



PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE LABORATÓRIOS DE CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS NO CENTRO TECNOLÓGICO DA MARINHA EM SÃO PAULO - CTMSP.

*Raimundo Dias da Silva*¹, *Eduardo Kibrit*², *Dirceu Paulo de Oliveira*³

¹ CTMSP, São Paulo, Brasil, raimundo@ctmsp.mar.mil.br

² CTMSP, São Paulo, Brasil, kibrit@ctmsp.mar.mil.br

³ CTMSP, São Paulo, Brasil, dirceu.oliveira@ctmsp.mar.mil.br

Resumo: O presente trabalho apresenta os critérios utilizados para a implantação de um Sistema de Laboratórios de Calibração de Instrumentos (LAC) nas áreas de Pressão, Temperatura, Eletricidade, Dimensional e Radiações Ionizantes, no Centro Experimental ARAMAR (CEA) do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP). Neste estudo, foram considerados: a estimativa da demanda por serviços tecnológicos, as condições de contorno para a constituição do sistema de laboratórios e os custos envolvidos. São também apresentados os resultados do estudo, uma discussão desses resultados e as conclusões.

Palavras-chave: metrologia, calibração, laboratório, qualidade.

1. INTRODUÇÃO

Com um mercado, em geral, cada vez mais exigente por confiabilidade e exatidão em seus processos industriais de fabricação, a calibração vem ganhando mais espaço e importância dentro das empresas [1].

Verificamos com nossas pesquisas na indústria de defesa e segurança que há duas situações relativamente distintas com relação à calibração de instrumentos. Na primeira, parcialmente terceirizada, há contratação de serviços laboratoriais para a execução da maioria de seus serviços de calibração. Na segunda, um passo à frente, as empresas estão se estruturando internamente para calibrar 100% dos instrumentos na própria empresa, diminuindo assim sua dependência externa.

Visando atender à demanda interna por serviços tecnológicos prontamente, o CTMSP está optando por utilizar a mão-de-obra interna para calibrar a maior parte das grandezas que afetam diretamente os aspectos de qualidade e segurança do produto e, para outras grandezas, contratar prestadores de serviços especializados acreditados na Rede Brasileira de Calibração do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (RBC/INMETRO).

Desta forma, este trabalho busca identificar os requisitos para a implantação de um Sistema de Laboratórios de Calibração de Instrumentos (LAC) no CTMSP/CEA, com os seguintes propósitos:

a) Promover a implantação e manutenção do Sistema de Gestão da Confiabilidade Metrológica nos laboratórios de calibração e ensaios do CTMSP, bem como executar auditorias periódicas nos laboratórios de modo a avaliar a efetividade dos sistemas implantados e identificar oportunidades de melhoria;

b) Implantar e operar um sistema de laboratórios nas áreas de medição das grandezas:

b.1) Radiações ionizantes, para executar serviços de calibração de monitores de área e pessoais com radiação gama e calibração de monitores de contaminação de superfície;

b.2) Pressão, para executar serviços de calibração de manômetros, transmissores de pressão absoluta e relativa, transmissores de nível e de pressão diferencial;

b.3) Temperatura, para executar serviços de calibração de sensores tipos bimetálicos, termopares, RTD e malhas de controle de temperatura;

b.4) Eletricidade, para executar serviços de calibração de multímetros, de transmissores de sinais a dois fios, 4 a 20 mA e de fontes de alimentação de precisão;

b.5) Dimensional, para executar serviços de calibração de blocos padrão, paquímetros, micrômetros, relógios comparadores, etc.

Enfatiza-se que a confiabilidade metrológica faz parte dos compromissos assumidos pelo CTMSP junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), nos Programas de Garantia da Qualidade dos empreendimentos, sendo requerida no item 4.9.3 da norma CNEN-NN-1.16 [2] que trata da calibração e controle de equipamentos de teste e de medição e no item 7.6 da norma NBR ISO 9001 [3] que trata do controle de equipamento de monitoramento e medição.

Em decorrência das Orientações do Comandante da Marinha de 2006 e 2007, foi criado um Grupo de Trabalho (GT) que dentre outras atribuições, deveria sugerir a criação de um Laboratório Central de Calibração, em local a ser designado. Este seria o laboratório de mais alto nível de excelência metrológica dentro da estrutura da Marinha do Brasil (MB), responsável por guardar e manter os padrões de referência em uma ou mais grandezas de interesse da MB, bem como garantir a rastreabilidade metrológica aos padrões nacionais do Laboratório Nacional de Metrologia do INMETRO, em conformidade com a Figura 1 abaixo.



Fig. 1 – Hierarquia do Sistema Metrológico
(Fonte: www.inmetro.gov.br).

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo descrever os critérios adotados para a implantação de um Sistema de Laboratórios de Calibração de Instrumentos de Medição (LAC) nas áreas de Pressão, Temperatura, Eletricidade, Dimensional e Radiações Ionizantes no CTMSP/CEA.

Para atingir o objetivo, foram realizadas as seguintes atividades:

- Identificação da demanda por serviços tecnológicos;
- Especificação das condições de contorno do Sistema de Laboratórios;
- Estimativa dos custos com infraestrutura, bens de capital e recursos humanos;
- Definição do sistema da qualidade.

3. MÉTODOS

Para implantar o LAC no CTMSP/CEA, situado na região de Sorocaba, SP, é necessário identificar a demanda por serviços tecnológicos; especificar as condições de contorno; estimar os investimentos com infraestrutura, bens de capital, e recursos humanos; e implantar um sistema de gestão da qualidade.

3.1 Identificação da demanda por serviços tecnológicos

Estima-se em aproximadamente 3.000 instrumentos o potencial de calibração no CTMSP, distribuídos nas áreas de

pressão, temperatura, elétrica, dimensional e radiações ionizantes, para atender a demanda gerada pelos empreendimentos do CTMSP/CEA e CTMSP/Sede: Unidade de Produção de Hexafluoreto de Urânio - USEXA, Laboratório de Termohidráulica - LABTERMO, Laboratório de Testes de Equipamento de Propulsão - LATEP, Laboratório de Enriquecimento Isotópico - LEI, Unidade Piloto de Demonstração Industrial para Enriquecimento de Urânio - USIDE, Laboratório de Materiais Nucleares - LABMAT, Reator de Pesquisas de Potência Zero (Unidade Crítica) - IPEN/MB-01, e Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica - LABGENE.

Além de prestar serviços de calibração aos clientes internos, o CTMSP também oferecerá serviços a outras organizações militares (OM) da Marinha do Brasil (MB) que venham solicitá-los, e, também, como cliente em potencial, pode-se citar o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) que será construído na área adjacente ao CTMSP/CEA.

Após a identificação da demanda interna, foram realizadas externamente duas pesquisas de demanda por serviços tecnológicos, a saber:

- Pesquisa de clientes potenciais na região de Sorocaba – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP)

A pesquisa de clientes potenciais por serviços de calibração de instrumentos nas áreas de pressão, temperatura, elétrica e dimensional, realizada junto à FIESP para a região de Sorocaba retornou 1151 empresas com potencial de utilização dos serviços prestados pelo Sistema de Laboratórios de Calibração de Instrumentos do CTMSP (LAC).

O resultado desta pesquisa está descrito na Tabela 3 apresentada no tópico 4 “Resultados”.

- Pesquisa de demanda por serviços tecnológicos - Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança (ABIMDE) e o Departamento da Polícia Federal (DPF)

A pesquisa de demanda realizada junto à ABIMDE e o DPF, utilizando como documento de referência os procedimentos do INMETRO NIT-DICLA-012 Rev.12 [4] e NIT-DICLA-16 Rev.2 [5], apontou as necessidades por serviços específicos de calibração e ensaios.

O resultado desta pesquisa está descrito na Tabela 4 apresentada no tópico 4 “Resultados”.

3.2 Condições de Contorno do Sistema de Laboratórios

3.2.1 Informações de Arquitetura e Engenharia Civil

- Número de Pavimentos e Dimensões Requeridas

O edifício deve ser construído no pavimento térreo. O Anexo 1 apresenta uma sugestão de distribuição das diversas áreas do prédio e dimensões desejáveis para as áreas dos cinco laboratórios.

b) Detalhes Construtivos Exigidos

Os projetos a serem desenvolvidos para a implantação do LAC são os seguintes: arquitetura, elétrica, hidráulica, ventilação, ar condicionado, comunicação, processamento de dados, estrutura em concreto, sistema de proteção contra descargas atmosféricas, aterramento e sistema de proteção contra incêndio [1].

3.2.2 Áreas dos Laboratórios

Os laboratórios, em geral, devem atender aos seguintes requisitos:

- Ter janelas fixas com vidro duplo;
- Dispor de portas que permitam vedação efetiva;
- Ter paredes, pisos e tetos com acabamento antiestático, de modo a evitar o acúmulo de pó;
- Possuir paredes, pisos e tetos termos-isolantes, revestidos em cores claras;
- Ter suprimento de energia elétrica estabilizada com 127 V e 240 V, dotada de aterramento com resistência menor que dois ohms e proteções contra descargas elétricas;
- Possuir ramais telefônicos;
- Possuir pontos de conexão a rede de dados do CTMSP, dois pontos por sala.

a) Laboratório de Calibração de Instrumentos de Medição de Radiação Ionizante – LACIMRI.

O LACIMRI por utilizar fontes radioativas com altas atividades para calibrar instrumentos de medição de radiação ionizante necessita de um *bunker*, o qual deve ser projetado para blindar radiações gama emitidas por fontes de Césio - 137 com atividades da ordem de 30 Curies - Ci.

b) Laboratório de Calibração de Instrumentos de Medição de Pressão - LACPRE

O LACPRE não requer nenhuma condição específica de construção além das já citadas.

c) Laboratório de Calibração de Instrumentos Dimensionais - LACDIM

Deve ter as seguintes características, além das condições citadas nos demais itens deste documento.

- Temperatura de $20\text{ °C} \pm 1,0\text{ °C}$; e
- Temperatura de $20\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$, na sala de calibração dos blocos padrões.

d) Laboratório de Calibração de Instrumentos Elétricos -

LACIE

Deve ter as seguintes características, além das condições citadas nos demais itens deste documento.

- Ter um barramento de terra;
- Temperatura de $23\text{ °C} \pm 1,0\text{ °C}$;
- Ter alimentações de tensão de 127 V, 220 V, 220 V trifásico e 380 V trifásico (apenas um ponto destas duas últimas tensões); e
- Possuir tensão de alimentação elétrica estabilizada.

e) Laboratório de Calibração de Instrumentos de Medição de Temperatura – LACIT

Aplicam-se as mesmas condições citadas para o LACIE, item “d” acima.

f) Cargas Localizadas

Os pisos dos laboratórios LACDIM e LACIMRI devem ser dimensionados para suportarem cargas da ordem de 1000 kg/m^2 , sem produzirem recalques, uma vez que possuirão, respectivamente, uma mesa de granito pesando, aproximadamente, 600 kg e um irradiador com, aproximadamente, 1000 kg.

3.2.3 Informações de Utilidades

Os laboratórios devem ter as seguintes utilidades:

- Linha de ar comprimido seco e isento de óleo;
- Água filtrada para limpeza dos equipamentos na sala de guarda e limpeza de instrumentos.
- Pressão positiva; e
- Sistema de ar condicionado.

3.2.4 Condições Ambientais Internas

As condições ambientais internas dos laboratórios devem seguir os seguintes critérios:

- Temperaturas para os laboratórios são de $20\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$, salvo onde indicado no item do próprio laboratório;
- Taxa de umidade relativa do ar entre 50 a 60%;
- Iluminamento na ordem de 1000 Lux;
- Ruído acústico máximo em 70 dBA;
- Pressão relativa na ordem de 2,5 mm H₂O.

3.2.5 Prevenção de Combate à Incêndio

A prevenção e o combate a incêndios devem ser realizados como segue:

- Por detectores de fumaça e de calor;
- Externamente, por dois hidrantes; e

- Internamente, por extintores de pó químico e de CO₂.

Devem ser previstas portas de emergência, em locais adequados, permitindo o livre acesso de pessoas ao exterior do prédio. Estas portas devem possuir destravamentos, apenas pelo lado interno do prédio.

3.2.6 Suprimento de Energia Elétrica, Telefonia e Informática

a) Suprimento de Energia Elétrica

Os laboratórios devem ter suprimentos de energia elétrica estabilizados em 127 V e 220 V, dotados de aterramento com resistência menor que dois ohms.

b) Telefonia e Informática

Devem ser previstas linhas telefônicas e pontos de rede de informática, além de, pelo menos, duas linhas telefônicas e pontos de rede por laboratório.

3.2.7 Proteção Radiológica

O LACIMRI, de acordo com o item 5.1.c da norma CNEN-NE-6.02 [6], é considerado uma instalação radioativa do Grupo III, e, portanto, além do “Plano de Radioproteção para Laboratório de Calibração de Instrumentos”, necessita requisitar à CNEN o seguinte:

- Autorização para aquisição de material radioativo; e
- Autorização para operação.

3.2.8 Proteção Física

O número de portas deve ser o mínimo necessário e, quando fechadas, devem permitir uma vedação efetiva.

3.2.9 Contenção e Confinamento

Os laboratórios devem ter antecâmaras nas entradas, de forma a manter estáveis as temperaturas internas, e o LACIMRI deve ter um *bunker*, com objetivo de blindar as radiações emitidas pelas fontes durante as calibrações, conforme está previsto no Anexo 1.

3.3 Estimativa de Investimentos

3.3.1 Investimentos com infraestrutura

O investimento na construção de um prédio próprio, no CEA, para abrigar o LAC, com uma área aproximada de 1000 m², está estimado em R\$ 2.900.000,00.

3.3.2 Investimentos com bens de capital

O investimento com a aquisição de padrões, além daqueles já adquiridos pelo CTMSP, está resumido na Tabela 1:

Tabela 1. Investimento com aquisição de padrões

Grandeza	Custo em R\$
Laboratório das Radiações Ionizantes	469.861,80
Laboratório de Pressão	188.231,94
Laboratório de Temperatura	418.000,00
Laboratório de Eletricidade	336.000,00
Laboratório Dimensional	609.600,00
Total	2.021.693,74

3.3.3 Investimentos com Recursos Humanos

As principais necessidades de recursos humanos para a operacionalidade do Sistema são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Recursos humanos necessários

Cargo	Quant.
Encarregado de Divisão	01
Supervisores de Laboratório	05
Técnicos de Laboratórios	05
Auxiliares Técnicos	05
Total	16

3.4 Implantação do sistema da qualidade

Será implantado nos laboratórios um sistema de gestão da qualidade em conformidade com os requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [7]. No caso do LACIMRI, além do atendimento à norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, deverão ser atendidos os requisitos estabelecidos no documento do Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes - LNMRI, “Requisitos para Operação de Laboratórios de Calibração de Instrumentos de Medição de Radiação usados em Radioproteção” de 2004 [8].

4. RESULTADOS

O resultado da pesquisa por clientes potenciais por serviços de calibração de instrumentos nas áreas de pressão, temperatura, elétrica e dimensional, realizada junto à FIESP para a região de Sorocaba está descrito na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Pesquisa de demanda junto à FIESP

Porte	Nº Funcionários	Quantidade
Micro	1 a 9	89
Pequena	10 a 99	763
Média	100 a 499	259
Grande	Mais de 500	40
Total		1151

O resultado da pesquisa de demanda realizada junto à ABIMDE e ao DPF, utilizando como documento de referência os procedimentos do INMETRO NIT-DICLA-012 Rev.12 [4] e NIT-DICLA-16 Rev.2 [5], está descrito na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 Pesquisa de demanda junto à ABIMDE e DPF

Serviços de calibração	Demanda (%)
Dimensional	20,6
Eletricidade	18,8
Ensaio	17,1
Massa - Dureza	13,5
Força - Torque	5,9
Temperatura	5,3
Óptica	5,3
Pressão	5,3
Vazão	4,7
Tempo - frequência	3,5
Total	100

5. DISCUSSÃO

A implantação dos laboratórios apresenta as seguintes vantagens para o CTMSP:

- Conhecimento e controle dos processos para garantir a qualidade dos produtos;
- Rastreabilidade dos instrumentos realizada junto à RBC/INMETRO;
- Padronização dos procedimentos e do cálculo da incerteza de medição;
- Conhecimento e controle de todos os padrões alocados nos Laboratórios;
- Harmonização dos programas interlaboratoriais;
- Redução dos custos relativos à aquisição de padrões e à manutenção da infraestrutura laboratorial (manutenção predial, manutenção dos instrumentos e padrões, calibrações dos padrões, dentre outras);
- Centralização dos custos relativos à formação de recursos humanos para exercerem atividades de confiabilidade metrológica.

O Sistema de Laboratórios de Calibração do CTMSP, situado na região de Sorocaba, além de atender às necessidades de confiabilidade metrológica do Centro poderá, também, servir de suporte metrológico às demais organizações militares (OM) da Marinha do Brasil (MB) e, complementarmente, poderá atender à crescente demanda das indústrias da região.

De modo a atender os requisitos de rastreabilidade metrológica estabelecidos nas normas aplicáveis [2, 3], os laboratórios integrantes desse Sistema, além de ter um sistema de gestão da qualidade e confiabilidade metrológica implantados, serão preparados para obter sua acreditação na RBC/INMETRO.

Para a operacionalidade segura dos empreendimentos nucleares do CTMSP, devem ser adotadas medidas de proteção radiológica que garantam a proteção dos indivíduos, ocupacionalmente expostos, da população e do

meio ambiente, em conformidade com a responsabilização, individual e coletiva, constante nas Seções 4 e 5 da Norma CNEN-NN-3.01 [9].

Devido aos custos de implantação do sistema de laboratórios, pode-se optar por priorizar determinadas grandezas de medição e implantar os laboratórios em módulos, começando pelo LACIMRI, porque esta grandeza está relacionada com a segurança da operação, do operador, da população e com a preservação do meio ambiente.

A implantação de um sistema de laboratórios acreditado à RBC/INMETRO, que atenda às grandezas críticas ou mais usuais, significa dotar o CTMSP da estrutura metrológica adequada para a calibração de instrumentos de campo e obtenção de dados técnicos em conformidade com os requisitos especificados.

Por outro lado, considerando o custo com a aquisição dos padrões da ordem de R\$ 2.000.000,00 e o com as necessidades metrológicas do Centro, que são de R\$ 600.000,00 por ano, para calibração de 3.000 instrumentos de processos e das radiações ionizantes, o Projeto do LAC se pagaria em menos de dois anos, considerando apenas o atendimento aos clientes internos.

6. CONCLUSÕES

Conforme visto nos itens 3.3.1 e 3.3.3 acima, cabe ao CTMSP arcar com os custos de infraestrutura e com os custos com recursos humanos.

Os bens de capital mencionados em 3.3.2 acima serão adquiridos, parcialmente, com recursos provenientes da FINEP, conforme previsto no convênio FINEP nº 2776/09, que trata da constituição da Rede de Componentes e Produtos da Área de Defesa e de Segurança do SIBRATEC.

O custo com a qualidade é compulsório, haja vista a necessidade de conformidade com as especificações técnicas e normativas da CNEN que determinam nossa responsabilidade legal, quanto à operacionalidade segura dos empreendimentos.

As Orientações do Comandante da Marinha de 2011 (ORCOM-2011), no item M-28, prevê que se faça um estudo para que uma OM da MB realize tarefas semelhantes àquelas realizadas pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), pertencente à Força Aérea Brasileira (FAB). Com esse trabalho, o CTMSP estaria, então, colocando-se como opção para cumprir essa missão.

Em conformidade com o item 3.1 acima, as demandas real e potencial justificam plenamente a implantação do LAC, o qual irá assegurar a confiabilidade metrológica das grandezas relacionadas à operação dos empreendimentos do CTMSP.

Além da demanda supracitada, o LAC também estará apto a atender a demanda proveniente das empresas associadas à ABIMDE e o DPF, conforme previsto no

convênio FINEP nº 2776/09, o qual trata da constituição da Rede de Componentes e Produtos da Área de Defesa e Segurança do SIBRATEC.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo – CTMSP por ter permitido nossa participação neste Congresso e à Sociedade Brasileira de Metrologia pela realização do evento.

REFERÊNCIAS

- [1] Metrologia & Instrumentação, “Como Montar e Projetar um Laboratório”. Ano 5, Vol. 47, São Paulo, Epse Editora de Produtos e Serviços Ltda., 2007.
- [2] Comissão Nacional de Energia Nuclear, “Garantia da Qualidade para Usinas Nucleoelétricas e Outras Instalações”, CNEN-NN-1.16, 2000. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm116.pdf>. Acesso em: 20/06/2011.
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, “Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos”, NBR ISO 9001, 2008.
- [4] INMETRO, “Relação Padronizada de Serviços de Calibração Acreditados”, NIT-DICLA-012 Rev.12, fevereiro de 2010.

Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/DICLA/NIT/NIT-DICLA-12_12.pdf. Acesso em: 09/06/2011.

- [5] INMETRO, “Elaboração de Escopo de Ensaios”, NIT-DICLA-16 Rev.2, agosto de 2010. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/DICLA/NIT/NIT-DICLA-16_02.pdf. Acesso em: 09/06/2011.
- [6] Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, “Licenciamento de instalações radioativas”, CNEN-NE-6.02, Julho 1998. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm602.pdf>. Acesso em: 20/06/2011.
- [7] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, “Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibração”, ABNT NBR ISO/IEC 17025, Outubro 2005.
- [8] Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes - LNMRI, “Requisitos para Operação de Laboratórios de Calibração de Instrumentos de Medição de Radiação usados em Radioproteção”, Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD, Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, 2004.
- [9] Comissão Nacional de Energia Nuclear, “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”, CNEN-NN-3.01, 2005. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>. Acesso em: 20/06/2011.

ANEXO 1

