

## Exercício de Comparação Laboratorial do Coeficiente de Calibração em feixe de Césio-137, Radioproteção – 2013/2014.

**TS Cabral<sup>1</sup>, MPA Potiens<sup>2</sup>, CMA Soares<sup>3</sup>, RR Silveira<sup>4</sup>, H Khoury<sup>5</sup>, E Fernandes<sup>6</sup>, WF Cardoso<sup>7</sup>, JC Borges<sup>8</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Radioproteção e Dosimetria; <sup>2</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; <sup>3</sup> Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear; <sup>4</sup> Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste; <sup>5</sup> Departamento de Energia Nuclear da UFPE; <sup>6</sup> Laboratório de Ciências Radiológicas da UERJ; <sup>7</sup> Eletronuclear – Eletrobrás Termonuclear S.A.; <sup>8</sup> MRA Comércio de Instrumentos Eletrônicos Ltda.

E-mail: tschirn@ird.gov.br

**Resumo:** Este trabalho versa sobre os resultados preliminares do segundo exercício de comparação entre os laboratórios de calibração de monitores de radiação no Brasil. O exercício envolveu oito laboratórios e a grandeza medida foi o kerma no ar em um arranjo em forma de estrela, com feixe de <sup>137</sup>Cs para radioproteção. O exercício foi conduzido pelo Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (LNMRI/IRD), durou de outubro de 2013 a julho de 2015. O maior desvio foi de 2% do coeficiente de calibração que é aceitável para aplicações em radioproteção.

**Palavras-chave:** comparação, coeficiente de calibração, kerma no ar, radioproteção.

**Abstract:** This work deals with the preliminary results of the second exercise of comparing the radiation monitors calibration laboratories in Brazil. The exercise involved eight laboratories and the measured quantity is the air kerma in a beam of <sup>137</sup>Cs for radioprotection. The exercise was conducted by the LNMRI/IRD, in a star-shaped arrangement from October 2013 to July 2015. The largest deviation was 2% of the calibration coefficient that is acceptable for applications in radioprotection.

**Keywords:** Air Kerma, comparison, radioprotection.

### 1. INTRODUÇÃO

A utilização de instrumentos calibrados para fins de proteção radiológica é uma das garantias do uso seguro nas diversas áreas em que se trabalha com as radiações ionizantes.

Para avaliar os procedimentos aplicados a calibração uma das atividades dos laboratórios de calibração é na participação periódica em programas de Comparação Interlaboratorial onde é possível avaliar a capacidade de medição declarada pelo laboratório.

Este exercício foi organizado pelo LNMRI/IRD com o objetivo de aumentar a credibilidade dos resultados das medições, e o estabelecimento da confiança mútua entre os laboratórios tanto nacionais como internacionais. A participação neste tipo de programa é também um requisito da norma ABNT BR ISO/IEC 17025:2005.

### **1.1. Laboratório Piloto.**

O laboratório piloto desta comparação foi o Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) do IRD/CNEN. O valor de referência, o coeficiente de calibração  $N_k$ , foi definido pelo resultado da calibração em kerma no ar da câmara de ionização de transferência no LNMRI antes da câmara de transferência começar a circular entre os participantes.

### **1.2. Laboratórios participantes**

- Laboratório de Calibração de Monitores de Radiação – LCMR/IRD
- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN
- Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear- CDTN
- Departamento de Energia Nuclear da UFPE - DEN/UFPE
- Laboratório de Ciências Radiológicas da UERJ - LCR/UERJ
- Eletronuclear – Eletrobrás Termonuclear S.A.
- MRA Comércio de Instrumentos Eletrônicos Ltda
- Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste - CRCN

## **2. EQUIPAMENTOS**

### **2.1. Item de Comparação (Câmara de transferência)**

Descrição do padrão itinerante:

O item desta comparação é uma câmara de ionização de transferência, com as seguintes características:

Fabricante: Nuclear Enterprise  
Modelo: 2575  
Tipo: câmara de ionização  
Volume: 600cc  
Numero de Série: 232  
Tensão de polarização: 250 V.

### **2.2. Irradiador e Câmara Padrão do LNMRI.**

As medições no LNMRI foram realizadas no sistema de fontes colimadas Buchler modelo OB85/05.882 utilizando-se a fonte:

- Césio-137, série AP 357.

À distância fonte-câmara utilizada foi de 1,5 metros, onde o tamanho de campo possui um diâmetro de, aproximadamente, 30 cm.

A câmara padrão, calibrada no Physikalish-Technische Bundesanstalt (PTB – Germany) em junho de 2013, utilizada foi:

Fabricante: Nuclear Enterprise LTD  
Modelo: 2575C  
Tipo: câmara de ionização  
Volume: 600cc  
Numero de Série: 507  
Tensão de polarização: 250 V.

## **3. PROCEDIMENTO E MÉTODO DE MEDIÇÃO.**

### **3.1 Procedimento**

Os Laboratórios Participantes usaram os próprios métodos de medição rotineiros, seguindo as orientações do protocolo.

A câmara de transferência circulou em “estrela”, entre o LNMRI e os laboratórios participantes, mediante um planejamento efetuado pelo DIMET/LNMRI e participantes. Após o término da calibração em cada laboratório, o LNMRI realizou ensaios para verificação do desempenho da câmara, antes de enviá-la adiante.

### **3.2 Métodos de Medição**

Comparação dos fatores de calibração em termos de kerma no ar. As seguintes condições de referência foram recomendadas:

1. Distância fonte Câmara (SCD): 150 cm
2. Ponto de referência da câmara para calibração: centro geométrico da câmara.

Nenhum desvio de condições foram informados.

#### 4. GRANDEZA FÍSICA A SER MEDIDA

A grandeza escolhida para ser medida durante a intercomparação foi o kerma no ar ( $K_{ar}$ ), pois todas as câmaras de referência dos laboratórios participantes foram calibradas nesta grandeza.

A comparação dos padrões em taxa de kerma no ar foi realizada indiretamente, através da comparação dos coeficientes de calibração em kerma no ar,  $N_k$ , da câmara de transferência. O coeficiente de calibração é determinado usando a expressão:

$$N_k = \frac{\dot{K}_a}{\left(\frac{M}{t}\right) \cdot \Phi(T,P) \cdot f^e \cdot 3600} \quad [Gy/C] \quad (1)$$

Onde:

$N_k$  é o coeficiente de calibração da câmara em termos de kerma no ar (Gy/C) para a fonte utilizada

$\dot{K}_a$  é a taxa de kerma no ar medida com a câmara padrão;

$\overline{M/t}$  é a média da leitura da câmara que se deseja calibrar dividida pelo tempo;

$\Phi(T, P)$  é o fator de correção para temperatura e pressão;

$f^e$  é o fator de calibração do eletrômetro

O LNMRI determinou o valor de referência do coeficiente de calibração,  $N_{k,LNMRI}$ , contra os quais os resultados das medições realizadas do coeficiente de calibração pelos participantes,  $N_{k,part}$ , foram comparados.

O coeficiente de calibração para a câmara de transferência é fornecido em unidades de Gy/C referenciada as condições padrão de temperatura, pressão e umidade relativa de  $T=293,15$  K,  $P=101,325$  kPa e  $h=50\%$ .

Os coeficientes de calibração da câmara encontram-se na tabela 1 e na figura 1, se pode observar os valores determinados pelo LNMRI e pelos laboratórios, estes foram codificados para resguardar o sigilo das informações e facilitar a apresentação gráfica. As barras de erro são os valores das incertezas padrão expandidas enviadas pelos laboratórios.

**Tabela 1.** Fatores de calibração obtidos pelos laboratórios da Câmara de Transferência.

Código dos Laboratórios	Coeficiente de calibração ( $N_k$ ) ± Incerteza Expandida	Grandeza/ unidade
	Cs-137	
A	5,083E+04 ± 1321,6	$K_{ar} / Gy.C^{-1}$
B	5,040E+04 ± 2101,7	$K_{ar} / Gy.C^{-1}$
C	5,018E+04 ± 1806,7	$K_{ar} / Gy.C^{-1}$
D	5,180E+04 ± 2367,3	$K_{ar} / Gy.C^{-1}$
E	5,052E+04 ± 2561,0	$K_{ar} / Gy.C^{-1}$
F	5,054E+04 ± 980,0	$K_{ar} / Gy.C^{-1}$
G	5,032E+04 ± 1610,2	$K_{ar} / Gy.C^{-1}$

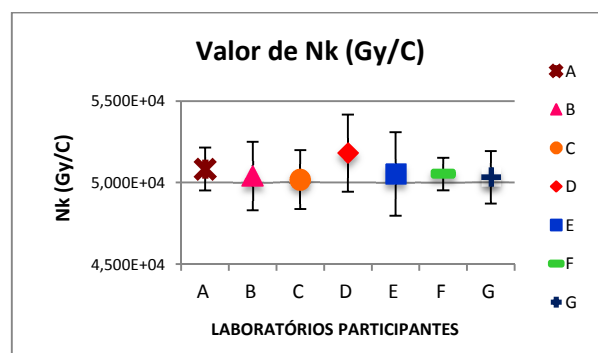


Figura 1 – Fatores de Calibração determinados para câmara de transferência.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Teste de fuga

As correntes de fuga dos sistemas de medir, composto de eletrômetro e câmara de transferência, foram medidas e apenas um laboratório teve que fazer tratamento dos dados devido à fuga.

### 5.2. Comparação dos Coeficientes de Calibração em termos de Kerma no Ar

Todos os valores dos coeficientes de calibração reportados foram normalizados para o valor do coeficiente obtido pelo LNMRI no início do exercício de comparação, os resultados obtidos se encontram na tabela 2 e nas figuras 2 e 3.

**Tabela 2.** Resultados da intercomparação e incerteza expandida de cada câmara e qualidade de radiação.

Código do Laboratório	Resposta normalizada $N_{k,part}/N_{k,LNMRI}$	Incerteza Expandida (%)
	Cs-137	Cs-137
A	1,0	2,6
B	0,992	4,2
C	0,987	3,6
D	1,019	4,6
E	0,994	5,1
F	0,994	2,0
G	0,990	3,2

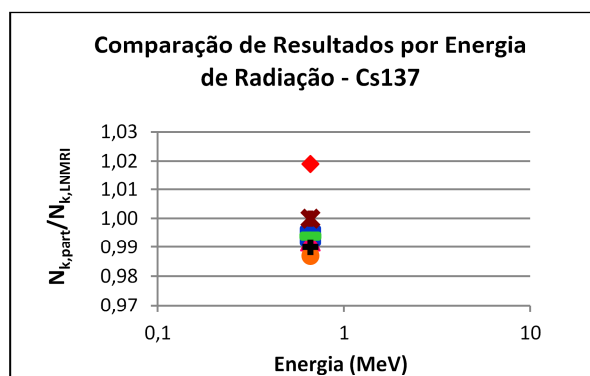


Figura 2 - Comparação dos resultados por energia da radiação.

O desvio padrão entre os coeficientes de calibração foi de 1,1%.

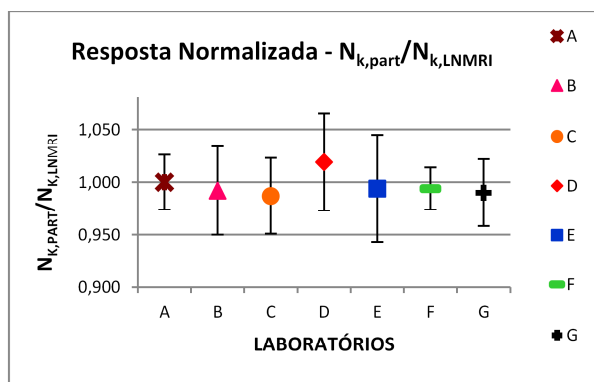


Figura 3 - Resultado da Resposta Normalizada entre os Coeficientes de Calibração em kerma no ar para um feixe de  $^{137}\text{Cs}$ .

## 6. DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados foram avaliados pela diferença percentual D% utilizando a metodologia recomendada na ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011. A diferença percentual é calculada pela equação:

$$D\% = \frac{N_{k,participante} - N_{k,LNMRI}}{N_{k,LNMRI}} \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

$N_{k,LNMRI}$  é o Coeficiente de Calibração obtido pelo LNMRI e

$N_{k,part}$  é o Coeficiente de Calibração obtido pelo Laboratório participante.

**Tabela 3.** Diferença Percentual entre os coeficientes declarados dos Laboratórios participantes com o do LNMRI

PARTICIPANTES	D%
B	-0,8%
C	-1,3%
D	+1,9%
E	-0,6%
F	-0,6%
G	-1,0%

A Diferença Percentual dos coeficientes de calibração foi utilizada como critério para avaliação dos resultados. Tais resultados se apresentaram dentro do limite de aceitação de  $\pm 2,0\%$ , estabelecido pelo LNMRI no protocolo, como pode ser comprovado pelos valores obtidos.

### 6.1. Incerteza expandida

As incertezas expandidas calculadas para a calibração da câmara de transferência foram determinadas com base nas incertezas padrão multiplicadas pelo fator de abrangência  $k=2$ , com um nível de confiança de aproximadamente 95%.

*A avaliação dos cálculos e componentes de incerteza serão tópicos discutidos no relatório final, juntamente com a publicação na revista, quando todos os laboratórios tiverem apresentado seus resultados.*

## 7. CONCLUSÃO

Considerando os pontos abordados nos itens 5 e 6 conclui-se que o Exercício de Comparação até o presente momento apresentou um bom resultado e demonstra uma boa concordância entre os padrões em kerma no ar para feixe de  $^{137}\text{Cs}$ , tendo um desvio padrão de 1,1% nos coeficientes de calibração medidos.

A maior diferença percentual foi de 1,9%, estando dentro do limite de aceitação estabelecido pelo LNMRI.

O Exercício de Comparação testa a real capacidade de medição dos laboratórios que realizam serviços de calibração de monitores de radiação e irradiação no Brasil, pois as medições são realizadas nas dependências e com os procedimentos dos laboratórios e dá uma

confiabilidade maior as medições e serviços realizados pela rede de calibração brasileira.

Este exercício teve a duração prolongada devido a laboratórios que tiveram problemas com o sistema de posicionamento e com o irradiador.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o financiamento do SIBRATEC que possibilitou este exercício de comparação de grande importância na área da metrologia das radiações ionizantes.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011 “Ensaio de proficiência por comparações laboratoriais – Parte 1: Desenvolvimento e operação de programas de ensaios de proficiência”
- [2] VIM/INMETRO “Vocabulário Internacional de termos Fundamentais e Gerais de Metrologia”.
- [3] ISO-4037-2 “X and Gamma Reference Radiation for Calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 2: Dosimetry for Radiation Protection over the energy ranges 8 keV to 1.3 MeV and 4 MeV to 9 MeV.”
- [4] ISO-4037-3 “X and Gamma Reference Radiation for Calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence.”
- [5] Radioactive half-lives - Table of recommended values: <http://www.nucleide.org/NucData.htm>