

## **1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo, expõe-se o que motivou a dissertação, apresentando inicialmente os seus objetivos e organização, além da importância da calibração e o funcionamento da metrologia na Força Aérea Brasileira (FAB).

### **1.1 METROLOGIA NA FORÇA AÉREA BRASILEIRA**

#### **1.1.1 Breve Histórico**

A metrologia na FAB teve como marco inicial a criação do Laboratório de Aferição de Instrumentos (LAI) no Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica do Rio de Janeiro (PAME-RJ), em 1964 [1]. Os padrões eram calibrados periodicamente em comparação aos padrões da Força Aérea dos Estados Unidos (USAF), conferindo ao laboratório valores de grandezas rastreáveis em nível internacional.

Em 1971, surgiu o Instituto de Fomento Industrial (IFI) no Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA) [2], com um laboratório atuante na área Física e Dimensional, obtendo mais tarde a acreditação junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

O INMETRO foi criado em 1973 e regulamentado por decreto-lei em 1977 [3], tendo conseguido, na área de metrologia eletroeletrônica, sua primeira célula padrão de referência de corrente contínua por meio de uma doação feita pelo LAI.

Em 1988, foi implantado o Sistema de Metrologia Aeroespacial (SISMETRA) [4], com sede em São José dos Campos, com a finalidade de centralizar e gerenciar a Metrologia em todo o Comando da Aeronáutica.

#### **1.1.2 Situação Atual**

O Laboratório Central de Calibração (LCC) é o laboratório principal do Sistema de Metrologia do comando da Aeronáutica [4 – 6], de acordo com a figura 1.1, e está localizado na estrutura funcional do CTA, com exceção da área eletroeletrônica, pois o Laboratório Regional de Calibração do Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica (LRC-PAME) possui padrões que não podem ser calibrados pelo LCC.



Fig 1 – Estrutura do SISMETRA

Na figura 1.1, as diversas siglas correspondem às seguintes organizações militares (OM):

- LCC – Laboratório Central de Calibração
- LRC – Laboratório Regional de Calibração
- LSC- Laboratório Setorial de Calibração
- PAMA-### – Parque de Material Aeronáutico, e “###” significa uma localidade (LS – Lagoa Santa; AF – Campo dos Afonsos; GL – Galeão; RF – Recife, SP – São Paulo)
  - BA## – Base Aérea, e “##” significa uma localidade, como exemplo “BACG” que significa Base Aérea de Campo Grande.
  - CINDACTA I – Primeiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
  - CINDACTA II - Segundo Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
  - CINDACTA III - Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
  - CINDACTA IV - Quarto Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo

- CLA – Centro de Lançamento de Alcântara
- CLBI – Centro de Lançamento da Barreira do Inferno
- IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço
- SRPV – Serviço Regional de Proteção ao Vôo
- GEIV – Grupo Especial de Inspeção em Vôo

A figura 2, ilustra a estrutura da metrologia no âmbito do controle do espaço aéreo brasileiro [7], são mostrados os laboratórios, oficinas e destacamentos de proteção ao vôo apoiados pelo LRC-PAME.

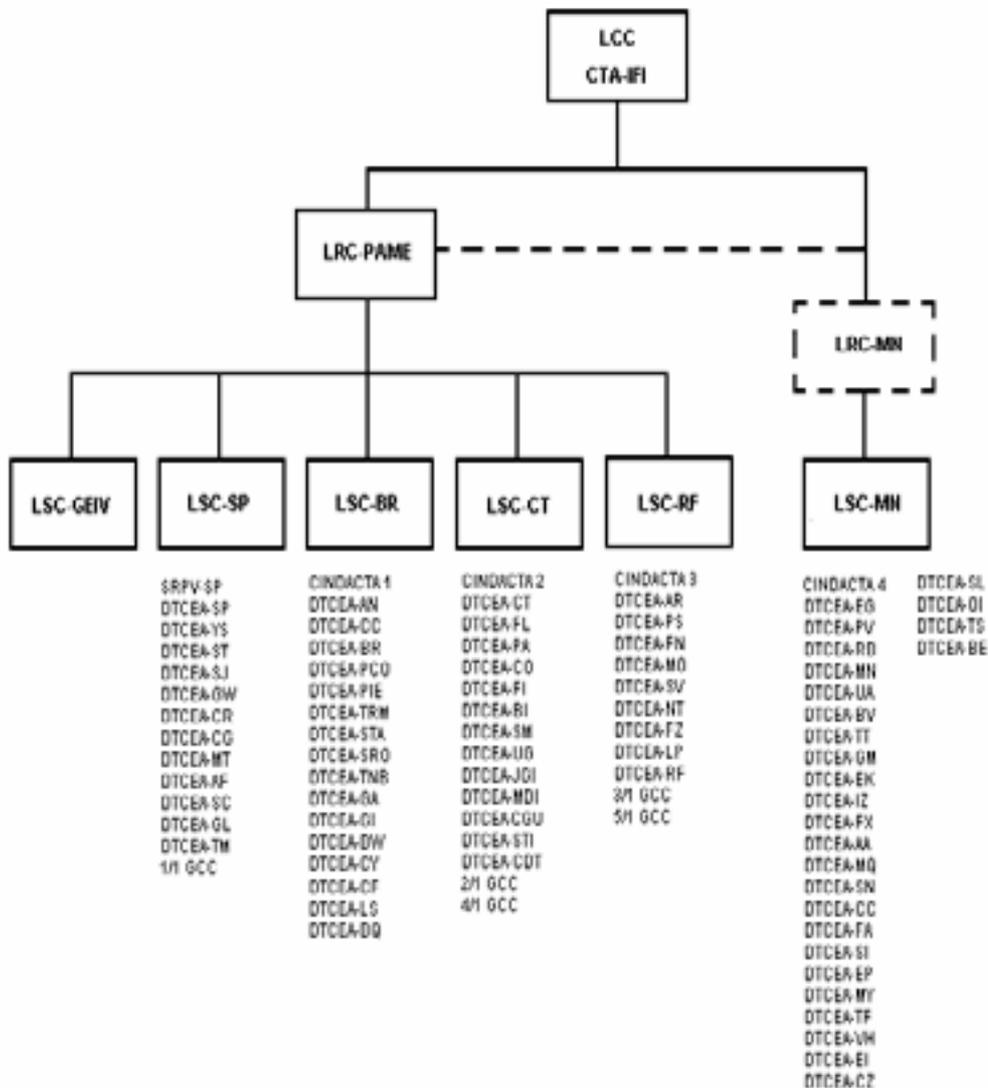


Fig 2 – Laboratórios e destacamentos apoiados pelo LRC-PAME

Decodificam-se a seguir as siglas utilizadas na figura 1.2, correspondentes às

seguintes organizações militares (OM):

- SRPV-SP – Serviço Regional de Proteção ao Vôo de São Paulo
- GCC – Grupo de Comunicações e Controle
- DTCEA-## - Destacamento de Controle do Espaço Aéreo, “##” indica a localidade, como exemplo DTCEA-GL que significa Destacamentos de Controle do Espaço Aéreo do Galeão.
- LSC-## - Laboratório Setorial de Calibração, “##” indica a localidade, como exemplo LSC-RF que significa Laboratório Setorial de Calibração de Recife.

## 1.2 MULTÍMETROS

Um multímetro é um instrumento analógico ou digital [8] que serve para efetuar diversas medições elétricas. Incorpora vários instrumentos de medida em um único aparelho, tais como voltímetro, amperímetro e ohmímetro, de forma padrão, e capacitímetro, frequencímetro, termômetro, entre outros, como opcionais, conforme o fabricante do instrumento. Tem ampla utilização entre os técnicos em eletrônica, pois é o instrumento mais usado na pesquisa de defeitos em aparelhos eletro-eletrônicos. É exemplificado na figura 3 um multímetro digital com capacidade de efetuar medições em tensão elétrica, resistência, corrente elétrica e frequência.



Fig 3 – Multímetro Digital

### 1.2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Multímetros digitais [8] se baseiam em circuitos eletrônicos compostos de conversores A/D (analógico/digital) que convertem os sinais de tensão e corrente em sinais digitais, e microprocessadores (ou microcontroladores) que realizam os cálculos matemáticos para medição de cada grandeza elétrica.

Dependendo da tecnologia empregada na medição e no processamento dos sinais, um multímetro pode ter maior ou menor exatidão.

Todos os multímetros possuem um mostrador digital para indicar as informações medidas. No caso dos multímetros digitais este mostrador digital normalmente é do tipo LCD (*liquid cristal display*) ou LED (*light emitting diode*).

Muitos multímetros digitais possuem interface de entrada/saída que permitem o controle e monitoramento dos mesmos com o auxílio de um microcomputador.

### 1.2.2 APLICAÇÕES DE MULTÍMETROS

O multímetro é um instrumento de grande aplicação em diversas áreas, como o setor automobilístico, de saúde, de energia, telecomunicações, além das diversas empresas de manutenção de equipamentos eletro-eletrônicos. Cabe ressaltar que um multímetro também pode ser utilizado em diversos processos de automação, como na linha de produção e na monitoração de grandezas elétricas.

### 1.3 MOTIVAÇÃO

Qualquer empresa deve ter a capacidade de comprovar a conformidade de seus produtos e serviços aos requisitos e necessidades de seus clientes, garantindo a manutenção da qualidade de seu processo.

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI) [9 -10], temos que:

“A Busca da **Metrologia** como um diferenciador tecnológico e comercial para as empresas é, na verdade, uma questão de sobrevivência. No mundo competitivo em que estamos não há mais espaço para medições sem qualidade, e as empresas deverão investir recursos (humanos, materiais e financeiros) para incorporar e harmonizar as funções básicas da competitividade: normalização, metrologia e avaliação de conformidade.”

As empresas devem ter em mente que a calibração dos equipamentos de medição é

um componente importante na qualidade do processo produtivo e, dessa forma, incorporá-la as suas atividades normais de produção. A calibração é um aprimoramento constante e proporciona vantagens, tais como redução na variação das especificações técnicas dos produtos, prevenção dos defeitos e compatibilidade das medições.

Com a solicitação do mercado pelo uso das normas da série ISO 9000, todas as empresas devem ter seus documentos que afetam direta ou indiretamente a qualidade de seus serviços registrados ou citados no Manual da Qualidade.

O Certificado de Calibração é um registro de grande importância no sentido de garantir a confiabilidade dos serviços prestados pela empresa, pois tem como função mostrar os resultados das medições realizadas com o instrumento ao compará-lo com um padrão que seja rastreável a um padrão nacional e/ou internacional. Em outras palavras, a calibração prova que a leitura obtida pelo instrumento está dentro das incertezas de medição, sendo rastreável à unidade correspondente do Sistema Internacional de Unidades (SI). Além disso, esses certificados apresentam a data da calibração, o responsável pelo mesmo, os erros encontrados em comparação aos limites máximos tolerados, bem como as condições ambientais.

Segundo o VIM, Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia [11], **Calibração** é o

“...conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.”

Em termos práticos, a calibração é uma ferramenta básica que visa a assegurar a confiabilidade de um instrumento de medição, por meio da comparação do valor medido com um padrão rastreado ao Sistema Internacional (SI).

O conceito de **rastreabilidade** também é definido pelo VIM [11]:

“Propriedade do resultado de uma medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente a padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas estabelecidas.”

Os instrumentos usados para a medição, inspeção e ensaios de um processo, seja industrial, comercial ou científico, devem possuir certificados de calibração que sejam

adequados, atualizados e disponível para o usuário. Dessa forma, garante-se a rastreabilidade de suas medições e a confiabilidade de seus resultados, fazendo com que esta metodologia seja reconhecida internacionalmente.

O laboratório de Metrologia do PAME-RJ, localizado no bairro do Caju, é o laboratório central de metrologia do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) [7]. Ele é responsável por calibrar mais de 2000 instrumentos em seu Plano Anual de Calibração de Instrumentos. Uma das principais dificuldades para a conclusão desse plano é a calibração de mais de 150 Multímetros 6 ½ dígitos, modelo 34401A, fabricados pela empresa Agilent [12], pois atualmente cada calibração leva em torno de quatro (4) dias para conclusão. Isso ocorre porque cada calibração inclui mais de quatrocentas (400) medições, sendo feita em todas as faixas e grandezas cobertas pelo instrumento devido à atividade militar, somando-se a isto toda a digitação, análise, processamento dos dados e a expressão das incertezas de medição envolvidas na calibração.

Esses instrumentos têm grande importância para a operacionalidade do Sistema de Proteção ao Voo como um todo, pois são usados na monitoração de consoles de testes e manutenção dos sistemas de Radiodeterminação, Radionavegação, Pouso por instrumentos, Padrão dos laboratórios apoiados e muitos outros sistemas de testes, que estão distribuídos em várias regiões/localidades do nosso país. Com isso, esses multímetros acabam tendo prioridade nas calibrações, fazendo com que outros instrumentos também importantes fiquem com suas calibrações vencidas por um tempo maior do que o previsto, comprometendo a qualidade e confiabilidade de alguns sistemas de controle e monitoração.

Assim, a motivação desse projeto vem do fato de que a automação da calibração desses multímetros é uma necessidade, devido à obrigatoriedade do cumprimento do Plano Anual de Calibração, implicando assim em aumento da produção do laboratório e melhoria da qualidade do serviço prestado. Além disso, deseja-se acabar com os manuscritos e diminuir a interferência do erro humano. Entretanto, é importante dizer que os programas de automação vendidos no mercado são caríssimos, variando de R\$ 80.000,00 a R\$ 150.000,00, não abrangendo toda a necessidade do serviço, tendo que ser alimentados com informações a todo tempo, e não permitindo acesso ao código fonte para possíveis alterações. Além disso, é mister informar que esses programas comerciais não fazem ajustes automáticos nas constantes de calibração, uma real necessidade que existe, nos instrumentos calibrados pela Subdivisão de Metrologia do PAME-RJ.

## 1.4 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver e validar uma metodologia de automação da calibração de multímetros digitais. Convém informar que este desenvolvimento foi particularizado para um estudo de caso da Subdivisão de Metrologia do PAME-RJ, tendo em vista a sua alta necessidade em realizar calibrações em multímetros 6 ½ dígitos, modelo 34401A, da empresa Agilent [12]. Entretanto, esta metodologia pode ser aplicada de forma genérica, ou seja, qualquer multímetro pode ser utilizado como referência. Será incluído o processamento, análise dos dados e a expressão de todas as incertezas de medição envolvidas na calibração.

A nova metodologia de automação proposta estabeleceu as seguintes metas e atributos:

1. Melhorar a confiabilidade, reprodutibilidade e qualidade da calibração, diminuindo o fator de interferência humana;
2. Permitir o aumento do número de medições, possibilitando caso desejado pelo usuário a diminuição da incerteza de medição;
3. Acabar com os manuscritos e erros de digitação;
4. Disponibilizar um histórico das calibrações e das tendências do instrumento;
5. Facilitar a operação da calibração; e
6. Diminuir o tempo de calibração, ajustes, processamento e análise de dados para, no máximo, 2 horas e, com isso, maior produção por parte do laboratório.

Outra característica do programa de automação é possibilitar a redução do custo da calibração e do ajuste em um instrumento de alta exatidão, melhorando a qualidade e confiabilidade do serviço.

## 1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A principal metodologia utilizada foi a de desenvolvimento e aplicação de modelos, pois foi feito um experimento para controle de instrumentos. Além disso, contemplou o estudo de caso e de pesquisa-ação, já que esse é um problema que se aplica a Subdivisão de Metrologia do PAME-RJ. Necessitou ser realimentado durante todo o desenvolvimento para análise e validação dos dados.

A presente dissertação de mestrado estrutura-se segundo os seguintes capítulos:

**CAPÍTULO 1, INTRODUÇÃO** – É apresentado um breve histórico da metrologia na FAB, o que é um multímetro e seu conceito, a motivação e o objetivo do trabalho.

**CAPÍTULO 2, INSTRUMENTOS, PADRÕES E ACESSÓRIOS UTILIZADOS NA CALIBRAÇÃO** – São descritos todos os equipamentos, instrumentos e acessórios utilizados na dissertação e suas características básicas.

**CAPÍTULO 3, DESCRIÇÃO DO SISTEMA COMPUTACIONAL** - É descrito a metodologia do Sistema Computacional que controla todos os instrumentos envolvidos no projeto para a execução da calibração e do ajuste dos multímetros digitais.

**CAPÍTULO 4, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS** - Neste capítulo, de acordo com uma perspectiva da Pesquisa-Ação, foram analisados e validados todos os dados fornecidos pelo Sistema, com a finalidade de confirmar se estes estão em concordância com o método manual, assim como foi testado o desempenho do equipamento e do Sistema por outros técnicos, fazendo, se necessários, modificações no programa, para garantia da qualidade e confiabilidade metrológica.

**CAPÍTULO 5, CONCLUSÃO** – É apresentado a confirmação dos resultados obtidos com o desenvolvimento do sistema computacional, com os objetivos concluídos e alcançados, e é apresentado possíveis trabalhos futuros à partir deste.

Ao término deste capítulo, tendo a certeza do entendimento do objetivo e da motivação desta dissertação de mestrado, passaremos ao capítulo seguinte, no qual são apresentados os instrumentos, acessórios e padrões utilizados na dissertação.