

# CARACTERIZAÇÃO DE CÂMARAS DE IONIZAÇÃO PARA INTERCOMPARAÇÃO EM FEIXES DE RADIODIAGNÓSTICO

Ana C. M. Bessa e Linda V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)  
Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)  
Av. Professor Lineu Prestes, 2242  
05508-000 São Paulo, SP  
[acmbessa@ipen.br](mailto:acmbessa@ipen.br); [lcaldas@ipen.br](mailto:lcaldas@ipen.br)

## RESUMO

Foram realizados testes de caracterização de três câmaras de ionização comerciais, da marca Victoreen, modelos 415, 415A e 415B, especialmente projetadas para uso em intercomparações. Estes testes fazem parte de um estudo que tem como objetivo comparar o desempenho de diferentes modelos de câmaras de ionização em feixes de radiodiagnóstico convencional, para que a câmara mais adequada seja utilizada como padrão em intercomparações de câmaras utilizadas em radiodiagnóstico. Neste trabalho são apresentados os testes de corrente de fuga pré-irradiação, repetitividade, reprodutibilidade e dependência energética das três câmaras de ionização. Nos testes de corrente de fuga pré-irradiação, de repetitividade e de reprodutibilidade, todos os três modelos de câmaras apresentaram resultados em conformidade com as recomendações da norma IEC 61674, referente a dosímetros utilizados em radiodiagnóstico. Os resultados de alguns testes também apresentaram conformidade com as recomendações da norma IEC 60731, referente a dosímetros utilizados em radioterapia, que é mais restritiva. O teste de dependência energética foi feito utilizando-se feixes de radiodiagnóstico convencional, recomendados pela norma IEC 61267, referente a condições de irradiação para determinação de características. Os resultados mostraram que, para as qualidades de feixe RQR e RQA, relativas a feixes diretos e atenuados respectivamente, a câmara 415A apresentou melhor desempenho.

## 1. INTRODUÇÃO

Todos os instrumentos utilizados para medição de radiação ionizante devem apresentar medidas confiáveis, visto que neles é que se baseia todo o controle de exposição à radiação da população e dos trabalhadores. Isso é especialmente importante em radiologia diagnóstica, considerando que, de acordo com um trabalho realizado no Reino Unido, cerca de 90% da dose de radiação ionizante oriunda de fontes artificiais à qual a população está sujeita, excluindo-se as doses recebidas em tratamentos radioterápicos, é decorrente de exames médicos que utilizam radiação X, sendo que a radiologia diagnóstica convencional contribui com 30% desta dose [1]. Um dos procedimentos para a garantia da qualidade de sistemas dosimétricos é a intercomparação. Uma intercomparação pode ser definida como sendo a obtenção de medidas de instrumentos de mesma classificação para comparação de comportamentos. A intercomparação constitui um dos melhores procedimentos para o programa da garantia da qualidade de sistemas dosimétricos, pois fortalece a rastreabilidade metrológica dos instrumentos de medida de radiação e verifica não somente a calibração do instrumento, mas também vários outros fatores envolvidos na série de medidas, incluindo o desempenho do pessoal que opera os instrumentos [2].

Está em andamento no Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) um projeto de intercomparação de detectores de radiação em diversos feixes de radiação, inclusive em

feixes de radiodiagnóstico. Para escolher o instrumento que será utilizado como referência na intercomparação em feixes de radiodiagnóstico, testes de caracterização estão sendo realizados com as câmaras de ionização do LCI. O objetivo deste trabalho é realizar os testes de caracterização em um conjunto de câmaras comerciais especialmente desenvolvidas para uso em intercomparações, para avaliar a viabilidade de seu uso em programas de intercomparação no LCI.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As câmaras para intercomparação testadas neste trabalho são da marca Victoreen, modelos 415, 415A e 415B. As câmaras de modelo 415 e 415B são cilíndricas, e são recomendadas para medidas de feixes de radiação X de energias médias e altas. A câmara de modelo 415A apresenta eletrodo cilíndrico e janela fina de Mylar, para ser usada em feixes de energias baixas. O instrumento utilizado como padrão para a realização da calibração foi a câmara de placas paralelas da marca Physikalisch-Technische Werkstätten (PTW), modelo 77334, com volume sensível de 1 cm<sup>3</sup>, calibrada no Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Estas câmaras foram utilizadas com os eletrômetros da marca PTW, modelos Unidos e Unidos E.

Os feixes de radiodiagnóstico que foram utilizados na calibração das câmaras para intercomparação estão implantados num equipamento de raios X, marca Seifert/Pantak, modelo ISOVOLT 160, e baseiam-se na norma IEC 61267 [3]. As características destes feixes são apresentadas na Tabela 1. Para os testes de repetitividade e de reprodutibilidade, foi utilizada uma fonte de <sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y (33 MBq, 1994).

**Tabela 1 – Características dos Feixes de Radiodiagnóstico Utilizados em Calibração no LCI.**

Qualidade da Radiação	1ª CSR [mm Al]	2ª CSR [mm Al]	Coefficiente de Homogeneidade	Energia Efetiva [keV]	Taxa de Kerma no Ar [mGy/min]
RQR2	1,44	1,80	0,80	25,10	13,79
RQR3	1,79	2,38	0,75	27,15	24,06
RQR4	2,09	2,92	0,72	28,80	35,35
RQR5	2,35	3,42	0,69	30,15	47,17
RQR6	2,65	3,99	0,66	31,65	60,39
RQR7	2,95	4,62	0,64	33,05	74,51
RQR8	3,24	5,20	0,62	34,40	89,81
RQR9	3,84	6,31	0,61	37,05	121,80
RQR10	4,73	7,79	0,61	40,75	175,19
RQA2	2,22	2,50	0,89	29,50	5,39
RQA3	3,91	4,15	0,94	37,30	3,39
RQA4	5,34	5,83	0,92	43,25	3,03
RQA5	6,86	7,32	0,94	49,40	3,40
RQA6	8,13	8,54	0,95	54,75	3,99
RQA7	9,22	9,70	0,95	59,70	4,87
RQA8	10,09	10,73	0,94	63,95	5,76
RQA9	11,39	12,16	0,94	71,15	7,93
RQA10	13,02	13,79	0,94	82,10	13,28

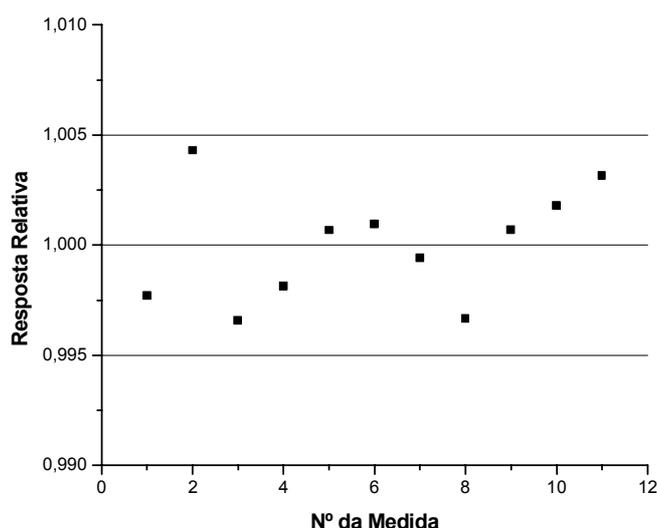
### 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos foram comparados com os limites recomendados pela norma IEC 60731 [4], referente a dosímetros utilizados em radioterapia, e com a norma IEC 61674 [5], referente a dosímetros utilizados em radiodiagnóstico. Embora o objetivo do trabalho seja verificar a viabilidade de uso destas câmaras em feixes de radiodiagnóstico, os resultados também foram comparados com os limites recomendados pela norma IEC 60731 [4] porque esta norma é mais restritiva, demonstrando que as câmaras utilizadas no trabalho apresentaram um desempenho muito além do recomendado pela norma para dosímetros utilizados em radiodiagnóstico. Portanto, sempre que o resultado estiver dentro dos limites recomendados pela norma IEC 60731 [4], ele também está dentro dos limites recomendados pela norma IEC 61674 [5].

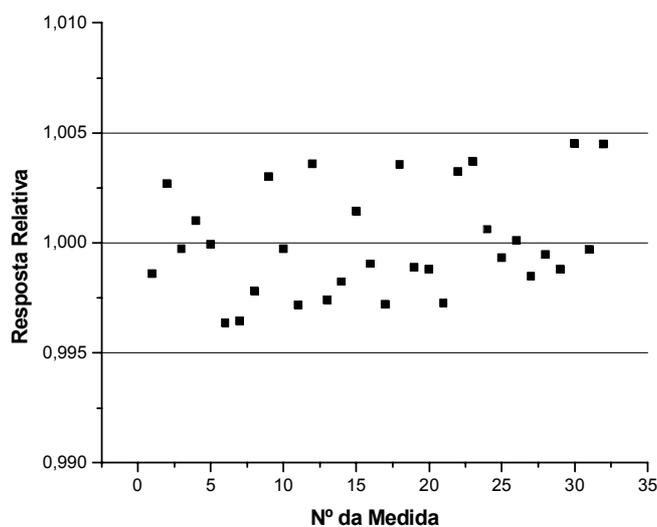
No teste de corrente de fuga pré-irradiação, mede-se a carga acumulada durante 20 minutos, sem irradiação, após atingir a estabilização da câmara de ionização. Todas as medidas realizadas com as três câmaras apresentaram resultados dentro dos limites recomendados pela IEC 60731 [4] de  $\pm 0,5\%$  do menor valor medido.

No teste de repetitividade (estabilidade a curto prazo), são obtidas 10 medidas de carga acumulada durante um minuto, gerada a partir da irradiação com a fonte de controle. Todas as medidas realizadas para este teste, com as três câmaras, apresentaram resultados dentro dos limites recomendados pela norma IEC 60731[4], de  $\pm 0,3\%$  de desvio em cada série de medidas.

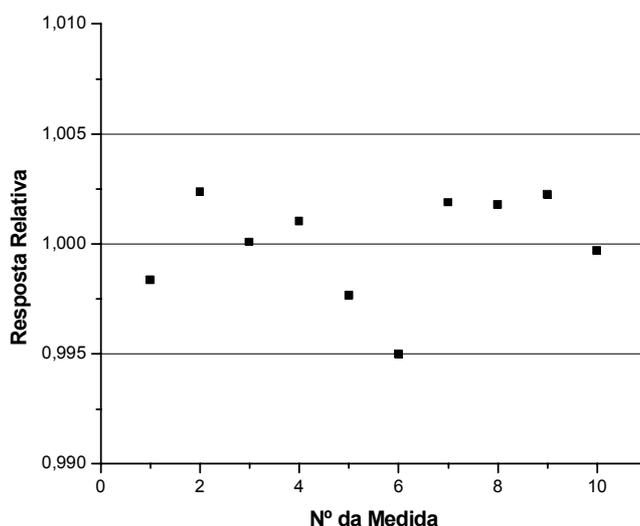
No teste de reprodutibilidade (estabilidade a longo prazo), comparam-se medidas de carga realizadas com a fonte de controle durante um certo período de tempo. Todos os modelos de câmaras apresentaram um comportamento satisfatório, atendendo aos limites da norma IEC 60731 [4], que recomenda uma variação máxima de  $\pm 0,5\%$  ao longo de um ano. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam os resultados deste teste. Este teste foi realizado durante três meses com as câmaras modelo 415 e 415B, e durante seis meses com a câmara modelo 415A.



**Figura 1 – Resultados do teste de reprodutibilidade da câmara Victoreen, modelo 415.**

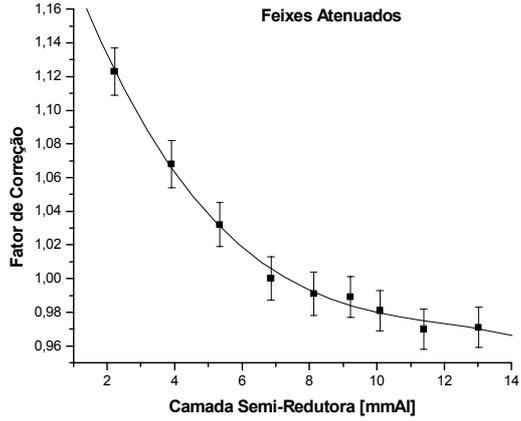
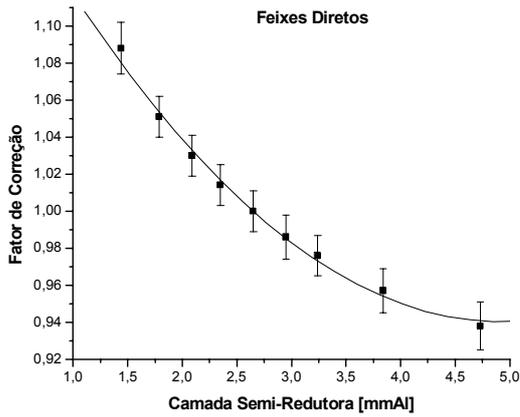


**Figura 2 – Resultados do teste de reprodutibilidade da câmara Victoreen, modelo 415A.**

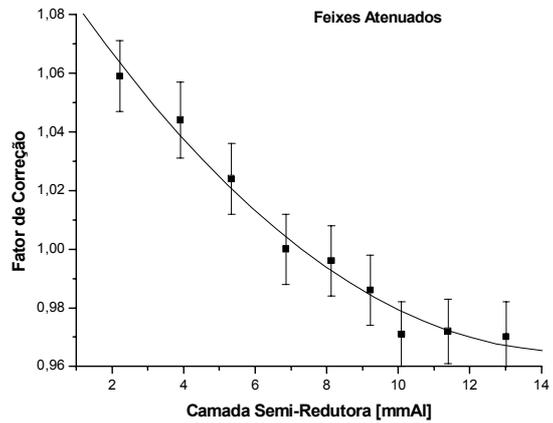
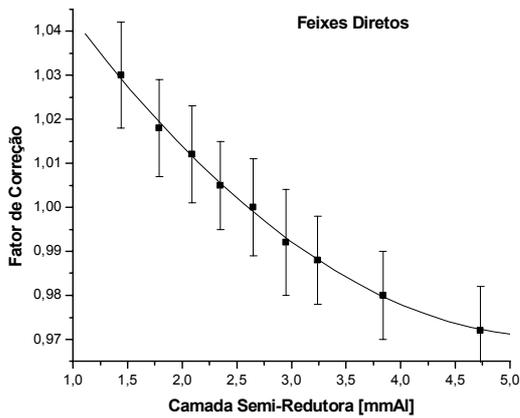


**Figura 3 – Resultados do teste de reprodutibilidade da câmara Victoreen, modelo 415B.**

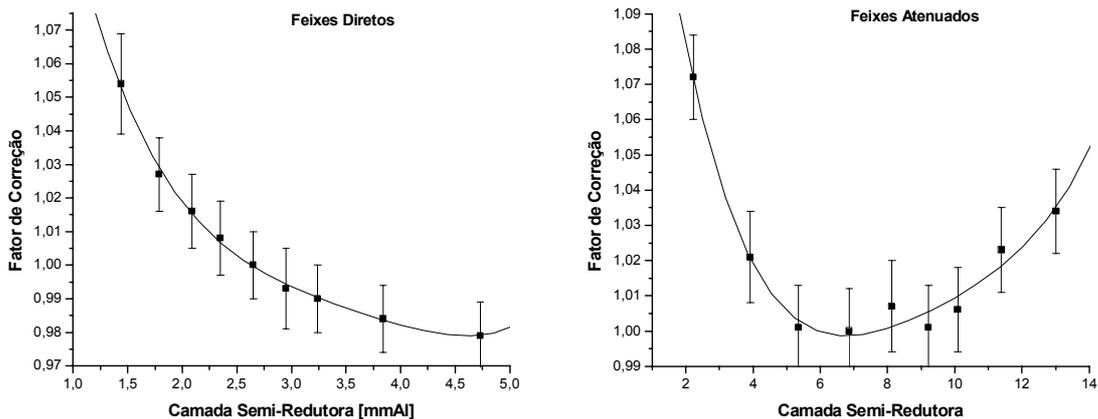
Os resultados de dependência energética das câmaras de ionização são apresentados nas Figuras 4 a 6. No caso das qualidades de feixe RQR2 a RQR10 (feixes diretos), recomendadas pela norma IEC 61267 [3], a câmara modelo 415 apresentou uma dependência máxima de 8,79%. No caso das qualidades RQA2 a RQA10, (feixes atenuados), a câmara modelo 415 apresentou uma dependência máxima de 12,3%. A câmara modelo 415A apresentou dependência máxima de 3,04% nos feixes de qualidade RQR2 a RQR10 e de 5,86% nos feixes de qualidade RQA2 a RQA10. A câmara modelo 415B apresentou dependência máxima de 5,35% nas qualidades RQR2 a RQR10 e de 7,25% nas qualidades RQA2 a RQA10.



**Figura 4 – Dependência energética da câmara Victoreen, modelo 415, para qualidades RQR2 a RQR10 (feixes diretos) e RQA2 a RQA10 (feixes atenuados), recomendadas pela norma IEC 61267 [3].**



**Figura 5 – Dependência energética da câmara Victoreen, modelo 415A, para qualidades RQR2 a RQR10 (feixes diretos) e RQA2 a RQA10 (feixes atenuados), recomendadas pela norma IEC 61267 [3].**



**Figura 6 – Dependência energética da câmara Victoreen, modelo 415B, para qualidades RQR2 a RQR10 (feixes diretos) e RQA2 a RQA10 (feixes atenuados), recomendadas pela norma IEC 61267 [3].**

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados dos testes de corrente de fuga pré-irradiação, de repetitividade e de reprodutibilidade das três câmaras de ionização Victoreen estudadas foram considerados satisfatórios, pois se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pelas normas IEC 60731 [4] e IEC 61674 [5]. Com relação à dependência energética, a câmara que mostrou melhor desempenho foi a de modelo 415A, tanto nos feixes diretos quanto nos feixes atenuados. Portanto, dentre as três câmaras estudadas, a de modelo 415A apresentou desempenho mais adequado para uso em intercomparações em feixes de radiodiagnóstico.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro parcial deste projeto.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HART, D.; WALL, B.F. "UK Population Dose from Medical X-Ray Examinations." *European Journal of Radiology*, v. **50**, p. 285-291 (2004).
2. COSTA, A. M. "Métodos de Calibração e de Intercomparação de Calibradores de Dose Utilizados em Serviços de Medicina Nuclear." **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo (1999).
3. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. "Medical Diagnostic X-Ray Equipment – Radiation Conditions for Use in Determination of Characteristics." **IEC 61267**. Geneva (1994).
4. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. "Medical Electrical Equipment. Dosimeters with Ionization Chambers as used in Radiotherapy." **IEC 60731**. Geneva (1997).
5. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. "Medical Electrical Equipment. Dosimeters with Ionization Chambers and/or Semi-Conductor Detectors as used in X-ray Diagnostic Imaging." **IEC 61674**. Geneva (1997).