

## CONCEPÇÃO DO LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DE RADIAÇÃO IONIZANTE (LACIMRI) DO CTMSP

*Raimundo Dias da Silva*<sup>1</sup>, *Eduardo Kibrit*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CTMSP, São Paulo, Brasil, raimundo@ctmsp.mar.mil.br

<sup>2</sup> CTMSP, São Paulo, Brasil, kibrit@ctmsp.mar.mil.br

**Sumário:** O presente trabalho visa descrever as etapas de implantação de um laboratório de calibração de instrumentos de medição de radiação ionizante no CTMSP, em uma instalação pré-existente aprovada pela CNEN. Este laboratório permitirá ampliar e melhorar a capacidade metrológica atual para o atendimento à crescente demanda por serviços de calibração destes instrumentos.

**Palavras-chave:** metrologia, calibração, radiação ionizante.

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, há sete laboratórios para calibração de instrumentos de medição de radiação ionizante:

- Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (IRD - Instituto de Radioproteção e Dosimetria);
- Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN);
- Universidade Federal de Pernambuco;
- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN); e
- Laboratório de Ciências Radiológicas da UERJ;
- Laboratório de Calibração de Monitores de Radiação da METROBRAS – Centro de Ensaio e Pesquisas em Metrologia, Jardinópolis/SP;
- Laboratório de Calibração de Monitores de Radiação da ELETRONUCLEAR – Eletrobrás Termonuclear S.A., Angra dos Reis/RJ.

A demanda por calibrações de instrumentos de medição de radiação ionizante vem crescendo muito nos últimos anos, principalmente na região de São Paulo. Até o presente momento, o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) e a METROBRAS são os maiores responsáveis pelo atendimento à demanda de serviços desta região do país.

Atualmente, o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) está demonstrando interesse em desenvolver e implementar um laboratório para a calibração de instrumentos de medição de radiação ionizante no Centro Experimental ARAMAR, na cidade de Iperó, região de Sorocaba, estado de São Paulo. Este laboratório visa ampliar e melhorar a infra-estrutura metrológica das radiações

ionizantes existente no Brasil, com o objetivo de atender a demanda interna do CTMSP, da Marinha do Brasil e ao excedente da demanda nacional por estes serviços.

### 2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo geral descrever as etapas de implantação de um laboratório de calibração de instrumentos de medição de radiação ionizante no CTMSP.

Para atingir o objetivo geral, devem ser atendidos os seguintes objetivos específicos:

- Descrição das etapas de ampliação e melhoria da instalação predial (*bunker*), pré-existente, aprovada pela CNEN, onde será constituído o laboratório;
- Definição dos padrões de calibração a serem adquiridos para operação do laboratório;
- Licenciamento da instalação na CNEN;
- Implantação do sistema de gestão do laboratório.

### 3. MÉTODOS

A concepção do laboratório de calibração de instrumentos de radiação ionizante no CTMSP será caracterizada pela identificação das etapas de ampliação e melhoria da instalação predial (*bunker*), onde será constituído o laboratório, pela identificação dos padrões de calibração a serem adquiridos para operação do laboratório, pela identificação dos requisitos de licenciamento da instalação, e pela identificação dos requisitos do sistema de gestão do laboratório.

#### 3.1 Ampliação e melhoria da instalação predial (*bunker*)

Uma instalação predial pré-existente (*bunker*), aprovada pela CNEN para operar com fontes radioativas de raios-X de 160 kV, 10 mA e fontes de raios-gama de irídio 192 com atividade de 35 Ci será utilizada para acomodar o Laboratório de Calibração de Instrumentos de Medição de Radiação Ionizante (LACIMRI), o qual irá operar com uma fonte de Cs-137 com atividade de 30 Ci (1,11 TBq).

A melhoria e adequação da instalação predial (*bunker*) constam das seguintes etapas:

- Condicionamento ambiental e elétrico da instalação (ar condicionado, controle de umidade, controle de energia elétrica, etc.);
- Projeto e construção de arranjos para a realização de calibrações;
- Desenvolvimento de técnicas de calibração;
- Desenvolvimento de sistemas de aquisição de dados e automação.

### 3.2 Padrões de calibração a serem adquiridos

Os padrões de calibração a serem adquiridos para operação do laboratório são:

- Irradiador de raios gama, fonte única de Cs-137 e 30 Ci (1,11 TBq) de atividade, conforme mostrado na Fig.1;
- Sistema de posicionamento manual em 2 eixos, 4 m x 30 cm, conforme mostrado na Fig.2;
- Conjunto de atenuadores X2, X4, X10, X100;
- Sistema de alinhamento a laser;
- Conjunto de câmera de vídeo e monitor;
- Sistema para melhoramento do controle do computador e do controle automatizado do software;
- Detector padrão de radiação tipo câmara de ionização.

A aquisição do irradiador de raios gama será feita por importação, mediante a apresentação do documento “Licença de Importação para Material Radioativo e/ou Equipamento Gerador de Radiação Ionizante – SLI” à CNEN.

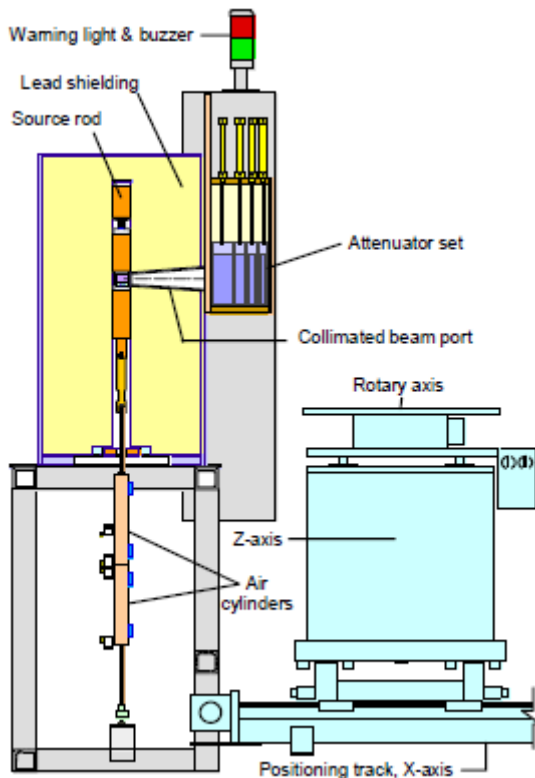


Fig. 1. Corte do Conjunto do Irradiador de Raios Gama.

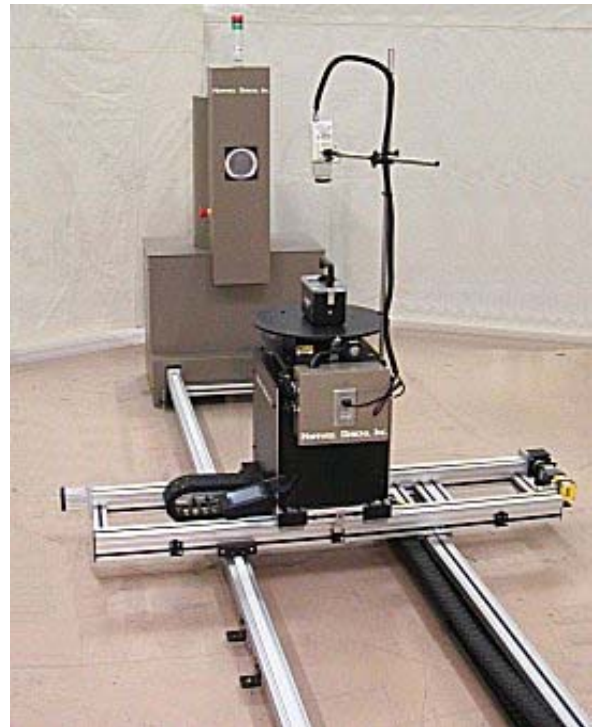


Fig. 2. Sistema de Posicionamento em 2 Eixos.

### 3.3 Licenciamento da instalação

O licenciamento da instalação seguirá os requisitos estabelecidos na norma CNEN-NE-6.02 [2].

De acordo esta norma a instalação que acomodará o LACIMRI classifica-se como instalação do Grupo III, ou seja, instalação que utiliza fonte selada que não se caracteriza como do Grupo I (instalações que utilizam fontes seladas de grande porte em processos industriais induzidos por radiação) nem do Grupo II (instalações que utilizam fontes seladas em equipamentos para fins de radioterapia ou radiografia industrial).

Deste modo, o LACIMRI deve obter uma autorização para a aquisição de material radioativo e uma autorização para operação. Ainda, o laboratório deve ter o licenciamento para o uso da fonte radioativa (ato administrativo da CGMI/CNEN) e uma autorização/certificação para a prestação de serviço de calibração (ato administrativo do CASEC/IRD).

A Autorização para aquisição de material radioativo ou de outras fontes de radiação será concedida após a comprovação de que o projeto da instalação satisfaz as condições exigidas por normas específicas da CNEN, em particular àquelas relativas à gerência de rejeitos radioativos.

A concessão da autorização para operação será orientada com base nas seguintes considerações:

- Ter sido a construção da instalação completamente concluída de acordo com as disposições legais, regulamentares e normativa e com as condições das Licenças de Construção e seus aditamentos;

- b. Haver comprovação de que a operação prevista será conduzida sem risco radiológico.

Um relatório de segurança deve ser submetido à CNEN, incluindo, no mínimo, os seguintes aspectos, no que for aplicável:

- a. Projeto final da instalação;
- b. Organização do pessoal e responsabilidades;
- c. Plano de treinamento do pessoal;
- d. Plano para condução das operações;
- e. Garantia da qualidade dos produtos do requerente e de seus contratados;
- f. Controles administrativos a serem aplicados durante a operação;
- g. Plano de emergência;
- h. Especificações técnicas a serem adotadas para operação;
- i. Plano de proteção física, de acordo com normas específicas;
- j. Plano de radioproteção, de acordo com normas específicas.

Em 08/09/2008, foi encerrado o processo de consulta pública que revisa e transforma a norma CNEN-NE-6.02, norma experimental, na norma CNEN-NN-6.02, norma nuclear.

Conforme projeto de norma CNEN-PN-6.02 de 2008 [3], o LACIMRI é classificado como instalação radioativa do Grupo III-C que se aplica às instalações onde se manipulam, utilizam ou se armazenam, inclusive para fins de distribuição, fontes seladas para fins outros daquelas usadas em instalações de grande porte em processos industriais induzidos por radiação ou em equipamentos.

Deste modo, segundo este projeto de norma, o laboratório necessitará, além da autorização para a aquisição de material radioativo e da autorização para operação, de uma autorização para retirada de operação.

As instalações radioativas que decidirem encerrar suas atividades deverão solicitar à CNEN o cancelamento da autorização para operação, mediante requerimento acompanhado, no mínimo, das informações a seguir, substanciadas em um plano de retirada de operação, além do cumprimento de determinações contidas em normas específicas:

- a. Breve histórico da instalação;
- b. Inventário dos materiais radioativos e ou equipamentos emissores de radiação ionizante;
- c. Procedimentos técnicos para avaliação dos níveis de radiação e para a descontaminação de áreas, superfícies e equipamentos, quando aplicável;
- d. Destino a ser dado aos materiais radioativos e demais fontes de radiação;
- e. Procedimentos técnicos e administrativos para a descontaminação total da instalação, quando aplicável;
- f. Programa de gerência dos rejeitos gerados no processo de descontaminação, quando aplicável;
- g. Destino a ser dado aos registros que devam ser conservados.

### **3.4 Implantação do sistema de gestão do laboratório**

O laboratório implantará um sistema de gestão em conformidade com os requisitos estabelecidos na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 [1] e 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 [4].

#### **3.4.1 ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 [1]**

Esta norma especifica os requisitos gerais para a competência em realizar ensaios e/ou calibrações, incluindo amostragem. Ela cobre ensaios e calibrações realizados utilizando métodos normalizados, métodos não normalizados e métodos desenvolvidos pelo laboratório.

Esta norma é aplicável a todas as organizações que realizam ensaios e/ou calibrações e deve ser utilizada por laboratórios no desenvolvimento do seu sistema de gestão para qualidade, operações técnicas e administrativas.

Ela compreende dois capítulos principais, o capítulo 4 que estabelece requisitos da direção e o capítulo 5 que estabelece requisitos técnicos, a saber:

#### **Capítulo 4. Requisitos da direção;**

- 4.1 Organização;
- 4.2 Sistema de gestão;
- 4.3 Controle de documentos;
- 4.4 Análise crítica de pedidos, propostas e contratos;
- 4.5 Subcontratação de ensaios e calibrações;
- 4.6 Aquisição de serviços e suprimentos;
- 4.7 Atendimento ao cliente;
- 4.8 Reclamações;
- 4.9 Controle de trabalhos de ensaio e/ou calibração não-conforme;
- 4.10 Melhoria;
- 4.11 Ação corretiva;
- 4.12 Ação preventiva;
- 4.13 Controle de registros;
- 4.14 Auditorias internas;
- 4.15 Análise crítica pela direção.

#### **Capítulo 5. Requisitos técnicos;**

- 5.1 Generalidades;
- 5.2 Pessoal;
- 5.3 Acomodações e condições ambientais;
- 5.4 Métodos de ensaio e calibração e validação de métodos;
- 5.5 Equipamentos;
- 5.6 Rastreabilidade de medição;
- 5.7 Amostragem;
- 5.8 Manuseio de itens de ensaio e calibração;
- 5.9 Garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração;
- 5.10 Apresentação de resultados.

#### **3.4.2 LNMRI - “Requisitos para Operação de Laboratórios de Calibração de Instrumentos de Medição de Radiação usados em Radioproteção” [4]**

Este documento estabelece os requisitos técnicos para a prestação de serviços de calibração de instrumentos de medição empregados com fim de proteção radiológica.

Estes requisitos aplicam-se aos laboratórios que desejam oferecer os seguintes serviços:

- a. Calibração de monitores de área e monitores pessoais com radiação gama;
- b. Calibração de monitores de área e monitores pessoais com radiação X;
- c. Calibração de monitores de contaminação de superfície.

De acordo com este documento, um laboratório de calibração candidato à autorização de funcionamento deve estar legalmente constituído e suas instalações localizadas em território nacional. O laboratório deve atender à legislação municipal, estadual e federal referente à segurança e higiene do trabalho, e estar devidamente licenciado pelos órgãos competentes. A instalação radiativa do laboratório deve atender aos requisitos das normas de radioproteção da CNEN, e estar devidamente licenciada pelo setor competente deste órgão.

O laboratório deve ser constituído por uma gerência e por pessoal técnico. A gerência é constituída pelo diretor do laboratório, por um responsável técnico (RT) e seu substituto (RTS), e por um responsável pelo apoio administrativo (RA).

O diretor do laboratório deve ter uma posição na estrutura organizacional que assegure a autoridade para conduzir as operações do laboratório livre de qualquer influência que afete adversamente a qualidade ou imparcialidade dos serviços oferecidos. Ele é responsável por assegurar que os procedimentos do laboratório estão sendo seguidos, promover e registrar a avaliação da competência do pessoal técnico, verificando e promovendo treinamento, quando necessário.

O RT deve ser responsável pela verificação de que os procedimentos documentados estão sendo seguidos apropriadamente e conferir a correta calibração de cada instrumento. Registros de tais conferências devem ser mantidos e estar disponíveis para auditoria.

O RT é encarregado da operação do laboratório, com dedicação integral e deve ter curso de nível superior reconhecido pelo Ministério de Educação em uma área científica ou tecnológica. Deve comprovar treinamento ou experiência na área da autorização e ser aprovado em um exame de avaliação de sua capacidade técnica. Os mesmos critérios se aplicam ao substituto do responsável técnico.

O RA deve ser responsável pela programação dos serviços (segundo critérios definidos pelo RT e/ou Diretor do Laboratório), recebimento e despacho dos instrumentos, bem como pelo controle e arquivamento dos documentos emitidos e recebidos. Deve ser capaz de esclarecer todas as dúvidas dos clientes quanto ao andamento dos serviços, que não sejam de caráter estritamente técnico.

O pessoal técnico empregado em trabalho de calibração, isto é, o executor da calibração, deve ter treinamento e

experiência comprovada, ser supervisionado pelo RT ou seu substituto e seguir procedimentos documentados.

O laboratório deve contar com locais e espaço suficiente para o cumprimento das seguintes atividades:

- a. Recepção e armazenamento dos instrumentos dos clientes;
- b. Exposição dos instrumentos objeto de calibração ou irradiação em condições de segurança radiológica;
- c. Processamento dos resultados e emissão de relatórios;
- d. Permanência dos técnicos do laboratório nos períodos entre as calibrações;
- e. Armazenamento de fontes radioativas em condições de segurança radiológica.

O laboratório deve estar localizado distante, ou de alguma forma isolado, de fontes de interferência elétrica, radioativa e eletromagnética, assim como de outras fontes que interfiram com a calibração de instrumentos.

O ambiente de irradiação do laboratório deve ser mantido a temperaturas razoavelmente uniformes de modo a não afetar a exatidão da calibração e assegurar que um nível de estabilidade seja atingido antes do início das medidas da calibração. Sua temperatura deve ser mantida entre os limites de 18°C e 26°C.

A umidade relativa deve estar entre os limites de 30 e 75 por cento, para operação rotineira do laboratório.

O nível de radiação de fundo deve ser mantido tão baixo quanto seja possível, e não estar sujeito a variações que podem afetar significativamente o trabalho de calibração. Deve ser evitado o armazenamento temporário de fontes radioativas não usadas para a calibração e em blindagem inadequada.

Os equipamentos disponíveis no laboratório devem ser apropriados aos serviços oferecidos e aos procedimentos empregados. O laboratório deve ter sistemas de posicionamento de instrumentos e posicionamento de fontes, com suportes rígidos, que possibilitem a reprodução das geometrias fonte-detector desejadas e que produzam radiação espalhada mínima.

As instalações devem ser operadas de maneira segura, de modo a limitar a exposição dos operadores a níveis tão baixos quanto praticamente possíveis e de acordo com as normas de proteção radiológica da CNEN.

O laboratório deve ter implementado um sistema de garantia da qualidade descrito pela norma ISO/IEC 17025:2005, com acreditação concedida pelo INMETRO.

Os resultados de testes realizados dentro do escopo da autorização devem ser formalmente informados aos clientes. Um certificado ou relatório deve ser emitido para cada item de instrumentação testado.

O laboratório deve possuir um plano de radioproteção aprovado pela CNEN, que inclui eventual atendimento à situação de emergência.

Sob o ponto de vista metrológico, o laboratório deve possuir instrumentos padrões calibrados e rastreados ao

Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes do Brasil e ao BIPM. Além disso, garantir a rastreabilidade metrológica com a participação em programas de comparações interlaboratoriais e em ensaios de proficiência.

O LACIMRI prestará serviços de calibração de monitores de área e dosímetros pessoais com radiação gama. Para este tipo de serviço, o documento do LNMRI estabelece que o laboratório disponha de pelo menos uma fonte de césio-137, e atender requisitos para controle da radiação (blindagem da fonte, colimação do feixe de radiação, exposição da fonte), conforme mostrado na Fig.1.

Em adição à fonte de césio-137 e aos dispositivos de controle associados, segundo este documento, o laboratório deve ter no mínimo os seguintes equipamentos, devidamente calibrados, quando aplicável:

- a. Uma câmara de ionização padrão adequada para as faixas de intensidade e de energia dos fótons para os serviços disponibilizados;
- b. Um eletrômetro para medir a carga produzida na câmara de ionização;
- c. Uma fonte de alimentação estável para o potencial de polarização da câmara;
- d. Um termômetro com resolução de 0,1 °C;
- e. Um barômetro com resolução de 0,1 kPa;
- f. Um cronômetro com resolução de 0,01s;
- g. Um higrômetro com resolução de 1 % de umidade relativa;
- h. Um conjunto de fantasmas para simular o tórax, o pulso e o dedo conforme especificado na norma ISO 4037-3, caso necessário;
- i. Um sistema de posicionamento de instrumentos em relação à fonte radioativa compatível com a incerteza do processo de calibração. Para configurações de irradiação no feixe, o sistema de posicionamento deve definir o eixo central do feixe gama.

#### 4. RESULTADOS

De acordo com a descrição da metodologia apresentada no capítulo anterior, foi proposta a concepção de um laboratório para a calibração de instrumentos de medição de radiação ionizante, dentro de algumas condições.

Foi sugerido o aproveitamento de uma instalação pré-existente (*bunker*) para acomodar o laboratório. Esta instalação, já licenciada pela CNEN, para operar com fontes radioativas de raios-X de 160 kV, 10 mA e fontes de raios-gama de irídio 192 com atividade de 35 Ci será utilizada para acomodar o Laboratório de Calibração de Instrumentos de Medição de Radiação Ionizante (LACIMRI), o qual irá operar com uma fonte de Cs-137 com atividade de 30 Ci (1,11 TBq).

Também foi proposta a aquisição de um irradiador de raios gama, fonte única, 30 Ci (1,11 TBq) de Cs-137, com sistema de posicionamento manual em 2 eixos e demais acessórios, o qual se demonstra adequado às atividades de calibração que irá executar.

Como instalação radioativa, o LACIMRI deverá passar por um processo de licenciamento junto à CNEN que demandará uma autorização para a aquisição de material radioativo e uma autorização para operação.

Finalmente, para a operação do laboratório, foi sugerida a implantação de um sistema de gestão, em concordância com a norma internacional para competência de laboratório aplicável, ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 [1] e com o documento do LNMRI/IRD [4], para a operação de laboratórios de calibração de instrumentos de medição de radiação usados em radioproteção.

#### 5. DISCUSSÃO

A proposta de aproveitar uma instalação pré-existente para acomodar um laboratório para a calibração de instrumentos de radiação ionizante irá trazer redução de custos com a instalação do laboratório.

Caso o laboratório fosse implantado em uma nova instalação, novos projetos básico e executivo da instalação seriam necessários, o que demandaria custos adicionais à implantação do laboratório.

A proposta de adequar o laboratório às exigências do LNMRI/IRD [4] possibilitará ao CTMSP pertencer ao seletivo grupo de instituições prestadoras de serviços de calibração de instrumentos de medição de radiação ionizante usados em radioproteção.

A proposta de implantação de um laboratório para a calibração de instrumentos de radiação ionizante no CTMSP irá atender a demanda de seus empreendimentos nucleares, hoje em implantação, bem como ao excedente da demanda de serviços realizados por outros laboratórios de calibração de instrumentos de radiação ionizante já em operação.

#### 6. CONCLUSÃO

O Laboratório de Calibração de Instrumentos de Medição de Radiação Ionizante do CTMSP (LACIMRI) irá atender à crescente demanda por calibração de instrumentos de medição de radiação ionizante, tanto nos empreendimentos nucleares, ora em desenvolvimento no CTMSP, quanto para as demandas específicas de setores de saúde e industriais do País.

Como consequência da implantação do LACIMRI, espera-se obter, como resultados, ampliação da oferta de serviços de calibração de instrumentos de medição de radiação ionizante, atendimento a um maior número de clientes, melhoria da qualidade dos serviços, oferta de tecnologia de metrologia das radiações ionizantes na região de Sorocaba, estado de São Paulo, capacitação de pessoal, e melhoria das condições de segurança no trabalho na área nuclear.

O LACIMRI contribuirá com a ampliação do conteúdo tecnológico dos produtos e serviços de Defesa Nacional, visando o enriquecimento do urânio, dentro do Programa Nuclear Brasileiro.

A implantação do LACIMRI também contribuirá para o aprimoramento da infra-estrutura de C, T&I de apoio a

programas e projetos de interesse da Defesa Nacional, na área nuclear.

O LACIMRI se constituirá num veículo para integração das iniciativas de C, T&I de interesse da Defesa Nacional, na área nuclear, conduzidas nas organizações militares de P&D, nos institutos e nas universidades civis, promovendo o aproveitamento intelectual de cientistas e pesquisadores, o compartilhamento de laboratórios e equipamentos e o emprego racional de recursos financeiros.

## **AGRADECIMENTOS**

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

## **REFERÊNCIAS**

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, “Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibração”, ABNT NBR ISO/IEC 17025, Outubro 2005.
- [2] Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, “Licenciamento de instalações radioativas”, CNEN-NE-6.02, Julho 1998.
- [3] Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, “Projeto de Norma: Licenciamento de Instalações Radiativas”, CNEN-PN-6.02, 2008.
- [4] 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.