

ESTUDO DA DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA DE DETECTORES DE RADIAÇÃO GAMA PARA ^{137}Cs e ^{60}Co

Fernanda B. C. Nonato, Raphael E. Diniz, Valdir S. Carvalho, Vitor Vivolo, Linda V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN – CNEN/SP, São Paulo, Brasil,
fbnonato@ipen.br, rediniz@ipen.br, vcsoouza@ipen.br, vivolo@ipen.br, lcaldas@ipen.br

Sumário: Foram calibrados 38 detectores de radiação do tipo Geiger-Müller e 9 câmaras de ionização, com o objetivo de estudar a dependência energética da resposta dos monitores para campos de radiação gama (^{137}Cs e ^{60}Co). Os resultados foram satisfatórios somente para as câmaras de ionização e para alguns detectores Geiger-Müller.

Palavras-chave: Radiação gama, Radioproteção, Metrologia das radiações.

1. INTRODUÇÃO

Vem aumentando a diversidade de equipamentos utilizados para medições de feixes de radiações ionizantes tanto na Indústria como na Medicina, tornando necessários investimentos na área de segurança. Para a utilização de cada instrumento, é necessário que ele opere segundo as recomendações internacionais específicas e que obtenha medidas confiáveis, que podem ser asseguradas por meio da calibração prévia do instrumento.^[1-7] O Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) faz parte da Gerência de Metrologia das Radiações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, que oferece serviços de calibração de instrumentos com radiações gama, X, beta e alfa. O laboratório dispõe atualmente de fontes de ^{137}Cs e ^{60}Co para calibração de instrumentos monitores portáteis; fontes planas de diversos radioisótopos para calibração de detectores de contaminação; fonte de ^{60}Co para calibração de dosímetros clínicos; equipamentos de raios X de energias baixas (em tensões máximas de operação de 60kV e de 160kV), para calibração de câmaras de ionização (níveis radioterapia, radiodiagnóstico e radioproteção); e um sistema de raios X diagnóstico, para calibração de instrumentos de uso específico nesta área.

Para todos os equipamentos de radiação do LCI há sistemas específicos de referência, alguns com rastreabilidade ao laboratório padrão primário da Alemanha, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) e outros ao laboratório padrão secundário do Brasil, Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI), do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CNEN, Rio de Janeiro, dependendo do sistema padrão. As

intercomparações de sistemas de referência são organizadas pelo LNMRI.

2. OBJETIVO

Neste trabalho, um conjunto de detectores Geiger-Müller e de câmaras de ionização foi estudado em relação a sua dependência energética em campos de radiação gama (^{137}Cs e ^{60}Co), como uma das formas de assegurar a confiabilidade dos monitores portáteis utilizados em radioproteção.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram selecionados alguns detectores submetidos à calibração do Laboratório de Calibração do IPEN. A grandeza metrológica avaliada neste estudo foi o kerma no ar e os instrumentos que medem em taxa de exposição ou em taxa de dose equivalente foram convertidos para kerma no ar. O irradiador gama utilizado foi fabricado pela Steuerungstechnik & Strahlenschutz GmbH, modelo 0B85 com absorvedores com formato de discos de chumbo com 22 mm de espessura, modelo nº OB85.10.2, 18 mm de espessura, modelo nº OB85.10.3 e 26 mm de espessura, este último feito no IPEN. O absorvedor nº OB85.10.2 corresponde a um fator de atenuação de 1/10; em conjunto com o absorvedor nº OB85.10.3, o fator de atenuação alcança 1/100 e aproximadamente 1/1000 utilizando todos os absorvedores em conjunto para a fonte de Cs-137. Os absorvedores permitem a redução da intensidade dos feixes, possibilitando a calibração de monitores portáteis em diversas escalas. Este sistema de radiação gama contém fontes radioativas de ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{226}Ra e ^{241}Am . Foram utilizadas as seguintes fontes radioativas: ^{60}Co (energia média: 1.250 keV), com atividade nominal de 37GBq (maio de 1995); ^{137}Cs (energia média: 662 keV), com atividade nominal de 740GBq (abril de 1995); fabricadas pela Amersham Buchler.



Figura1-Irradiador gama do Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN.

O deslocamento da fonte para o ponto central do irradiador é realizado por um sistema pneumático, efetuado por meio de um painel de controle, localizado na sala de comando, externamente à sala do irradiador. Há um sistema de TV instalado dentro da sala de irradiação; da sala de operação, observa-se a taxa de exposição nos instrumentos expostos à radiação e coletam-se os dados indicados pelo visor dos instrumentos.

Algumas recomendações para esses testes de calibração são elencadas a seguir:

Por se tratar de equipamentos eletrônicos sensíveis, cuidados especiais foram tomados no manuseio, no armazenamento e no seu transporte, para manter a integridade dos equipamentos no momento da calibração. Além disso, quando se prepara para calibrar um instrumento, não se pode realizar o procedimento de calibração caso as condições ambientes estejam fora dos seguintes limites: temperatura entre 18°C e 22°C e umidade relativa do ar entre 30% a 65%.^[1-7]

Primeiramente são tomadas as medidas de radiação de fundo e anotadas as condições ambientais de temperatura, pressão e umidade. As câmaras de ionização são corrigidas para as condições de temperatura e pressão. Caso o instrumento permita ajustes, eles são feitos a 50% da escala ou de acordo com a recomendação do fabricante. São tomadas dez medidas para cada posição de irradiação correspondente a um valor de escala do instrumento. O valor obtido no ponto de calibração não deverá variar mais que 10% em relação ao valor nominal da taxa de kerma no ar, determinado pela distância entre a fonte e o ponto de calibração e pela data de calibração. Após a coleta de dados para a fonte de césio, foi escolhida uma das escalas e são colhidas dez medidas para a fonte de cobalto.

4. RESULTADOS

Para este trabalho, foram reservadas as medidas referentes aos níveis de 50% para as fontes ¹³⁷Cs e ⁶⁰Co, possibilitando a análise da dependência energética da resposta dos detectores para estes feixes de radiação.^[1-7]

Primeiramente foram obtidas os fatores de calibração (fc) de ¹³⁷Cs e ⁶⁰Co. O fator de calibração é dada pela razão entre o valor verdadeiro (H) e o valor medido (M).

$$fc = \frac{H}{M} \quad [1]$$

Obtidos os fatores de calibração, determinou-se a dependência energética (DE) entre ¹³⁷Cs e ⁶⁰Co para os detectores Geiger-Müller e câmaras de ionização, que foi determinada em cada caso pela razão entre os fatores de calibração para césio e cobalto, de acordo com a Equação 2.

$$DE = \frac{fc_{\text{césio}}}{fc_{\text{cobalto}}} \quad [2]$$

A análise da dependência energética dos instrumentos monitores de radiação para radioproteção estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2 e Figuras 1, 2 e 3.

Tabela 1. Dependência energética da resposta de detectores Geiger-Müller.

Número de detectores	Modelo	DE ¹³⁷ Cs e ⁶⁰ Co	DE (%) ¹³⁷ Cs e ⁶⁰ Co	Incerteza (%)
16	A	1,25 a 1,35	25 a 35	0 a 33,0
4	B	1,10 a 1,15	10 a 15	0 a 8,0
3	C	1,10 a 1,25	10 a 25	0,6 a 6,0
3	D	1,32 a 1,43	32 a 43	0,1 a 0,2
12	Modelos variados	1,06 a 1,35	6 a 35	0,1 a 26,0

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, a maioria dos detectores Geiger-Müller apresentaram uma dependência energética maior que 10%, ultrapassando o valor estabelecido pela norma internacional^[3], que estabelece que a dependência energética dos instrumentos para energias médias superiores a 30keV não pode ultrapassar 10%. Para a norma brasileira^[6], a dependência energética pode variar até 25%. Neste caso, os modelos A e D de detectores Geiger-Müller não estão de acordo com a norma nacional.

Os resultados obtidos na Tabela 1 foram semelhantes aos dados obtidos por Vivolo^[8]; em seu trabalho os detectores Geiger-Müller apresentaram uma variação de até 33% na dependência energética, apesar dos modelos de detectores analisados serem diferentes.

A dependência energética dos instrumentos variou entre 6% e 43%. Para uma visualização gráfica, tem-se os dados da Figura 1.

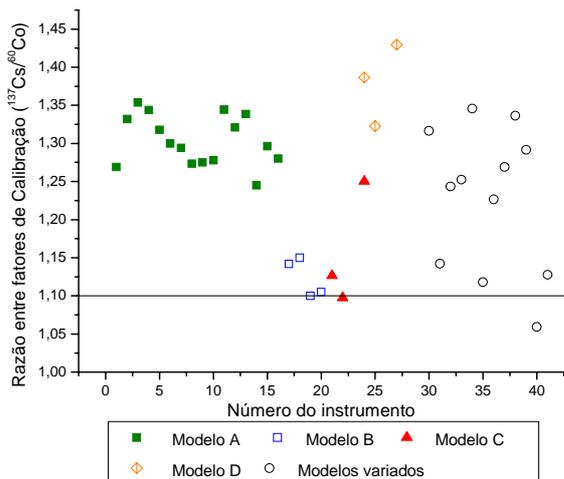


Fig. 1. Dependência energética dos detectores Geiger-Müller para radiação gama.

De acordo com a Figura 1, apenas 4 aparelhos apresentaram dependência energética menor que 10% e 15 aparelhos apresentaram dependência energética menor que 25%, de acordo com suas incertezas.

Analisando a Tabela 1, para os modelos A, percebe-se uma grande variação da dependência energética para um mesmo modelo de detectores Geiger-Müller; conclui-se que detectores de uma mesma marca podem apresentar respostas muito diferenciadas. Isto pode ser observado na Figura 2 onde a variação da dependência energética foi de 25% a 35% e com incertezas de até 33%.

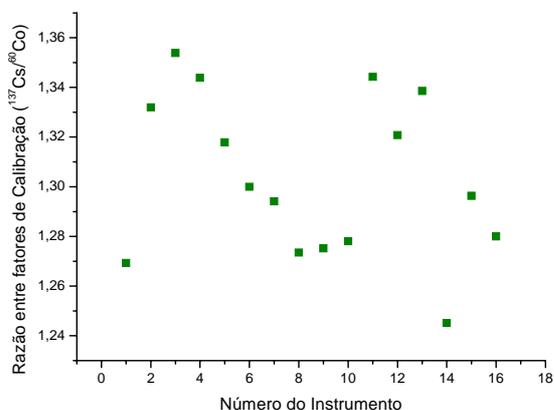


Fig. 2. Dependência energética dos detectores Geiger-Müller, do Modelo A, para radiação gama.

Tabela 2. Dependência energética da resposta de câmaras de ionização.

Número de câmaras	Modelo	DE ^{137}Cs e ^{60}Co	DE (%) ^{137}Cs e ^{60}Co	Incerteza (%)
3	A	1,01 a 1,06	1 a 6	0,3 a 0,9
5	B	1,00 a 1,01	0 a 1	1,0 a 3,6
1	C	1,01	1	1,0

De acordo com a Tabela 2, todas as câmaras de ionização apresentaram dependência energética menor que 10% e conseqüentemente estão de acordo com a norma nacional que possibilita um valor maior de dependência energética. Os resultados da Tabela 2 foram semelhantes aos resultados obtidos por Vivolo^[8], em seu trabalho as câmaras de ionização apresentaram uma variação de até 8,4%.

A variação, de acordo com a Tabela 2 foi de 0% a 6%, como se pode observar também na Figura 3.

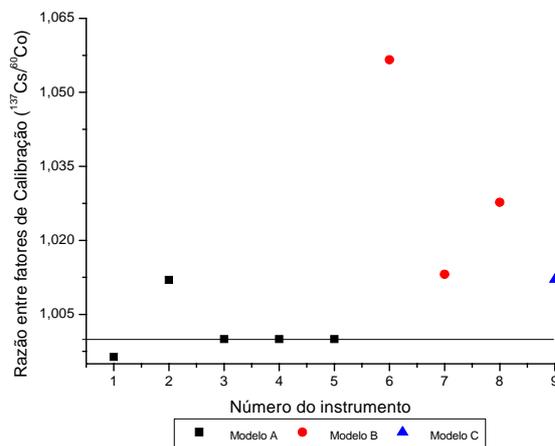


Fig. 3. Dependência energética das câmaras de ionização.

5. CONCLUSÕES

Para a norma brasileira^[6], os resultados obtidos para os detectores Geiger-Müller foram satisfatórios para os modelos B, C e modelos variados que apresentaram uma incerteza bem menor em relação ao modelo A e uma dependência energética menor que 25%. O modelo D não foi satisfatório. As câmaras de ionização estão de acordo tanto com a norma internacional^[3] como a nacional^[6].

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, INCT em Metrologia das Radiações da Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

6. REFERÊNCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency, "Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments.", IAEA, Safety Reports Series 16, Vienna, 2000.
- [2] International Organization for Standardization, "X and Gamma Reference Radiations for Calibrating Dosimeters and Doserate Meters and for Determining their Response as a Function of Photon Energy", "Radiation characteristics and production methods", ISO 4037-1, Geneva, 1996.

- [3] International Organization for Standardization, "X and Gamma Reference Radiations for Calibrating Dosimeters and Doserate Meters and for Determining their Response as a Function of Photon Energy", "Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV", ISO 4037-2, Geneva, 1997.
- [4] International Organization for Standardization, "X and Gamma Reference Radiations for Calibrating Dosimeters and Doserate Meters and for Determining their Response as a Function of Photon Energy", "Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence", ISO 4037-3 , Geneva, 1999.
- [5] Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI). "Requisitos para a Operação de Laboratórios de Calibração de Instrumentos de Medição para Radiações Ionizantes Usados em Radioproteção." Rio de Janeiro, revisão de setembro de 2003.
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas "Medidores e monitores portáteis de taxa de exposição de raios X e gama, para uso em radioproteção", ABNT NBR 10011, Rio de Janeiro, 1987.
- [7] European Standard "Radiation Protection Instrumentation - Ambient and/or Directional Dose Equivalent (rate) Meters and/or Monitor for Beta, X and Gamma Radiation.", EN 60846, Brussels, 2004.
- [8] V.Vivolo, "Aplicação de Metodologia de Testes de Desempenho para Monitores Portáteis de Radiação." Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/USP, 2000.