

PRODUÇÃO TÉCNICO CIENTÍFICA
DO IPEN
DEVOLVER NO BALCÃO DE
EMPRESTIMO

TC

rejeita
OK

ESTABELECIMENTO DE CAMPOS DE RADIAÇÃO PARA CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA EM RADIODIAGNÓSTICO CONVENCIONAL

Maria P. A. Potiens - mppalbu@net.ipen.br
Linda V. E. Caldas - lcaldas@net.ipen.br
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear
C.P. 11049, CEP 05422-970, São Paulo, Brasil
Fone : (011) 3816 9216 Fax : (011) 3816 9209

Resumo. Foram estabelecidos campos de radiação padrões com um sistema de raios X diagnóstico para a calibração de instrumentos utilizados tanto em dosimetria de feixes como em medidas de radioproteção. Os feixes padrões recomendados pela Norma ISO 4037-3 para os instrumentos utilizados em medidas de radioproteção foram estabelecidos. Para os instrumentos utilizados em medidas do feixe direto, atenuado e não atenuado, foi seguida a Norma IEC 1267. Foram utilizadas duas câmaras de ionização como referência, sendo uma com volume de 30 cm³, para medidas de radioproteção, e uma com volume de 1 cm³ para medidas de feixe direto. Ambas possuem rastreabilidade ao Laboratório Primário Alemão Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

Palavras-chave : Radiodiagnóstico, Câmaras de ionização, Calibração de instrumentos.

1. INTRODUÇÃO

A maior contribuição às doses provenientes do uso médico é decorrente da radiologia diagnóstica (Bushong, 1997); conseqüentemente o aumento expressivo na utilização de técnicas modernas de diagnóstico médico com o uso de radiação X e a publicação da Portaria 453 (Ministério da Saúde, 1998) reforçaram a necessidade de calibração dos instrumentos detectores de radiação que normalmente são utilizados nas medidas rotineiras em sistemas de radiodiagnóstico convencional.

O Laboratório de Calibração do IPEN (LCI) já vem atuando há mais de vinte anos na calibração de instrumentos utilizados em radioproteção e em radioterapia, atendendo clínicas, hospitais, indústrias e o próprio IPEN, testando em torno de 2000 instrumentos por ano. Considerando que a preocupação constante do LCI tem sido o desenvolvimento e o aperfeiçoamento das técnicas e dos métodos utilizados na calibração de equipamentos medidores de radiação (Potiens, 1999), o objetivo deste trabalho é apresentar a metodologia de calibração dos instrumentos medidores de radiação que normalmente são utilizados nas medidas rotineiras em sistemas de radiodiagnóstico, tanto para dosimetria de feixes atenuados e não atenuados como para medidas de radioproteção.

8026

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Todas as medidas foram realizadas com um sistema gerador de raios X (nível Radiodiagnóstico), marca Medisor Mövek Röntgengyara, modelo Neo-Diagnomax (125 kV) pertencente ao Laboratório de Calibração do IPEN. O equipamento foi utilizado no modo fluoroscópico. A espectrometria deste sistema mostrou uma diferença de aproximadamente 10 kV entre o valor real e a tensão nominal demonstrada no painel da máquina de raios X (Potiens, 1997).

2.1 Dosimetria de feixes (atenuados e não atenuados)

As qualidades implantadas neste caso foram as recomendadas pela norma IEC 1267 (IEC, 1994), no intervalo entre 50 e 90 kV. O instrumento utilizado como referência foi uma câmara de ionização de placas paralelas, com volume de 1 cm³, marca Physikalisch-Technische Werkstätten (PTW), Alemanha, modelo 77334, que possui fatores de calibração rastreados ao Laboratório Padrão Primário *Physikalisch-Technische Bundesanstalt*, PTB, para estas qualidades. A câmara de ionização foi acoplada a um eletrômetro marca PTW, modelo UNIDOS, tipo 10001. As medidas foram realizadas a uma distância foco-câmara de 50 cm.

Para a determinação das camadas semi-redutoras foram utilizados filtros de alumínio, com espessuras variando de 0,5 a 10 mm.

Para aplicação do método de calibração implantado foram selecionadas algumas câmaras de ionização, marca Radcal, que têm sido as mais utilizadas nesta área no Brasil. As suas características estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características principais dos instrumentos utilizados em dosimetria de feixes testados nas qualidades de radiação X implantadas no sistema de radiodiagnóstico do IPEN.

Instrumento	Material da Parede	Volume (cm ³)
A. Radcal 10x5-6	Policarbonato	6
B. Radcal 10x5-6	Policarbonato	6
C. Radcal 10x5-180	Policarbonato	180
D. Radcal 10x5-180	Policarbonato	180
E. Radcal 10x5-6M	Janela de Mylar aluminizado	6
F. Radcal 10x5-60E	Policarbonato	60

2.2 Radioproteção

Para os equipamentos utilizados em medidas de radioproteção em sistemas de radiodiagnóstico foram implantadas duas séries (A e C) de qualidades recomendadas pela norma ISO 4037-3 (ISO, 1996), no intervalo de 40 a 80 kV. A **Série A** foi estabelecida para se estudar a dependência energética dos instrumentos e a **Série C** foi escolhida para ser utilizada na calibração de monitores portáteis, pois seu espectro é similar ao espalhado pelo paciente em um sistema de radiodiagnóstico (Fehrenbacher *et al.*, 1997). Como referência foi utilizada uma câmara de ionização tipo cilíndrica com volume de 30 cm³, marca PTW, modelo M23361, acoplada a um eletrômetro PTW, modelo UNIDOS, tipo 10001. As medidas foram realizadas a uma distância foco-câmara de 100 cm. Os fatores de calibração para esta câmara nas qualidades necessárias foram determinados por meio da transferência dos fatores

de correção para energia de uma câmara idêntica pertencente ao Laboratório Padrão Secundário do *Institut für Strahlenschutz, GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, GmbH*, Alemanha, com rastreabilidade ao Laboratório Padrão Primário PTB, e da sua calibração para radiação gama de ^{60}Co contra o sistema padrão secundário do LCI composto por uma câmara de ionização cilíndrica da *Nuclear Enterprises Ltd.*, NE, modelo 2561, acoplada ao eletrômetro NE modelo 2560 (Potiens *et al.*, 1998).

Para aplicação do método de calibração implantado para a calibração de monitores portáteis utilizados em medidas de radioproteção em radiodiagnóstico, foram selecionados alguns monitores portáteis, do tipo câmara de ionização, que normalmente são encaminhados ao LCI para a calibração. As suas características estão relacionadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características principais dos monitores portáteis utilizados em medidas de radioproteção testados nas qualidades de radiação X implantadas no sistema de radiodiagnóstico do IPEN.

Instrumento	Material da Janela (mg/cm^2)	Volume (cm^3)
G. Victoreen 450P-1	Plástico condutor ($200\text{mg}/\text{cm}^2$)	300
H. Victoreen 450P-2	Plástico condutor ($200\text{mg}/\text{cm}^2$)	300
I. Victoreen 450P-3	Plástico condutor ($200\text{mg}/\text{cm}^2$)	300
J. Nardeaux Babyline 81	Plástico equivalente ao tecido ($7\text{mg}/\text{cm}^2$)	515
K. Keithley 36150	Plástico equivalente ao tecido ($300\text{mg}/\text{cm}^2$)	250

Todos os equipamentos foram, inicialmente, calibrados com radiação gama de ^{60}Co , e depois sua dependência energética foi verificada utilizando-se as qualidades da **Série A**. Finalmente todos foram testados nas qualidades da **Série C**. Todos os fatores de calibração foram normalizados para ^{60}Co .

3. RESULTADOS

Os valores obtidos para as taxas de kerma no ar e as outras características das qualidades de radiação implantadas no sistema de radiodiagnóstico do LCI estão relacionadas nos itens a seguir, bem como a aplicação dos métodos implantados.

3.1 Dosimetria de feixes (atenuados e não atenuados)

As qualidades adequadas para instrumentos utilizados na dosimetria de feixes estão relacionadas na Tabela 3. A série RQR (*Radiation Quality in Radiation Beams*) representa as qualidades adequadas para medidas do feixe direto não atenuado e as qualidades RQA (*Radiation Quality emerging from an Added Filter*) para medidas de feixes atenuados, ou seja, medidas atrás de um material simulador de um paciente. As incertezas associadas aos resultados foram sempre menores que 5,5%. A exemplo do Laboratório Padrão Primário PTB, todos os fatores de calibração da câmara de referência foram normalizados para 70 kV.

Para as medidas no ar (RQR), a maior dependência energética foi de 2% enquanto que para as qualidades RQA esta dependência ficou em 5% no pior caso.

Tabela 3. Características principais dos feixes de radiação padrões para a calibração de instrumentos utilizados em dosimetria de feixes estabelecidos no LCI-IPEN.

Qualidade da Radiação	Tensão do Tubo (kV)	Filtração Total (mmAl)	Camada Semi-redutora (mmAl)	Energia Efetiva (keV)	Fator de Correção para Energia	Taxa de Kerma no Ar (mGy/min)
RQR 3	52	2,5	1,82	32,0	1,02	5,06
RQR 5	70	2,5	2,45	39,2	1,00	6,59
RQR 7	90	2,5	3,1	46,0	0,99	6,92
RQA 3	52	12,5	4,0	38,8	1,05	0,363
RQA 4	63	18,5	5,7	45,6	1,03	0,309
RQA 5	70	23,5	7,1	51,8	1,00	0,256
RQA 6	80	29,5	8,4	57,9	0,99	0,200
RQA 7	90	32,5	9,1	62,9	0,98	0,481

As Figuras 1 e 2 mostram a dependência energética das câmaras de ionização testadas para as qualidades RQR e RQA respectivamente. As câmaras Radcal apresentaram um comportamento satisfatório no intervalo de energia estudado. A câmara E apresentou uma dependência energética alta, 17 % para as qualidades RQA e 14 % no caso das qualidades RQR. Esta dependência energética alta pode ser explicada pelo fato desta câmara ser indicada para a utilização em feixes de mamografia, que utilizam energias menores do que as deste trabalho. Para as outras câmaras, os maiores fatores obtidos foram para as câmaras A e B que apresentaram 5% de dependência energética. As outras câmaras (C, D e F) mostram desempenho ainda melhor quanto à dependência energética.

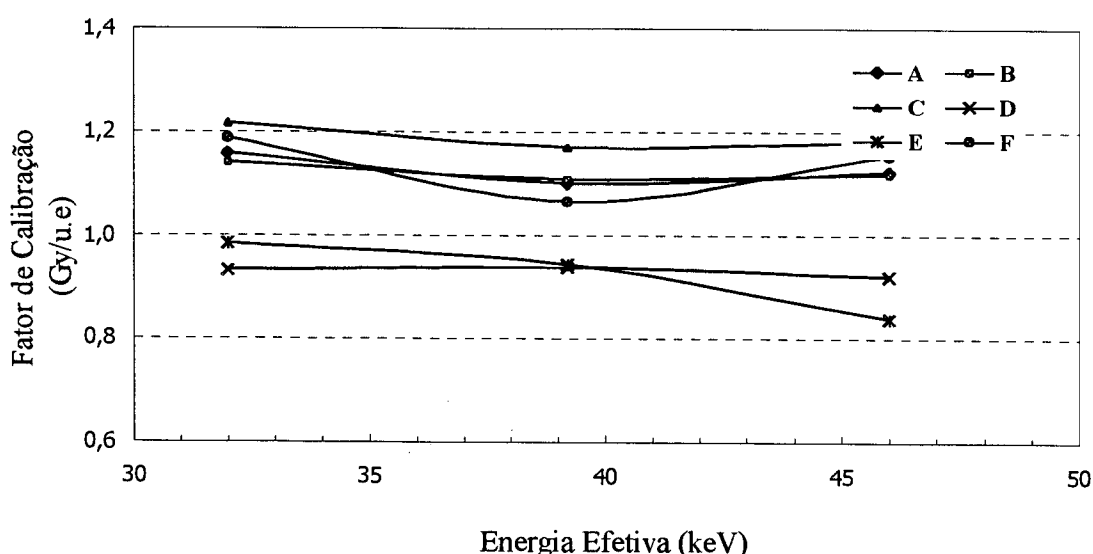


Figura 1-Dependência energética dos instrumentos testados nas qualidades RQR para feixes não atenuados, em sistema de raios X, nível radiodiagnóstico.
u.e. : unidade de escala do eletrômetro

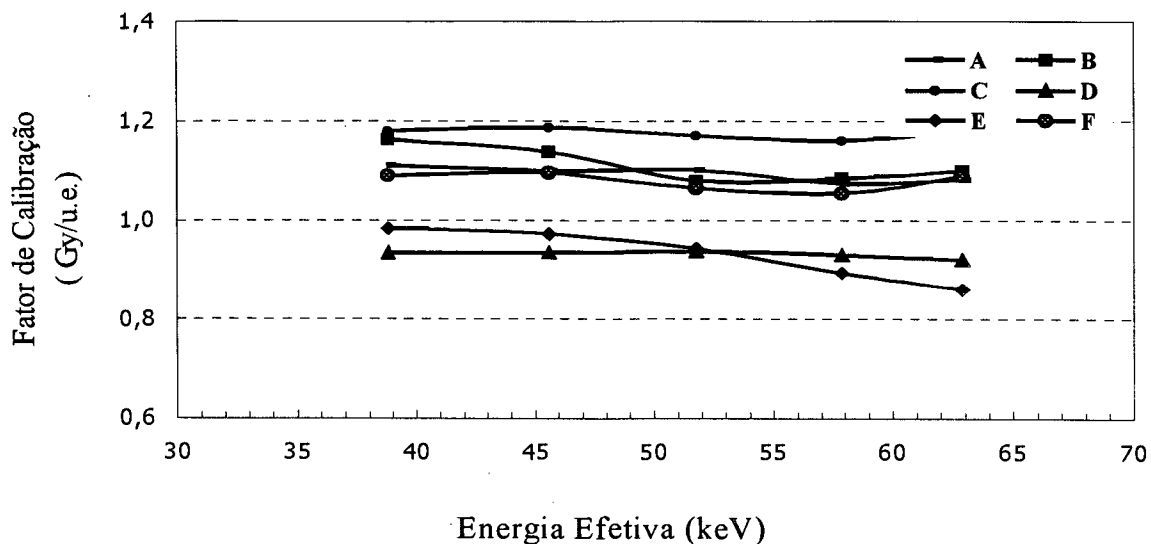


Figura 2-Dependência energética dos instrumentos testados nas qualidades RQA para feixes atenuados, em sistema de raios X, nível radiodiagnóstico.
u.e. : unidade de escala do eletrômetro

3.2 Radioproteção

Neste caso as características determinadas dos feixes estão relacionados na Tabela 4. As incertezas associadas aos valores de taxas de kerma no ar estiveram sempre dentro de 3,5 %. Verifica-se que as taxas de kerma no ar obtidas para a **Série A** são bem menores do que as da **Série C**, devido à diferença de filtração adicional. Este fato reforça a idéia de se utilizar as qualidades da **Série C** na calibração, pois as energias são as mais próximas às das energias da radiação espalhada pelo paciente.

Tabela 4. Principais características dos feixes de radiação padrões para a calibração de monitores portáteis utilizados em radiodiagnóstico.
Q = Qualidade da radiação

Q	Tensão do Tubo (kV)	Filtração Adicional (mmAl)	Filtração Adicional (mmCu)	Camada Semi-Redutora (mmAl)	Camada Semi-Redutora (mmCu)	Energia Efetiva (keV)	Taxa de Kerma no Ar (mGy/min)
A 40	43	4	0,20	--	0,088	33	0,402
A 60	63	4	0,60	--	0,24	48	0,295
A 80	70	4	2,0	--	0,57	65	0,106
C 40	43	1,0	--	0,83	--	20	3,47
C 60	63	3,9	--	2,34	--	30	3,01
C 70	70	5,4	0,15	3,7	--	35	2,96
C 80	80	7,2	0,50	5,2	--	40	3,29

O comportamento dos instrumentos testados nas qualidades de radioproteção implantadas pode ser visto no Tabela 5. Pode-se verificar que, com exceção de um modelo (monitor J com

dependência energética de apenas 3%) , todos os outros instrumentos testados apresentam uma dependência energética alta no intervalo de energia de radiação X estudado, e em relação a ^{60}Co esta dependência mostrou-se extremamente importante. Ocorreram variações de até 47% como é o caso do instrumento I. Para o instrumento G, a dependência energética foi de 45% e, para o instrumento H, foi de 37%. No caso do instrumento K, fica bem clara a necessidade de se calibrar o instrumento em uma energia próxima àquela em que ele será utilizado, pois os fatores obtidos são quase 5 vezes maiores do que aquele para a radiação gama de ^{60}Co .

Tabela 5: Comportamento dos monitores portáteis (câmaras de ionização) utilizados em medidas de radioproteção em sistemas de radiodiagnósticos testados em campos de radiação X. Os fatores de calibração foram normalizados para ^{60}Co .

Qualidade da Radiação	Fator de Calibração				
	G	H	I	J	K
A 40	1,39	1,29	1,42	0,816	3,73
A 60	1,13	1,09	1,18	0,835	4,42
A 80	0,980	1,01	1,01	0,821	4,61
C 40	1,45	1,37	1,47	0,810	3,54
C 60	1,41	1,34	1,43	0,816	3,65
C 70	1,24	1,19	1,25	0,822	4,01
C 80	1,17	1,13	1,18	0,830	4,50
^{60}Co	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

4. CONCLUSÕES

Os resultados mostram a importância de se calibrar instrumentos utilizados em medidas em sistemas de radiodiagnóstico em energias próximas àquelas utilizadas em medidas rotineiras, devido aos valores de dependência energética obtidos. A implantação destas metodologias tenta suprir uma falha existente na cadeia metrológica do LCI para a complementação do seu programa de controle de qualidade. A partir de sua implantação, o Laboratório de Calibração do IPEN está apto a receber periodicamente tais instrumentos para a calibração de acordo com as normas nacionais e internacionais.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro parcial.

REFERÊNCIAS

- Bushong, S.C., 1997, Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology and Protection, 6th Ed., Mosby-Year Book Inc., St. Louis, MO.
- Fehrenbacher, G. Tesfu, K. , Panzer, W. and Regulla, D., 1997, Determination of diagnostic X-rays spectra scattered by a phantom, Radiat. Prot. Dosim., vol 71, n. 4, pp. 305-308.
- International Electrotechnical Commission, 1994, Medical diagnostic X-ray equipment – radiation conditions for use in the determination of characteristics, IEC 1267, Genève.

International Organization for Standardization, 1997, X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and doserate meters and 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, ISO/FDIS 4037-3-1997, Genève.

Ministério da Saúde, 1998, Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, Portaria 453, Diário Oficial da União, Brasília.

Potiens, M. P. A., 1999, Metodologia dosimétrica e sistema de referência para radiação X nível diagnóstico, Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Potiens, M.P.A. & Caldas, L.V.E., 1997, Preliminary calibration tests of instruments used at diagnostic radiology level, Medical & Biological Engineering & Computing, vol. 35, n. 2, pp. 1093.

Potiens, M.P.A. Caldas, L.V.E. and Panzer, W., 1998, Dosimetric basis for a calibration protocol of survey meters for diagnostic radiology, In : IV Congreso Regional de Seguridad Radiologica y Nuclear, 19-23 Outubro de 1998. *Anais...*Havana, Cuba, pp. 6/39-6/42.

RADIATION FIELDS ESTABLISHMENT TO CALIBRATION OF INSTRUMENTS USED IN CONVENTIONAL DIAGNOSTIC RADIOLOGY MEASUREMENTS

Abstract. Standard radiation fields were established, using a diagnostic X-ray system for the calibration of instruments used for beam dosimetry and radioprotection. The recommendations and radiation qualities of Standards IEC 1267 and ISO 4037-3 were followed. Two ionization chambers were used as reference systems, one with a volume of 30 cm³ for radioprotection measurements and the other with a volume of 1 cm³ for direct beam measurements. Both are traceable to the German Primary Laboratory of Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

Key words : Diagnostic radiology, Ionization chambers, Calibration.