



Ricardo Antunes Gomes

**Desenvolvimento e Validação de Metodologia para
Automação da Calibração de Multímetros Digitais**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Metrologia da PUC-Rio. Área de Concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação (Pós-MQI), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Professor Orientador:

Dr. Carlos R. Hall Barbosa
PósMQI/PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de fevereiro de 2007.



Ricardo Antunes Gomes

**Desenvolvimento e Validação de Metodologia para
Automação da Calibração de Multímetros Digitais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação do Centro Técnico Científico da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Aprovada pela Comissão Examinadora e homologada pela Coordenação Setorial de Pós-Graduação, formalizado pelas respectivas assinaturas:

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Roberto Hall Barbosa

Orientador

Programa de Pós-Graduação em Metrologia (PósMQI)
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Prof. Dr. Maurício Nogueira Frota

Programa de Pós-Graduação em Metrologia (PósMQI)
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Prof. Dr. José Leonardo Ribeiro Macrini

Programa de Pós-Graduação em Metrologia (PósMQI)
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Profa. Dra. Paula Medeiros Proença de Gouvêa

Gávea Sensors - Sistemas de Medição LTDA

Coordenação Setorial de Pós-Graduação:

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial de Pós-Graduação do
Centro Técnico Científico (PUC-Rio)

Rio de Janeiro, 28 de fevereiro de 2007.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Ricardo Antunes Gomes

Graduado em Processamento de Dados pela Universidade Bandeirantes de São Paulo, em 1998. Especialista em Telecomunicações pelo Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica, em 2001. Chefe da Seção de Padrões da Subdivisão de Metrologia do Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica do Rio de Janeiro, desde 2002.

Ficha Catalográfica

Gomes, Ricardo Antunes

Desenvolvimento e validação de metodologia para automação da calibração de multímetros digitais / Ricardo Antunes Gomes ; orientador: Carlos R. Hall Barbosa. – 2007.

118 f. : il. (col.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Metrologia e Qualidade Industrial)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Inclui bibliografia

1. Metrologia – Teses. 2. Calibração. 3. Validação. 4. Ajuste. 5. Automação. 6. Multímetros. I. Barbosa, Carlos R. Hall. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Metrologia e Qualidade Industrial. III. Título.

CDD: 389.1

À minha esposa, que nos momentos mais críticos soube sempre ter paciência, muita paciência. É minha amiga, companheira e o amor da minha vida. A ela que sempre me apoiou, muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Professor Doutor Carlos Roberto Hall Barbosa, pelos conselhos e orientações nos momentos mais difíceis para a realização deste trabalho.

Aos meus queridos filhos que souberam entender minha ausência.

Aos meus pais e ao meu irmão que sempre participaram do processo de motivação.

Ao meu amigo e companheiro de trabalho Jomar Gaudereto Esteves – Cap Eng, pelo apoio em todos os momentos de concepção, reflexão e desenvolvimento da presente dissertação de mestrado.

Aos meus chefes Mauro Henrique Ramos Conti – Cel Av, Diretor do PAME-RJ, e Fernando Cesar Pereira Santos– Ten Cel Eng, Chefe da Divisão Técnica, que possibilitaram, confiaram e acreditaram na realização do meu curso de mestrado.

Aos Colegas do Mestrado Sérgio, Márcio e Jorge, que sempre participaram no processo de formação.

Aos professores, pelos ensinamentos e aos funcionários pelo desprendido suporte.

Resumo

Gomes, Ricardo Antunes; Barbosa, Carlos Roberto Hall. *Desenvolvimento e Validação de Metodologia para Calibração de Multímetros Digitais*. Rio de Janeiro, 2007. 118p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Metrologia. Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação (Pós-MQI), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Objetivo. Desenvolver e validar uma metodologia de automação para calibração e ajuste de multímetros digitais, possibilitando redução de custos, melhorando a interação do usuário com o sistema de calibração, possibilitando a realização do serviço remotamente e, principalmente, reduzindo o tempo gasto na calibração. Visa, ainda, a melhorar a confiabilidade e a qualidade da calibração destes multímetros. **Motivação.** Contribuir para a otimização da conclusão do Plano Anual de Calibração de Instrumentos da Subdivisão de Metrologia do Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica do Rio de Janeiro, que é o laboratório central de metrologia do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB). Cabe ressaltar que o multímetro especificamente empregado nesta dissertação, com larga aplicação no SISCEAB, é um instrumento de grande exatidão, que tem atualmente um tempo médio de calibração de quatro dias e que exige, durante sua calibração, mais de quatrocentas medições de diversas grandezas elétricas, tais como Tensão, Corrente, Resistência e Freqüência. **Contextualização.** Nos últimos anos, para atender às necessidades de medição, a Força Aérea Brasileira (FAB) tem investido na aquisição de novos instrumentos eficazes e complexos, como ocorreu na implantação do Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM). Apesar de as atribuições dos laboratórios da FAB aumentarem, devido à grande variedade de grandezas e capacidade de medição destes instrumentos, seu efetivo vem diminuindo gradativamente. Isso ocorre tanto por causa de restrições governamentais, como pelo fato de as atividades metrológicas não serem atividades fim na FAB. Como consequência, o número de metrologistas no Sistema de Controle do Espaço Aéreo está abaixo do mínimo previsto. **Metodologia.** O procedimento de desenvolvimento e validação desta automação baseou-se na perspectiva da Pesquisa-Ação, sendo utilizadas as normas técnicas do Sistema de Metrologia Aeroespacial, bem como os requisitos internacionais da NBR ISO 17025 e manuais técnicos. Um Sistema Computacional, desenvolvido com base no pacote de automação de instrumentação chamado VEE, controla todos os instrumentos envolvidos no projeto para a execução da calibração e do ajuste de multímetros digitais. **Resultados.** O trabalho desenvolvido inclui, automaticamente, (i) controle dos diversos equipamentos via interface GPIB; (ii) análise dos dados das medições efetuadas; (iii) emissão do certificado de calibração; (iv) expressão das incertezas de medição; (v) interação do usuário a partir de uma interface amigável, pois são mostradas as conexões entre os diversos instrumentos envolvidos no processo de calibração; (vi) disponibilidade de um histórico das calibrações efetuadas; e (vii) melhoria da confiabilidade e qualidade laboratorial. **Conclusões.** Com a utilização desta nova metodologia para a calibração de multímetros digitais, conseguiu-se melhorar a confiabilidade, reprodutibilidade e qualidade da calibração, além de contornar a falta de recursos humanos disponíveis no COMAER, visto que o tempo de calibração foi reduzido de quatro dias para aproximadamente uma hora, permitindo assim atender à demanda de serviços dos Laboratórios de Metrologia do SISCEAB, reduzir custos, além de padronizar os processos e agregar valor ao serviço de calibração destes multímetros.

Palavras Chave

Calibração; Validação; Ajuste; Automação; Metrologia; Multímetros.

ABSTRACT

Gomes, Ricardo Antunes; Barbosa, Carlos Roberto Hall. *Development and Validation of methodology for calibration of Digits multimeters*. Rio de Janeiro, 2007, 118 pages. Master's Degree Paper – Graduate Program in Metrology for Quality and Innovation. (Pós-MQI) Rio de Janeiro Pontifical Catholic University.

Objective: Develop and validate a methodology in adjust and calibration automation of digital multimeters, making it possible to reduce costs, with a better interaction with the user and the calibration system, allying remote service and, mainly, taking less time in the calibration. It also aims to increase the reliability and quality of these multimeters calibrations. **Motivation.** Contribute for the optimization on the conclusion of the Instruments Calibration Annual Plan of the PAME-RJ Metrologic Subdivision, which is the Metrologic Central Laboratory of Brazilian Airspace Control System (SISCEAB). It is important to say that the multimeter specifically employed in this dissertation, with large application on SISCEAB, is a high precision instrument, which takes, in media, four days to be calibrated and that needs more than four hundreds measurements in lots of electric quantities, such as tension, current, resistance and frequency, with large application on SISCEAB. **Context.** In the last years, in order to solve the necessities of measurements, The Brazilian Air Force (FAB) has invested in the acquisition of new complex instruments, as occurred during the implantation of the Amazon Surveillance System (SIVAM). Although the attributions of FAB laboratories rise, due to the great varieties of quantities and measurement capacities, the number of its men has been diminished gradually. This occurs because of governmental restrictions and also for the fact that metrologic activities are not the main proposal on FAB. As a consequence, the number of metrologicians on SISCEAB are below the minimum required. **Methodology.** The developing procedure and this automation validation were based on the perspective of search-action, utilizing the Airspace Metrology System (SISMETRA) techniques rules, the NBR ISO 17025 international requirements and also techniques manuals. A computational system, developed based on the pack of instrumental automation called VEE, controls all the instruments involved on the project in order to execute the adjusts and calibrations on digitals multimeters. **Results.** The work developed includes automatically (i) control of various equipments by GPIB interface; (ii) data analyses of the measurement taken; (iii) emission of calibration certificate; (iv) measurement uncertainty expression; (v) interaction of the user with friendly interface, since the connections among the instruments involved in the process are shown; (vi) availability of calibrations performed historic; and (vii) increasing of the reliability and laboratory quality. **Conclusions.** With the use of this new methodology to the digital multimeters calibration, the reliability, reproducibility and calibration quality were increased. It was possible to: deal with the loss of human resources available in COMAER, since the time spent in calibration was reduced from four hours to, approximately, one hour, allowing this way to attend the SISCEAB Metrologic Laboratories services; reduce costs; standardize; and add value to this multimeters calibration service.

Key Words

Calibration; Validation; Adjustment; Automation; Metrology; Multimeters.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	10
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	14
LISTA DE TERMOS E DEFINIÇÕES	16
1. INTRODUÇÃO	20
1.1 METROLOGIA NA FORÇA AÉREA BRASILEIRA	20
1.1.1 Breve Histórico	20
1.1.2 Situação Atual	20
1.2 MULTÍMETROS	23
1.2.1 Princípio de Funcionamento	23
1.2.2 Aplicações de Multímetros	24
1.3 MOTIVAÇÃO	24
1.4 OBJETIVO	26
1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	27
2. INSTRUMENTOS, PADRÕES E ACESSÓRIOS UTILIZADOS NA CALIBRAÇÃO	29
2.1 MULTÍMETRO USADO NA DISSERTAÇÃO	29
2.1.1 Características Técnicas do Multímetro 34401A	29
2.1.2 – Aplicações na Força Aérea Brasileira	29
2.2 CALIBRADOR FLUKE 5700A	30
2.3 AMPLIFICADOR FLUKE 5725A	31
2.4 GERADOR DE FUNÇÃO AGILENT 33120A	33
2.5 CABO GPIB (General Purpose Interface Bus)	34
2.6 INTERFACE USB/GPIB	35
2.7 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO VEE	36
2.8 COMPUTADOR	37

3. DESCRIÇÃO DO SISTEMA COMPUTACIONAL	39
3.1 MONTAGEM INICIAL	41
3.2 CALIBRAÇÃO COMPLETA	44
3.2.1 Calibração de Zeros	46
3.2.1.1 Calibração do Zero de Corrente	46
3.2.1.2 Calibração do Zero de Tensão	47
3.2.1.3 Calibração do Zero de Resistência	48
3.2.2 Calibração de Tensão	49
3.2.2.1 Calibração de Tensão Contínua	49
3.2.2.2 Calibração de Tensão Alternada	52
3.2.3 Calibração de Corrente	54
3.2.3.1 Calibração de Corrente Contínua	55
3.2.3.2 Calibração de Corrente Alternada	57
3.2.4 Calibração de Resistência	58
3.2.5 Calibração de Frequência	63
3.3 AJUSTES	65
3.3.1 Ajuste do Zero	66
3.3.2 Ajuste de Tensão Contínua	70
3.3.3 Ajuste de Tensão Alternada	73
3.3.4 Ajuste de Corrente Contínua	78
3.3.5 Ajuste de Resistência	80
3.3.6 Ajuste de Frequência	83
3.4 CALIBRAÇÃO POR FUNÇÃO	85
4. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS	87
4.1 Memorial de Cálculo	87
4.2 Certificado de Calibração	106
5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	113

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fig 1 – Estrutura do SISMETRA	21
Fig 2 – Laboratórios e destacamentos apoiados pelo LRC-PAME	22
Fig 3 – Multímetro Digital	23
Fig 4 – Multímetro 34401A da Agilent	29
Fig 5 – Console de grandezas elétricas do PAME-RJ	31
Fig 6 – Calibrador FLUKE 5700A	31
Fig 7 – Amplificador FLUKE 5725A	33
Fig 8 - Ligação entre o Calibrador 5700A e o Amplificador 5725A	33
Fig 9 – Gerador de Função Agilent 33120A	34
Fig 10 – Cabo GPIB	35
Fig 11 - Conexão do Barramento Cabo GPIB.....	35
Fig 12 – Interface USB/GPIB.....	36
Fig 13 – Conexão entre a Interface USB/GPIB e cabos GPIB	36
Fig 14 – Distribuição do programa	40
Fig 15 – Ligações entre os instrumentos e o computador	42
Fig 16 – Sistema automático de calibração de multímetros 6 ½ dígitos	42
Fig 17 – Endereçamento do calibrador, do multímetro e do gerador	43
Fig 18 – Solicitação do número de série do multímetro	43
Fig 19 – Seleção da função desejada	44
Fig 20 – Seleção da função de calibração completa	45
Fig 21 – Multímetro em calibração de zero de corrente	46
Fig 22 – Medição do zero de tensão durante a calibração	47
Fig 23 – Curto nos bornes na calibração de resistência	48
Fig 24 – Ligação para calibração de Tensão	49
Fig 25 – Ligação necessária para calibração de tensão contínua	50
Fig 26 – Comando para as características do multímetro	50
Fig 27 – Multímetro na função Volts DC e faixa de 1000 V	51
Fig 28 – Multímetro na função Volts AC, faixa 100 mV e filtro de 3 Hz	52
Fig 29 – Multímetro com Filtro de 20 Hz	53

Fig 30 – Multímetro com faixa de 1VAC e filtro de 3 Hz	54
Fig 31 – Multímetro com faixa de 1VAC e filtro de 20 Hz	54
Fig 32 – Ligação para calibração de Corrente	55
Fig 33 – Ligações para a calibração de corrente contínua	56
Fig 34 – Multímetro na função Corrente DC e faixa de 10 mA	56
Fig 35 – Multímetro na função Corrente DC e faixa de 1A	57
Fig 36 – Multímetro na função de corrente AC e faixa de 1A	58
Fig 37 – Ligação para calibração de Resistência a 4 fios	59
Fig 38 – Foto da ligação para calibração de Resistência a 4 fios	59
Fig 39 – Multímetro com função a 4 fios e faixa de 100 Ω	60
Fig 40 – Multímetro com função 4 fios e faixa de 10 M Ω	61
Fig 41 – Ligações para calibração de resistência a 2 fios	61
Fig 42 – Foto das ligações para calibração de resistência a dois fios	62
Fig 43 – Multímetro com função de 2 fios e faixa de 100 M Ω	62
Fig 44 – Ligação para calibração de frequência	63
Fig 45 – Foto com as ligações para calibração de frequência	64
Fig 46 – Multímetro na função de frequência	64
Fig 47 – Seleção da função de ajuste	65
Fig 48 – Funções de ajuste para seleção	66
Fig 49 – Curto nos bornes para ajuste de zeros	66
Fig 50 – Selecionar o painel traseiro	67
Fig 51 – Curto nos bornes traseiros	68
Fig 52 – Retornar a seleção para painel dianteiro	69
Fig 53 – Seleção de continuar o ajuste, calibração ou sair	70
Fig 54 – Ligações para ajuste de tensão contínua	70
Fig 55 – Foto das ligações para ajuste de tensão contínua	71
Fig 56 – Multímetro na função de tensão contínua e faixa de 100 m	71
Fig 57 – Seleção do ajuste de tensão alternada	73
Fig 58 – Ligação para ajuste de tensão alternada	74
Fig 59 – Foto da ligação para ajuste de tensão alternada	74
Fig 60 – Multímetro na função Volts AC, faixa 100 mV e filtro 3 Hz	75
Fig 61 – Multímetro na função Volts AC, faixa 100 mV e filtro 20 Hz	75
Fig 62 – Multímetro na função Volts AC, faixa 100 V e filtro 20 Hz	76

Fig 63 – Seleção do ajuste de corrente contínua	77
Fig 64 – Ligações para o ajuste de corrente contínua	78
Fig 65 – Foto das ligações para o ajuste de corrente contínua	79
Fig 66 – Seleção do ajuste da função resistência	80
Fig 67 – Ligações para ajuste de resistência	80
Fig 68 – Foto das ligações para ajuste de resistência	81
Fig 69 – Multímetro na função quatro fios e faixa de 100 Ω	81
Fig 70 – Multímetro com função 4 fios e faixa de 1 M Ω	82
Fig 71 – Seleção do ajuste de frequência	83
Fig 72 – Ligação para o ajuste de frequência	83
Fig 73 – Foto das ligação para o ajuste de frequência	84
Fig 74 – Multímetro na função de frequência	84
Fig 75 – Gerador na função senoidal com 1 kHz	85
Fig 76 – Seleção da calibração por função	86
Fig 77 – Folha de Rosto 1 do Memorial de Cálculo.....	91
Fig 78 – Folha de Rosto 2 do Memorial de Cálculo.....	92
Fig 79 – Certificado de Calibração, página 1/4	108
Fig 80 – Certificado de Calibração, página 2/4	109
Fig 81 – Certificado de Calibração, página 3/4	110
Fig 82 – Certificado de Calibração, página 4/4	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Características elétricas do 34401A	30
Tabela 2.2 – Características do Calibrador Fluke 5700A	32
Tabela 2.3 – Características básicas do Amplificador 5725A	34
Tabela 2.4 – Frequências disponíveis do Gerador 33120A	35
Tabela 4.1 – Fórmulas utilizadas no Memorial de Cálculo.....	88
Tabela 4.2 – Zero Offset de Corrente Contínua.....	93
Tabela 4.3 - Zero Offset de Tensão Continua	93
Tabela 4.4 – Zero Offset de Resistência (4 Fios)	94
Tabela 4.5 – Calibração: Tensão Continua 1	95
Tabela 4.6 – Calibração: Tensão Continua 2	95
Tabela 4.7 – Calibração: Tensão Continua 3	96
Tabela 4.8 – Calibração: Tensão Alternada 1	97
Tabela 4.9 – Calibração: Tensão Alternada 2	98
Tabela 4.10 – Calibração: Tensão Alternada 3	99
Tabela 4.11 – Calibração: Corrente Continua 1	100
Tabela 4.12 – Calibração: Corrente Continua 2	100
Tabela 4.13 – Calibração: Corrente Continua 3	101
Tabela 4.14 – Calibração: Corrente Alternada 1.....	101
Tabela 4.15 – Calibração: Corrente Alternada 2.....	102
Tabela 4.16 – Calibração: Corrente Alternada 3	102
Tabela 4.17 – Calibração: Resistência 1	103
Tabela 4.18 – Calibração: Resistência 2	104
Tabela 4.19 – Calibração: Resistência 3	104
Tabela 4.20 – Calibração: Frequência 1	105
Tabela 4.21 – Calibração: Frequência 2	105
Tabela 4.22 – Calibração: Frequência 3	106

SIGLAS E ABREVIATURAS

BIPM – Bureau Internacional de Pesos e Medidas
CINDACTA – Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle do Tráfego Aéreo
CGPM – Conferência Geral de Pesos e Medidas
CNI – Confederação das Indústrias
COMAER – Comando da Aeronáutica
CTA – Centro Técnico Aeroespacial
DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DEPED – Departamento de Pesquisas e Desenvolvimento
DEPV – Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo
DME – Distance Measuring Equipment (Equipamento de Medição de Distância)
DTCEA – Destacamento de Controle do Espaço Aéreo
FAB – Força Aérea Brasileira
GPIB - General Purpose Interface Bus (Barramento de Interface de Propósito Geral)
GUM – Guia para a expressão da incerteza de medição
IFI – Instituto de Fomento Industrial
ILS – Instrumental Landing System (Sistema de aterrissagem por instrumento)
INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
ISO – International Organization Standardization
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
LABRA – Laboratório Regional de Calibração
LAI – Laboratório de Calibração de Instrumentos
LAN – Local Area Network (Rede de Área Local)
LCC – Laboratório Central de Calibração
LNM – Laboratório Nacional de Metrologia
LRC – Laboratório Regional de Calibração
LSC – Laboratório Setorial de Calibração
NBR – Norma Brasileira Registrada
NBR ISO 9000 – Normas da Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade

NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração

NIST – National Institute of Standards and Technology (LNM dos EUA)

NSCA – Norma de Sistema no Comando da Aeronáutica

NSMA – Norma de Sistema no Ministério da Aeronáutica

NTS – Norma Técnica do SISMETRA

PACI – Plano Anual de Calibração de Instrumentos

PAME-RJ – Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica do Rio de Janeiro

RBC – Rede Brasileira de Calibração

SI – Sistema Internacional de Unidades

SISCEAB – Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro

SISMETRA – Sistema de Metrologia Aeroespacial

SIVAM – Sistema Integrado de Vigilância da Amazônia

SRPV – Serviço Regional de Proteção ao Vôo

USAF – United States Air Force (Força Aérea dos Estados Unidos da América)

USB – Universal Serial Bus (Barramento Serial Universal)

VHF – Very High Frequency (Frequência Muito Alta)

VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia

VOR – VHF Omnidirectional Range navigation system (Sistema de Navegação de coordenadas radiais obtidas por VHF)

TERMOS E DEFINIÇÕES

Para melhor entendimento do trabalho, transcrevem-se, abaixo, alguns termos e definições do VIM e do GUM:

- 1) **Acreditar** – Reconhecer a qualidade dos serviços prestados mediante o cumprimento da norma específica.
- 2) **Aferição** – De acordo com a Portaria 029, de 10 de março de 1995, do INMETRO, que altera os termos do Art. 1º da Portaria 102, de 10 de junho de 1988, o termo “aferição” deixa de ser utilizado, sendo substituído pelo termo “calibração”.
- 3) **Ajuste (de um instrumento de medição)** – Operação destinada a fazer com que um instrumento de medição tenha desempenho compatível com o seu uso.
- 4) **Avaliação do Tipo “A” (Incerteza)** – Método de avaliação da incerteza pela análise estatística de séries de observações.
- 5) **Avaliação do Tipo “B” (Incerteza)** – Método de avaliação da incerteza por outros meios que não a análise estatística de séries de observações.
- 6) **Calibração** – Conjunto de operações que estabelece, sob condições específicas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma **medida materializada** (massa, resistor, bloco padrão, etc) ou um **material de referência** (água, soluções químicas, material com coeficiente de dilatação conhecido, etc) e os valores correspondentes das grandezas estabelecidas por padrões.
- 7) **Desvio Padrão Experimental** – Para uma série de “n” medições de um mesmo mensurando, a grandeza “s”, que caracteriza a dispersão dos resultados, é dada pela fórmula.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- 8) **Erro de medição** – Resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando.
- 9) **Escala (de um instrumento de medição)** – Conjunto ordenado de marcas,

associado a qualquer numeração, que faz parte de um dispositivo mostrador de um instrumento de medição.

- 10) **Estabilidade** – Aptidão de um instrumento de medição em conservar constantes suas características metrológicas ao longo do tempo.
- 11) **Exatidão** – Grau de concordância entre o resultado de uma medição e o valor verdadeiro do mensurando. O uso do termo precisão no lugar de exatidão deve ser evitado. Exatidão é um conceito qualitativo.
- 12) **Fator de Abrangência** – Fator numérico utilizado como um multiplicador da incerteza padrão combinada de modo a obter uma incerteza expandida.
- 13) **Faixa de Indicação** – Conjunto de valores limitados pelas indicações extremas.
- 14) **Faixa de Medição** – Conjunto de valores de um mensurando para o qual se admite que o erro de um instrumento de medição mantém-se dentro dos limites especificados.
- 15) **Grandeza** – Atributo de um fenômeno, corpo ou substância que pode ser qualitativamente distinguido e quantitativamente determinado.
- 16) **Graus de Liberdade** – O número de termos em uma soma menos o número de restrições aos termos da soma.
- 17) **Incerteza (de medição)** – Parâmetro associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos a um mensurando. Estes parâmetros podem ser, por exemplo, um desvio padrão ou múltiplo dele, a metade de um intervalo correspondente a um nível de confiança estabelecido.
- 18) **Incerteza Padrão Combinada** – Incerteza padrão do resultado de uma medição, quando este resultado é obtido por meio dos valores de várias outras grandezas, sendo igual à raiz quadrada de uma soma de termos, que constituem as variâncias destas outras grandezas, ponderadas de acordo com quanto o resultado da medição varia com mudanças nestas grandezas.
- 19) **Incerteza Expandida** – Grandeza que define um intervalo em torno do resultado de uma medição com o qual se espera abranger uma grande fração da distribuição dos valores que possam ser razoavelmente atribuídos ao mensurando.
- 20) **Medição** – Conjunto de operações que tem por objetivo determinar um valor

de uma grandeza.

- 21) **Metrologia** – Ciência da Medição
- 22) **Mensurando** – Objeto da medição. Grandeza específica submetida à medição
- 23) **Norma** - É um documento estabelecido por *consenso* e aprovado por um organismo reconhecido, que é fornecido para uso comum e repetitivo. Contendo regras, diretrizes ou características para atividades de seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimos de ordenação em um dado contexto.
- 24) **Padrão** – Medida materializada, instrumento de medição, material de referência ou sistema de medição destinado a definir (por uma sentença exata. Ex: segundo é definido a partir de um número de ciclos de radiação emitido pelo cézio 133), realizar (por meio de um objeto ou experimento que, tendo observado seus atributos, mais se aproxima da definição), conservar (para garantir a existência de pelo menos uma referência) ou reproduzir (para disseminar a referência) uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir como referência.
- 25) **Padrão Internacional** – Padrão reconhecido por um acordo internacional para servir, internacionalmente, como base para estabelecer valores a outros padrões da grandeza a que se refere.
- 26) **Padrão Nacional** – Padrão reconhecido por uma decisão nacional para servir, em um país, como base para estabelecer valores a outros padrões da grandeza a que se refere.
- 27) **Padrão Primário** – Padrão que é designado ou amplamente reconhecido como tendo as mais altas qualidades metrológicas e cujo valor é aceito sem referência a outros padrões de mesma grandeza.
- 28) **Padrão Secundário** – Padrão cujo valor é estabelecido por comparação a um padrão primário da mesma grandeza.
- 29) **Padrão de Referência** – Padrão, geralmente tendo a mais alta qualidade metrológica disponível em um determinado local ou em uma dada organização, a partir do qual as medições lá executadas são derivadas.
- 30) **Padrão de Trabalho** – Padrão utilizado rotineiramente para calibrar ou controlar medidas materializadas, instrumentos de medição ou materiais de referência.

- 31) Padrão de Transferência** – Padrão utilizado como intermediário para comparar padrões. Usado também para transferir uma grandeza entre padrões de mesmo nível metrológico.
- 32) Padrão Itinerante** – Padrão, algumas vezes de construção especial, para ser transportado entre locais diferentes.
- 33) Rastreabilidade** – Propriedade de um resultado de medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas estimadas.
- 34) Resultado de Medição** – Valor atribuído a um mensurando por medição. Uma expressão completa do resultado de uma medição compreende também a incerteza de medição.
- 35) Repetitividade** - Grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando efetuadas sob as mesmas condições de medição.
- 36) Reprodutibilidade** - Grau de concordância entre os resultados das medições de um mesmo mensurando efetuadas sob condições variadas de medição.
- 37) Resolução (de um dispositivo mostrador)** – Menor diferença entre indicações de um dispositivo mostrador que pode ser significativamente percebida.
- 38) Sensibilidade** – Variação da resposta de um instrumento de medição dividida pela correspondente variação do estímulo.
- 39) Unidade de Medida** – Grandeza específica, definida e adotada por convenção, com a qual outras grandezas de mesma natureza são comparadas pra expressar suas magnitudes em relação àquela grandeza.
- 40) Valor Verdadeiro** – Valor consistente com a definição de uma dada grandeza específica.
- 41) Valor Verdadeiro Convencional** – Valor atribuído a uma grandeza específica e aceito, às vezes por convenção, como tendo uma incerteza apropriada para uma dada finalidade.