

Estudo da dependência angular de detectores portáteis em campos de radiação beta e gama.

Fernanda B. C. Nonato, Vitor Vivolo e Linda V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN - CNEN, São Paulo, Brasil

Resumo. Para se utilizar detectores de radiação, deve-se periodicamente realizar testes e calibrações nos instrumentos com a finalidade de verificar sua boa funcionalidade. Uma das formas de averiguar a qualidade do instrumento é realizar um estudo da dependência angular da resposta dos detectores de radiação. Neste trabalho foram testados quatorze detectores de radiação Geiger-Müller e quatro câmaras de ionização no Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN. Foi estudada a dependência angular desses detectores de radiação em campos de radiação gama (^{137}Cs) e radiação beta ($^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$).

Palavras-chave: proteção radiológica, metrologia das radiações, dependência angular, monitores de radiação.

Study of the angular dependence of portable detectors in beta and gamma radiations.

Abstract. Before using radiation detectors, tests and calibration need to be periodically undertaken in order to verify their good operation. One way to verify the instrument quality is to study the angular dependence of its response. In this work, fourteen Geiger-Müller detectors and four ionization chambers were tested at the Instrument Calibration Laboratory of IPEN. The angular dependence of radiation detectors was studied in gamma (^{137}Cs) and beta ($^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$) radiations fields.

Keywords: radiation protection, radiation metrology, angular dependence, radiation monitors.

1. Introdução

Para regulamentar o uso das radiações ionizantes, surgiram a Comissão Internacional de Medidas e Unidades de Radiação (ICRU) e a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), que têm como objetivo principal recomendar e orientar o uso das radiações ionizantes por meio de normas. As pesquisas sobre os efeitos diretos e indiretos da radiação ionizante [1] acentuam-se como uma forma de evitar possíveis danos ao trabalhador e ao público. Com esta percepção de risco e para otimizar a radioproteção criou-se o princípio ALARA (“As Low As Reasonably Achievable”) aplicado às normas pelas comissões de radioproteção.

Uma das formas de controle da radiação ionizante é por meio da utilização de instrumentos de medidas, como dosímetros clínicos e de área, e de detectores portáteis, que quantificam e qualificam a radiação. Existem alguns tipos de dosímetros clínicos com materiais diversos como também tipos diferentes de detectores de radiação, como detectores Geiger-Müller, detectores de cintilação, detectores proporcionais, detectores semicondutores, câmaras de ionização [2].

Trabalhar com detectores de área portáteis requer um controle de qualidade que é garantido em parte pela calibração, que certifica a boa funcionalidade dos equipamentos e oferece confiabilidade em suas medições.

A calibração e os testes de monitores de área exigem instalações apropriadas para sua execução, assim como equipamentos e procedimentos de calibração que cumpram os requisitos atuais de garantia da qualidade das normas internacionais e nacionais como as da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, [3]. O Laboratório de Calibração de Instrumentos, da Gerência de Metrologia das Radiações do IPEN (LCI) conta com as instalações e os equipamentos apropriados para tal fim.

Este trabalho tem como objetivo estudar a dependência angular da resposta dos detectores Geiger-Müller e das câmaras de ionização, testados no LCI, para radiação gama utilizando a fonte de ^{137}Cs e para radiação beta utilizando a fonte de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, comparar suas respostas e verificar se elas estão de acordo com a norma europeia EN 60846 [4].

2. Materiais e Métodos

Para o estudo da comparação da dependência angular dos detectores portáteis em campos de radiação gama e beta, foram escolhidas as fontes de ^{137}Cs e $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ respectivamente. A fonte de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ faz parte do sistema padrão secundário BSS1. As características das fontes são apresentadas na Tabela 1. Foram testados 14 detectores Geiger-Müller e 6 câmaras de ionização apresentados na Tabela 2. Os detectores de

radiação foram representados por códigos para uma melhor visualização dos resultados nas tabelas.

Tabela 1. Características das fontes de radiação gama e beta.

Fonte	Radiação	Atividade (Bq)	Data de calibração
^{137}Cs	gama	$74,00 \times 10^{10}$	28/04/1995
$^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$	beta	$74,07 \times 10^6$	12/01/1981

Tabela 2. Descrição dos detectores Geiger-Müller e das câmaras de ionização.

Marca	Modelo	Código	Detecta radiação
Detectores Geiger-Müller			
Dosimeter	3100	A1 e A2	gama, X
	3007-A	B1	α , β , gama e X
Eurami Group	Gamma Scout	C1...C3	α , β , gama
Ludlum	3	D1 e D2	α , β , gama
MRA	G1-E	E1...E3	α , β , gama, X
	GP 500	F1	α , β , gama e X
Victoreen	290	G1 e G2	α , β , gama, X
Câmaras de ionização			
Fluke Biomedical	451 B-ryr	H1	β , gama, X
Victoreen	451B	I1...I5	α , β , gama, X

Foi construído um suporte de placas de acrílico pela Oficina Mecânica do IPEN, apresentado na Figura 1. Este suporte exerce a função de um goniômetro que possibilitou o estudo da dependência angular dos aparelhos testados com radiação gama e beta. O goniômetro é constituído por uma parte retangular de 21 cm de largura, 30 cm de comprimento e 1 cm de espessura; e sobre a parte retangular foi acoplada uma placa circular de acrílico de 26 cm de diâmetro e 1 cm de espessura; o centro da placa circular foi posicionado no centro do retângulo.

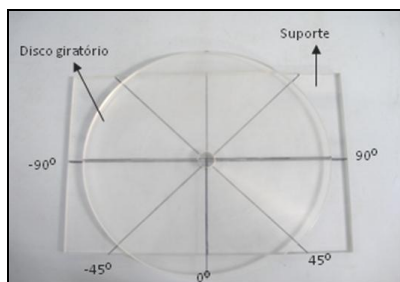


Figura 1. Suporte de placas de acrílico para estudo de dependência angular dos detectores de radiação.

As incertezas das medições obtidas na calibração de cada instrumento foram esquematizadas com incertezas do tipo A e incertezas do tipo B. A incerteza do tipo A é representada pelo desvio padrão das medições. Para a incerteza do tipo B foram determinadas cinco incertezas: a primeira incerteza foi

determinada para o posicionamento do centro do volume sensível do tubo Geiger-Müller, a segunda incerteza foi calculada para a distância do instrumento em relação à fonte; a terceira incerteza foi determinada para as câmaras de ionização, cujas respostas necessitam de correção para as condições normais de temperatura e pressão; a quarta e a quinta incertezas representam a parte da marcação dos ângulos no goniômetro por meio de um transferidor e a centralização da parte circular do goniômetro por meio de uma régua.

A dependência angular foi determinada de acordo com as Equações 1 e 2, para variações positiva e negativa, respectivamente.

$$DA_+ = \frac{M(0^\circ)}{M(+45^\circ)} \quad (1)$$

$$DA_- = \frac{M(0^\circ)}{M(-45^\circ)} \quad (2)$$

Os instrumentos D1, D2, I4 e I5 foram selecionados para a realização de uma varredura angular, com medições para ângulos de 0° , $\pm 15^\circ$, $\pm 30^\circ$, $\pm 45^\circ$, $\pm 60^\circ$ e $\pm 90^\circ$, para radiação gama e beta, com o objetivo de analisar sua resposta angular em curvas.

3. Resultados e Discussão

De acordo com as Equações 1 e 2, foi possível determinar a dependência angular dos detectores de radiação. Os resultados são apresentados nas Tabelas 1 e 2 para radiação gama e 3 e 4 para radiação beta.

Também foram apresentadas as curvas dos detectores Geiger-Müller e das câmaras de ionização, representadas nas Figuras 2 e 3 respectivamente.

Tabela 1. Dependência angular dos detectores Geiger-Müller para ângulos diferentes de incidência do feixe de radiação gama (^{137}Cs) e as incertezas expandidas U.

Código	DA ₊	U	DA ₋	U
A1	1,07	0,04	1,06	0,05
A2	1,08	0,06	1,00	0,03
B1	1,09	0,33	1,11	0,28
C1	0,74	0,01	0,75	0,01
C2	0,83	0,01	0,84	0,01
C3	0,79	0,01	0,80	0,04
D1	1,08	0,05	1,09	0,04
D2	1,05	0,11	1,05	0,11
E1	0,98	0,13	0,95	0,10
E2	1,09	0,11	1,09	0,12
E3	0,99	0,08	0,95	0,07
F1	1,11	0,11	1,12	0,11
G1	1,04	0,08	1,08	0,10
G2	1,11	0,04	1,11	0,04

Tabela 2. Dependência angular das câmaras de ionização para ângulos diferentes de incidência do feixe de radiação gama (^{137}Cs) e as incertezas expandidas U.

Código	DA ₊	U	DA ₋	U
H1	1,00	0,02	1,00	0,02
I1	1,08	0,02	1,08	0,02
I2	1,00	0,02	1,00	0,02
I3	1,00	0,02	1,00	0,02

Tabela 3. Dependência angular dos detectores Geiger-Müller para ângulos diferentes de incidência do feixe de radiação beta ($^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$) e as incertezas expandidas U.

Código	DA ₊	U	DA ₋	U
A1	2,00	0,09	1,92	0,03
A2	1,99	0,00	2,13	0,00
B1	1,49	0,02	1,55	0,02
C1	3,16	0,01	2,77	0,01
C2	2,72	0,01	2,71	0,02
C3	4,12	0,00	3,97	0,00
D1	2,40	0,00	2,00	0,00
D2	2,17	0,03	1,62	0,03
E1	1,87	0,00	1,79	0,00
E2	1,71	0,00	1,71	0,00
E3	1,71	0,00	1,71	0,02
F1	1,49	0,05	1,54	0,02
G1	1,54	0,01	1,62	0,01
G2	1,75	0,09	1,49	0,00

Tabela 4. Dependência angular das câmaras de ionização para ângulos diferentes de incidência do feixe de radiação beta ($^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$) e as incertezas expandidas U.

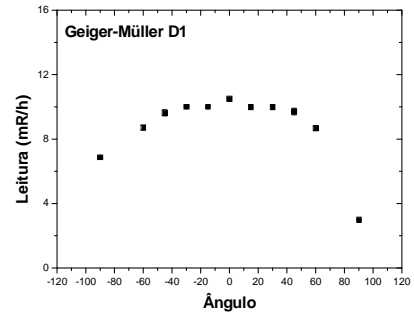
Código	DA ₊	U	DA ₋	U
H1	1,92	0,22	1,62	0,19
I1	1,71	0,02	1,71	0,02
I2	1,66	0,01	1,90	0,00
I3	1,89	0,28	1,92	0,29

A dependência angular, apresentada nas Tabelas 1 a 4 foi obtida para se verificar se ela está de acordo com a norma internacional EN 60846 [3], que determina que a variação das medições entre ângulos de 0° e $\pm 45^{\circ}$ não deve ser maior que 40%.

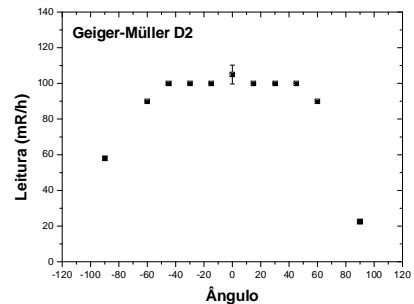
Todos os detectores Geiger-Müller e câmaras de ionização testados com radiação gama para fonte de ^{137}Cs , mostrados nas Tabelas 1 e 2, apresentaram variações menores que 40% nas respostas entre 0° e $\pm 45^{\circ}$, atestando que os instrumentos estão de acordo com a norma internacional [3], mesmo levando-se em conta as incertezas. Os detectores Geiger-Müller e as câmaras de ionização apresentaram uma dependência angular de no máximo de (26%) para o modelo C1 e (8%) para o modelo I1, respectivamente.

Entretanto, esses mesmos detectores de radiação, quando testados com radiação beta, apresentaram uma dependência angular maior que

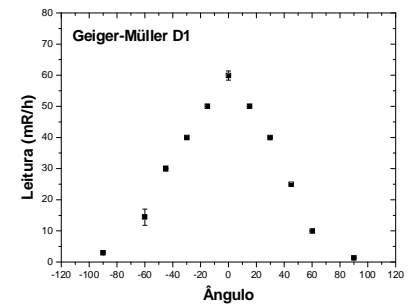
40%, de acordo com os resultados das Tabelas 3 e 4. Nenhum detector de radiação seria aprovado neste tipo de teste para radiação beta, que teve a maior dependência angular de 4,12 para o detector Geiger-Müller C3 e de 1,62 para a câmara de ionização H1.



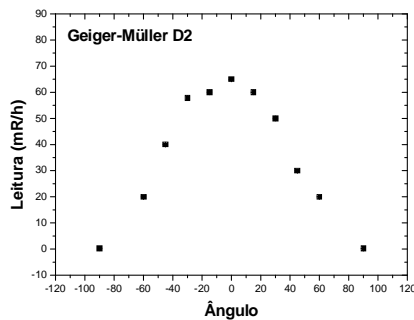
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2. Resposta angular dos detectores Geiger Müller D1 e D2 para radiação gama (a) e (b) e para radiação beta (c) e (d).

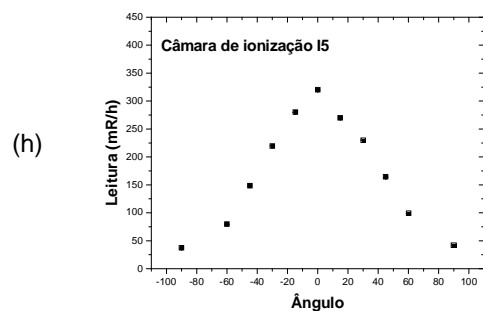
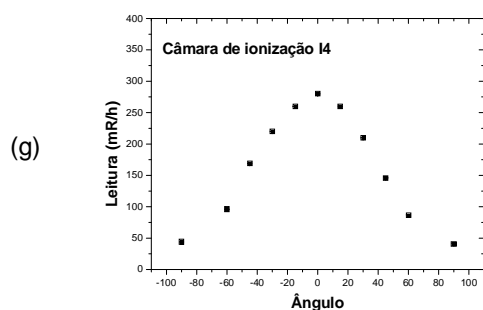
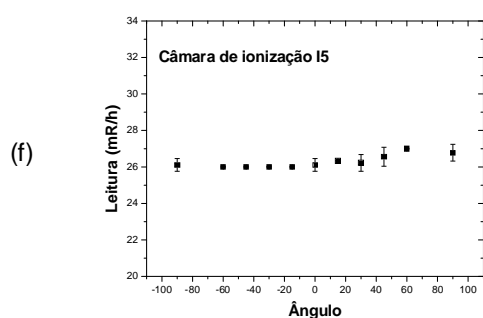
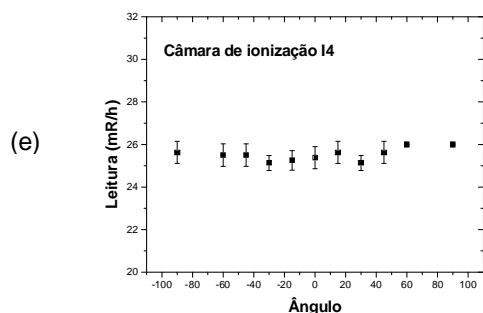


Figura 2. Resposta angular das câmara de ionização I4 e I5 para radiação gama (e) e (f) e para radiação beta (g) e (h).

4. Conclusões

A variação das medições, de acordo com a Figura 2, foi mais acentuada para radiação beta. O material do detector constitui uma barreira para a radiação beta, que possui menor poder de penetração do que a radiação gama.

Conclui-se que os detectores de radiação em medições de campos de radiação beta devem ser utilizados na posição frontal. Mesmo em medições de campos de radiação gama, existe uma dependência angular que pode comprometer as medições, apesar dos monitores estudados estarem de acordo com a norma europeia [4].

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 na Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

Referências

- Hall E.J., Giaccia A.J. Radiobiology for the radiologist. Philadelphia, USA.: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
- Attix F.H. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. New York. John Wiley & Sons, 1986.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas 10011 IEC 17025. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. ABNT NBR ISO/IEC 17025, Rio de Janeiro, 2005.
- European Standard 60846. Radiation protection instruments - Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation. EN, Brussels, 2004.

Contato:

Fernanda Beatrice Conceição Nonato

ferbeatrice@gmail.com