

## CARACTERÍSTICAS PRÉ-OPERACIONAIS DE UMA MINI-CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO PARA CALIBRAÇÃO DE FONTES DE $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$

M. L. Oliveira e L. V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear,  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, São Paulo – SP

Recebido em 05 de outubro de 2004; aceito em 28 de abril de 2005.

### Resumo

Uma mini-câmara de extrapolação foi desenvolvida no IPEN para calibração de fontes de radiação beta de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ . Uma vez que alguns fatores podem influenciar o valor de carga medida pela câmara de ionização, a leitura fornecida por ela deve ser corrigida levando-se em conta se a câmara está ou não saturada, sua eficiência de coleta de íons e os efeitos causados pela mudança de polaridade. Estas características, chamadas de pré-operacionais (curva de saturação, eficiência de coleta de íons e efeitos de polaridade), foram determinadas para a mini-câmara de extrapolação desenvolvida.

**Palavras-Chave:** Câmara de extrapolação, curva de saturação, eficiência de coleta de íons, efeitos de polaridades.

### Abstract

A mini-extrapolation chamber was built at IPEN to the calibration of  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  beta sources. Some factors can influence the charge value measured by an ionization chamber, its readout should be corrected taking into account if the chamber is saturated or not, its ion collection efficiency, and the effects produced by changing the voltage polarity. These characteristics, called pre-operational (saturation curve, ion collection efficiency and polarity effects) were determined for the constructed mini-extrapolation chamber.

**Keywords:** Extrapolation chamber, saturation curve, ion collection efficiency, polarity effects.

### Introdução

As câmaras de ionização são instrumentos que permitem a determinação da dose absorvida por meio da medida das cargas produzidas pela interação da radiação incidente com o gás presente no seu interior. Idealmente, toda a carga produzida no gás, resultado da interação com a radiação, deveria ser coletada. Quando isso ocorre, diz-se que a câmara está saturada. O que ocorre, entretanto, é que uma fração desta carga é perdida antes de ser coletada, devido aos efeitos de recombinação iônica. Este efeito tende a diminuir com o aumento da tensão de polarização aplicada à câmara (Boag 1987).

Outro fenômeno que ocorre em câmaras de ionização é o efeito de polaridade, que se observa ao mudar a polaridade da tensão aplicada à câmara. Este efeito, atribuído à falta de equilíbrio entre o número de elétrons que penetram no volume sensível e que saem dele, depende das características geométricas da câmara e dos materiais que a constituem (Ramsey *et al* 1999). Para a radiação X, a diferença entre as cargas coletadas nas polaridades positiva e negativa da tensão deve ser menor que 1% (IEC 1997); para radiação beta não existe um limite estabelecido, mas é de consenso que a diferença entre as cargas coletadas para cada uma das polaridades da tensão seja maior que 1%.

Assim, faz-se necessário o conhecimento de algumas características da câmara (curva de saturação, eficiência de coleta de íons e os efeitos da mudança de polaridade da tensão) para a determinação correta da dose absorvida no meio.

Fontes de radiação beta de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  são freqüentemente utilizadas em braquiterapia no tratamento de lesões superficiais em oftalmologia e dermatologia. Estas fontes consistem de uma placa metálica, com 10-12 mm de comprimento, onde é depositado o material radioativo, e uma haste metálica, que permite seu manuseio (IAEA 2002).

O objetivo deste trabalho foi determinar as características pré-operacionais da mini-câmara de extrapolação desenvolvida no Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) do IPEN para dosimetria de fontes de radiação beta de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ .

## **Materiais e Métodos**

Foi utilizada a mini-câmara de extrapolação desenvolvida no IPEN para calibração de fontes de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ . Esta câmara apresenta janela de entrada de poliéster aluminizado e corpo de alumínio. O anel de guarda e o eletrodo coletor são de acrílico grafitado, e a capa isolante, colocada entre os dois, é de politetrafluoroetileno (PTFE); a área efetiva do eletrodo coletor é de  $1,68 \text{ mm}^2$ . A mini-câmara é mostrada na Figura 1. Esta câmara foi

## 22 Oliveira e Caldas: Caracterização de uma Mini-Câmara de Extrapolação

utilizada com um eletrômetro Keithley, modelo 617, que permite variações de 0,5 V na tensão aplicada à câmara, nas polaridades positiva e negativa.

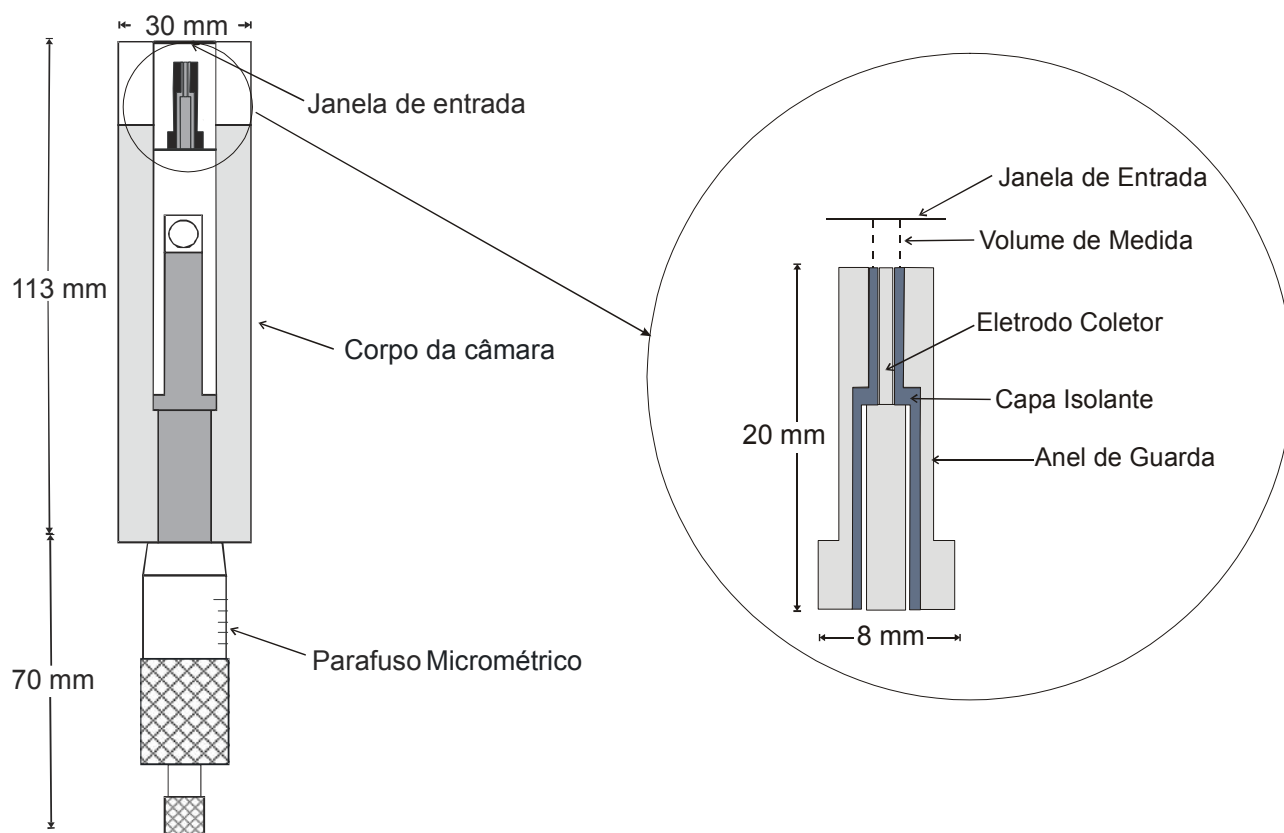


Figura 1: Mini-câmara de extrapolação desenvolvida no IPEN.

Foi utilizada uma fonte de controle de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  (0,6 MBq, 2004), PTW, modelo 8921 em todas as experiências. Uma capa de acrílico foi confeccionada para garantir o posicionamento reprodutível da fonte em relação à mini-câmara, encostada a sua janela de entrada; esta capa também foi utilizada para proteger a janela de entrada durante o armazenamento da câmara.

Para a determinação da sua eficiência de coleta de íons, foram utilizados dois métodos:

1. Método das duas tensões: O fator de recombinação iônica é calculado pela expressão:

$$k_s = \frac{(V_1/V_2)^2 - 1}{(V_1/V_2) - (M_1/M_2)}, \quad (1)$$

onde  $M_1$  e  $M_2$  são as correntes de ionização medidas da câmara de extrapolação sob as tensões  $V_1$  (tensão de referência) e  $V_2$ , respectivamente. A eficiência de coleta de íons é dada pelo inverso de  $k_s$  (Ramsey *et al* 1999; Costa and Caldas, 2003).

2. Método gráfico: Neste caso, faz-se um gráfico da corrente de ionização medida em função do inverso da raiz quadrada da tensão aplicada à câmara. A corrente de ionização extrapolada para o valor zero (tensão infinita) dará o valor da corrente de saturação. Assim, a eficiência de coleta de íons é dada por (Dias 1996):

$$\varepsilon = \frac{I_m}{I_s} \times 100\%, \quad (2)$$

onde  $I_m$  e  $I_s$  são as correntes de ionização medida e de saturação, respectivamente.

Para a estimativa do efeito de polaridade, foi utilizada a expressão (Ramsey *et al* 1999):

$$p = \frac{|Q_+| - |Q_-|}{|Q_+| + |Q_-|}, \quad (3)$$

onde  $Q_+$  e  $Q_-$  são as cargas coletadas da câmara de ionização sob as polaridades positiva e negativa da tensão, respectivamente.

## Resultados e Discussão

Para obtenção da curva de saturação da corrente de ionização, a tensão aplicada à câmara foi variada entre -100 V e +100 V, mantendo-se a profundidade da câmara constante e igual a 1 mm. A corrente de ionização foi medida em intervalos de 10 s e foram feitas 10 medidas para cada valor de tensão. O resultado, mostrado na Figura 2, apresentou o comportamento esperado, conforme trabalhos de Costa and Caldas (2003)

## 24 Oliveira e Caldas: Caracterização de uma Mini-Câmara de Extrapolação

e Dias (1996). Com base neste resultado, foi adotado como tensão de operação o valor de 50 V.

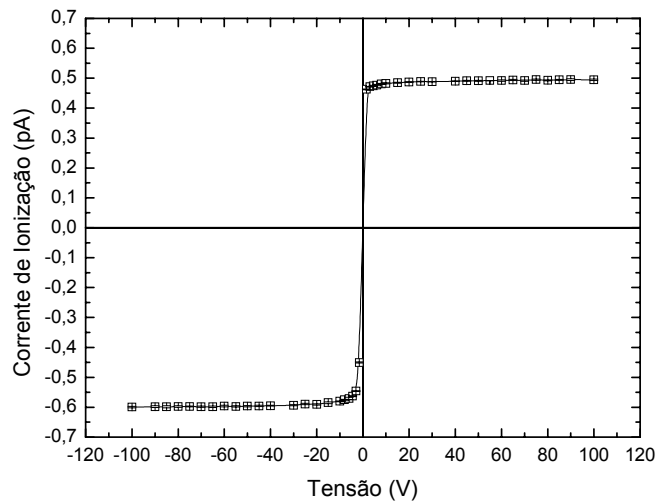


Figura 2: Curva de saturação da corrente de ionização para a mini-câmara de extrapolação.

O valor da eficiência de coleta de íons, calculado para as tensões  $V_1=50$  V e  $V_2=25$  V pelo método das duas tensões, foi de 99,7%.

A curva da corrente de ionização média em função do inverso da raiz quadrada da tensão aplicada à câmara é mostrada na Figura 3. Por este gráfico, foi possível determinar o valor da corrente de saturação igual a  $(0,5545 \pm 0,0040)$  pA. Por este método, obteve-se uma eficiência de coleta de íons de 98,1% para a tensão de 50 V.

Os métodos estudados para a determinação da eficiência de coleta de íons se mostraram igualmente confiáveis, sendo que o método das duas tensões se mostrou mais apropriado por ser mais rápido. Os resultados apresentaram uma diferença de apenas 1,6%.

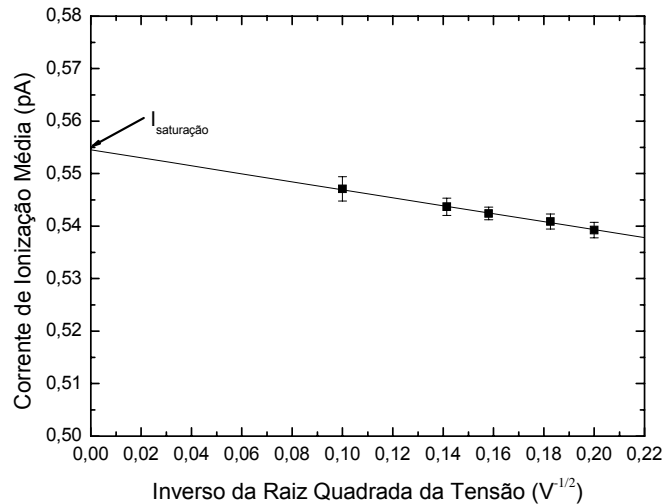


Figura 3: Corrente de ionização média em função do inverso da raiz quadrada da tensão de polarização. No detalhe, a corrente de saturação determinada por este método:

$$(0,5545 \pm 0,0040) \text{ pA.}$$

A diferença máxima devido à mudança de polaridade da tensão aplicada à câmara foi de 7,5% para um conjunto de 10 medidas. Apesar de estar acima dos valores recomendados pela norma IEC (IEC 1997) que é de 1% para radiação X, este valor foi considerado aceitável, pois o teste foi realizado com uma fonte de radiação beta, para a qual este efeito é mais pronunciado, e não previsto pela norma IEC em questão.

## Conclusões

A mini-câmara de extrapolação desenvolvida no IPEN mostrou comportamento adequado quanto às principais características pré-operacionais: curva de saturação, eficiência de coleta de íons e efeitos de polaridade.

## Agradecimentos

As autoras gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro.

## Referências

Boag, J.W. (1987) Ionization chambers. In: Kase, K.R.; Bjärngard, B.E.; Attix, F.H. ed. *The dosimetry of ionization radiation. v. II*. Orlando, Academic Press.

Costa, A.M. and Caldas, L.V.E. (2003) A special ionisation chamber for quality control of diagnostic and mammography X ray equipment. *Radiat. Prot. Dosim.* 104 (1), p. 41-45.

Dias, S.K. (1996) *Desenvolvimento de uma câmara de extrapolação como instrumento de referência para dosimetria da radiação beta*. Tese (Doutorado), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo.

International Atomic Energy Agency (2002) IAEA TECDOC-1274. *Calibration of photon and beta ray sources used in brachytherapy*. Vienna, International Atomic Energy Agency.

International Electrotechnical Commission (1997) IEC 60731:1997. *Medical electrical equipment. Dosimeters with ionization chambers as used in radiotherapy*. Geneva, International Electrotechnical Commission.

Ramsey, C.R., Spencer, K.M. and Oliver, A.L. (1999) Ionization chamber, electrometer, linear accelerator, field size, and energy dependence of the polarity effect in electron dosimetry. *Med. Phys.* 26(2), p. 214-219.