



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

OTIMIZAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DE NÍVEIS ÓPTICOS

João Batista de La Salles Junior, lasallesjr@hotmail.com¹

Kletson Vieira da Silva, kletsoneng@hotmail.com¹

Gúbio Soares Saldanha, gubi_oengme_c@hotmail¹

Luiz Pedro de Araújo, lpedro@dem.ufrn.br¹

Walter Link, walter_link@uol.com.br¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Senador Salgado Filho, 3000, CEP: 59078-970, Natal-RN.

Resumo: *O presente trabalho consiste em otimizar o procedimento de calibração de níveis ópticos recebidos no Laboratório de Metrologia da UFRN visando maior rapidez, maior exatidão na leitura e uma visão mais nítida dos valores indicados pelos padrões utilizados. O método atual consiste na utilização de duas réguas-padrão, dispostas em duas extremidades opostas, nas quais as leituras, através do nível óptico, são realizadas. Este novo método utilizará dois traçadores de altura. Acoplados a eles serão usados dois relógios com paradores padrão nos quais os valores serão lidos. Estes conjuntos traçador-relógio comparador serão montados em mesas de referência e postos em extremidades opostas à uma distância conhecida. Este procedimento necessitará de dois operadores, um para o manuseio do ajuste fino dos traçadores de altura e o outro para manusear o nível óptico, dando assim mais dinâmica ao procedimento.*

Palavras-chave: *Calibração, Níveis Ópticos, Otimização*

1. INTRODUÇÃO

A qualidade principal de um instrumento é a de medir com o mínimo erro, isto é, um instrumento de boa qualidade deve ser capaz de apresentar resultados com pequenos erros de medição, e a perfeita caracterização destes erros é de grande importância para que o resultado da medição possa ser determinado de maneira segura. Com o desenvolvimento tecnológico, cada vez mais aumentam as exigências em termos de conhecer e melhorar a incerteza dos instrumentos de medição, característica esta que é assegurada através da calibração.

Os níveis são instrumentos de medição utilizados em diversos trabalhos de engenharia, os quais, em conjunto com réguas stadimétricas (miras), permitem a determinação do desnível entre dois pontos. Estes níveis podem ser classificados como ópticos, mecânicos ou automáticos, de acordo com seu princípio de funcionamento ou, de acordo com sua exatidão. Em face a 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 de verificações, retificações e calibrações dos mesmos (Brum, 2005).

Portanto, visando estes argumentos, o objetivo do trabalho é otimizar o procedimento de calibração de níveis ópticos no Laboratório de Metrologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte em termos de rapidez, maior facilidade na leitura e maior exatidão dos resultados e dos padrões utilizados.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 - Níveis

O nivelamento geométrico é uma técnica de levantamento que permite determinar o desnível entre pontos com precisões que podem alcançar a ordem do milímetro, como no caso dos nivelamentos efetuados com alta exatidão. Mesmo com o grande avanço nas técnicas de levantamento, como o uso de estações totais e receptores GPS, o nivelamento ainda é a técnica mais precisa para a determinação de desníveis em levantamentos topográficos e geodésicos (Brum, 2005). Para a realização dos nivelamentos, o instrumento utilizado é o Nível e, como acessórios, as Miras Graduadas.

Os níveis são equipamentos que permitem definir com exatidão um plano horizontal ortogonal à vertical definida pelo eixo principal do equipamento. As principais partes de um nível são:

- Luneta;
- Nível de bolha;
- Sistema de compensação (para aparelhos automáticos);
- Dispositivo de calagem.

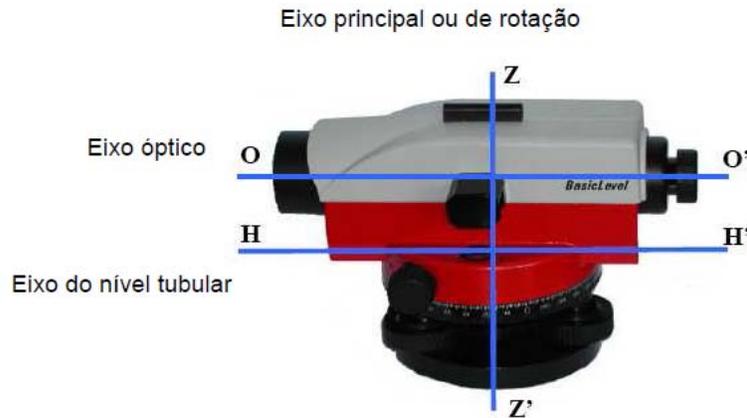


Figura 1. Eixos principais de um nível.

Os níveis devem ser retificados quando não ocorrer as seguintes situações:

- (ZZ') Eixo principal ou de rotação: deve estar perfeitamente na vertical;
- (OO') Eixo óptico/ linha de visada/ eixo de colimação: perpendicular ao eixo principal;
- (HH') Eixo do nível tubular ou tangente central: disposto paralelo com o eixo óptico.

Segundo (DEMARQUI, E. N.), quanto ao funcionamento esses equipamentos podem ser classificados em digitais e ópticos. Nos níveis digitais a leitura na mira é efetuada automaticamente empregando miras em código de barra. Os níveis ópticos podem ser classificados em mecânicos e automáticos. No primeiro caso, o nivelamento "fino ou calagem" do equipamento é realizado com o auxílio de níveis de bolha bi-partida. Nos modelos automáticos a linha de visada é nivelada automaticamente, dentro de certo limite, utilizando-se um sistema compensador (pendular).

A ABNT (1994) classifica os níveis de acordo com a tabela 1:

Tabela 1. Classificação dos níveis segundo NBR 13133.

Classes de Níveis (Precisão)	Desvio Padrão
Baixa	$\geq \pm 10$ mm/km
Média	$\leq \pm 10$ mm/km
Alta	$\leq \pm 3$ mm/km
Muito alta	$\leq \pm 1$ mm/km

Fonte: ABNT (1994)

A classe intermediária representa os chamados níveis de engenheiro, as classes com precisões maiores que 3 mm/km correspondem aos chamados níveis de construção e as classes com precisões menores que 3 mm/km representam os chamados níveis de precisão (BRUM, 2005).

Neste trabalho abordaremos os Níveis ópticos mecânicos, que podem ser Níveis de plano e Níveis de linha, pois os mesmos são os mais comumente utilizados na engenharia possuindo um nível de exatidão intermediário. Os mesmos serão usados na obtenção dos resultados deste trabalho.

2.1.1 – Níveis de plano

São aqueles que uma vez estacionado o instrumento, seu eixo de colimação descreve um plano horizontal em torno do eixo principal. Seriam equivalentes aos que (BRUM, 2005 apud KAHMEN, 1988, p. 323) classifica como *Dumpy Level* (figura 2).



Figura 2. Nível de plano (*Dumpy Level*)

2.1.2 – Níveis de Linha

São aqueles que, em cada nivelada é preciso horizontalizar a luneta, para assegurar que a visada realizada seja horizontal. Possui um movimento da luneta no sentido do eixo vertical, através de um parafuso nivelador. Seriam equivalentes aos que (BRUM, 2005 apud KAHMEN, 1988, p. 323) classifica como *Tilting Level* (figura 3).



Figura 3. Nível de Linha (*Tilting Level*)

Algumas precauções gerais devem ser tomadas com estes tipos de instrumentos. No deslocamento para o campo o instrumento deve estar acondicionado na sua embalagem original, devendo-se evitar choques de qualquer natureza com o instrumento. Por isso, no veículo é aconselhável transportá-lo em local seguro e firme. 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 efetuado com o instrumento à frente do corpo, em posição vertical, com a alidade e luneta imobilizadas, evitando tocar a superfície das lentes com os dedos e proteger o instrumento contra a chuva e poeira.

2.2 – Calibração

A calibração de um equipamento é um componente importante na qualidade dos resultados expressos por ele. É um aprimoramento constante e proporciona vantagens, tais como redução na variação dos resultados obtidos, prevenção dos defeitos e compatibilidade das medições. De acordo com o VIM, calibração é um conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores

correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões. Para entender melhor o seu significado é necessário associá-lo ao termo comparação, acrescentando que este que se compara é representado por um padrão de classe de exatidão superior. Isto é, calibrar é estabelecer uma relação de comparação contra um padrão apropriado, onde a diferença encontrada estabelece o erro do instrumento a calibrar com uma incerteza de medição associada a um nível de confiança, geralmente de 95%. Em outras palavras, a calibração prova que a leitura obtida pelo instrumento está dentro das incertezas de medição, sendo rastreável à unidade correspondente do Sistema Internacional de Unidades (SI). Além disso, esses certificados apresentam a data da calibração, o responsável pelo mesmo, as condições ambientais, bem como a incerteza associada às medições.

Atualmente, a calibração de níveis ópticos realizada no Laboratório de metrologia da UFRN é, resumidamente, realizada utilizando duas réguas-padrão, postas em duas extremidades distintas e a uma distância conhecida. Primeiramente o nível é colocado num tripé e próximo a uma das réguas. Fazemos a leitura na régua mais próxima e, com o cuidado de apenas girar o nível em torno de 180°, sem variação de sua altura, verificamos a indicação na régua mais distante. Depois, é repetido o mesmo procedimento com o nível mais próximo da outra régua. Com os resultados em mãos, e com alguns cálculos, avaliamos o erro do nível em mm/m juntamente com a incerteza associada. Diante das dificuldades encontradas tanto na visualização dos valores indicados nas réguas através da lente dos níveis, além da baixa exatidão das mesmas, estamos com uma proposta de otimização deste procedimento através da utilização de traçadores de altura e relógios comparadores.

2.3 – Conceitos Fundamentais

O VIM (Vocabulário Internacional de Termos Fundamentos e Gerais de Metrologia) apresenta a seguinte definição:

a) Exatidão

Grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro do mensurando.

Algumas definições que não constam no VIM ainda se fazem necessária no trabalho, e de acordo com Brum (2005) apud Faggion (2004) segue que:

b) Verificação

Conjunto de operações, compreendendo o exame, a marcação e a emissão de um certificado que constate que o instrumento de medir ou medida materializada satisfaz as exigências regulamentares.

c) Retificação

Conjunto de operações realizadas em um equipamento utilizando os parafusos de retificação, para corrigir o erro determinado no processo de verificação. Tem por objetivo fazer com que o equipamento volte a operar dentro de sua prescrição nominal.

2.3 – Metodologia

A proposta de otimização do procedimento atual de calibração do Laboratório de metrologia da UFRN está ainda em estudo, e em fase de testes e comparações com o método atual. Como dependemos de que empresas enviem níveis para serem calibrados, neste período ainda não recebemos nenhum para realização de testes no novo método. Em alguns níveis pertencentes à universidade foram encontrados problemas de focalização, e estão sob ajustes para possíveis futuros testes. Portanto, apresentamos esta proposta.

O novo procedimento pretende utilizar os mesmos princípios do procedimento atual, porém utilizando relógios comparadores como padrão, por terem resolução milesimal, e com os quais obteremos valores mais exatos. Estes relógios estarão fixos em suportes apropriados e apoiados em mesas de referência junto com traçadores de altura. Suas hastes estarão posicionadas logo acima do suporte para pontas do traçador.



Figura 4. Apoios dos traçadores e dos relógios comparadores nas respectivas mesas de referência.

Nos traçadores de altura foram colocados duas “miras”, as quais serão alvos da linha de centro horizontal do visor do nível óptico. Primeiramente, encostam-se as pontas dos traçadores nos relógios fornecendo-os um pequeno deslocamento do ponteiro. O posicionamento da altura do nível óptico, através do tripé, se dará de tal forma que sua linha de centro horizontal, vista por um dos operadores, já fique próxima ao centro de uma das “miras” fixadas no traçador. Depois disso, gira-se o nível óptico de 180° e, um outro operador posicionará a “mira” fixada no outro traçador mais distante para que também se situe próximo à linha horizontal do nível. Este procedimento inicial para que, durante a calibração, não se ultrapasse o limite da haste dos relógios quando houver o giro do nível óptico em torno de 180° visando a obtenção do valor indicado pelo relógio que se encontra na extremidade mais distante. Agora os relógios são zerados manualmente. Durante a calibração, um dos operadores manuseará o ajuste fino do traçador, enquanto que o outro visualizará através do nível o momento em que as linhas de centro horizontais da “miras” e do nível se coincidem. O deslocamento provocado pelo deslocamento do traçador será marcado pelo relógio comparador. O procedimento para obtenção dos resultados será o mesmo do método atual, já descrito anteriormente.

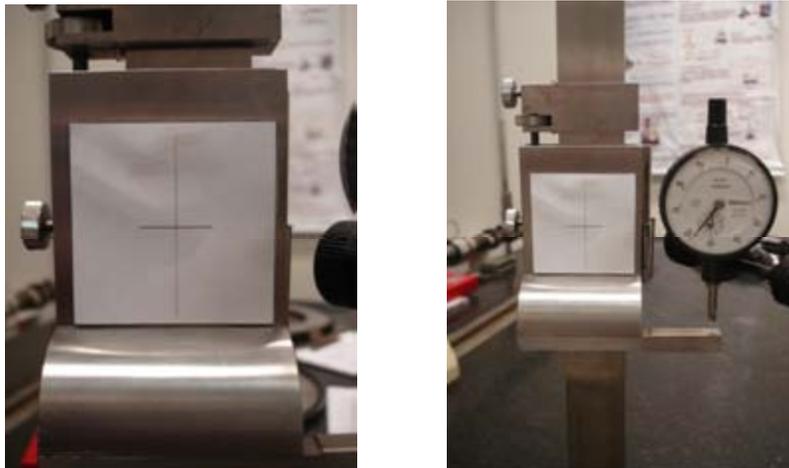


Figura 5. “Mira” que se encontra no traçador de altura.



Figura 6. Nível apontando para primeiro conjunto traçador-relógio comparador.



Figura 7. Nível apontando para segundo conjunto traçador-relógio comparador.

A redução da incerteza está baseada nos menores valores encontrados para a dispersão dos resultados obtidos, pelo fato de estar utilizando, nessa nova metodologia, dois padrões com resolução 50 vezes maior que os padrões utilizados no método anterior. As réguas utilizadas atualmente possuem resolução de 0,5 mm. Os relógios comparadores para serem utilizados neste novo método possuem resolução de 0,01 mm. Este novo método, portanto, pretende ser mais dinâmico, com a participação de dois operadores, mais rápido, apesar de tempo de preparação maior, e com o objetivo de reduzir as incertezas de medição pela utilização de padrões com maiores exatidões. Porém, um dos principais motivos que nos levaram a modificar o método atual foi a dificuldade de visualizar valores indicados nas réguas, em determinados níveis ópticos. Este problema será resolvido com esta proposta de otimização, pois os valores serão lidos nos relógios. Em breve serão feitas calibrações para obtenção de resultados, e avaliar as melhorias oferecidas por este procedimento ao Laboratório de metrologia da UFRN.

3. AGRADECIMENTOS

Conferimos os agradecimentos a todos os integrantes do Laboratório de Metrologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo aprendizado concedido e pela ajuda dada para a realização deste trabalho.

4. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. “NBR 13133: Execução de levantamento topográfico”: Rio de Janeiro, 1994.
- Brum, E. V. P. “Verificação e classificação de níveis de acordo com normas Internacionais”. Dissertação (mestrado). Curitiba, 2005.
- Demarqui, E. N. “Aula 4, Topografia II: Nivelamento geométrico”. Universidade do Estado do Mato Grosso.
- Silva, L. R. O., Alves, M. L. “A Calibração periódica de instrumentos de medição e padrões e suas relações com custos e benefícios”. São Paulo, 2004.
- Ferraz, A. S., D’Antonino, L. C. “Teodolitos e Níveis ópticos – verificação e ajustes”. Universidade Federal de Viçosa Minas Gerais.
- Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – VIM.

5. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

OPTIMIZATION OF CALIBRATION PROCEDURE FOR OPTICAL LEVELS

João Batista de La Salles Junior, lasallesjr@hotmail.com¹

Kletson Vieira da Silva, kletsoneng@hotmail.com¹

Gúbio Soares Saldanha, gubioengme c@hotmail¹

Luiz Pedro de Araújo, lpedro@dem.ufrn.br¹

Walter Link, walter_link@uol.com.br¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Senador Salgado Filho, 3000, CEP: 59078-970, Natal-RN.

***Abstract.** This present work consists in to optimize the calibration procedure for optical levels that are received at the Laboratory of Metrology from UFRN seeking for greater speed, accuracy in reading and a clearer vision of values shown by the standards instruments. The current method uses two standard rules arranged in two opposite ends, in which readings are performed, through the optical levels. This new method will use two height gauges. Coupled to them will be used two standard dial indicators in which values will be read. These joints height gauge-dial indicator shall be mounted on reference tables and placed at opposite ends at a known distance. This proceeding will need two operators. One of them will be handling the height gauges tuning, and the other the optical level. This will give more dynamics to the procedure.*

***Keywords:** Optical levels, Calibration, Optimization.*