

UTILIZAÇÃO DE CÂMARAS DE IONIZAÇÃO DE PLACAS PARALELAS EM
DIFERENTES CAMPOS DE RADIAÇÃO.

MARIA DA PENHA P. ALBUQUERQUE E LINDA V.E. CALDAS

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear
C.P. 11049 - CEP 05499 - São Paulo - Brasil

Resumo

As câmaras de ionização de placas paralelas, projetadas e construídas para utilização em dosimetria de feixes de radiação-X de energias baixas, foram testadas em campos de radiação beta (Sr-90 + Y-90), gama (Co-60 e Cs-137) e X de energias médias, com o objetivo de verificar a possibilidade de sua utilização para a detecção destes tipos de radiação.

Abstract

Parallel plate ionization chambers designed and constructed for use in low energy X-radiation fields, were tested in beta (Sr-90 + Y-90), gamma (Co-60 and Cs-137) and intermediate energy X-radiation, in order to verify the possibility of their use for the detection of these kinds of radiation.

1. Introdução

Para a dosimetria de campos de radiação com diversas faixas de energia há a necessidade de utilização de câmaras de ionização diferentes, ou seja, para cada faixa de energia utiliza-se um tipo de câmara de ionização. Isto faz com que os Hospitais, Clínicas de Radioterapia e Laboratórios de Dosimetria tenham que possuir mais de um tipo de câmara de ionização.

As câmaras de ionização de placas paralelas (do tipo superficial) são recomendadas para a dosimetria de feixes de radiação-X de energias baixas [1-4], mas já se tem notado um certo interesse em se estudar diferentes efeitos medindo-se a resposta de tais câmaras em campos diferentes daqueles para os quais elas são recomendadas [5-7].

O objetivo deste trabalho é verificar a possibilidade de utilização de câmaras de ionização de placas paralelas para a dosimetria, além de radiação-X de energias baixas, de campos de radiação-X de energias médias, radiação gama de Co-60 e Cs-137 e ainda de radiação beta de Sr-90 + Y-90, evitando-se a aquisição de câmaras de ionização diferentes para tipos de radiação diferentes.

2. Parte Experimental

Foram utilizadas duas câmaras de ionização de placas paralelas, de Lucite, com volume sensível de 0,6 cm³, de forma circular, projetadas e construídas no IPEN [8], com eletrodos coletores e anéis de guarda de grafite, sendo que uma delas (A) foi testada no Laboratório de Calibração do IPEN, SP, e no Laboratório de Calibração do IRD, RJ, e a outra (B) foi testada no Laboratório de Dosimetria Padrão Secundário, GSF, Alemanha [9].

Para a calibração da câmara A com radiação-X de energias baixas utilizou-se o sistema de radiação-X pertencente ao IPEN, modelo Geigerflex, da Rigaku Denki, Japão. Usou-se como referência a câmara do tipo superficial padrão secundário da Nuclear Enterprises Ltd. (NE), modelo 2536/3B, com certificado do National Physical Laboratory (NPL). No laboratório do GSF foi utilizada como referência para a calibração da câmara B uma câmara de ionização padrão secundário de placas paralelas do Physikalisches-Technische Werkstätten (PTW), modelo M23344 [9].

O sistema de radiação-X de energias médias, Stabilipan 300, Siemens, do laboratório do IRD, foi utilizado para a calibração da câmara A. O dosímetro de referência neste caso foi composto por uma câmara de ionização da Austrian Research Centre, Seibersdorf, Austria, do tipo dedal, modelo TK01, calibrada no Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf (OFS), Austria.

Para a obtenção de radiação gama foram utilizados dois sistemas de teleterapia, sendo um de Co-60 (1,25 MeV) da Keleket Barnes Flexaray, EUA, com 15,0 TBq de atividade e outra de Cs-137 (0,67 MeV), Cesapan-X, da Generay, Itália, com atividade de 38,8TBq. No laboratório do GSF foi utilizado um sistema Gammatron (Co-60) e um sistema Theratron (Cs-137).

No caso da radiação beta foi utilizada uma fonte de Sr-90 + Y-90 (18,5 MBq) do sistema padrão secundário pertencente ao laboratório do IPEN. A câmara de referência para este tipo de radiação é a de extrapolação, e neste caso o campo padrão foi estabelecido por uma câmara deste tipo da PTW, modelo 23391 [10].

3. Resultados

a. Radiação-X de energias baixas

Para esta faixa de energia foram calibradas as câmaras A e B nos laboratórios do IPEN e do GSF, respectivamente. Os fatores de calibração obtidos para a câmara A estão apresentados na Tabela 1. Comparando-se os fatores, verifica-se que o padrão secundário do IPEN apresenta uma variação de 1,9% para camadas semi-redutoras entre 0,37 e 0,91 mAm, enquanto que para a câmara A esta variação é de apenas 0,28%. Esta dependência energética está perfeitamente de acordo com o valor recomendado [1] de +/- 2% para camadas semi-redutoras entre 0,05 e 2 mAm.

No caso da câmara B (Tabela 2), que foi testada para camadas semi-redutoras de 0,02 a 0,94 mAm, verifica-se que o seu comportamento apresentou-se similar ao do padrão secundário PTW pertencente ao laboratório do GSF.

b. Radiação-X de energias médias

A câmara A foi calibrada, neste intervalo de energia, no laboratório do IRD e os resultados obtidos estão na Tabela 3, em comparação com os fatores de calibração do padrão secundário TK01 (tipo dedal) pertencente ao IRD, que é o tipo de câmara recomendada para esta energia. Esta câmara apresentou uma dependência energética de 2,1%, enquanto que a câmara A (placas paralelas) mostrou uma variação de 5,7%.

Para a câmara B (calibrada no GSF) os fatores de calibração podem ser vistos na Tabela 4. Os valores podem ser comparados com os obtidos para a câmara padrão secundário de placas paralelas PTW (para energias baixas) e para a câmara dedal padrão secundário com 1 cm³ de volume sensível (para energias médias). Pode-se verificar que a câmara B apresentou uma variação de 8,8% enquanto a câmara padrão secundário de placas paralelas apresentou uma dependência de 7,2%. Isto mostra que as câmaras A e B possuem uma dependência energética análoga à de uma câmara comercial de placas paralelas padrão secundário.

c. Radiação gama

Para a dosimetria de feixes de radiação gama é recomendada a utilização de câmaras de ionização cilíndricas, de grafite, do tipo dedal, com eletrodo coletor central. Nas em princípio também as câmaras de placas paralelas devem detectar radiação gama.

Variando-se a espessura de material absorvedor, posicionado à frente das câmaras, foi possível a determinação do valor de espessura para a qual ocorre o equilíbrio eletrônico, tanto no

caso de radiação gama do Cs-137, como do Co-60. O equilíbrio eletrônico é atingido para 3,3 mm e 1,2 mm de Lucite para Co-60 e Cs-137 respectivamente [10].

Sob condições de equilíbrio eletrônico, as câmaras de placas paralelas e a do tipo dedal NE, modelo 2505/3, foram calibradas, em relação à câmara padrão secundário (tipo dedal), com radiação de Co-60 e Cs-137, utilizando-se a técnica da substituição. Na Tabela 5 tem-se os valores dos fatores de calibração determinados, normalizados para Co-60 para facilitar a comparação. Na mesma tabela encontram-se os valores obtidos por Batistella e Caldas [5], sob as mesmas condições de calibração de uma câmara de ionização de placas paralelas (tipo superficial) NE, modelo 2532/3.

A maior dependência energética encontrada foi a da câmara superficial NE 2532/3 (1,2%). No caso das câmaras A e B, pode-se notar comportamentos muito próximos ao da câmara dedal 2505/3, usada como referência.

d. Radiação beta

Como já foi dito anteriormente, o instrumento de referência para a detecção da radiação beta é a câmara de extrapolação, que foi usada para comparação com as câmaras A e B.

Os resultados obtidos estão na Tabela 6. Para comparação, foi apresentado ainda o fator de calibração obtido para a câmara de ionização padrão secundário de placas paralelas NE, modelo 2536/3B, que também foi submetida ao mesmo feixe de radiação, sob condições idênticas. A câmara B foi testada no laboratório do CSF.

Pode-se observar que as câmaras A e B apresentam fatores de calibração muito mais próximos aos da câmara de referência PTW (extrapolação) que aos da câmara de placas paralelas NE.

4. Conclusões

As experiências realizadas mostram a utilidade das câmaras de ionização de placas paralelas do IPEN para a detecção de radiação beta de Sr-90 + Y-90, gama de Co-60 e Cs-137 e radiação-X de energias médias, além da radiação-X de energias baixas para as quais elas são especialmente recomendadas. Para isto são aplicados os fatores de correção determinados neste trabalho.

Referências

1. ANDREO, P. ; CUNNINGHAM, J.R. ; HOHLFELD, K ; SVENSSON, H. Absorbed dose determination in photon and electron beams. An international code of practice. Vienna, 1987. (Technical report series, 277).

2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Calibration of dose meters used in radiotherapy. Vienna, 1979. (Technical report series, 185).
3. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS. Radiation dosimetry : X-rays generated at potentials of 5 to 150 kV. Washington, D.C., 1970. (ICRU-17).
4. HASSEY, J.R. Manual of dosimetry in radiotherapy. Vienna, 1970. (Technical report series, 110).
5. BATISTELLA, M.A. ; CALDAS, L.V.E. Dependência energética de uma câmara de ionização de placas paralelas em campos padões de radiação-X e gama. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 1988. (IPEN-Pub-207).
6. KEYS, D.J. ; PURDY, J.A. Thin-walled parallel plate ionization chamber for use with photon and electron beam dosimetry. Med. Phys., 7(2): 163-164, 1980.
7. KOOY, H.N. ; SIMPSON, L.D. ; McFAUL, J.A. Parallel-plate ionization chamber response in cobalt-60 irradiated transition zones. Med. Phys., 15(2): 199-203, 1988.
8. ALBUQUERQUE, M.P.P. ; CALDAS, L.V.E. New ionization chambers for beta and X-radiation. Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A280: 310-313, 1989.
9. CALDAS, L.V.E. A sequential Tandem system of ionization chambers for effective energy determination of X-radiation fields. Radiat. Prot. Dosim. (aceito para publicação).
10. CALDAS, L.V.E. Performance characteristics of an extrapolation chamber for beta radiation detection. Int. J. Appl. Radiat. Instrum. Part A, 37(9): 988-990, 1986.
11. CALDAS, L.V.E. ; ALBUQUERQUE, M.P.P. Equilíbrio eletrônico para câmaras de ionização de placas paralelas em campos de radiação gama. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 1989. (IPEN-Pub-267).

TABELA 1. Dependência Energética da Câmara de Ionização de Placas Paralelas, A, com Radiação-X de Energias Baixas.
Laboratório de Calibração, IPER.
 ue = unidade de escala
 CSR = Camada Semi-Redutora

CSR (mmAl)	Fator de Calibração	
	R.ue ⁻¹ (x 10 ⁻⁴ C.kg ⁻¹ .ue ⁻¹) Câmara A	Padrão Secundário* NE
0,37	1,061 (2,74)	0,919 (2,37)
0,56	1,063 (2,74)	0,911 (2,37)
0,65	1,063 (2,74)	0,908 (2,34)
0,91	1,064 (2,75)	0,902 (2,33)

* Certificado de calibração NPL para radiação-X.

Tabela 2. Dependência Energética da Câmara de Ionização de Placas Paralelas, B, com Radiação-X de Energias Baixas.
Laboratório de Calibração, GSF.
 CSR = Camada Semi-Redutora

CSR (mmAl)	Fator de correção normalizado para 0,35 mmAl	
	Câmara B	Padrão Secundário PTW N23344
0,02	0,9932	1,051
0,03	0,9882	1,043
0,07	0,9727	1,021
0,11	0,9758	1,026
0,35		1
0,94	0,9029	0,994

Tabela 3. Dependência Energética da Câmara de Ionização de Placas Paralelas, A, com Radiação-X de Energias Médias.
Laboratório de Calibração, IRD.
 ue = unidade de escala
 CSR = Camada Semi-Redutora

CSR (mmCu)	Fator de calibração	
	R.ue ⁻¹ (x 10 ⁻⁴ C.kg ⁻¹ .ue ⁻¹) Câmara A	Padrão Secundário TK01
0,06	1,023 (2,64)	0,877 (2,62)
0,16	0,996 (2,57)	0,866 (2,23)
0,50	0,970 (2,50)	0,864 (2,23)
1,00	0,968 (2,50)	0,862 (2,22)
2,02	0,988 (2,55)	0,859 (2,22)

Tabela 4. Dependência Energética da Câmara de Ionização de Placas Paralelas, B, com Radiação-X de Energias Médias.
Laboratório de Calibração, GSF.
 CSR = Camada Semi-Redutora

CSR (mmCu)	Fator de correção normalizado para 1,59 mmCu		
	Câmara B	Padrão Secundário Dedal - PTU	Padrão Secundário Placas Paralelas N23344
0,102	1,085	1,016	1,072
0,177	1,050	1,005	1,046
0,28	1,030	1,001	1,035
0,45	1,011	0,999	1,024
0,82	0,9968	0,998	1,009
1,59	1	1	1
2,52	1,016	1,003	1,014
3,41	1,036	1,007	1,022

Tabela 5. Dependência Energética para Radiação Gama das Câmaras de Ionização Estudadas, sob Condições de Equilíbrio Eletrônico.

Local	Fonte	Fator de correção normalizado para Co-60			
		Câmara A	Câmara B	Dedal 2505/3	Superficial 2532/3 *
GSF	Co-60	-	1	1	-
	Cs-137	-	0,9952	1,005	-
IPEN	Co-60	1	-	-	1
	Cs-137	1	-	-	0,9882

* Valores obtidos por Batistella e Caldas [5].

Tabela 6. Fatores de Calibração das Câmaras de Ionização de Placas Paralelas A e B para Radiação Beta. Laboratório de Calibração, IPEN * Laboratório de Calibração, GSF **

Fonte	Câmara	Fator de Calibração cGy.u ⁻¹
Sr-90 + Y-90	A	0,8347 *
	B	0,7280 **
	NE 2536/3B	0,6627 *
	PTW 23391	0,7477 [10]