

## DEPENDÊNCIA DA RESPOSTA DE UMA CÂMARA DE IONIZAÇÃO ANELAR COM O TAMANHO DO CAMPO DE RADIAÇÃO X

*Maíra T. Yoshizumi e Linda V. E. Caldas*

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN-CNEN/SP, São Paulo, Brasil  
[mairaty@ipen.br](mailto:mairaty@ipen.br), [lcaldas@ipen.br](mailto:lcaldas@ipen.br)

**Sumário:** Uma câmara de ionização monitora anelar foi desenvolvida no IPEN. Esta câmara de ionização é fixa em um sistema de colimadores que determinam o tamanho do campo de radiação. Foi verificado, neste trabalho, que a resposta da câmara anelar depende de forma exponencial com o tamanho do campo de radiação.

**Palavras-chave:** câmara de ionização, radiação X, câmara monitora.

### 1. INTRODUÇÃO

No Laboratório de Calibração de Instrumentos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (LCI-IPEN) a calibração com radiação X é realizada pelo método da substituição [1]. Para isso, o laboratório conta com câmaras de ionização do tipo padrão secundário, rastreáveis ao laboratório padrão primário Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Alemanha. Além de garantir a calibração periódica dessas câmaras de ionização, os equipamentos de radiação X também devem ser confiáveis.

Todo equipamento ligado à rede elétrica, como um tubo de radiação X [2], está sujeito a possíveis oscilações no fornecimento de energia. Para evitar que essas oscilações interfiram na calibração dos equipamentos, recomenda-se o uso de uma câmara de ionização monitora na saída do tubo de radiação. Esta câmara de ionização deve apresentar um volume sensível grande, eletrodos de placas paralelas e ser construída com materiais “transparentes” à radiação para não interferir na intensidade nem no espectro do feixe [2].

No LCI-IPEN foi desenvolvida uma câmara de ionização monitora de baixo custo e fácil fabricação para ser utilizada em um equipamento de raios X de energias baixas e médias [3]. A diferença desta câmara em relação a câmaras monitoras comerciais é seu formato inovador, com um furo central, por onde o feixe passa sem sofrer qualquer atenuação ou interação com o material da câmara.

A câmara de ionização anelar fica posicionada a 30 cm do tubo de raios X, em um sistema de colimação. Este sistema possui dois colimadores, um anterior e outro posterior à câmara monitora. Estes colimadores são de chumbo e servem para definir o tamanho do campo de radiação e diminuir o espalhamento do feixe. Cada

colimador tem um diâmetro de abertura diferente para produzir diferentes tamanhos de campo de radiação.

O objetivo deste trabalho foi estudar a variação da resposta da câmara de ionização anelar para diferentes configurações de colimadores.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o equipamento de radiação X, Pantak/Seifert, modelo ISOVOLT 160HS, que opera de 5 a 160 kV, com corrente de 0,5 a 40,0 mA. Este equipamento possui uma filtração inerente de 1,0 mmBe. Neste trabalho foram utilizadas as qualidades de radiodiagnóstico RQR 5, 7 e 9, definidas por recomendações internacionais [4]. As características dos feixes de radiação estão mostradas na tabela 1.

**Tabela 1: Características dos feixes de radiação do equipamento de raios-X Pantak/Seifert.**

| Características             | Qualidade do feixe |       |       |
|-----------------------------|--------------------|-------|-------|
|                             | RQR 5              | RQR 7 | RQR 9 |
| Tensão (kV)                 | 70                 | 90    | 120   |
| Filtração total (mmAl)      | 2,5                | 2,5   | 2,5   |
| Camada semi-reduzora (mmAl) | 2,35               | 2,95  | 3,84  |
| Energia efetiva (keV)       | 30,15              | 33,05 | 37,05 |

Os colimadores utilizados são de chumbo e podem ser fixados no sistema de colimação em duas posições diferentes, antes ou depois da câmara monitora. Eles têm um furo central para a passagem do feixe de radiação. Cada um dos 7 colimadores utilizados tem um diâmetro de abertura diferente: 70,5; 50,8; 50,0; 48,0; 34,0 e 17,0 mm e ainda há um totalmente fechado.

Os testes pré-operacionais, que incluem entre outros, o teste de corrente de fuga e estabilidade de resposta, foram realizados com a câmara anelar desenvolvida no LCI-IPEN obtendo-se bons resultados [3]. A câmara de ionização anelar foi posicionada no sistema de colimação, entre os colimadores, a 30 cm do tubo do feixe de radiação, como mostrado na figura 1. A posição do colimador situado entre

o equipamento de raios X e a câmara anelar foi denominada Posição 1, e a posição após a câmara anelar, de Posição 2.

Assim, foram realizadas medições com diferentes colimadores nas Posições 1 e 2 para verificar a variação da resposta da câmara anelar com o tamanho do campo de radiação e ainda com a radiação retroespalhada pelo colimador após a câmara monitora.

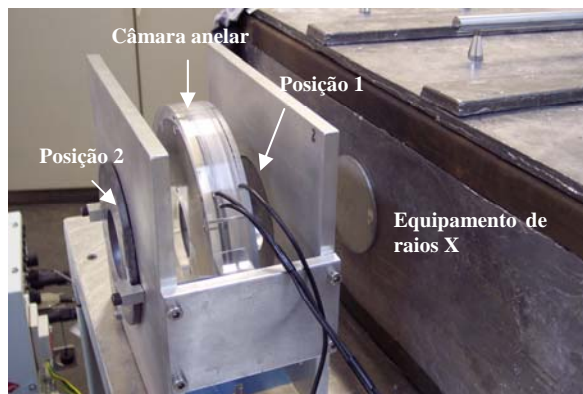


Figura 1: Câmara de ionização anelar dentro do sistema de colimação do equipamento de raios X no LCI/IPEN.

### 3. RESULTADOS

Para a calibração de detectores de radiação nas qualidades de radiodiagnóstico, utiliza-se os colimadores com 50,0 e 50,8 mm de diâmetro de abertura nas Posições 1 e 2, respectivamente.

Para verificar o comportamento da resposta da câmara de ionização anelar com a variação no tamanho do campo de radiação, foram feitas medições com diferentes colimadores na Posição 1 e manteve-se o colimador de 50,8 mm de abertura na Posição 2 (figura 2).

Na figura 2 observa-se que a resposta da câmara de ionização anelar varia exponencialmente com o diâmetro de abertura do colimador para as duas qualidades de radiação estudadas, isto é, a resposta da câmara monitora anelar depende de forma exponencial com o tamanho do campo de radiação.

Para as qualidades RQR 5 e 7 foi feito um gráfico sem o resultado obtido utilizando o colimador de 70,5 mm de diâmetro. Este gráfico mostra com mais detalhes o início da curva exponencial. Este procedimento não foi necessário para a qualidade RQR 9, pois o eletrômetro utilizado apresentou limitações de escala pra este campo de radiação. Os valores mostrados nos gráficos apresentam uma incerteza máxima de 0,27%.

Mantendo fixo o colimador de 50,0 mm na Posição 1 e variando-se os colimadores na Posição 2, foi verificado o comportamento da resposta da câmara de ionização anelar com a radiação retroespalhada (figura 3).

Pela figura 3 pode-se observar que a resposta da câmara anelar neste caso depende de forma quadrática com o

diâmetro de abertura do colimador. Este fato ocorre por causa do aumento de material espalhador após a câmara de ionização. Este resultado já havia sido observado utilizando uma câmara de transmissão comercial [5].

Os valores mostrados na Figura 3 apresentam um desvio máximo de 1,09%, para a qualidade RQR 5.

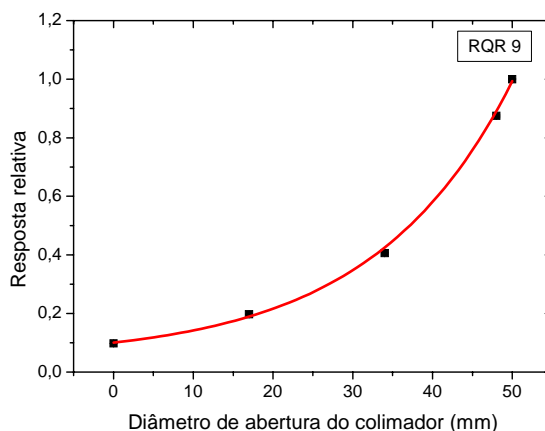
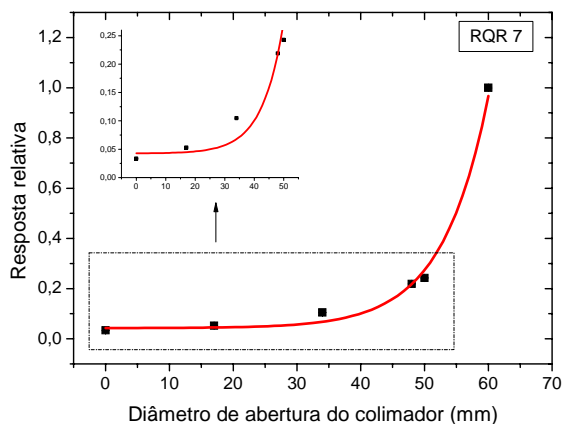
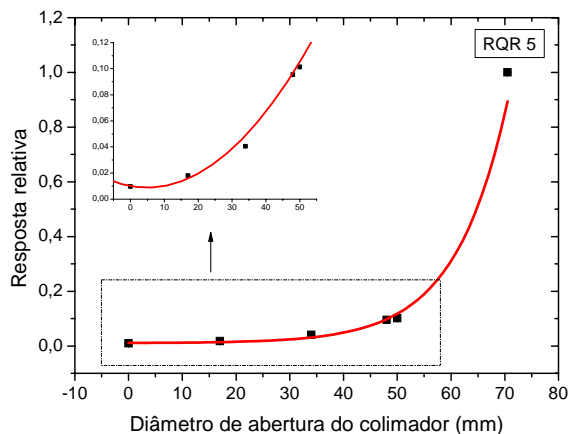


Figura 2. Dependência da resposta da câmara anelar com o tamanho do campo de radiação.

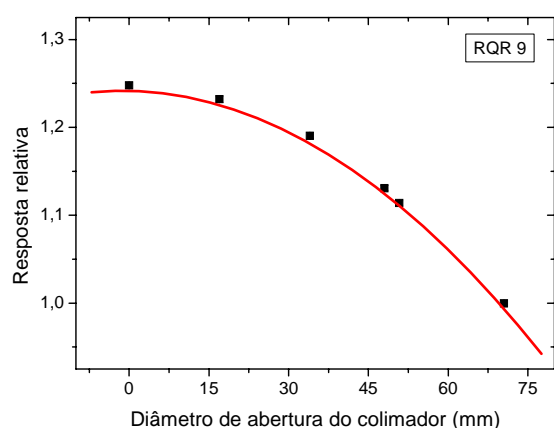
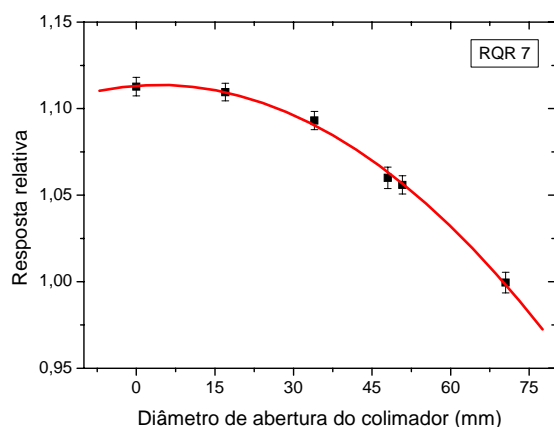
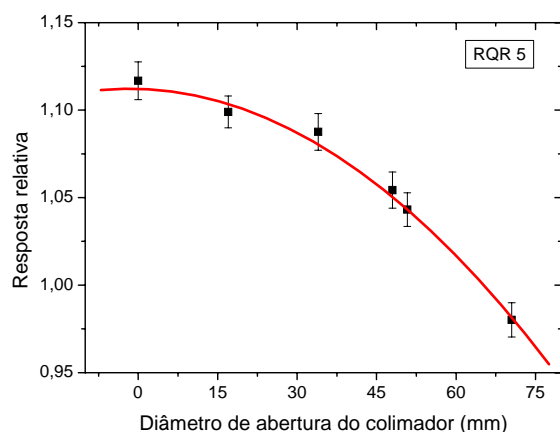


Figura 3. Dependência da resposta da câmara de ionização com a radiação retroespalhada.

#### 4. CONCLUSÃO

A câmara de ionização anelar faz medições somente da penumbra do feixe de radiação, uma vez que o feixe direto passa através de seu furo central. Por isso já se esperava que a resposta da câmara anelar apresentasse uma dependência

com o tamanho do campo de radiação. Neste trabalho verificou-se que esta dependência é exponencial.

Comparando os resultados obtidos para as diferentes qualidades de feixe utilizadas, pode-se notar que a curva de crescimento exponencial é mais abrupta quanto maior a energia do feixe de radiação.

Como esperado, de acordo com resultados apresentados em um trabalho anterior utilizando uma câmara monitora comercial [5], a resposta da câmara anelar depende de forma quadrática do diâmetro de abertura do colimador na Posição 2. Isso ocorre pelo aumento de material espalhador no campo de radiação após a câmara de ionização, aumentando assim, a radiação retroespalhada.

#### AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao CNPq, à CAPES, à FAPESP e ao MCT (INCT em Metrologia das Radiações na Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

#### REFERÊNCIAS

- [1] International Atomic Energy Agency, "Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments," IAEA, Safety Reports Series No 16, Vienna, 2000.
- [2] International Atomic Energy Agency, "Dosimetry in Diagnostic Radiology: an International Code of Practice," IAEA, Technical Reports Series No 457, Vienna, 2007.
- [3] M. T. Yoshizumi, V. Vivolo and L. V. E. Caldas, "Preliminary Studies of a New Monitor Ionization Chamber," Applied Radiation and Isotopes, 2009, aceito para publicação.
- [4] International Electrotechnical Commission, "Medical Diagnostic X-ray Equipment – Radiation Conditions for Use in the Determination of Characteristics," IEC 1267, Genève, 1994.
- [5] M. T. Yoshizumi and L. V. E. Caldas, "Determinação do Retroespalhamento de Fótons pelo Colimador em uma Câmara de Transmissão utilizada em um Equipamento de Raios X," Livro de Resumos do 12º Congresso Brasileiro de Física Médica, Foz do Iguaçu, 2007, CD-ROM.