

# AVALIAÇÃO DA DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA DE MONITORES PORTÁTEIS DE RADIAÇÃO UTILIZADOS EM RADIOPROTEÇÃO

Raphael E. Diniz , Vitor Vivolo e Maria da Penha A. Potiens

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)  
Av. Professor Lineu Prestes 2242  
05508-000 São Paulo, SP  
[rediniz@ipen.br](mailto:rediniz@ipen.br)  
[vivolo@ipen.br](mailto:vivolo@ipen.br)  
[mppalbu@ipen.br](mailto:mppalbu@ipen.br)

## RESUMO

Neste estudo foi avaliada a dependência energética de alguns monitores portáteis de radiação utilizados em radioproteção. Diversos instrumentos, dotados de dois diferentes tipos de detectores (tubos Geiger-Müller e câmaras de ionização), provenientes de distintos fabricantes e sendo de diferentes modelos, foram submetidos a ensaios durante processos de calibração. A avaliação da dependência energética foi realizada por meio de comparações entre os resultados obtidos das indicações dos instrumentos quando submetidos à radiação gama de uma fonte de  $^{137}\text{Cs}$  e a outra de  $^{60}\text{Co}$  provenientes do irradiador de marca STS (Steuerungstechnik & Strahlenschutz GmbH, Alemanha, modelo OB85), pertencente ao Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

## 1. INTRODUÇÃO

Um detector de radiação consiste de um dispositivo que, quando colocado em um meio onde exista um campo de radiação, seja capaz de indicar a sua presença. A interação do meio detector com a radiação pode ocorrer por diversos processos pelos quais as radiações diferentes podem interagir com o material utilizado para se medir ou se indicar as características dessas radiações. Normalmente um detector de radiação é constituído de um elemento ou material sensível à radiação e de um sistema que transforma esses efeitos em um valor relacionado a uma grandeza de medição dessa radiação [1].

A fim de avaliar se um monitor de radiação está adequado para a sua finalidade, e antes de ser utilizado pela primeira vez, é importante que se tenha acesso a dados referentes a testes de desempenho desse instrumento. Muitas vezes, o fabricante não dispõe de técnicas e equipamentos necessários para realizar testes de desempenho completos e algumas vezes nem tem condições de calibrá-lo utilizando uma radiação de referência. Existe uma tendência de que novos usuários superestimem as facilidades oferecidas pelos fabricantes. Cada instrumento deve ser calibrado antes do seu primeiro uso e periodicamente a partir disso, normalmente de 12 a 14 meses. Em alguns países, os testes de desempenho e a calibração periódica já são previstos legalmente [2].

Os instrumentos utilizados para detectar e medir radiação comercialmente disponíveis podem possuir muitos tipos diferentes de detectores, alguns dos quais têm respostas que variam largamente com a energia [3]. A dependência energética de um monitor portátil de radiação pode ser definida como a variação da sua resposta quando exposto a diferentes energias de

radiações. Se a resposta para diferentes energias varia significativamente, medições de feixes de radiação desconhecidos podem ser interpretadas erroneamente.

Segundo a norma NBR 10011/1987 [4], a indicação do instrumento para radiações com energias entre 50 keV e 3 MeV, não deve diferir em mais do que  $\pm 25\%$  da indicação para a radiação de referência. Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar a dependência energética de alguns monitores portáteis de radiação utilizados em radioproteção, encaminhados rotineiramente para calibração.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Sistemas de Referência**

Todos os instrumentos testados neste trabalho foram submetidos à feixes de radiação gama de  $^{60}\text{Co}$  (1250 keV) e de  $^{137}\text{Cs}$  (660 keV) pertencentes ao sistema irradiador de referência do Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), marca STS (Steuerungstechnik & Strahlenschutz GmbH, Alemanha, modelo OB85).

O sistema dosimétrico de referência é composto por uma câmara de ionização da PTW, modelo LS-01, com  $1000\text{ cm}^3$  de volume, acoplada a um eletrômetro PTW, modelo UNIDOS. Este sistema possui rastreabilidade ao Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, LNMRI, IRD-CNEN-SP.

O método de calibração aplicado aos monitores portáteis utilizados em medidas de radioproteção é o “método de campos bem conhecidos”, ou seja, todas as características do feixe de radiação são determinadas anualmente utilizando-se o sistema de referência. A grandeza de referência (Kerma no Ar) é determinada e correções para o decaimento são realizadas no ato da calibração.

### **2.2. Instrumentos Testados**

Dentre os instrumentos enviados periodicamente ao Laboratório de Calibração do IPEN, foram selecionados os tipos mais comuns testados. Os instrumentos testados neste trabalho estão relacionados se encontram na Fig. 1 e suas principais características estão relacionadas na Tabela 1. Cada instrumento recebeu um código para facilitar a sua identificação. As câmaras de ionização testadas são do tipo seladas, portanto não foram realizadas correções para as condições ambientais.



Automess, AD5



Ludlum, 3



Victoreen, 451P

**Figura 1. Modelos dos instrumentos testados neste trabalho.**

**Tabela 1. Instrumentos testados no LCI e analisados neste trabalho com seus respectivos códigos.**

Marca	Modelo	Tipo de Detector	Quantidade	Código
Automess	6150 AD5	Geiger-Müller	5	GA1, GA2, GA3, GA4 e GA5
Ludlum	3	Geiger-Müller	5	GL1, GL2, GL3, GL4 e GL5
Victoreen	451 P	Câmara de Ionização	5	CV1, CV2, CV3, CV4 e CV5

### 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos são demonstrados nas Tabelas 2, 3 e 4 para os instrumentos Automess, Ludlum e Victoreen, respectivamente. A coluna dependência energética representa a variação percentual entre as médias das indicações para  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{60}\text{Co}$ , considerando que a fonte de  $^{137}\text{Cs}$  é a radiação de referência. Cada valor encontrado com o instrumento de referência (VVC), assim como os obtidos com os instrumentos em teste, representa a média de 10 medidas.

**Tabela 2. Dependência energética encontrada para os 5 instrumentos Automess, modelo AD5. VVC=Valor Verdadeiro Convencional**

Código	<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co		Dependência energética
	VVC (mSv/h)	Média das Indicações (mSv/h)	VVC (mSv/h)	Média das Indicações (mSv/h)	
GA1	2,00 ± 0,03	1,95 ± 0,04	2,00 ± 0,03	2,24 ± 0,75	15,09%
GA2	2,00 ± 0,03	1,91 ± 0,04	2,00 ± 0,03	2,18 ± 0,75	14,59%
GA3	2,00 ± 0,03	2,00 ± 0,04	2,00 ± 0,03	2,35 ± 0,76	17,43%
GA4	2,00 ± 0,03	1,73 ± 0,04	2,00 ± 0,03	2,28 ± 0,78	31,66%
GA5	2,00 ± 0,03	1,86 ± 0,04	2,00 ± 0,03	2,17 ± 0,75	16,52%

**Tabela 3. Dependência energética encontrada para os 5 instrumentos Ludlum, modelo 3. VVC=Valor Verdadeiro Convencional**

Código	<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co		Dependência energética
	VVC (mR/h)	Média das Indicações (mR/h)	VVC (mR/h)	Média das Indicações (mR/h)	
GL1	10,00 ± 0,15	10,15 ± 0,62	10,00 ± 0,15	12,35 ± 0,62	21,67%
GL2	10,00 ± 0,15	10,00 ± 0,60	10,00 ± 0,15	12,45 ± 0,61	24,50%
GL3	10,00 ± 0,15	10,50 ± 0,62	10,00 ± 0,15	13,00 ± 0,60	23,81%
GL4	10,00 ± 0,15	10,50 ± 0,62	10,00 ± 0,15	13,00 ± 0,60	23,81%
GL5	10,00 ± 0,15	10,00 ± 0,60	10,00 ± 0,15	12,00 ± 0,60	20,00%

**Tabela 4. Dependência energética encontrada para os 5 instrumentos Victoreen, modelo 451P. VVC=Valor Verdadeiro Convencional**

Código	<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co		Dependência energética
	VVC (mR/h)	Média das Indicações (mR/h)	VVC (mR/h)	Média das Indicações (mR/h)	
CV1	25,00 ± 0,38	23,70 ± 0,54	25,00 ± 0,37	24,50 ± 2,64	3,38%
CV2	25,00 ± 0,38	25,80 ± 0,51	25,00 ± 0,37	22,50 ± 2,74	14,67%
CV3	25,00 ± 0,38	23,70 ± 1,27	25,00 ± 0,37	24,60 ± 1,27	3,80%
CV4	25,00 ± 0,38	21,80 ± 1,26	25,00 ± 0,37	23,20 ± 1,29	6,42%
CV5	25,00 ± 0,38	22,70 ± 1,27	25,00 ± 0,37	23,80 ± 1,25	4,85%

### 3. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados demonstram uma dependência energética de até aproximadamente 32%, no caso do instrumento GA4. Os instrumentos que apresentaram uma menor dependência energética foram as câmaras de ionização da marca Victoreen, embora a variação entre elas tenha sido grande(334,5%). No caso dos instrumentos da marca Automess a variação entre as dependências energéticas foi de 116,92%, enquanto que para os instrumentos da Ludlum, embora tenham apresentado uma dependência energética acima de 20%, seus resultados tiveram uma menor variação, ficando em 19,05%. Este estudo demonstra a importância de se estudar o comportamento deste tipo de instrumentos utilizado

largamente no Brasil. Esta análise será continuada para outros tipos e modelos de instrumentos recebidos rotineiramente pelo Laboratório de Calibração do IPEN.

### **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), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, projeto: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Metrologia das Radiações na Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

### **REFERÊNCIAS**

1. V. Vivolo, “*Aplicação de metodologia de testes de desempenho para monitores portáteis de radiação*”, Dissertação (Mestrado), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-USP, São Paulo. (2001).
2. International Atomic Energy Agency. *Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments*, Safety Reports Series 16, AIEA, Vienna Austria (2000).
3. National Council on Radiation Protection and Measurements. *Calibration of survey instruments used in radiation protection for the assessment of ionizing radiation fields and radioactive surface contamination*. NCRP 112, Bethesda, USA (1991).
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Medidores e monitores portáteis de taxa de exposição de raios X e gama, para uso em radioproteção*. NBR 10011, Brasil (1987).