

ANÁLISE DE DOCUMENTOS NORMATIVOS RELEVANTES DE CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO CONVENCIONAIS QUANTO A SUA ADEQUAÇÃO À ISO 14978

Guilherme Venturi, venturigui@outlook.com
Sueli Fischer Beckert, sueli.f@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Dr. João Colin, 2700 – Joinville - SC

Resumo: Existem muitos fatores que influenciam na qualidade do processo produtivo e, consequentemente na obtenção de produtos manufaturados de acordo com as suas especificações técnicas. Um destes fatores é devido ao sistema de gestão da metrologia industrial, que deve garantir a execução e interpretação correta dos resultados de medição. Para isto, os instrumentos devem ser calibrados e verificados e, quando forem selecionados adequadamente, irão reunir condições para realizar a tarefa de medição de forma coerente. Um número crescente de empresas tem feito uso de laboratórios acreditados para realizar a calibração de seus instrumentos de medição. E consequentemente, estes laboratórios deveriam seguir documentos normativos para definir seus métodos de calibração e as características metrológicas do instrumento a serem verificadas. Os documentos normativos de instrumentos de medição convencionais de especificação geométrica em âmbito internacional emitidos pela ISO (International Organization for Standardization), em suas revisões mais recentes, estão sendo baseados na norma ISO 14978 (2006). Esta por sua vez, define as características metrológicas para a realização da calibração de instrumentos de medição de especificação geométrica mais simples. No Brasil, somente parte das normas ABNT NBR de instrumentos de medição convencionais de especificação geométrica foram revisadas recentemente. Existe também no Brasil o documento DOQ-CGCRE-004, com orientações sobre os requisitos mínimos a serem seguidos pelos laboratórios acreditados na realização de calibrações no grupo de serviços de calibração em metrologia dimensional, o qual aborda as características metrológicas para a calibração dos equipamentos. Este artigo tem como objetivo realizar uma análise sobre o documento DOQ-CGCRE-004 em relação às normas ISO e NBR vigentes e posteriormente, propõe uma adequação para as terminologias quanto às características metrológicas estabelecidas na ISO 14978 (2006).

Palavras-chave: Calibração, dimensional, ISO 14978

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento do nível de exigência do mercado consumidor, a necessidade da indústria se adequar a padrões normativos e assim assegurar a qualidade de seus produtos tem se intensificado, exigindo também um sistema de gestão eficaz para assegurar que os instrumentos de medição e processos de medição estejam adequados ao uso pretendido. De acordo com a norma ABNT NBR ISO 10012 (2004), a comprovação metrológica é o conjunto de operações necessárias para assegurar que um equipamento de medição atenda aos requisitos do seu uso pretendido, que inclui calibração ou verificação e qualquer ajuste necessário, e a mesma não é alcançada até que a adequação do equipamento é demonstrada e documentada. As calibrações podem ser realizadas pela própria organização, ou por laboratórios terceirizados (acreditados ou não).

Atualmente um número crescente de empresas tem feito o uso de laboratórios acreditados para a realização das calibrações de seus instrumentos de medição. De acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 (2005), “o laboratório deve utilizar métodos de calibração que atendam às necessidades do cliente e que sejam apropriados para as calibrações que realiza”. Ainda conforme esta norma, devem ser utilizados métodos publicados em normas internacionais, regionais ou nacionais para definir seus métodos de calibração e as características metrológicas a serem avaliadas.

Em suas revisões mais recentes, os documentos normativos de instrumentos de medição convencionais de especificação geométrica em âmbito internacional emitidos pela ISO (International Organization for Standardization), estão sendo baseados na norma ISO 14978 (2006). Esta Norma define as características metrológicas para a realização da calibração de instrumentos de medição convencionais utilizados no controle de especificações geométricas.

No Brasil apenas algumas normas ABNT NBR de instrumentos de medição convencionais de especificação geométrica foram revisadas recentemente. Também no Brasil a Coordenação Geral de Acreditação (CGCRE) emitiu o documento DOQ-CGCRE-004 (2010), com orientações sobre a seleção das características metrológicas mínimas a serem atendidas pelos laboratórios acreditados na realização de calibrações no grupo de serviços de calibração em metrologia dimensional.

Este artigo tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre as características metrológicas citadas na ISO 14978(2006) e nas normas ISO dos instrumentos de medição convencionais de especificação geométrica com as características metrológicas relacionadas nas normas ABNT NBR e no DOQ-CGCRE-004 vigentes, e propor sugestões de melhoria para as características metrológicas mínimas a serem consideradas no grupo denominado instrumentos de medição de comprimento.

O artigo inicia com uma fundamentação teórica sobre a ISO 14978 (2006) e apresentação das principais características metrológicas apresentadas por ela e pelas normas específicas de cada instrumento de medição. Na sequência é apresentada uma fundamentação teórica do DOQ-CGCRE-004 e a comparação das características metrológicas apresentadas por ele em relação as normas ISO dos instrumentos de medição avaliados. Por fim, são apresentadas as sugestões de melhoria na caracterização metrológica dos instrumentos de medição de comprimento.

2. ISO 14978 E AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 10012 (2004), as características metrológicas de um instrumento de medição são as propriedades que podem influenciar os resultados de medição, sendo que um equipamento de medição pode possuir mais de uma característica metrológica. Assim como a determinação dos erros máximos admissíveis para determinado instrumento de medição, a seleção das características metrológicas de um equipamento de medição geralmente é realizada pelo próprio usuário.

A norma ISO 14978 (2006) traz em seu escopo os requerimentos gerais, os termos e as definições das características metrológicas de instrumentos de medição convencionais, como relógio comparador, paquímetro e micrômetro. A norma em si aborda e descreve as características metrológicas e de projeto para serem utilizadas como base para normas específicas de equipamentos de medição convencionais; entretanto isso não excluiu o fato de que ela possa ser usada de base para a elaboração de normas específicas de equipamentos de medição mais complexos.

A norma busca também facilitar a comunicação entre fabricante/fornecedor e usuário/cliente, sendo também uma ferramenta a ser aplicada por organizações na definição e na seleção de características metrológicas relevantes para o equipamento a ser utilizado em uma tarefa de medição. A norma ISO 14978 (2006) traz critérios a serem seguidos na escolha das características metrológicas de instrumentos de medição convencionais de especificação geométrica. A seleção deve ser baseada nos seguintes fatores:

- a) A utilização habitual do equipamento de medição;
- b) A incerteza de medição do equipamento no processo de medição;
- c) A relevância dos princípios físicos inerentes ao equipamento de medição;
- d) O uso em atividades de manutenção e identificação de erros;
- e) A relação com peças e/ou funções específicas no equipamento;
- f) A relevância da magnitude em relação às outras características metrológicas.

Com o intuito de exemplificar a seleção de características metrológicas, a norma ISO 14978 (2006) também define as características metrológicas mais comuns e relevantes para equipamentos de medição convencionais, entre elas:

- a) Resolução de leitura;
- b) Intervalo de escala;
- c) Erro de indicação;
- d) Histerese;
- e) Características metrológicas influenciadas pela temperatura;
- f) Características metrológicas influenciadas pela força de medição;
- g) Outras características possíveis como paralaxe, planeza das faces, paralelismo das faces de medição, mecanismos de travamento e tempo de estabilização.

Todas as características metrológicas de um instrumento de medição devem ser avaliadas à temperatura de referência de 20°C, a menos que seja especificada outra temperatura. Na norma ISO 14978 (2006), a repetibilidade é definida como “capacidade do instrumento de medição repetir valores próximos em variadas medições de uma característica metrológica em particular” e esta pode ser expressa através do desvio padrão. A norma considera que a repetibilidade de uma característica metrológica é um dado importante a ser considerado no cálculo da incerteza de medição.

Tendo como referência a norma ISO 14978 (2006), normas específicas deveriam definir as características metrológicas relevantes para cada tipo de equipamento de medição. Sendo assim, várias normas ISO referentes a instrumentos de medição convencionais da área dimensional, já foram revisadas.

3. NORMATIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO CONVENCIONAIS.

Como citado anteriormente, a norma ISO 14978 (2006) serve como base para a elaboração de normas específicas de instrumentos de medição convencionais aplicados à especificação geométrica. Desta maneira, normas de instrumentos de medição convencionais publicadas recentemente, têm como base a norma ISO 14978 (2006) para a definição das suas características metrológicas. É importante destacar que no Brasil somente as normas referentes a relógios comparadores e extensômetros estão atualizadas conforme a última revisão da ISO.

Dentre as características metrológicas extraídas das normas dos instrumentos de medição, características metrológicas como repetibilidade, força de medição e resolução não serão consideradas neste estudo. O estudo teve

foco nas características metrológicas que tem relação direta com os erros máximos admissíveis dos instrumentos de medição.

Os instrumentos de medição convencionais de especificação geométrica abordados neste artigo são: paquímetro, medidor de altura, micrometro externo, micrômetro interno, relógio comparador, relógio apalpador, régua graduada, trena e extensômetro. Para cada instrumento de medição convencional abordado, são apresentadas as características metrológicas definidas por uma norma internacional ISO. Estas por sua vez, foram comparadas às características metrológicas abordadas nas normas brasileiras de cada instrumento.

Para o paquímetro, tem-se a norma ISO 13385-1 (2011), a qual traz em seu escopo as seguintes características metrológicas: erro de indicação com contato parcial da superfície de medição, erro de indicação com contato total da superfície de medição, erro de indicação com contato linear, erro da mudança de escala e o erro de indicação devido ao desalinhamento das faces nas medições internas. Em relação às normas brasileiras, a norma ABNT NBR 216 (2000) relaciona como características metrológicas do paquímetro: Erro de indicação e a variação de indicação próxima ao ponto zero.

O medidor de altura é normatizado na ISO 13225 (2012), a qual traz as características metrológicas e de projeto para medidores de altura unidirecionais, sendo estes com nônio, analógicos ou digitais; e para medidores de altura bidirecionais. Para os medidores de altura unidirecionais, a norma especifica como características metrológicas o erro de indicação com medição em direção descendente. Já para o medidor de altura bidirecional, a norma traz em seu escopo como características metrológicas: o erro de indicação com medição em direção ascendente, o erro de indicação com medição em direção descendente e o erro de perpendicularidade. No Brasil, a norma ABNT NBR 260 (2002) também diferencia as características metrológicas para medidores de altura unidirecionais e bidirecionais, a qual tem como características metrológicas do medidor de altura unidirecional o erro de indicação para medição de comprimento e a histerese. Já para medidores de altura bidirecionais, são adicionadas duas características metrológicas: a retitude e a perpendicularidade da trajetória de um ponto do dispositivo de medição.

No caso do micrômetro externo, em âmbito internacional tem-se a norma ISO 3611 (2010). Esta por sua vez tem como características metrológicas para micrometros externos: Erro de indicação (contato total com as faces de medição) e Erro de indicação (contato parcial com as faces de medição). No Brasil a norma para micrometro externo vigente é a ABNT NBR NM 3611 (1997), aonde as características metrológicas são: o erro de indicação, o erro de paralelismo e o erro de planeza.

Ao pesquisar as características metrológicas do micrometro interno de duas e de três pontas, verificou-se que estes não possuem normas ISO que estabeleçam as suas características. Desta maneira, utilizou-se como referência para a realização deste estudo a norma DIN 863 (1999), parte 4.

A Tabela 1 relaciona as características metrológicas por tipo de instrumento de medição, com base nas normas ISO (ou DIN, quando não tiver norma ISO disponível) e as normas nacionais vigentes.

4. DOQ-CGCRE-004 (2010)

De acordo com a norma ISO/IEC 17025 (2005), “o laboratório deve utilizar métodos e procedimentos apropriados para todos os ensaios e/ou calibrações dentro do seu escopo”. Também recomenda a utilização preferencial de métodos publicados em normas internacionais, regionais ou nacionais.

A CGCRE (Coordenação Geral de Acreditação), responsável pela gestão dos laboratórios acreditados dispõe de um documento orientativo relacionando as características metrológicas mínimas a serem avaliadas na calibração de itens da área dimensional, denominado DOQ-CGCRE-004, que se encontra em sua segunda revisão. Este documento estabelece diretrizes e orientações para a realização de calibrações no grupo de serviços de calibração em metrologia dimensional e tem o objetivo de auxiliar os laboratórios de calibração acreditados e postulantes e os avaliadores especialistas neste grupo de calibração. Na Tabela 1 também são relacionadas às características metrológicas a serem determinadas, por tipo de instrumento, conforme estabelecido DOQ-CGCRE-004 (2010).

5. PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS, POR TIPO DE INSTRUMENTO

Após o levantamento das características metrológicas dos instrumentos de medição convencionais de especificação geométrica apresentadas por normas e documentos orientativos, realizou-se uma análise comparativa. Posteriormente, a partir desta avaliação, foram propostas, também na Tabela 1, quais deveriam ser as características metrológicas mínimas a serem consideradas em um processo de calibração.

Tabela 1. Comparação das características metroológicas e proposta de adequação das características metroológicas dos instrumentos de medição convencionais com especificação geométrica.

Características metroológicas				
Instrumento de medição	Normas ISO	Normas Específicas	DOQ-CGCRE-004 (2010)	Proposta de adequação
Paquímetro	ISO 13385-1(2011): - Erro de indicação com contato parcial; - Repetibilidade com contato parcial; - Erro de indicação com contato total; - Erro de indicação com contato linear; - Erro de indicação devido a mudança de faces de medição; - Erro de indicação devido ao desalinhamento das faces nas medições internas de pequenos comprimentos.	ABNT NM NBR 216 (2000): - Erro de indicação; - Variação de indicação próxima a indicação zero.	- Erro de indicação; - Medição interna; - Medição de profundidade; - Medição de Rensalto; - Paralelismo das faces de medição externa; - Paralelismo das faces de medição interna.	- Erro de indicação com contato parcial; - Erro de indicação devido à mudança de faces de medição.
	ISO 13225 (2012): - Erro de indicação; - Repetibilidade.	ABNT NM NBR 260 (2002): - Erro de indicação para medição de comprimento; - Histerese.	Erros de indicação.	Erro de indicação.
Medidor de altura	ISO 13225 (2012): - Repetibilidade; - Erro de indicação bidirecional - Erro de perpendicularidade.	ABNT NM NBR 260 (2002): - Erro de indicação para medição de comprimento; - Histerese; - Retitude da trajetória de um ponto do dispositivo de medição; - Perpendicularidade da trajetória de um ponto do elemento medidor.		- Erro de indicação bidirecional; - Erro de perpendicularidade
Micrômetro externo	ISO 3611 (2010): - Erro de indicação com contato total; - Repetibilidade; - Erro de indicação com contato parcial.	ABNT NBR ISO 3611 (1997): - Erro de medição em qualquer ponto da faixa de medição; - Erro de ajuste de zero; - Erro de paralelismo; - Erro de planeza.	- Erro de indicação; - Erro de paralelismo; - Erro de planeza.	- Erro de indicação de contato total; - Erro de indicação de contato parcial.

Continuação tabela 1.

Micrômetro interno	-----	DIN 863-4 (1999): ▪ Erro de indicação em qualquer ponto da faixa de medição; ▪ Repetibilidade.	▪ Erro de indicação	▪ Erro de indicação
Relógio comparador	ISO 463 (2006): ▪ Repetibilidade; ▪ Histerese do erro de indicação; ▪ Erro de indicação em qualquer 1/10 de volta; ▪ Erro de indicação em qualquer 1/2 volta; ▪ Erro de indicação em uma volta; ▪ Erro de indicação na faixa de medição.	ABNT NBR ISO 463 (2013): ▪ Idem a versão da ISO 463 (2006)	Para relógio comparador centesimal: ▪ Erros de indicação; ▪ Parâmetros fges, fu e fe da DIN 878. Para relógio comparador milesimal: ▪ Erros de indicação; ▪ Parâmetros fges, fu e fe da DIN 879.	▪ Histerese do erro de indicação; ▪ Erro de indicação em qualquer 1/10 de volta; ▪ Erro de indicação em qualquer 1/2 volta; ▪ Erro de indicação em uma volta; ▪ Erro de indicação na faixa de medição.
Relógio apalpador	ISO 9493 (2010): ▪ Repetibilidade; ▪ Histerese do erro de indicação; ▪ Erro de indicação em qualquer 1/10 de volta; ▪ Erro de indicação em qualquer 1/2 volta; ▪ Erro de indicação em uma volta; ▪ Erro de indicação na faixa de medição.	-----	▪ Erro de indicação.	▪ Histerese do erro de indicação; ▪ Erro de indicação em qualquer 1/10 de volta; ▪ Erro de indicação em qualquer 1/2 volta; ▪ Erro de Erro de indicação em uma volta; ▪ Erro de indicação na faixa de medição.
Régua graduada	-----	ABNT NBR NM 279 (2002) ▪ Retitude da borda; ▪ Planeza; ▪ Erro de indicação.	▪ Erro de indicação.	▪ Erro de indicação.
Trena	-----	ABNT NBR 10123 (2012) ▪ Erro de indicação entre duas marcas; ▪ Erro de indicação para faixa de medição; ▪ Erro de indicação de retitude lateral das fitas	▪ Erro de indicação.	▪ Erro de indicação entre duas marcas; ▪ Erro de indicação para faixa de medição.
Extensômetro	ISO 9513 (2012) ▪ Erro de indicação.	ABNT NBR ISO 9513 (2013) ▪ Erro de indicação.	▪ Erro de indicação.	▪ Erro de indicação.

É possível observar que existem possibilidades de melhoria na descrição das características metrológicas relacionadas no documento DOQ-CGCRE-004 (2010), seja pela necessidade de atualização junto aos documentos normativos, como também para melhor entendimento das mesmas.

A norma 13385-1 (2011) relaciona uma diversidade de características metrológicas a serem avaliadas em um paquímetro. O documento DOQ-CGCRE-004 (2010) confunde característica metrológica com tarefa de medição. A proposição de características metrológicas para paquímetro é:

- a) Erro de indicação com contato parcial: para determinação deste erro, faz-se necessário a medição em diferentes alturas dos bicos do paquímetro (medição externa), e ao longo de sua faixa de medição;
- b) Erro de indicação devido a mudança de faces de medição: erro de indicação obtido em medições realizadas em outras faces de medição (interna, profundidade, ressalto).

Para o medidor de altura unidirecional, a característica relevante a considerar é o erro de indicação, considerando as medições sendo realizadas no sentido descende. Para o medidor de altura bidirecional, normalmente dotado de melhor resolução, a recomendação é avaliar o erro de indicação em ambos os sentidos de medição e o erro de perpendicularidade ao longo de seu comprimento.

Nas medições realizadas em com um micrômetro externo, as faces de medição podem ter contato total ou parcial com o mensurando. Assim, como características metrológicas a serem avaliadas, são recomendadas:

- a) Erro de indicação com contato total: este erro considera a medição utilizando toda a face de contato de medição (por exemplo, a utilização de blocos-padrão);
- b) Erro de indicação com contato parcial: este erro considera na incerteza de medição os efeitos do paralelismo e planeza das faces de medição.

Na calibração de micrômetros internos, seja de 2 pontas ou de 3 pontas, a característica a ser determinada é o erro de indicação, não havendo mudança nas práticas atuais. Somente é importante destacar que a necessidade de medição de vários pontos ao longo da faixa de medição, para verificar a ocorrência de uma eventual linearidade nos erros encontrados.

As maiores diferenças verificadas entre o DOQ-CGCRE-004 (2010) em relação às normas ISO foram referentes aos relógios comparadores e apalpadores. As normas ISO 463 (2006) e a ISO 9493 (2010) têm abrangência para resoluções centesimais e milésimas. No documento DOQ-CGCRE-004 (2010), as características metrológicas estavam relacionadas a versões anteriores das normas DIN 878 e DIN 2270, que já tem sua terminologia adequada às normas ISO em suas edições atuais (2006 e 2016, respectivamente). Na proposição das características metrológicas apresentadas na Tabela 1, é necessário que seja calibrado um número adequado de pontos ao longo da faixa de medição do relógio, para a determinação dos erros de indicação e da histerese. Conforme a 14978 (2006), a histerese do erro de indicação é a diferença média, considerando toda faixa de medição, entre valores de indicação dados para um mesmo valor convencional, obtidos em ambos os sentidos de deslocamento da haste móvel.

No caso da régua graduada, a norma brasileira traz três características ditas relevantes para serem avaliadas na calibração do instrumento. Entretanto, a característica a ser determinada é o erro de indicação, não ocorrendo mudanças nas atuais práticas do documento.

Para a trena é relevante fazer o acréscimo do erro de indicação entre duas marcas como uma característica no processo de calibração do equipamento.

Ao analisar o caso do extensômetro, é notável a concordância em relação às características metrológicas avaliadas pela norma brasileira e pela ISO com as características avaliadas pelo DOQ-CGCRE-004 (2010). Neste caso, também não há necessidade que ocorra mudanças nas práticas vigentes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta última década, as normas específicas de instrumentos de medição editadas pela ISO foram revisadas, adequando seu conteúdo às definições estabelecidas na norma ISO 14978 (2006). Em relação às normas ABNT NBR, somente 2 normas de equipamentos de medição foram revisadas. Também foi evidenciado que adequações são necessárias no documento orientativo DOQ-CGCRE-004 (2010), quanto à atualização das características metrológicas a serem avaliadas nos instrumentos de medição.

A ISO 14978 (2006) intenciona facilitar a comunicação entre fabricante/fornecedor com o cliente/usuário, sendo também uma ferramenta para auxiliar as organizações na definição das características relevantes dos instrumentos de medição. Neste sentido, a uniformização nas terminologias e nas definições de características metrológicas auxiliaria os usuários na seleção de laboratórios de calibração.

Este trabalho propôs as características metrológicas mínimas a serem avaliadas nos processos de calibração, referente aos instrumentos de medição de comprimento tipicamente utilizados na indústria mecânica. Como complementação a este trabalho, é recomendado que também sejam definidas as diretrizes mínimas de calibração a serem seguidas para a determinação das características metrológicas relevantes. Critérios comuns na coleta de dados de medição permitirá a convergência na estimativa da incerteza de medição, melhorando a qualidade de informação dos prestadores de serviços de calibração.

7. REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2004, “ABNT NBR ISO 10012: Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamentos de medição”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2005, “ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2000, “ABNT NBR NM 216: Paquímetros e paquímetros de profundidade – Características construtivas e requisitos metrológicos”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 1997, “ABNT NBR NM 3611: Micrômetro para medições externas”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2002, “ABNT NBR 260: Medidor de altura - Características construtivas e requisitos metrológicos”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2002, “ABNT NBR NM 279: Instrumentos de medição - Régua graduada de aço - Características construtivas e requisitos metrológicos”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2012, “ABNT NBR ISO 10123: Instrumento de medição e controle — Trena de fita de aço — Requisitos”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2013, “ABNT NBR ISO 463: Especificações Geométricas dos Produtos (GPS) — Instrumentos de medição dimensional — Características metrológicas e de projeto de relógio comparador mecânico”, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2013, “ABNT NBR ISO 9513: Materiais metálicos — Calibração de sistemas extensométricos usados em ensaios uniaxiais”, Rio de Janeiro, Brasil.
- CGCRE (Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO), 2010, “DOQ-CGCRE-004: Orientação para a realização de calibrações no grupo de serviços de calibração em metrologia dimensional”, Rio de Janeiro, Brasil.
- DIN (Deutsches Institut für Normung), 1999, “DIN 863: Verification of geometrical parameters – Micrometers – Part 4: Internal micrometers — Concepts, requirements,”, Berlin, Germany.
- ISO (International Organization for Standardization), 2006, “ISO 14978: Geometrical product specifications (GPS) - General concepts and requirements for GPS measuring equipment”, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization), 2006, “ISO 463: Geometrical Product Specifications (GPS) - Dimensional measuring equipment - Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges”, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization), 2010, “ISO 3611: Geometrical product specifications (GPS) - Dimensional measuring equipment: Micrometers for external measurements - Design and metrological characteristics”, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization), 2010, “ISO 13385-1: Geometrical product specifications (GPS) - Dimensional measuring equipment - Part 1: Callipers; Design and metrological characteristics”, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization), 2012, “ISO 13225: Geometrical product specifications (GPS) – Dimensional measuring equipment; Height gauges -- Design and metrological characteristics”, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization), 2012, “ISO 9513: Metallic materials -- Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing”, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization), 2010, “ISO 9493: Geometrical product specifications (GPS) - Dimensional measuring equipment: Dial test indicators (lever type) - Design and metrological characteristics”, Geneva, Switzerland.