



METODOLOGIA PARA UNIFORMIZAÇÃO NO TRATAMENTO DAS QUESTÕES METROLÓGICAS EM SISTEMAS DE GARANTIA DA QUALIDADE

Carlos Alberto Flesch (flesch@emc.ufsc.br)

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica
Caixa Postal 5053 – 88040-970 – Florianópolis, SC, Brasil

Luiz Soares Júnior (lsj@labmetro.ufsc.br)

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Mecânica
Campus do Pici, Bloco 714 – Centro de Tecnologia 60455-760 – Fortaleza, CE, Brasil

***Resumo.** A falta de uniformidade de critérios no tratamento das questões metrológicas dentro dos sistemas da qualidade faz com que sistemas com características idênticas recebam tratamento totalmente heterogêneo. Isso ocorre tanto na elaboração de procedimentos quanto nos critérios adotados por parte das auditorias. Neste artigo são apresentados os principais resultados de um amplo levantamento de informações em normas e documentos específicos que relacionam metrologia e garantia da qualidade e de uma pesquisa detalhada feita em quinze empresas certificadas segundo as normas ISO 9000. É enfocado, em maiores detalhes, o problema da análise de conformidade de instrumentos de medição. Fica evidenciado que os certificados de calibração, da forma como são apresentados atualmente, inclusive os da Rede Brasileira de Calibração, não são adequados para atender os requisitos de garantia da qualidade metrológica. Adicionalmente é apresentada uma proposta de metodologia para estruturação dos aspectos metrológicos inerentes à implantação de sistemas da qualidade. A metodologia tinha sido avaliada anteriormente sob condições reais de utilização.*

***Palavras-chave:** Metrologia, Qualidade, Instrumentação, Calibração, Incerteza de medição.*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de padronização dos procedimentos metrológicos e a contínua implementação de ações que garantam confiabilidade metrológica cresceram sobremaneira com a disseminação da implantação de programas de garantia da qualidade.

A aplicação correta de procedimentos metrológicos, para garantir e demonstrar a confiabilidade dos resultados de medições nas avaliações de conformidade com especificação, constitui-se requisito exigido nos Sistemas de Garantia da Qualidade Metrológica.

Apesar da grande importância da aplicação de procedimentos metrológicos confiáveis na garantia da qualidade industrial, constata-se uma significativa diferença entre as ações exigidas nas normas de garantia da qualidade e as práticas metrológicas no meio industrial.

Essa constatação deu-se através da realização de um amplo levantamento de informações em normas e documentos que relacionam metrologia e garantia da qualidade, e do estudo de casos (UFC *et al.*,1999) junto a quinze empresas brasileiras de médio e grande porte, certificadas segundo as normas ISO 9000.

Os resultados de tal levantamento foram analisados de forma criteriosa frente a normas e procedimentos que representam o estado da arte na aplicação da metrologia na garantia da qualidade. O trabalho resultou numa metodologia denominada de *GCM – Guia para Confiabilidade Metrológica*. Seu objetivo é auxiliar empresas na etapa de implementação de Sistemas de Garantia da Qualidade Metrológica.

Neste artigo emprega-se a terminologia oficial brasileira do VIM/95 (INMETRO, 1995) e o Guia para expressão da incerteza de medição, o ISO-GUM (BIPM *et al.*,1998).

2. CENÁRIO ATUAL DA METROLOGIA NO CONTEXTO DA GARANTIA DA QUALIDADE INDUSTRIAL

As constatações apresentadas, classificadas em gerais e específicas, estão fundamentadas nas informações oriundas do levantamento de informações em normas e na pesquisa através de estudo de casos em quinze empresas certificadas segundo as normas ISO 9000.

2.1 Constatações gerais

- a) não foi identificada uma metodologia geral, que tenha sido publicada, para implementação de Sistemas de Garantia da Qualidade Metrológica;
- b) verificou-se deficiência na fundamentação metrológica na grande maioria dos procedimentos formais implementados nas empresas, especialmente para seleção, avaliação de incertezas de medição e de conformidade com especificações;
- c) as normas ISO 9000 atuais e os projetos de normas ISO 9000 para o ano 2000, abordam de forma bastante superficial os requisitos metrológicos por elas exigidos;
- d) *requisitos metrológicos*, citado por 80% (12/15) das empresas pesquisadas, é um dos principais problemas no processo de certificação ISO 9000;
- e) termos como *exatidão* (no sentido quantitativo), *precisão e aferição* ainda são frequentes nos procedimentos documentados. Cerca de 60% (9/15) das empresas pesquisadas uniformizaram a terminologia utilizada nos documentos do sistema da qualidade, usando as normas ISO/ABNT NBR 8402/1994 e a ISO/ABNT NBR 10012-1/1993;
- f) apesar de ser um requisito (item 4.18) da ISO/ABNT NBR 10012-1/1993 e das normas contratuais ISO 9001/2/3, verificou-se a pouca importância dada para o treinamento em metrologia. Apenas 33% (5/15) das empresas pesquisadas incluíram a metrologia dentro da sua programação de treinamento;
- g) cerca de 67% (10/15) das empresas pesquisadas utilizam a *experiência própria* para estabelecer os intervalos de calibração dos instrumentos de medição da empresa.

2.2 Constatações específicas

a) Dificuldades relevantes na implementação dos requisitos metrológicos da ISO 9000 e seus documentos complementares

Os resultados apresentados na Fig. 1 confirmam a suposição que a base de um Sistema de Garantia da Qualidade Metrológica bem implementado é a formação adequada em metrologia do pessoal da empresa. Quatorze das quinze (14/15) empresas pesquisadas afirmam que o pessoal sem conhecimentos básico em metrologia é uma das principais dificuldades constatadas no processo de implementação dos requisitos metrológicos.

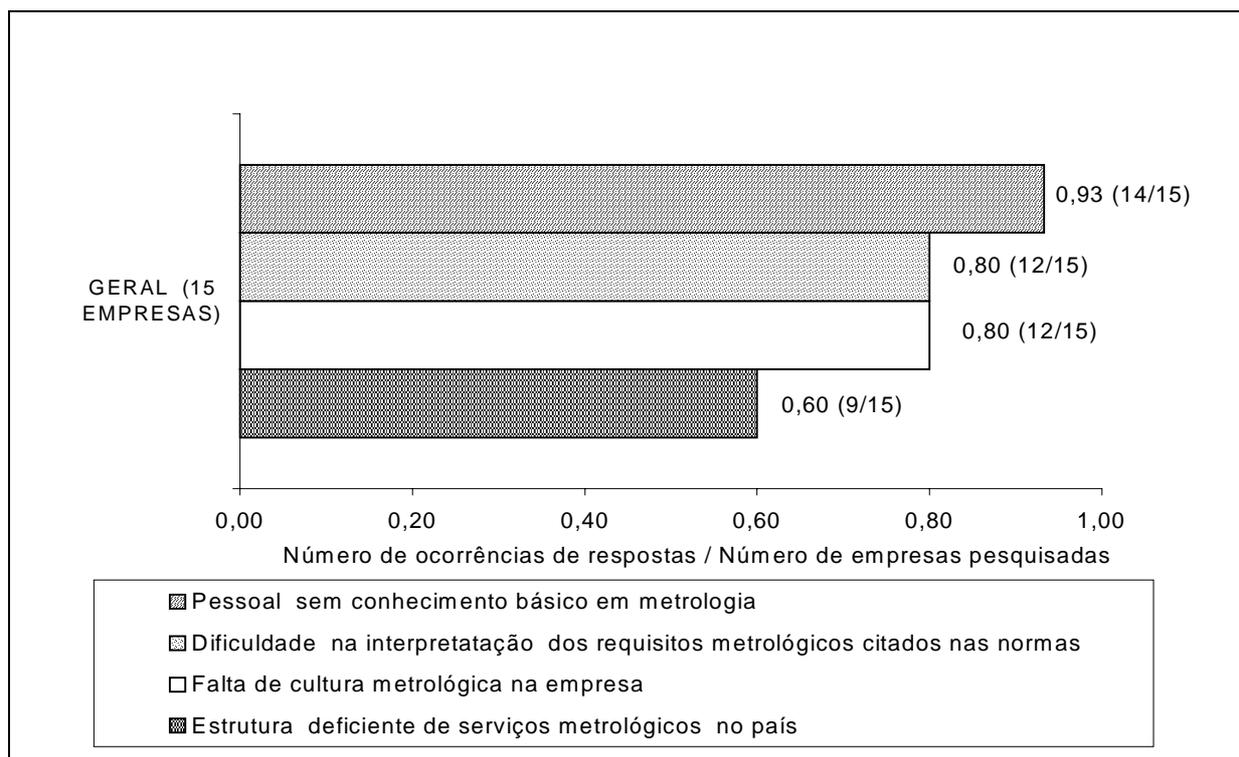


Figura 1- Dificuldades relevantes na implementação dos requisitos metroológicos

b) Seleção de sistemas ou instrumentos de medição críticos

A pesquisa (UFC *et al.*,1999) revelou que 60% (9/15) das empresas pesquisadas indicaram que não se utilizam de procedimentos documentados na seleção de seus instrumentos de medição. Fazem a seleção informalmente.

As seis restantes afirmaram que possuem procedimentos documentados para seleção dos instrumentos de medição. Pôde-se constatar, pela análise dos procedimentos, que a seleção formal de instrumentos de medição se baseia nas seguintes relações:

- a **tolerância** do processo ou produto e o **erro máximo admissível** do instrumento de medição;
- a **tolerância** do processo ou produto e o **valor de uma divisão** do instrumento de medição.

c) Método de cálculo da incerteza de medição na calibração interna

Constatou-se, em todas as empresas pesquisadas, que o requisito, cálculo de incerteza, é entendido como obrigatório apenas nas tarefas de calibração. Sete das nove (7/9) empresas que realizam calibração interna afirmaram que possuem metodologia própria para o cálculo da incerteza de medição. Dessas, apenas seis evidenciaram a forma de cálculo. Verificou-se duas formas distintas de cálculo de incertezas:

$$U_{95\%} = \pm (s_x^2 + I_{hp}^2)^{1/2} \cdot 2 \quad (1)$$

$$U_{95\%} = \pm [(\frac{t \cdot s_x}{\sqrt{n}})^2 + I_{hp}^2]^{1/2} \quad (2)$$

- s_x é o desvio padrão experimental das indicações;
- I_{hp} é a incerteza herdada do padrão de medição usado;
- fator multiplicativo 2 (dois) para se relatar a incerteza em um nível da confiança de 95%;
- t é o fator *t student* para um nível da confiança de 95%;
- n é o número de medições realizadas.

d) Metodologia para estabelecer o critério de aceitação do sistema ou instrumento de medição calibrado

A pesquisa indicou que cerca de 87% (13/15) das empresas pesquisadas possuem uma metodologia para aceitar (comprovar a conformidade) ou não aceitar (comprovar a não conformidade) dos sistemas ou instrumentos de medição calibrados.

Constatou-se, em quase todas as empresas pesquisadas, que o critério de aceitação resume-se na **relação de um "parâmetro" do sistema ou instrumento de medição, resultante da calibração, com a tolerância do mensurando (grandeza específica a medir) do processo ou produto.**

Esse "parâmetro" recebeu diferentes denominações não conformes com a terminologia vigente. Sua determinação, nos procedimentos analisados, se dá de diversos modos:

$$\text{"Parâmetro"} = (T_{d_{máx}}^2 + U_{máx\ 95\%}^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$\text{"Parâmetro"} = (T_{d_{máx}} + U_{máx\ 95\%} + I_{hp}) \quad (4)$$

$$\text{"Parâmetro"} = U_{máx\ 95\%} \quad (5)$$

- $T_{d_{máx}}$ é a tendência máxima constatada no certificado de calibração do instrumento;
- $U_{máx\ 95\%}$ é a incerteza correspondente a tendência máxima relatada no certificado de calibração;
- I_{hp} é a incerteza herdada do padrão usado na calibração.

Verificou-se uma variedade de fórmulas de cálculo do "parâmetro" resultante da calibração. A tolerância do processo ou produto foi utilizada (e não o erro máximo admissível) na relação para efeito de aceitação, ou não, do instrumento de medição calibrado.

3. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE GARANTIA DA QUALIDADE METROLÓGICA

As constatações gerais e específicas apresentadas no item anterior indicam, essencialmente, falta de uma metodologia geral para implementação de Sistemas de Garantia da Qualidade Metrológica e de fundamentação para as atividades metrológicas.

Propõe-se, neste trabalho, uma forma sistematizada de implementação de Sistemas de Garantia da Qualidade Metrológica - SGQM, apresentando-se, para esse propósito, os tópicos gerais de um guia denominado de: **Guia para Confiabilidade Metrológica – GCM**. A estrutura de tópicos apresentada na Tabela 1 constitui-se no "projeto do GCM" que está em fase de elaboração na forma de hipertexto. Ao mesmo tempo em que está recebendo uma forma final de apresentação, a metodologia aqui proposta está sendo avaliada sob condições reais de aplicação. Foi concluída a implantação integral da metodologia proposta em três unidades de uma empresa de grande porte. Após a implantação a empresa já passou, sem apresentar qualquer não conformidade de cunho metrológico, por duas auditorias externas.

A estrutura do Guia para Confiabilidade Metrológica consiste de quatro módulos de documentos e informações interrelacionados por meio de "*links*". Os módulos são:

- Etapas de implementação do Sistema de Garantia da Qualidade Metroológica.
- Normas de garantia da qualidade, gestão da qualidade e terminologia.
- Normas e documentos específicos.
- Exemplos práticos.

Além da facilidade de exploração do conteúdo do GCM, a forma de hipertexto o torna adequado para uso com recursos multimídia e na "internet".

Tabela 1 – Tópicos gerais do Guia para Confiabilidade Metroológica - GCM

Seqüência proposta no GCM para implementação do Sistema de Garantia da Qualidade Metroológica SGQM		Referência cruzada com os requisitos NBR ISO	
		9001	10012-1
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Elaboração de procedimentos</div> <div style="border-left: 1px dashed black; border-right: 1px dashed black; height: 200px; margin: 0 10px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Aprovação dos procedimentos</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Formação da equipe de implementação</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Identificação das grandezas significativas</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Identificação dos instrumentos de medição disponíveis na empresa</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Formação da documentação para consulta e referência</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Definição das tolerâncias admissíveis para as grandezas significativas</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Seleção dos instrumentos de medição</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Definição do parâmetro para avaliação da conformidade do instrumento de medição selecionado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Avaliação de conformidade e das incertezas de medição</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Definição dos intervalos iniciais de calibração e da otimização destes</div>	(4.18) (4.11.1)	(4.7) (4.18)
	(4.11.2a)	Não Aplicável	
	(4.11.2b)	(4.8)	
	(4.11.1)	(4.8)	
	(4.11.2a)	Não Aplicável	
	(4.6.1) (4.11.2a)	(4.5)	
	(4.11.2a)	(4.2)	
	(4.11.1) (4.11.2a) (4.11.2c)	(4.6) (4.16)	
	(4.11.1) (4.11.2c)	(4.11)	
	Ferramentas de auxílio à confiabilidade metroológica podem ser usadas, se necessárias, independentemente da seqüência acima.		(4.11.2e; f;g;h;i;4.18;4.20)

4. AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE SEGUNDO A METODOLOGIA PROPOSTA

A avaliação de conformidade com especificações, seja de instrumentos de medição ou de grandezas específicas em geral, representa uma das principais atividades dentro de um sistema de garantia da qualidade. Usualmente essa atividade compreende procedimentos metrológicos importantes tais como: seleção, avaliação de incertezas de medição e calibração.

A tarefa de seleção envolve normalmente além dos aspectos metrológicos, diversos fatores tais como: custos de aquisição e operação, assistência técnica, grau de automatização possível, entre outros. Entretanto sob o aspecto do cumprimento dos requisitos exigidos pelas normas da série ISO 9000, a empresa deve proceder a correta seleção dos instrumentos de medição considerando uma relação adequada entre tolerância do mensurando e a incerteza estimada do processo de medição. Essa relação não é única e deve ser ponderada entre o que é realizável e o que é necessário. Várias relações têm sido citadas, umas mais conservativas outras menos, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Relações tolerâncias/incerteza do processo de medição usuais.

$\frac{T}{U_{95\%}} \leq 10$	$\frac{T}{U_{95\%}} \leq 5$	$3 \leq \frac{T}{U_{95\%}} \leq 5$
(Gonçalves,1997;Weckenmann, 1998)	(Pfeifer, 1998)	(Pérez, 1999)

Se a relação tolerância e incerteza estimada é satisfeita, o instrumento é apto para medição no processo produtivo. Sua capacidade de avaliar conformidade com a especificação somente é garantida se todos os componentes significativos de incertezas forem mantidos dentro dos limites aceitáveis considerados na estimativa da incerteza do processo de medição.

As normas de garantia da qualidade ISO 9000 exigem a avaliação e expressão da incerteza de medição através de procedimentos documentados. Entretanto nessas normas atuais, e na versão ISO/CD1 9001:2000/1998, em fase de discussão, não há qualquer recomendação sobre qual método deva ser utilizado para essa avaliação. Este trabalho propõe o uso da metodologia estabelecida no "ISO-GUM" (BIPM *et al.*,1998) ou ISO/TR 14253-2/1997.

Esses documentos estabelecem regras gerais para avaliar e expressar a incerteza de medição, que podem ser seguidas em vários níveis de exatidão e em muitos campos, desde o chão de fábrica até a pesquisa fundamental.

Dentre as justificativas para aplicação do "ISO-GUM" como referência para os procedimentos formais do sistema de garantia da qualidade, cita-se:

- os procedimentos de cálculo e os registros das informações são atualmente bastante facilitados pelo uso de recursos computacionais disponíveis;
- o rigor no levantamento dos componentes de incertezas pelo "ISO-GUM" depende do nível de incerteza requerido para o processo de medição; ponderando-se dessa forma entre o que é necessário e os recursos disponíveis de tempo, material e de pessoal na empresa;
- o "ISO-GUM" se relaciona com diversos documentos e normas aplicáveis no contexto da garantia da qualidade industrial; sendo fácil de integrá-lo como documento de referência para os procedimentos do Sistema de Garantia da Qualidade Metrológica. A Fig. 2 apresenta esse relacionamento.

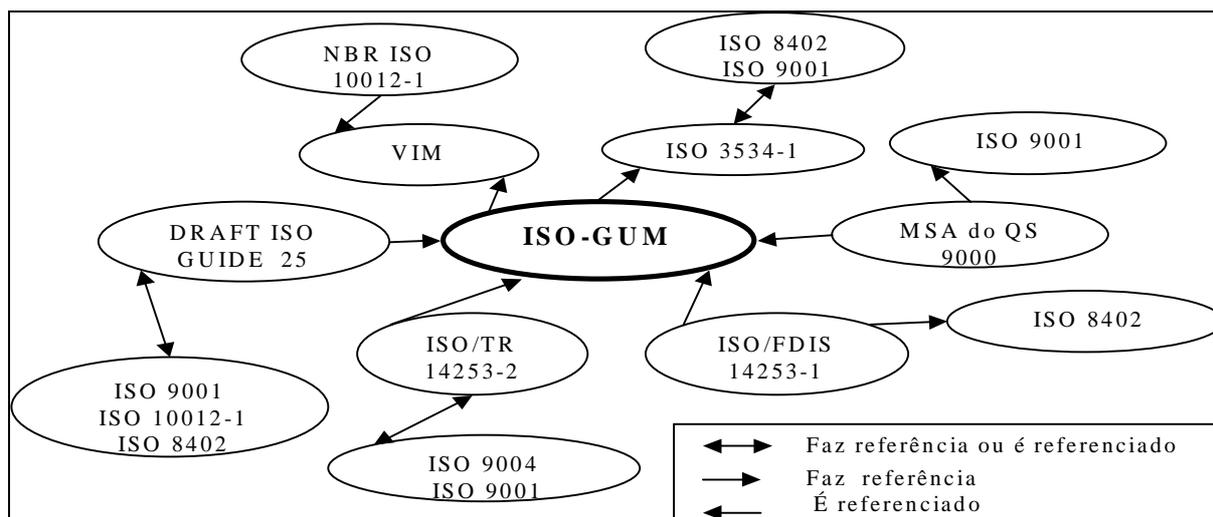


Figura 2 - Relacionamento do "ISO-GUM" com documentos aplicáveis na garantia da qualidade.

Após selecionado corretamente o instrumento de medição, parte-se para a definição do parâmetro usado na avaliação de conformidade com sua especificação. Propõe-se que esse parâmetro seja o seu **erro máximo admissível (Emad)**. Dessa forma os erros máximos do instrumento de medição, avaliados no processo de calibração, devem ser comparados com os erros máximos admissíveis adotados de uma norma, especificação de fabricante ou regulamento legal, considerando-se a incerteza de medição avaliada na calibração.

Propõe-se, neste trabalho, a aplicação do documento denominado de ISO/FDIS 14253-1/1997, direcionado para área GPS (*Geometrical Product Specification*), na avaliação de conformidade quando não existir uma regulamento legal definindo o critério de conformidade ou um acordo específico entre fornecedor e cliente. O documento considera a incerteza do processo de medição, avaliada segundo o "ISO-GUM" .

No meio industrial é comum o uso da informações constantes no certificado de calibração para decidir quanto à aceitação ou rejeição do instrumento de medição calibrado (avaliação de conformidade) (UFC *et al.*, 1999). A decisão se dá, usualmente, pela comparação do parâmetro resultante da combinação entre a tendência e sua incerteza, com o erro máximo admissível adotado de normas ou com a tolerância do mensurando. Essa última com mais frequência (UFC *et al.*, 1999).

As informações apresentadas nos certificados de calibração, inclusive os da Rede Brasileira de Calibração - RBC, são insuficientes para a avaliação de conformidade do instrumento de medição. Nesses certificados, somente a estimativa do erro sistemático, caracterizada pela tendência do instrumento e sua incerteza são determinados. Falta, portanto, a estimativa do erro aleatório do instrumento, caracterizada pela repetitividade e sua incerteza.

Uma forma adequada de avaliar a incerteza de medição e expressar os resultados da calibração é a apresentação dos parâmetros **tendência** e **repetitividade** e a **incerteza associada à estimativa desses parâmetros**. A avaliação de incertezas deve estar baseada no "ISO-GUM" (BIPM *et al.*, 1998) ou ISO/TR 14253-2/1997.

Desse modo, é proposta deste trabalho que os resultados da calibração sejam:

- a) a tendência e a incerteza da tendência para cada ponto calibrado;
- b) a repetitividade do instrumento para o nível da confiança, por exemplo, de 95% e sua incerteza em cada ponto calibrado;
- c) a incerteza de medição para cada ponto calibrado, associada ao resultado da combinação da tendência e repetitividade. O máximo resultado dessa combinação é denominado neste trabalho de erro máximo do instrumento (**Emáx**).

O erro máximo **Emáx** do instrumento somado à sua incerteza associada é denominado neste trabalho de erro máximo avaliado (**Emav**). Esse parâmetro é o que deve ser comparado com o erro máximo admissível (**Emad**) adotado de informações de fabricante ou de norma quando da avaliação da incerteza do processo de medição.

As definições e simbologia para erro máximo do instrumento e erro máximo avaliado são propostas deste trabalho, já que não constam no Vocabulário Internacional de Metrologia VIM (INMETRO, 1995).

Tem-se, portanto, a seguinte expressão:

$$Emáx = \pm (|Td| + t.s)_{máx} \quad (6)$$

- Td é tendência do instrumento de medição;
- t.s é a repetitividade do instrumento de medição.

A expressão para o erro máximo avaliado (Emav) é:

$$Emav = \pm (Emáx + U_{Emáx}) \quad (7)$$

- Emav é o erro máximo avaliado do instrumento nas condições de referência;
- $U_{Emáx}$ é a incerteza expandida do erro máximo do instrumento (por exemplo com nível da confiança de aproximadamente 95%).

Faz-se algumas considerações sobre o método apresentado:

- a) A composição dos parâmetros: tendência, repetitividade e incerteza do erro máximo, informados separadamente no certificado de calibração é bastante simples. Além disso, essa forma de apresentação não altera o modo atual de coleta de dados na calibração.
- b) A metodologia de avaliação de incertezas é baseada no "ISO-GUM" ou no ISO/TR 14253-2/1997.
- c) Da mesma forma que na avaliação da incerteza de uma medição qualquer, o metrologista deve analisar todos os possíveis componentes de incertezas associados à determinação da tendência e da repetitividade, bem como as possibilidades de correlação.
- d) A forma de apresentação dos resultados, mostrado na Eq. (7), é facilmente aplicável na avaliação de conformidade pelo método estabelecido na ISO/FDIS 14253-1/1997.

A limitação do método proposto ocorre quando o número de ciclos de medição é reduzido e a dispersão dos valores medidos é significativa. Pela Eq. (6) verifica-se que na situação particular descrita, o valor do erro máximo do instrumento (**Emáx**) pode se tornar bastante elevado, principalmente pelo fator *t de student* que aumenta à medida que o número de ciclos de medição diminui para o mesmo nível da confiança.

Dessa forma a comparação do erro máximo avaliado (**Emav**) com o erro máximo admissível (**Emad**) pode ser inadequada. Esse problema fica minimizado pela tendência atual de redução do erro de repetitividade, especialmente para os instrumentos de medição digitais.

Um método alternativo, proposto também neste trabalho, para avaliar incerteza de medição e expressar os resultados da calibração e que também é aplicável na avaliação da conformidade com a especificação, foi aplicado em um caso real numa empresa.

O método é baseado no "ISO-GUM" e considera a repetitividade avaliada do instrumento. O certificado de calibração apresenta a tendência, sua incerteza e o erro máximo avaliado (**Emav**).

O erro máximo avaliado é determinado da seguinte forma:

$$Emav = \pm (|Td| + U'_{95\%})_{máx} \quad (8)$$

- $Td_{máx}$ é a tendência máxima do instrumento de medição;

- $U'_{95\%}$ é a incerteza resultante da combinação da repetitividade do instrumento com os componentes de incerteza da calibração.

A incerteza $U'_{95\%}$ é determinada por:

$$U'_{95\%} = (s^2 + \sum_{i=1}^n u_i^2)^{1/2} \cdot k \quad (9)$$

- s é a repetitividade (desvio padrão experimental) do instrumento de medição com nível de confiança de aproximadamente 68%;
- $\sum u_i^2$ é a somatória dos componentes de incertezas provenientes dos efeitos sistemáticos da calibração;
- k é o fator de abrangência calculado segundo o "ISO-GUM" (BIPM *et al.*, 1998).

Esse método demonstrou ser de fácil aplicação, notadamente com o uso de planilhas de cálculo onde a comparação entre o erro máximo avaliado e o erro máximo admissível se deu de forma automática.

O uso do erro máximo avaliado (**Emav**) com as regras da ISO/FDIS 14253-1/1997 permite comprovar conformidade, ou não conformidade, com a especificação.

5. CONCLUSÕES

A realização da pesquisa através de estudo de casos em quinze empresas brasileiras certificadas segundo as normas ISO 9000 e a análise detalhada das informações resultantes possibilitaram a identificação de uma gama considerável de dificuldades reais envolvidas na implementação de sistemas metrológicos.

Constata-se uma generalizada falta de fundamentação metrológica na elaboração dos procedimentos formais implementados nas empresas e até a ocorrência de erros conceituais grosseiros dentro dos procedimentos metrológicos. A forma lacônica com que são tratados os requisitos metrológicos nas normas de garantia da qualidade ISO 9000 e a deficiência de recursos humanos em metrologia nas indústrias contribuem para esse fato.

A aplicação, em casos reais, da metodologia de implementação de Sistemas de Garantia da Qualidade Metrológica proposta neste trabalho, demonstrou que grande parte da desejável fundamentação metrológica pode ser alcançada pelo uso correto de normas e procedimentos oriundos de reconhecidas organizações internacionais.

A documentação das calibrações, da forma como é atualmente realizada, não atende às necessidades de um Sistema de Garantia da Qualidade Metrológica. Proposta de conteúdo dos certificados de calibração foi apresentada neste trabalho. A implementação de tal proposta não implica qualquer alteração na forma de coleta de dados na calibração.

Agradecimentos

À PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A (Unidades do Estado de Santa Catarina), pelo apoio aos estudos que embasaram este trabalho.

REFERÊNCIAS

- BIPM; *et al.*, 1998, *Guia para Expressão da Incerteza de Medição* - 2ª ed. brasileira do "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", RH-Metrologia, Rio de Janeiro, RJ.
- Weckenmann, A. & Knauer, M., 1998, *Causes and Consequences of Measurement Uncertainty in Production Metrology*, 6th IMEKO SYMPOSIUM, Wien, Austria, September 8-10

- Gonçalves JR., A. A., 1997, *Metrologia - Parte 1* - Apostila utilizada no curso de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial da UFSC, Florianópolis, SC.
- ISO/CD1 9001:2000, 1998, *Quality Management Systems - Requirements* - ISO/TC 176/SC 2/N415, Genève, Switzerland.
- ISO/FDIS 14253-1, 1997, *Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specification*, Genève, Switzerland.
- ISO/TR 14253-2, 1997, *Inspection by measurement of workpieces and measuring equipments Part 2: Guide to the estimation of uncertainty of measurement in calibration of measuring equipment and product verification*, Genève, Switzerland.
- INMETRO, 1995, *Vocabulário internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia* - Versão Brasileira do "Vocabulary of basic and general terms in metrology" publicado em 1993 pela ISO/IEC/OIML/BIPM, Rio de Janeiro, RJ.
- ISO/ABNT NBR 8402, 1994, *Gestão da qualidade e garantia da qualidade - Terminologia* - Rio de Janeiro, RJ.
- ISO/ABNT NBR 10012-1, 1993, *Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição - Parte 1: Sistema de comprovação metrológica para equipamento de medição* - Rio de Janeiro, RJ.
- Pérez, A. M. S., 1999, *La metrología como soporte básico de los sistemas de calidad industriales* - VI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica
- Pfeifer, Tilo; Torres, Fernando, 1998, *Gestión Integral de La Calidad* - Ediciones Gestión 2000, Barcelona.
- UFC; et al., 1999, *Metrologia e a Certificação ISO 9000 no Estado do Ceará* – Relatório de pesquisa baseada em estudo de caso, Fortaleza, CE.

A METHODOLOGY FOR UNIFICATION OF THE TREATMENT OF METROLOGICAL ASPECTS IN QUALITY ASSURANCE SYSTEMS

Abstract. *The lack of a uniform criteria in dealing with metrological aspects within quality systems leads to an heterogeneous treatment of systems with identical characteristics. Such a problem occurs both during procedure elaboration and in the auditing criteria. This paper presents the main results of an extensive investigation of norms and specific documents relating metrology to quality ensuring. This paper also presents a detailed research about fifteen companies certified according to ISO 9000. The emphasis of these studies is on the analysis of conformity of measuring instruments. It becomes evident that the calibration certificates, in the way they are currently presented, are inadequate to fulfil the requirements for metrological quality. This is also true for those certificates issued by "Rede Brasileira de Calibração" (the Brazilian Calibration Network). Additionally, it is proposed a methodology for structuring the metrological aspects inherent to the introduction on of quality systems. This methodology had been previously evaluated under real usage conditions.*

Keywords: *Metrology, Quality, Instrumentation, Calibration, Measuring uncertainty*