
EXPERIÊNCIA COM O USO DO MÉTODO COMPACTO PARA CALIBRAÇÃO DE ESTAÇÕES TOTAIS

HEYMAR ARANCIBIA SUÁREZ

IRINEU DA SILVA

Universidade de São Paulo - USP
Escola de Engenharia de São Carlos - EESC
Departamento de Engenharia de Transportes, São Carlos, SP
hsuarez@usp.br, irineu@sc.usp.br

RESUMO - O uso correto de todo instrumento topográfico e geodésico tem como objetivo principal garantir a qualidade das medições. Para este fim é necessário realizar uma série de procedimentos periódicos de verificação da qualidade denominados de calibração. Diante do exposto, neste trabalho, são apresentados os principais conceitos relacionados à qualidade nas medições e ao processo de calibração, tendo como objetivo principal, realizar uma análise e a descrição do uso do Método Compacto, como uma alternativa para calibração de estações totais em ambiente laboratorial. Para garantir a aplicabilidade do método, foi realizado um trabalho em conjunto com o laboratório de calibração de instrumentos topográficos da empresa Química Suíza, localizado na cidade de Lima, Peru, para relatar as dificuldades da instalação do Método Compacto naquela empresa, os recursos necessários e as vantagens do uso do método. Como resultado discute-se os principais componentes e a metodologia de aplicação do Método Compacto em um laboratório de calibração de estações totais.

ABSTRACT - The correct use of any topographic and geodetic instrument aims to ensure the quality of the measurements. For this purpose, it is necessary to perform a series of periodic quality checking procedures called procedures of calibration. According to it, this work presents the main concepts related to quality measurements and calibration process, having as main goal, to analyse and make a description of the use of the Compact Method, as an alternative to calibration of total stations in a laboratorial environment. To ensure the applicability of the method, it was developed a practical work in conjunction with the laboratory of calibration of surveying instruments of Química Suíza, a company located in Lima, Peru, to report the installation difficulties of the Compact Method in that company, the necessary resources and the advantages of using the method. As a result, we discuss the main components and methodology of implementation of the Compact Method in a calibration laboratory of total stations.

1 INTRODUÇÃO

A medição de ângulos e distâncias atualmente tornou-se uma tarefa simples com o uso de estações totais. Mas o uso frequente desses instrumentos, o tempo de uso e a exposição às condições atmosféricas fazem com que a precisão e a exatidão de suas medições sofram variações ao longo do tempo. Estes desvios ocasionam um incremento das incertezas nos resultados obtidos, chegando ao ponto em que elas podem se tornar completamente errôneas. Para solucionar este problema e garantir a qualidade das medições realizadas com estações totais, deve-se fazer uso do recurso denominado calibração.

Os instrumentos topográficos no Brasil nem sempre são calibrados com qualidade, o país não possui uma política clara sobre a normalização dos procedimentos, das técnicas e dos laboratórios de manutenção e calibração de instrumentos topográficos e os usuários não estão corretamente informados sobre as vantagens e as necessidades da calibração periódica de seus instrumentos. Neste contexto, este trabalho apresenta a experiência dos autores com o uso do Método Compacto de calibração de instrumentos topográficos. O artigo apresenta uma breve análise do processo de calibração de estações totais, começando pela revisão das normas internacionais da qualidade estabelecidas para este fim e discute as vantagens e os detalhes do uso e da configuração do Método Compacto, como alternativa para a calibração de estações totais em ambiente laboratorial garantindo a rastreabilidade das ações e a qualidade dos resultados obtidos com a aplicação desse método.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Para orientação aos leitores, apresentamos a seguir os principais trabalhos consultados para o desenvolvimento desta pesquisa. São eles:

(CARRERA, 2011) realizou um projeto para a preparação da documentação necessária estabelecida na norma ISO 17025 para um laboratório de calibração de teodolitos e estações totais.

(ZEISKE, 2001) realizou uma análise e descrição dos trabalhos realizados e publicados pela (ISO TC172/SC06) Geodetic and surveying instruments, que forma parte do technical Committee (ISO TC172) Optics and Optical Instruments.

(KHALIL, 2005) descreveu um método compacto para a verificação da acurácia da medição de distâncias. O método apresentado está de acordo com as restrições existentes para laboratórios e a utilização de espelhos para aumentar a linha base e dispensa a montagem de refletores fora do ambiente laboratorial.

(SILVA, 2008) discutiu algumas questões sobre instrumentação geodésica. A autora procurando atender as carências da comunidade usuária de equipamento de medição angular, no que diz respeito à classificação angular horizontal e vertical, propôs um método de baixo custo para a montagem de um laboratório de classificação angular horizontal e vertical, baseado na norma ISO 17123-3.

(GINIOTIS, BRUŠAS e ŠIAUDINYTĖ, 2009) propuseram um método simples para determinar a acurácia de ângulos verticais para ser usado na calibração de instrumentos topográficos e geodésicos, apresentando uma proposta de distribuição de ângulos verticais para ser usada como padrões em um ambiente laboratorial. Foram apresentados os diferentes métodos para analisar a acurácia na medição de ângulos.

(BRUŠAS, GINIOTIS e PETROŠKEVIČIUS, 2006) propuseram a criação de uma bancada projetada para a realização de ensaios e calibrações de instrumentos topográficos e geodésicos como teodolitos mecânicos, teodolitos digitais e estações totais. Os autores apresentam as normas usadas para a calibração desses instrumentos, as especificações técnicas voltadas para os teodolitos eletrônicos sendo apresentados diversos métodos para calibração de ângulos horizontais.

(JEŽKO, 2007) apresentou um método de verificação e calibração dos círculos horizontais de estações totais e teodolitos. As definições de verificação e calibração são interpretadas e analisadas como atividades básicas de metrologia. São apresentadas as normas e padrões a serem utilizados na análise da acurácia de medições angulares.

(RUIZ ARMENTEROS, GARCÍA BALBOA e MESA MINGORANCE, 2011) apresentaram uma metodologia de avaliação da incerteza das medições segundo a GUM (Guia para Avaliação das Incertezas) das medições de direções horizontais, ângulos verticais, medições de distâncias por métodos eletromagnéticos e desníveis obtidos por nivelção geométrica no campo da mensuração. Para cada um dos mensurados são analisadas as correspondentes fontes de incertezas que afetam sua medição e são avaliadas as contribuições à incerteza combinada. Finalmente o trabalho utiliza esta incerteza como medida quantitativa que expresse a qualidade do resultado da medição.

3 NORMAS INTERNACIONAIS RELACIONADAS AO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO

3.1 Qualidade

Genericamente, o termo Qualidade é definido como “propriedade, atributo ou condição das coisas ou das pessoas capaz de distingui-las das outras e de lhes determinar a natureza” (FERREIRA, 1999). Embora apareça como um atributo intrínseco, ela não é identificável e observável diretamente, ou seja, ela é resultante da interpretação de uma ou mais características das coisas ou pessoas, fato que atribui ao termo uma dimensão subjetiva. Ela deve, por isso, ser sempre empregada de forma composta explicitando sempre qual substantivo a que se refere, como por exemplo, qualidade do produto, qualidade do processo, qualidade do sistema, qualidade da gestão, etc. Desta forma, para a avaliação da Qualidade, ela é analisada por intermédio de Sistemas de Gestão da Qualidade – SGQ, os quais se encontram organizados por uma instituição internacional não governamental, denominada ISO - International Organization for Standardization. A ISO é uma rede global que identifica as melhores normas internacionais que são requeridas pelas empresas, governos e até mesmo a sociedade. Ela desenvolve as normas em parceria com as áreas ou setores que vão fazer uso das mesmas, apresentando procedimentos claros e concisos para serem usados no mundo todo (ISO, 2011). Em termos de Gestão da Qualidade, deve-se considerar a ISO 9000, que designa um grupo de normas técnicas que estabelecem as diretrizes para a normatização de produtos e serviços em geral, entre os quais se inserem as normas relacionadas à calibração instrumental.

3.2 Qualidade na mensuração

Entre os requerimentos previstos na ISO 9001, se estabelece que os instrumentos de medição devem ser verificados e calibrados periodicamente contra padrões nacionais e internacionais de modo a estabelecerem a rastreabilidade das ações e garantir a confiabilidade dos resultados das observações realizadas. Isto torna necessário o desenvolvimento de procedimentos de verificação como, por exemplo, os estabelecidos na série de normas ISO 17123:2001, onde se especificam os procedimentos de campo a serem adotados para a determinação e avaliação da precisão dos instrumentos topográficos e seus equipamentos auxiliares. Estas normas podem ser consideradas como uma das primeiras etapas no processo de avaliação da incerteza da medição. As suas vantagens é que elas são amplamente aceitas na indústria tanto pelos usuários, como pelos fabricantes. Considera-se, desta forma, que qualquer procedimento de calibração instrumental proposto deve seguir os preceitos desta série de normas, como é o caso do Método Compacto para calibração de estações totais, apresentado neste trabalho.

A calibração de instrumentos topográficos e geodésicos deve ser realizada em laboratórios de calibração devidamente acreditados pelas entidades competentes como a Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

Para mencionar algumas entidades europeias de acreditação, existem o UKAS (United Kingdom Accreditation Service), no Reino Unido, o COFRAC (Comité français d'accréditation), na França, o DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH) na Alemanha e o SAS (Swiss Accreditation Service), na Suíça.

A acreditação é o atestado da terceira parte relacionada a um organismo de avaliação da conformidade, comunicando a demonstração formal da sua competência para realizar tarefas específicas de avaliação da qualidade. A norma NBR ISO/IEC 17025:2005 é a diretriz que estabelece os requerimentos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração no Brasil.

3.3 Calibração

3.3.1 O que é calibrar?

Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia VIM (2012), calibração é a operação que estabelece, sob condições específicas, em uma primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas da medição fornecidas por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas e, em uma segunda etapa, utiliza essa informação para estabelecer uma relação visando a obtenção de um resultado de medição a partir de indicadores predefinidos.

A calibração é realizada pela comparação dos valores medidos de um determinado instrumento, com os valores de um padrão de exatidão conhecido. O resultado da comparação pode ser expresso em forma de um documento que apresenta o desvio da medição do instrumento em relação ao padrão ou pode incluir as capacidades de medição do mesmo como forma de aumentar a exatidão das medições. A importância da calibração está em oferecer uma fotografia da situação atual do instrumento, a partir da qual o usuário pode determinar se:

- O instrumento pode ser usado e é identificado como tal, definindo uma nova data para calibração;
- O instrumento pode ser usado com restrições, ou seja, uso parcial onde atende os requerimentos;
- O instrumento não pode ser usado e dever ser enviado para realização de um ajuste.

3.3.2 Por que calibrar?

Existem dois motivos principais para realizar a calibração de instrumentos de medição. São eles:

- Consistência com as obrigações e deveres relacionados às normas de qualidade como, por exemplo, na implantação das normas da série ISO 9001:2000;
- Verificação da qualidade do instrumento. A partir da calibração pode-se conhecer o comportamento do instrumento, quantificando os erros sistemáticos que o mesmo apresenta, podendo assim diminuir erros e alcançar resultados mais fiáveis.

3.3.3 Quando calibrar?

A periodicidade da calibração de instrumento topográfico dependente de vários fatores e não pode, portanto, ser prescrita de forma rígida. Por este motivo apresentamos a seguir alguns eventos que fornecem orientações referentes aos intervalos de tempo para a realização da calibração:

- O instrumento foi danificado;

- O instrumento recebeu um forte impacto ou choque;
- O instrumento foi reparado;
- O instrumento foi alugado;
- Foi comprado um novo instrumento;
- Ocorreu uma mudança significativa no clima desde o último uso;
- O tempo limite recomendado pelo fabricante acabou.

3.3.4 Resultado da calibração

O resultado de uma calibração permite tanto o estabelecimento dos valores do mensurando para as indicações, como a determinação das correções a serem aplicadas. O resultado, geralmente, é registrado em um documento específico denominado certificado de calibração. Esse certificado apresenta as informações acerca do desempenho metrológico do sistema de medição analisado e descreve claramente os procedimentos realizados.

O objetivo do Certificado de Calibração é fornecer ao usuário os erros de medição do instrumento no momento da calibração. Conhecendo os erros do seu instrumento de medição, o usuário poderá corrigi-los no momento da utilização, tornando a medição mais exata e de maior confiabilidade. Como conteúdo mínimo o certificado de calibração deve conter:

- Título (Certificado de Calibração);
- Nome e o endereço do laboratório e o local onde a calibração foi realizada;
- Identificação unívoca do certificado de calibração;
- Nome e endereço do cliente;
- Identificação do método utilizado;
- Descrição, condição e identificação do instrumento calibrado;
- Data do recebimento do item a ser calibrado quando isso for crítico para a validade e aplicação dos resultados;
- Referência à especificação da norma tomada como referência ou breve descrição do método de calibração utilizado;
- Resultado da calibração com as unidades de medida;
- Caracterização dos padrões metrológicos utilizados para referenciar a calibração, mencionando-se, sempre que possível, a melhor capacidade de medição dos padrões de referência utilizados, para evidenciar a rastreabilidade;
- As condições ambientais com base nas quais a calibração foi realizada;
- A incerteza de medição expressa na mesma unidade do resultado da medição ou em valores relativos (valor percentual – %; partes por milhão – PPM, dentre outras), acompanhada de uma declaração sobre o nível de confiança para o qual a incerteza de medição foi estimada;
- Nome, função e assinatura dos emissores do certificado (responsáveis pela calibração do instrumento/equipamento).

4 O MÉTODO COMPACTO

O Método Compacto foi proposto por Alojzy Dzierzega e René Scherrer no artigo intitulado “The Compact Method of Testing Total Stations” no ano 2003, na revista Survey Review. Trata-se de um método baseado na norma ISO 17123-3:2001 e 17123-4:2001 para ambiente laboratorial, que determina a exatidão das medições angulares e das distâncias realizadas com estações totais. De acordo com o método, os procedimentos de verificação baseiam-se no uso de colimadores, para as medições angulares, e no uso de refletores óticos, para as medições das distâncias.

4.1 Instrumentação usada no Método Compacto

4.1.1 Estação Total

Para o estabelecimento dos valores padrões, deve ser utilizada, na primeira etapa do estabelecimento do método, uma estação total com precisão angular de 0,5” e precisão linear de 1 mm + 0,6 ppm.

4.1.2 Prismas

As medições das distâncias no Método Compacto são realizadas por intermédio do uso de prismas refletores apropriadamente instalados no laboratório de calibração, conforme indicado na seção 4.2.3.

4.1.3 Colimador

O colimador é um instrumento ótico que consiste de uma lente objetiva com boa correção geométrica e de uma iluminação do retículo pelo seu plano focal (ocular), conforme indicado na Figura 1. O feixe de luz emergente é paralelo (feixe de colimação), de modo que a imagem do retículo é projetada para o infinito (TRIOPTICS, 2013). O colimador é usualmente montado com um ajuste conhecido como ajuste infinito, onde o plano focal da objetiva coincide com o retículo. É por intermédio de um colimador desse tipo que são realizadas as observações angulares.



Figura 1 - Ilustração de um colimador da marca Leica Geosystems.

4.1.4 Espelho Refletor

Para a simulação da variação das distâncias a serem medidas, são utilizados espelhos refletores, iguais ao apresentado na Figura 2. Um refletor desse tipo consiste de uma superfície de reflexão (SR), fabricada com um vidro de alta qualidade, o qual minimiza o efeito da refração do raio eletromagnético emitido pelo medidor eletrônico de distância do instrumento a ser calibrado.



Figura 2 - Exemplo de um espelho refletor da marca Leica Geosystems.

4.2. Configuração física do laboratório de calibração

4.2.1 Estação de medições de ângulos

A configuração apresentada neste artigo refere-se à montagem do Método Compacto realizada na empresa Química Suíza, em Lima, Peru. A disposição física do laboratório, conforme indicado na Figura 3, constitui-se da distribuição de cinco colimadores instalados nos seus respectivos suportes, em cujo centro está instalada uma base nivelante sobre um pilar de concreto ou aço, conforme indicado na Figura 4. Além disso, o local deve contar com um sistema de ar condicionado para regular a temperatura ambiente. A temperatura e a pressão são parâmetros que devem ser registrados usando um termômetro e um barômetro (ambos com certificados de calibração com data não superior a 12 meses), os quais são apresentados nos certificados de calibração emitidos pelo laboratório.

As medições angulares são realizadas usando os cinco colimadores. Dois devem ser montados na direção horizontal e os demais fora do plano horizontal de maneira que cubram um ângulo de elevação entre $+30^\circ$ e -40° . A distribuição dos colimadores serve para diminuir o tempo gasto nas medições horizontais e das medições do ângulo zenital, que neste método são realizadas em um único passo. Os colimadores devem ser focados ao infinito e estar montados em uma parede sólida ou um poste estável (DZIERZEGA e SCHERRER, 2003). Em outras palavras, a posição dos colimadores deve permanecer absolutamente estável durante o período de coleta de dados.

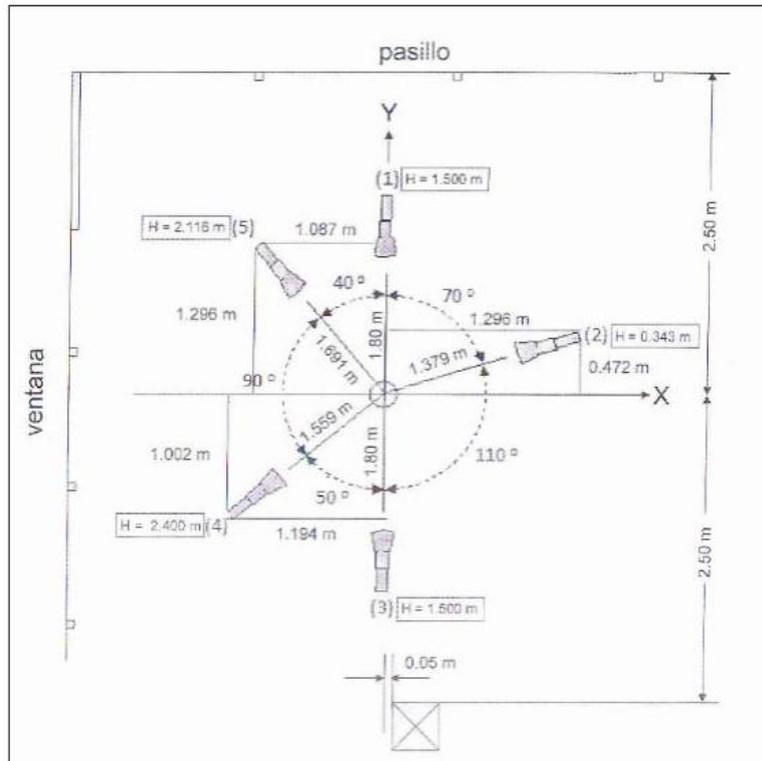


Figura 3 - Configuração física dos colimadores.



Figura 4 - Pilar de aço usado no Método Compacto.

4.2.2 Estação de medição de distâncias

As medições de distâncias são realizadas a partir de uma base fixa e estável localizada em um pilar de aço ou concreto, conforme indicado na Figura 5, com os alvos localizados num intervalo de 5 a 150 metros. Para atingir estas distâncias são usados espelhos refletivos distribuídos dentro do laboratório. A distância entre dois prismas próximos não deve ser menor do que 20 m. O ideal é que os alvos não se encontrem próximos para evitar o erro provocado por múltiplo sinal, em outras palavras, quando os alvos são visualizados para realizar a coleta de dados não devem encontrar outros alvos no campo visual do telescópio (DZIERZEGA e SCHERRER, 2003). Três prismas refletivos devem ser montadas em paredes exteriores estáveis ou suportes localizados nas distâncias indicadas na figura 5.

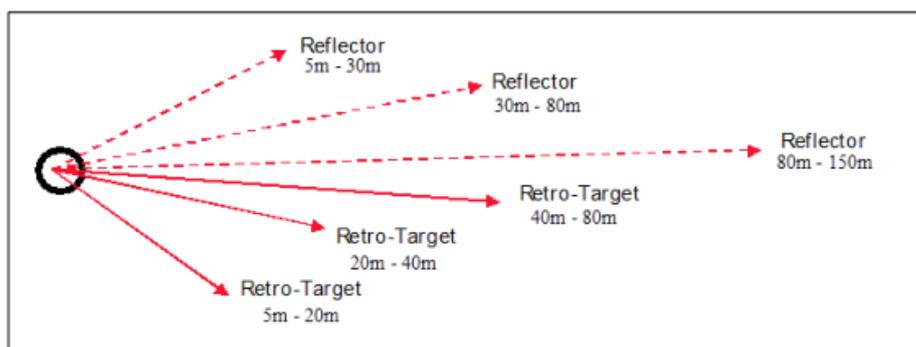


Figura 5- Configuração física na estação de medição de distâncias.

4.3 Procedimentos de medição

Antes de iniciar o procedimento de medição, o instrumento deve estar à temperatura ambiente. Deve-se esperar aproximadamente 2 minutos por cada 1°C de diferença de temperatura (KHALIL, 2005). Os erros relacionados aos eixos da estação e os erros do ponto zero do compensador podem ser ajustados e habilitados para todas as correções angulares, contudo, não influenciam na exatidão das medições que são realizadas nas duas posições (direta e inversa) da luneta.

4.3.1 Medições de ângulos

Em geral é realizada uma série composta por três conjuntos de medições de ângulos em ambas as posições (direta e inversa) da luneta do instrumento a ser calibrado, a cada um dos cinco colimadores. Nas medições é visado o centro dos colimadores, em seguida, são medidos simultaneamente os ângulos horizontais e verticais. A primeira metade de cada conjunto é realizada no sentido horário 1, 2, 3, 4, 5 e a outra metade no sentido anti-horário 5, 4, 3, 2, 1. Entre cada conjunto de medição, o instrumento deve ser retirado da base e girado de aproximadamente 120° e colocado novamente na base e fixado. Através deste procedimento podem ser descobertos erros no sistema de medição angular. A determinação do desvio padrão experimental é realizada separadamente para as direções horizontais e para os ângulos zenitais de acordo com as fórmulas usadas para medir conjuntos de ângulos de acordo com a ISO 17123-3:2001.

4.3.2 Medições de distâncias

Antes de iniciar o procedimento de medição de distâncias, o instrumento deve estar à temperatura ambiente e os parâmetros padrões específicos, como a constante aditiva do prisma e outros, devem ser estabelecidos rigorosamente. Cada fabricante proporciona o valor da sua constante aditiva do prisma. Deve-se considerar que o instrumento esteja isento de qualquer erro de escala. As correções atmosféricas de temperatura, pressão e umidade devem ser consideradas e realizar as respectivas correções PPM usando o termômetro e o barômetro. Deste modo, as distâncias medidas poderão ser comparadas com os valores de referência.

4.3.3 Determinações das distâncias de referência

Para as distâncias de referência, devem ser realizadas três séries de medições cada uma contendo três conjuntos de medições (levando em consideração a configuração correta dos PPM e da constante aditiva). Depois de cada conjunto o

instrumento deve ser girado 120 graus na base niveladora. Após cada série deve haver um intervalo de quatro horas. As médias das medições obtidas podem ser usadas como novas medidas de referência.

5 DIFERENÇAS ENTRE O MÉTODO COMPACTO E A ISO 17123:2001

As principais diferenças entre o uso do Método Compacto e as diretrizes da Norma ISO 17123:2001 são as seguintes:

- O Método Compacto é um procedimento realizado em laboratório, sob condições atmosféricas controladas (refração, cintilação e mudanças de temperatura), consideradas como fatores desprezíveis neste ambiente;
- No Método Compacto são usados como alvos cinco colimadores focados no infinito, enquanto nas diretrizes da ISO 17123:2001 são utilizados prismas localizados a distâncias preestabelecidas;
- No Método Compacto os dados de ângulo horizontal e vertical são coletados na mesma observação;
- No Método Compacto o número de séries de medições é reduzido a apenas uma série.

6 CONCLUSÕES

O estudo realizado nesta pesquisa buscou delinear as principais ações que devem ser tomadas para o estabelecimento de um laboratório de calibração de instrumentos topográficos baseando-se no uso do Método Compacto. A partir de uma visita técnica ao laboratório de calibração de instrumentos topográficos da empresa Química Suíza, situada em Lima, Peru, foram descritos os principais equipamentos e a configuração para a montagem do Método Compacto, mostrando a facilidade de instalação e de uso do método.

Os resultados obtidos com o referido método de calibração não estão apresentados neste trabalho, porém, segundo a experiência da empresa Química Suíza, eles são totalmente compatíveis com os níveis de qualidade esperados para os instrumentos calibrados no laboratório da referida empresa.

Desta forma, pode-se concluir que o Método Compacto é um procedimento adequado para realizar a verificação de estações totais e que pode ser utilizado em laboratórios de calibração como uma ferramenta para garantir a qualidade das medições de ângulos e distâncias estabelecendo a rastreabilidade das ações, conforme especificado pelas Normas NBR ISO 9001:2000.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem o CNPq, agência que financia a pesquisa de mestrado que culminou neste artigo e a empresa Química Suíza pela disponibilização de suas instalações e pelas discussões técnicas sobre o uso do Método Compacto.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 9001:2000, **Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. ABNT NBR ISO 9001:2000**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000. 30 p.

ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005. **Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005, 1 p.

BRUČAS, D.; GINIOTIS, ; PETROŠKEVIČIUS. Basic construction of the flat angle calibration test bench for geodetic instruments. **Geodesy and Cartography**, London, v. 32:3, p. 66-70, 2006.

CARRERA, J. A. C. **Elaboración necesaria establecida en la norma 17025 para el Laboratorio de Topografía del Departamento de Ciencias de la Tierra y Construction en ensayos de calibración para estaciones totales y teodolitos**. Quito, Ecuador: ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO, 2011, 219 p.

DZIERZEGA, A.; SCHERRER, R. The Compact Method of Testing Total Stations. **Survey Review**, Bristol, v. 37, n. 288, p. 145-154, abril 2003.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Eletrônico: Século XXI**. Versão 3.0. Nova Fronteira & Lexikon Informática. 1 CD-ROM. 1999.

GINIOTIS, ; BRUČAS, ; ŠIAUDINYTĖ, . Arrangement for vertical angle calibration of geodetic instruments. **MECHANIKA**, Kaunas, Lithuania, v. 5, p. 59-62, 2009.

ISO. ISO in brief International Standards for a sustainable world. **ISO International Organization for Standardization**, Geneva, Switzerland, april 2011.

ISO **17123-3:2001**. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 3: Theodolites. **International Standard ISO 17123-3:2001, Optics and optical instruments**, Geneva, Switzerland, 2001b. International Standardization Organization.

ISO **17123-4:2001**. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 4: Electro-optical distance meters (EDM instruments). **International Standard ISO 17123-4:2001, Optics and optical instruments**, Geneva, Switzerland, 2001c. International Standardization Organization.

JEŽKO, J. Calibration and verification of horizontal circle of electronic theodolites. **Slovak Jornal of Civil Engineering**, P.32-38. Bratislava, Eslováquia, Abril 2007.

KHALIL, R. New Compact Method for Laboratory Testing EDM Instruments. **FIG Working Week 2005 and GSDI-8**, Cairo, Egypt , p. 16-21, April 2005.

RUIZ ARMENTEROS, A. M.; GARCÍA BALBOA, J. L.; MESA MINGORANCE, J. L. Evaluación de la incertidumbre de medida de ángulos, distancias y desniveles medidos con instrumentación topográfica. **MAPPING**, JAEN, v. 149, p. 6-27, septiembre/octubre 2011.

SILVA, M. M. S. D. **Metodologia para a criação de um laboratório para classificação das componentes angulares horizontal e vertical de teodolitos e estações totais**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2008, 159 p.

TRIOPTICS. collimator. **Trioptics Optical Test instruments**, 2013. Disponível em: <www.trioptics.com/test_equipment/collimators/description.php>. Acesso em: 23 março 2013.

VIM. **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados** (VIM 2012). 1a edição luso-brasileira. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, JCGM 200, Comitê Conjunto para Guias em Metrología. Duque de Caxias: RJ, 2012, 94 p.

ZEISKE, K. Current status of the ISO standdization of accuracy determination procedures for surveying instruments, **FIG Working Week 2001**, Seoul, Korea, Maio 2001.