptico dos teodolitos (no caso da Figura 03, entre a TC2002 e o T2), e em seguida obter o desnível entre o centro óptico do teodolito e as RRNN.

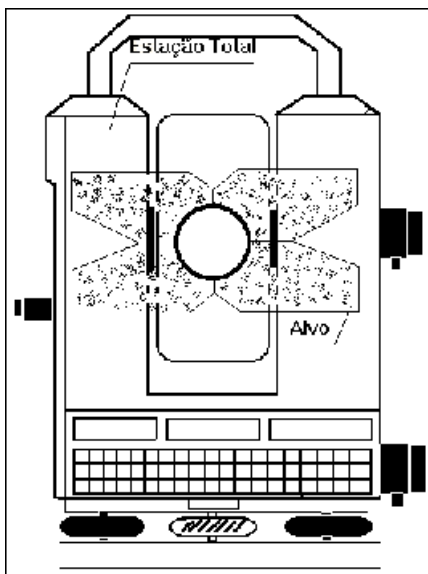
Os primeiros testes mostraram uma resposta de baixa qualidade em função da dificuldade da medida do ângulo vertical. Para superar este obstáculo construiu-se um sistema de alvos que adapta-se à ocular do T2 e da TC2002 conforme a Figura 04.

Na determinação do desnível entre os teodolitos, a pontaria é realizada no centro do alvo que, por construção, materializa o centro óptico do teodolito. Esse desnível é obtido de A para B e de B para A, sendo que o desnível final é o valor médio.

Na seqüência determina-se a altura do centro óptico do teodolito até a RN. Para tal, realizam-se leituras sobre uma mira de invar posicionada sobre a RN, com a luneta do teodolito horizontalizada; com isso, a leitura da mira fornece diretamente a diferença de altura entre o centro óptico do teodolito e a RN.

## 2.2.1. Características Técnicas:

### 2.2.1.1. Estação Total WILD TC2002:



- Precisão da medida angular  $0,5'' \pm 0,1''$ .
- Compensador líquido:
  - Amplitude de oscilação livre  $3'$ .
  - Precisão de estabilização  $0,1''$ .
- Aumento da luneta 30x.
- Distância mínima de focalização 1,7 m.
- Precisão na medida da distância  $1\text{mm} + 1\text{ppm}$ .
- Alcance na medida da distância com 1/3 prismas em condições atmosféricas normais 2.0/2.8 Km.
- Registro dos dados em módulo REC GRM10.

#### 2.2.1.2. Teodolito Wild T2:

- Aumento da Luneta 30X.
- Distância mínima de focalização 2,2m.
- Leitura direta  $1''$ .
- Índice vertical automático:
  - amplitude de oscilação livre  $\pm 5'$ ;
  - Precisão de estabilização  $\pm 0,3''$ .

### 3. Resultados

Na seqüência apresentamos três tabelas com os resultados comparativos entre os métodos.

**Figura 4**

**Tabela 01 - Desníveis Entre as RRNN Obtidos com Nivelamento Geométrico (Nível N3)**

Linhas	Extensão da linha	Tempo gasto	Precisão obtida	Desnível obtidos
01 - 15	308,6 m	60 min	0,69 mm $\sqrt{K}$	-614,646 cm
15 - 16	239,2 m	35 min	0,43 mm $\sqrt{K}$	-251,223 cm
16 - 02	348,75 m	55 min	0,20 mm $\sqrt{K}$	+832,116 cm
02 - 01	225,4 m	50 min	0,20 mm $\sqrt{K}$	+33,783 cm
$\Sigma$	1119,8 m	3:42 h	0,28 mm $\sqrt{K}$	0,03 cm

**Tabela 02 - Desníveis Entre as RRNN Obtidos com Nivelamento Geométrico (Nível NA3003)**

Linhas	Extensão da Linha	Tempo gasto	Precisão obtida	Desníveis obtidos
01 - 15	308,6 m	20 min	2,40 mm $\sqrt{K}$	-614,508 cm
15 - 16	239,2 m	15 min	3,50 mm $\sqrt{K}$	-251,396 cm
16 - 02	348,75 m	25 min	2,40 mm $\sqrt{K}$	+832,257 cm
02 - 01	225,4 m	20 min	1,50mm $\sqrt{K}$	+33,691 cm
$\Sigma$	1119,8 m	1:20 h	0,40 mm $\sqrt{K}$	0,044 cm

**Tabela 03 - Desníveis Entre as RRNN Obtidos com Nivelamento Trigonométrico (TC2002)**

Linhas	Extensão da linha	Tempo gasto	Precisão obtida	Desnível obtido
--------	-------------------	-------------	-----------------	-----------------

01 - 15	308,2m	15min	1,20 mm $\sqrt{K}$	-614,578 cm
15 - 16	239,2m	10min	2,60 mm $\sqrt{K}$	-251,093 cm
16 - 02	348,75m	18min	0,20 mm $\sqrt{K}$	+832,100 cm
02 -01	225,4m	12min	3,4 mm $\sqrt{K}$	+33,958 cm
$\Sigma$	1119,8m	55 min	3,6 mm $\sqrt{K}$	0,38 cm

#### 4. Conclusões

- Para trabalhos de alta precisão, o nivelamento geométrico com nível óptico-mecânico oferece melhores resultados. Porém essa qualidade está diretamente ligada à aplicação das orientações citadas neste artigo;
- o nivelamento geométrico com o nível digital NA3003 tem um excelente rendimento aliado a uma boa precisão, porém, apresenta o inconveniente de não medir no caso de obstrução, mesmo que seja mínima, no campo de visão da luneta;
- a utilização do nivelamento trigonométrico requer um operador com boa acuidade visual uma vez que uma variação de 1" na medida do ângulo vertical acarreta uma variação de aproximadamente 1mm no desnível, quando a distância entre os teodolitos é de 200m, por exemplo;
- apesar dos problemas encontrados, principalmente com relação ao sistema de pontaria, pode-se dizer que os resultados preliminares obtidos com o nivelamento trigonométrico estão praticamente dentro do intervalo de tolerância preconizado pelo IBGE para levantamentos altimétricos de primeira ordem.

#### 5. Agradecimentos

- Ao CNPq pelo apoio financeiro através do projeto nº 524030/96-(NV).
- Aos Prof. Camil Gemael, Jucilei Cordini e Sílvia H. S. Schwab pelo apoio na revisão do texto.
- Aos Bolsistas de Iniciação Científica Daniel C. Granemann e Regiane Dalazoana, pelo apoio na obtenção dos dados no campo.

#### 6. Referências bibliográficas

- FAGGION, P. L.**, *Contribuição para a implantação de um sistema de aferição de miras na Universidade Federal do Paraná*: Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, 1993.
- GEMAEL C.** *Introdução a Geodésia Geométrica. 1ª Parte*. Curitiba: Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, 1997.
- GEMAEL C.** *Introdução a Geodésia Geométrica. 2ª Parte*. Curitiba: Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, 1998.
- IBGE**, *Resolução - PR nº22*, Boletim de serviço, Rio de Janeiro, RJ 1983.
- MEDEIROS, Z. F. & FAGGION, P. L. & JOHANSSON, A. J. & GONCHO, G. & MIRANDA, J. M. P. & DE FREITAS, S. R. C. (ORIENTADOR)**. *Otimização dos levantamentos altimétricos de precisão*, Congresso Técnico Científico de Engenharia Civil, Florianópolis, SC. 1996
- WILD NA3003/NA2002**, *Manual de Empleo*, Heerbrugg, suiza, 1994.
- WILD TC2002** *User manual*. Heerbrugg, suiza, 1994.
- WILD T2**, *Manual de Empleo*, Heerbrugg, suiza, [ ca 1960] 54p.