



Comparação entre diferentes Métodos para a Verificação de Níveis

Everton Valdomiro Pedroso Brum, *UNEMAT Alta Floresta MT*

Luis Augusto Koenig Veiga, *UFPR Curitiba*

Pedro Luis Faggion, *UFPR Curitiba*

Conteúdo [[esconder](#)]

1. Introdução
2. Metodologia
 - 2.1 Método simplificado (ISO 17123)
 - 2.2 Método de Kukkamäki modificado
 - 2.3 Peg test adaptado
3. Resultados
 - 3.1 Aplicação do Teste simplificado
 - 3.2 Método de Kukkamäki modificado
 - 3.3 Peg test adaptado
4. Conclusões
5. Referências bibliográficas

► [Resumo](#)

1. Introdução

Em diversos trabalhos de engenharia são utilizados os equipamentos denominados níveis, os quais, em conjunto com réguas estadimétricas (miras), permitem a determinação do desnível. Estes níveis podem ser classificados como ópticos, mecânicos ou automáticos, de acordo com seu princípio de funcionamento ou também, de acordo com sua precisão, ou digitais neste caso sendo classificados como automáticos.

Em face de sua grande aplicação e aos critérios de qualidade exigidos para os levantamentos, tanto legalmente, através de normas e especificações técnicas, quanto do ponto de vista da qualidade dos resultados obtidos, torna-se necessária à realização periódica de verificações e se necessário, retificações e posteriormente a classificação dos mesmos.

De acordo com MEDINA (1998, p.1), a precisão a ser alcançada em um determinado levantamento depende, dentre outros fatores, da precisão e da manutenção dos equipamentos utilizados, portanto torna-se necessário o estabelecimento de metodologias para verificação.

Desta forma é crescente a utilização de normas internacionais para padronização, principalmente a âmbito comercial. Como exemplo pode-se citar a norma ISO 17123, Partes 1 e 2, referente aos procedimentos de campo para a verificação de níveis.

Além disto, existem várias técnicas descritas por autores que indicam testes a serem realizados em campo. Sendo assim, este trabalho busca a comparação entre o método proposto pela ISO e os métodos propostos por Kukkamäki o e PEG TEST adaptado, determinando sua viabilidade, vantagens e desvantagens.

2. Metodologia

Para o procedimento de verificação de níveis em campo foram utilizados três procedimentos: o método simplificado indicado pela ISO 17123 (p. 3-5), o método modificado de Kukkamäki e o *peg test* adaptado.

2.1 Método Simplificado (ISO 17123)

O teste simplificado da ISO é indicado para checagem da precisão de níveis ópticos, a serem utilizados em nivelamentos de área onde as linhas de nivelamento são desiguais.

Inicialmente devem-se escolher dois pontos distantes entre si cerca de 60 metros, devendo-se optar por uma área plana para manter o efeito da refração o menor possível e permitir a visada nas miras.

Antes de iniciar o teste, é necessário que haja uma aclimação do instrumento ao ambiente de campo, para a estabilização da temperatura do mesmo. Depois, procedem-se as leituras nas miras para obtenção da diferença de nível entre os pontos A e B, na seguinte ordem: no primeiro conjunto de observações instala-se o nível no meio do lance entre A e B, ou seja, a 30 metros dos pontos A e B (figura 1). Devem ser realizados dez conjuntos de medidas, onde cada um corresponde a uma leitura de ré e uma de vante.

Inicia-se o processo com 5 pares de leituras com ré em A e vante em B, sendo que, entre cada par de leitura, a posição do instrumento deverá ser ligeiramente modificada. Após estas cinco leituras, são realizadas outros 5 pares de leituras, agora com Ré em B e Vante em A, e, da mesma forma que a anterior, entre cada par de leitura a posição do instrumento deverá ser ligeiramente modificada.

No segundo conjunto de observações, instala-se o nível a 10 metros do ponto A e 50 metros do ponto B (figura 2), sendo que este novo grupo de observações deve ser realizado segundo as mesmas orientações anteriores.

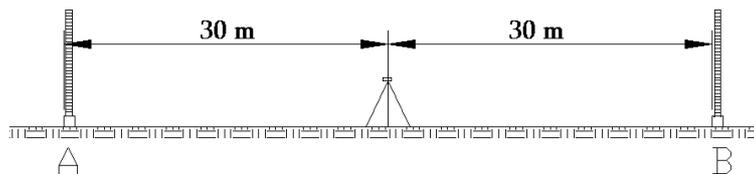


Figura 1 : Linha de base para o primeiro conjunto de observações
 Fonte: Adaptado de ISO 17123 - 2 (2001, p.4)

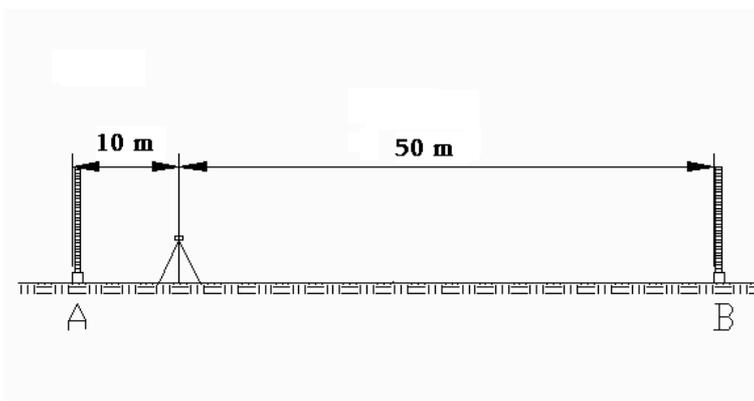


Figura 2 : Linha de base para o segundo conjunto de observações
 Fonte: adaptado de iso 17123 -2 (2001, p.4)

Para análise dos resultados, calculam-se primeiramente os desníveis obtidos entre cada par de observações (d_i) e depois a média aritmética do primeiro conjunto de medidas (com nível no centro), denominada \bar{d}_1 , sendo este valor considerado como o desnível verdadeiro entre A e B.

Calculam-se então os resíduos correspondentes ao referido conjunto de medidas, apenas observando-se que a soma dos resíduos deverá ser igual a zero. Posteriormente calcula-se o desvio padrão s da diferença de nível.

Calcula-se então a média aritmética dos desníveis para o segundo conjunto de dados (\bar{d}_2). A diferença entre as médias aritméticas dos dois conjuntos de observações ($d_1 - d_2$), deverá estar dentro de uma determinada tolerância $\pm \bar{n}$, definidos na norma iso 4463, para o tipo de levantamento pretendido. Se \bar{n} não for indicado, ele deverá estar dentro deste limite:

$$|d_1 - d_2| < 2,5 \cdot s \quad (1)$$

Onde s é o desvio padrão calculado anteriormente e 2,5 corresponde, estatisticamente, a 95% de confiança dos resultados obtidos.

No caso de haver uma divergência maior que a permitida, isto indica que há necessidade de retificar o instrumento, ou reduzir as distâncias máximas de visada, tendo em vista que o erro de colimação do nível é proporcional à distância.

2.2 Método Modificado de Kukkamäki

KAHMEN; FAIG (1988, p. 327) descrevem as modificações propostas por Kukkamäki no denominado *peg test*, que são as seguintes. O alinhamento para o teste é composto por duas estações (I e II), onde a I está localizada a 10 metros de ambas as miras e a II está localizada a 40 m de A e 20 m da estação B, conforme é mostrado na figura 3.

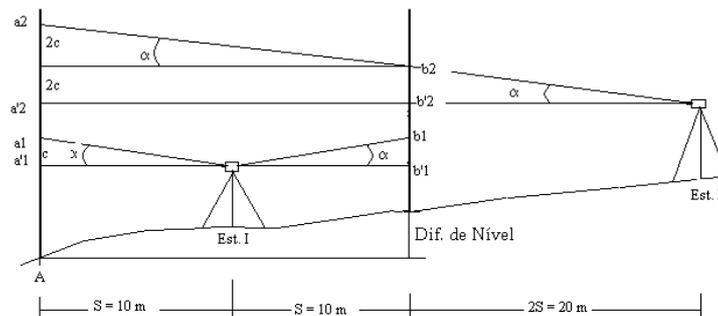


Figura 3 : Configuração da base para o método de Kukkamäki
 Fonte: Adaptado de KAHMEN; FAIG (1988, p. 327)

No primeiro passo obtêm-se as leituras a_1 e b_1 . Se existir erro, ambas as leituras estarão afetadas do mesmo valor c . E, ao subtrair os valores obtidos, o resultado é uma diferença de nível livre de erros.

No segundo passo instala-se o nível a 20 metros de B e 40 de A, e realizam-se novas leituras em A e B. As leituras obtidas conterão erros proporcionais a distância da mira, que neste caso a leitura a_2 será equivalente a $4c$ e a leitura b_2 a $2c$. Com isto pode-se determinar o valor do erro c :

$$a_2 = \Delta h + b_2 + 2c = b_2 + a_1 - b_1 + 2c \tag{2}$$

ou

$$2c = (a_2 - b_2) - (a_1 - b_1) \tag{3}$$

Conseqüentemente, constatado o erro, deve-se atuar nos fios de retículo do aparelho, alterando sua posição de tal maneira que as seguintes leituras sejam obtidas:

$$a_2' = a_2 - 4c \tag{4}$$

onde

$$b_2' = b_2 - 2c \tag{5}$$

Realizando-se uma checagem final, os seguintes valores deverão ser obtidos:

$$a_2' - b_2' = a_1 - b_1 = \Delta h \tag{6}$$

2.3 Peg test adaptado

Neste teste recomenda-se marcar 2 pontos A e B, distantes entre si 60 metros. O primeiro passo é realizar uma leitura de ré em A e uma de vante em B, estando o nível instalado no centro do lance. Logo, o desnível obtido (Δh_{AB1}) estará isento do erro de colimação do nível, uma vez que este é proporcional à distância, e neste caso elas são iguais. No segundo passo este teste recomenda que o nível seja instalado 2m além da mira de ré, logo a visada de ré terá 2m e a visada de vante 58 m. Nos testes realizados neste trabalho percebeu-se que, se o nível for instalado a 2m além da mira de ré ou 2m afastado da mira de ré, porém entre as duas miras, (figura 4) o resultado é o mesmo. Em virtude disto, optou-se por instalar o nível a 2m da mira de ré, porém entre elas, logo a 58m da mira de vante. Nesta situação o erro de colimação é maior para a leitura de vante e praticamente nulo para a leitura de ré.

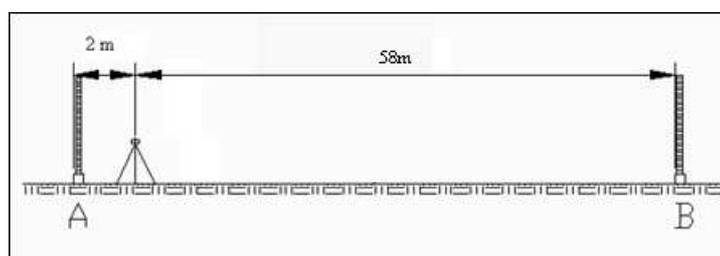


Figura 4 : Configuração da base para a verificação de paralelismo entre a linha de visada e eixo do nível tubular

Com o nível no meio do lance:

$$\Delta_{AB1} = (r\acute{e}_1 + E_1) - (vante_1 + E_2) \quad (7)$$

E, como os erros são iguais, a equação pode ser simplificada para:

$$\Delta_{AB1} = r\acute{e}_1 - vante_1 \quad (8)$$

Com o nível próximo a uma das miras:

$$\Delta_{AB2} = r\acute{e}_2 - vante_2 + (E_{2r} - E_{2v}) \quad (9)$$

Calculam-se então os erros, cometido e permitido, e faz-se a comparação entre ambos. O erro permitido segundo o estabelecido pela NBR 13133 é $20\text{mm} \cdot k^{1/2}$, onde k é a média da distância nivelada e contra-nivelada.

$$E_C = \Delta_{AB1} - \Delta_{AB2} \quad (10)$$

$E_c \leq E_p$: neste caso o nível não necessita de retificação.

$E_c \geq E_p$: neste caso o nível necessita de retificação.

Caso a retificação seja necessária, ela deve ser realizada da seguinte maneira: como Δh_{AB1} está isenta de erro e a segunda leitura de ré tem um erro considerado desprezível devido ao nível estar a 2 metros do ponto A, a nova leitura de vante para a mira posicionada em B será determinada através da equação 11.

$$NL = R\acute{e}_2 - \Delta_{AB1} \quad (11)$$

A retificação é realizada deslocando-se o fio nivelador, para cima ou para baixo, no parafuso de retificação do nível, até atingir o valor determinado na equação 11, para a mira de vante.

3 Resultados

3.1 Aplicação do teste Simplificado

Para o teste simplificado foram selecionados 3 níveis: Zeiss NI 50, SION SNA 3 e Leica Basic Level. Estes equipamentos pertencem ao Laboratório de Topografia da UFPR e são utilizados nas aulas práticas com os alunos. Todos os níveis apresentam precisão nominal de 3 mm/km de duplo nivelamento, indicadas pelo fabricante no manual. Para cada um destes equipamentos foi aplicado o teste simplificado. Quando o equipamento não passou no teste o mesmo foi verificado e retificado.

Para o nível Leica os resultados são apresentados nas tabelas 1 e 2 :

Tabela 1 : PRIMEIRO GRUPO DE OBSERVAÇÕES COM NÍVEL LEICA (m)

Medida	Ré (m)	Vante (m)	Desnível (m)	Resíduo (d_i)	Resíduos SQT (m)	Desvio Padrão (m)
1	0,946	1,26	-0,314	0,00110	0,00000	
2	0,988	1,3	-0,312	-0,00090	0,00000	
3	0,934	1,247	-0,313	0,00010	0,00000	
4	1,015	1,325	-0,31	-0,00290	0,00001	
5	1,008	1,32	-0,312	-0,00090	0,00000	
6	0,95	1,264	-0,314	0,00110	0,00000	
7	0,965	1,28	-0,315	0,00210	0,00000	
8	0,965	1,278	-0,313	0,00010	0,00000	
9	1,006	1,319	-0,313	0,00010	0,00000	
10	1,055	1,368	-0,313	0,00010	0,00000	
Desnível Médio \bar{d}_1			-0,3129	Soma dos Res. ao Quadrado	0,0000169	0,00137032

Tabela 2 : SEGUNDO GRUPO DE OBSERVAÇÕES COM NÍVEL LEICA (m)

Medida	Ré (m)	Vante (m)	Desnível (m)
11	1,213	1,526	-0,313
12	1,221	1,531	-0,31
13	1,211	1,522	-0,311
14	1,266	1,58	-0,314
15	1,177	1,49	-0,313
16	1,203	1,516	-0,313
17	1,23	1,542	-0,312
18	1,216	1,53	-0,314
19	1,245	1,56	-0,315
20	1,203	1,515	-0,312
Desnível Médio \bar{d}_2			-0,3127

$|d_1 - d_2| < 2,5s$ então:

$$0,3219 - 0,3217 < 2,5 \cdot 0,00137032$$

$$0,0002 < 0,003425801$$

Observando os resultados que constam no quadro 2, percebe-se que o nível Leica encontra-se com precisão dentro do estabelecido pela norma. Foi realizado outro teste simplificado com o nível Leica, e o mesmo passou no teste.

Aplicando-se o teste simplificado para o nível Sion foram obtidos os resultados apresentados na tabela 3.

Tabela 3 : Primeiro grupo de observações com o nível sion

Medida	Ré (m)	Vante (m)	Desnível (m)	Resíduo (d_1)	Resíduos SQT (m)	Desvio Padrão (m)
1	0,964	1,275	-0,311	-0,0014	0,000002	
2	0,974	1,286	-0,312	-0,0004	0,000000	
3	0,93	1,243	-0,313	0,0006	0,000000	
4	0,969	1,282	-0,313	0,0006	0,000000	
5	0,982	1,294	-0,312	-0,0004	0,000000	
6	1,014	1,326	-0,312	-0,0004	0,000000	
7	0,99	1,303	-0,313	0,0006	0,000000	
8	1,048	1,361	-0,313	0,0006	0,000000	
9	0,922	1,234	-0,312	-0,0004	0,000000	
10	0,988	1,301	-0,313	0,0006	0,000000	
Desnível Médio			-0,3124	Soma dos Res. ao Quadrado	0,00000440	0,0006992059

Tabela 4 : SEGUNDO grupo de observações com o nível sion

Medida	Ré (m)	Vante (m)	Desnível (m)
11	1,147	1,463	-0,316
12	1,172	1,488	-0,316
13	1,188	1,506	-0,318
14	1,191	1,505	-0,314
15	1,284	1,6	-0,316
16	1,215	1,531	-0,316

17	1,256	1,571	-0,315
18	1,245	1,562	-0,317
19	1,33	1,647	-0,317
20	1,236	1,551	-0,315
Desnível Médio			-0,316

$|d_1 - d_2| < 2,5s$ então:

$$0,3124 - 0,3160 < 2,5 \cdot 0,0006992059$$

$$0,0036 > 0,001748015$$

Ao analisar os resultados com o nível Sion, percebe-se que o mesmo encontrava-se fora dos padrões de precisão indicados pela norma. Desta forma, optou-se por fazer uma verificação do mesmo utilizando-se o colimador do LAIG (Laboratório de Instrumentação Geodésica) (figura 5), para verificar-se a retificação do mesmo.

No processo de verificação constatou-se que o mesmo encontrava-se com um erro de colimação, como pode ser observado na figura 6. Em função disto, realizou-se a retificação do nível através dos parafusos de retificação (figura 7), assim, com o processo de retificação foi possível corrigir este erro (figura 8).

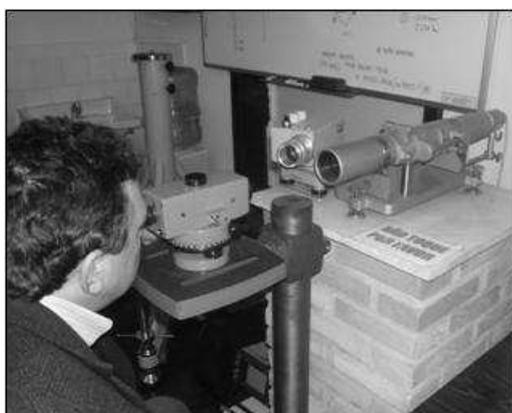


Figura 5 : Nível sion no colimador

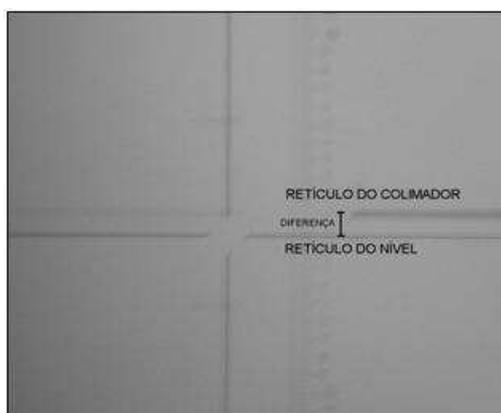


Figura 6 : Imagem dos fios do retículo no colimador antes da retificação



Figura 7 : Parafuso de retificação do nível SION

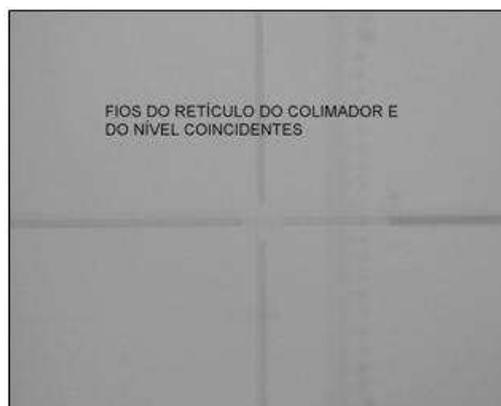


Figura 8 : Imagem dos fios do retículo no colimador depois da retificação

Após a retificação, o equipamento foi levado a campo para que fosse efetuada nova verificação, cujos resultados são apresentados no quadro 5.

Tabela 5 : PRIMEIRO GRUPO DE OBSERVAÇÕES DO nível sion após retificação (todos os valores em metros)

Medida	Ré (m)	Vante (m)	Desnível (m)	Resíduo (d_1)	Resíduos SQT (m)	Desvio Padrão (m)
1	0,980	1,292	-0,312	-0,0014	0,000002	
2	0,960	1,272	-0,312	-0,0014	0,000002	
3	1,016	1,329	-0,313	-0,0004	0,000000	
4	0,923	1,237	-0,314	0,0006	0,000000	
5	0,983	1,296	-0,313	-0,0004	0,000000	

6	1,003	1,319	-0,316	0,0026	0,000007	
7	0,954	1,267	-0,313	-0,0004	0,000000	
8	0,994	1,308	-0,314	0,0006	0,000000	
9	0,932	1,245	-0,313	-0,0004	0,000000	
10	0,990	1,304	-0,314	0,0006	0,000000	
Desnível Médio			-0,313	Soma dos Res. ao Quadrado	0,000012	0,0011738

Tabela 6 : SEGUNDO GRUPO DE OBSERVAÇÕES do nível sion após retificação (todos os valores em metros)

Medida	Ré (m)	Vante (m)	Desnível (m)
11	1,235	1,549	-0,314
12	1,186	1,501	-0,315
13	1,228	1,541	-0,313
14	1,206	1,520	-0,314
15	1,181	1,495	-0,314
16	1,205	1,520	-0,315
17	1,236	1,550	-0,314
18	1,181	1,495	-0,314
19	1,194	1,507	-0,313
20	1,304	1,619	-0,315
Desnível Médio			-0,314

$|d_1 - d_2| < 2,5s$ então:

$$0,3130 - 0,3140 < 2,5 \cdot 0,0011738$$

$$0,001 < 0,0029$$

Como se percebe, o nível Sion, após a retificação, apresentou precisão compatível com a indicada pela norma, o que indica o sucesso da retificação do mesmo.

Logo após foi realizado o teste simplificado com o nível Zeiss. Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 : PRIMEIRO GRUPO DE OBSERVAÇÕES com o nível Zeiss

Medida	Ré (m)	Vante (m)	Desnível (m)	Resíduo (d ₁)	Resíduos SQT (m)	Desvio Padrão (m)
1	0,957	1,269	-0,312	0,000	0,00000000	
2	0,994	1,305	-0,311	-0,001	0,00000100	
3	1,008	1,320	-0,312	0,000	0,00000000	
4	0,990	1,302	-0,312	0,000	0,00000000	
5	1,043	1,356	-0,313	0,001	0,00000100	
6	1,023	1,335	-0,312	0,000	0,00000000	
7	0,963	1,275	-0,312	0,000	0,00000000	
8	1,021	1,333	-0,312	0,000	0,00000000	
9	1,022	1,334	-0,312	0,000	0,00000000	
10	1,009	1,321	-0,312	0,000	0,00000000	
Desnível Médio			-0,312	Soma dos Res. ao Quadrado	0,000002	0,000471405

Tabela 8 :SEGUNDO GRUPO DE OBSERVAÇÕES com o nível Zeiss

Medida	Ré (m)	Vante (m)	Desnível (m)
11	1,202	1,586	-0,384
12	1,144	1,528	-0,384
13	1,195	1,580	-0,385
14	1,168	1,550	-0,382
15	1,191	1,575	-0,384
16	1,187	1,570	-0,383
17	1,234	1,620	-0,386
18	1,275	1,660	-0,385
19	1,125	1,510	-0,385
20	1,176	1,510	-0,334
Desnível Médio			-0,3792

$|d_1 - d_2| < 2,5s$ então:

$0,3120 - 0,3792 < 2,5 \cdot 0,000471405$

0,0672 > 0,001178511

Observando os resultados do teste, verifica-se que o nível Zeiss encontra-se fora do intervalo de precisão indicado pela ISO. Este equipamento então foi verificado empregando-se os dois outros testes (através do método modificado de Kukkamäki e do *peg test* adaptado).

3.2 Método de Kukkamäki modificado

Os testes foram realizados na base de verificação de níveis implantada na UFPR e as observações de campo são apresentadas na tabela 9, juntamente com os valores calculados.

Tabela 9 : Teste de Kukkamäki

mira	estação i (m)	estação II (m)	valor teórico calculado (m)
Ré (A)	1,430	1,873	1,723
Vante (B)	1,395	1,763	1,688
$A_2 - b_1$ (metros)	0,035	0,11	0,035

Efetuada-se os cálculos propostos pelo autor do teste, obtém-se que:

A correção a ser aplicada para a leitura efetuada na mira de vante quando o nível estiver na estação II será:

$$2c = (a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)$$

$$2c = 0,11 - 0,035 = 0,075$$

Assim as leituras em a_2' e b_2' devem ser :

$$a_2' = a_2 - 4c = 1,873 - 0,15 = 1,723\text{m (valor teórico no quadro 8);}$$

$$b_2' = b_2 - 2c = 1,763 - 0,075 = 1,688\text{m.}$$

A aplicação deste teste demonstrou a necessidade de retificação do nível analisado.

3.3 Peg test adaptado

Para fins de comparação, depois de realizados os testes anteriores, também foi efetuado o procedimento de verificação indicado pelo *peg test adaptado*. Cabe salientar que, com os dados obtidos neste teste, o nível foi retificado e verificado novamente. A tabela 10 apresenta os dados observados em campo, bem como os valores teóricos calculados para a retificação.

Tabela 10 : Resultados com o Teste do LAIG

Mira	Estação i (m)	Estação II (m)
Ré (B)	0,688	0,793
Vante (B)	1,580	1,865
Δh - metros	-0,892	-1,072

A seqüência de cálculos foi a seguinte. Inicialmente calculou-se o desnível entre os pontos A e B, com o nível posicionado a iguais distâncias de A e B, obtendo o Δh_1 . Este desnível é considerado como livre de erros.

Após, calcula-se o Δh_2 , desnível este que não está isento de erros.

Calcula-se o erro cometido, que é a diferença entre as duas diferenças de nível: $E_c = \Delta h_1 - \Delta h_2 = 0,18\text{m}$

Após, calcula-se o erro permitido, da seguinte forma: $E_p = 2\text{cm} (100/1000)^2 = 0,6\text{cm}$

Vê-se que o erro permitido é muito inferior ao cometido, necessitando o nível ser retificado. A retificação foi feita a campo, atuando-se nos parafusos de retificação do nível.

Para a retificação, o valor observado na leitura da mira mais afastada do nível (NL) deverá ser:

$$NL = R\acute{e}_2 - \Delta h_1$$

e

$$NL = 0,793 - (-0,892) = 1,685\text{m.}$$

Depois de procedida à retificação e realizada a conferência da leitura, foi realizada a verificação a campo, através de um novo teste simplificado com a norma ISO. Após a realização do teste, observou-se que o resultado obtido ficou dentro do estabelecido pela norma, indicando assim a eficiência da retificação.

4. Conclusões

A verificação periódica de instrumentos topográficos e geodésicos é importante para o controle da qualidade dos levantamentos realizados por qualquer profissional ou instituição.

Com o teste simplificado da ISO foi possível estimar se a precisão dos equipamentos empregados estava dentro dos valores de tolerância estabelecidos servindo como um indicador da necessidade ou não de retificação do instrumento.

Os testes realizados com o Método Modificado de Kukkamäki e o *peg test* comprovaram a eficiência na verificação de níveis em campo, com a vantagem de serem testes simples e rápidos, que permitem a retificação dos equipamentos em campo. Quando o equipamento analisado não estava retificado, todos os testes indicaram a necessidade de uma retificação.

Finalmente, depois de realizados todos os testes, foi possível concluir que a existência de normalização referente à verificação e classificação de níveis e outros instrumentos é muito importante para a manutenção da qualidade de todos os equipamentos utilizados em campo.

5. Referências bibliográficas

- **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS:** *O que é normalização*, disponível em: http://www.abnt.org.br/normal_oque_body.htm, acesso em: 29 de jul. 2005
- **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS:** *NBR 13133: Execução de levantamento topográfico*: Rio de Janeiro 1994
- **Faggion,P.L.:** *Aferição de instrumentos no LAIG*, Apostila, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2004
- **INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDSATION ISO 17123:** *Optics and Optical Instruments – Field Procedures for Testing Geodetic and Surveying Instruments – Part 1: Teory, Part 2: Levels*, Geneva 2001
- **Kahmen,H.; Faig,W.:** *Surveying*, Ed. Walter de Gruyter, Berlin 1988
- **Veiga,L.A.K.:** *Automação Topográfica – parte 01*, Curso de Especialização em Geotecnologias, Apostila, 68 f., Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2003
- **Zanetti,M.A.Z; Faggion,P.L.; Veiga,L.A.K.:** *Apostila do Curso de Especialização em Geotecnologias*, 190 f., Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2005

