CALIBRAÇÃO DE UMA CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO PTW EM DOIS SISTEMAS PADRÕES SECUNDÁRIOS, COM FONTES DE ^{90}Sr+^{90}Y

Patrícia L. Antonio, Valdir S. Carvalho e Linda V. E. Caldas
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear,
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, São Paulo – SP

E-mail: patrilan@ipen.br, vdsc2000@yahoo.com.br, lcaldas@ipen.br

Resumo
Uma câmara de extrapolação PTW comercial, modelo 23391, foi calibrada utilizando-se três fontes de ^{90}Sr+^{90}Y com atividades diferentes, de dois sistemas padrões secundários de radiação beta. A câmara foi ainda estudada quanto à estabilidade de médio prazo de sua resposta. Foi obtido o fator de calibração da câmara de extrapolação para cada fonte radioativa. Eles apresentaram-se muito próximos para cada sistema padrão, mas com uma diferença entre os sistemas.

Palavras-Chave: Câmara de extrapolação, curva de extrapolação, radiação beta.

Abstract
A PTW extrapolation chamber, model 23391, was calibrated using three ^{90}Sr+^{90}Y sources with different activities, from two beta secondary standard systems. The extrapolation chamber was also studied in relation to its medium-term stability response. The calibration factor of the extrapolation chamber was obtained for each radioactive source. They presented close values for each standard system, but a difference between both systems.

Keywords: Extrapolation chamber, extrapolation curve, beta radiation.

Introdução

A dose absorvida pode ser determinada com a utilização de câmaras de ionização. O princípio de funcionamento destes instrumentos baseia-se na medida das cargas produzidas por meio da interação da radiação ionizante com o gás presente no interior da câmara. A taxa de dose absorvida no ar ou no tecido pode ser determinada utilizando-se câmaras de ionização especiais, denominadas câmaras de extrapolação, que permitem a variação de seu volume sensível, ou seja, a distância entre seus eletrodos pode ser variada, por meio de um parafuso micrométrico. Este instrumento é recomendado para metrologia e dosimetria das radiações beta e X de baixas energias (Böhm and Schneider, 1986), uma vez que possibilita a determinação da taxa de dose absorvida superficial.

Assim, esta taxa pode ser determinada, à profundidade de referência, extrapolando-se a corrente de ionização medida para uma distância inter-eletródica nula (IAEA, 2002).

A calibração permite a determinação da resposta de um instrumento sob as devidas condições de um campo de radiação conhecido. Como a calibração de instrumentos que utilizam radiação beta, como aplicadores de $^{90}Sr+^{90}Y$, apresenta certas dificuldades devido ao seu baixo poder de penetração, faz-se necessário o estabelecimento de um campo de radiação definido reprodutível.

No Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN foram desenvolvidas câmaras de extrapolação para calibração de aplicadores dermatológicos e oftálmicos (Dias, 1996; Dias and Caldas, 1998; Oliveira and Caldas, 2005; 2007). Neste laboratório existem dois sistemas padrões secundários de radiação beta: 1 e 2, com fontes de $^{90}Sr+^{90}Y$.

O presente trabalho tem como objetivo a comparação dos resultados da calibração de uma câmara de extrapolação PTW comercial com três fontes de $^{90}Sr+^{90}Y$, de atividades diferentes, dos dois sistemas padrões secundários. Também serão apresentados os dados obtidos com esta câmara de extrapolação, com eletrodo coletor de alumínio e grafite.

Materiais e Métodos

O sistema padrão secundário de radiação beta 1, Buchler GmbH & Co. (Germany), é composto por: fontes de $^{90}Sr+^{90}Y$, ^{204}Tl e ^{147}Pm, filtros uniformizadores de campo, um sistema de posicionamento de dosímetros, um sistema de irradiação e uma unidade de controle. O sistema 2, Isotrak, modelo BSS2, é composto por: fontes de $^{90}Sr+^{90}Y$, ^{85}Kr e ^{147}Pm, um sistema de suporte para as fontes, filtros uniformizadores de campo, um sistema de posicionamento de dosímetros, sensores de condições ambientais, uma unidade de controle e um *software* específico para o arranjo da irradiação.

Três fontes de $^{90}Sr+^{90}Y$ foram utilizadas neste trabalho: duas fontes do sistema padrão secundário de radiação beta 1, com atividades nominais de 74 MBq (1981) e de 1850 MBq (1981), e uma fonte do sistema padrão secundário de radiação beta 2, com atividade de 460 MBq (2005). Estas fontes foram previamente calibradas no laboratório padrão primário da Alemanha, Physikalisch – Technische Bundesanstalt (PTB). Nos seus certificados de calibração tem-se os valores de taxas de dose absorvida no ar e no tecido, para distâncias fonte-detector diferentes, e com a utilização dos filtros uniformizadores dos campos de radiação. As principais características destas fontes podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características das fontes de $^{90}Sr+^{90}Y$ à distância fonte-detector de 30 cm

Sistema padrão	**Fonte**	**Atividade (MBq)**	**Taxa de dose absorvida $\dot{D}$ (μGy/s)**	**Data de Calibração**
1	$^{90}Sr+^{90}Y$	74 (com filtro)	1,707	12.01.81
	$^{90}Sr+^{90}Y$	1850 (sem filtro)	7,060	04.02.81
2	$^{90}Sr+^{90}Y$	460 (com filtro)	10,560	08.12.04
	$^{90}Sr+^{90}Y$	460 (sem filtro)	16,460	12.01.05

A câmara de extrapolação PTW, modelo 23391, foi utilizada acoplada a um eletrômetro Keithley, modelo 167. Este eletrômetro foi escolhido para esta utilização, pois ele permite uma variação de 0,5 V na tensão aplicada à câmara.

Durante todas as medidas, a câmara foi exposta à radiação beta à distância de calibração de 30 cm e posicionada sobre um suporte de acrílico, fixado ao sistema de suporte para fontes, com o feixe de radiação incidente no centro da janela de entrada da câmara de extrapolação.

Um fator de calibração da câmara de extrapolação foi determinado para cada fonte, utilizando-se ou não os filtros uniformizadores de campo, segundo as recomendações dos

certificados de calibração. Para a fonte de 74 MBq as medidas foram realizadas com a utilização de filtro, enquanto que para a fonte de 1850 MBq, não foi utilizado filtro. Para a fonte de 460 MBq, dois fatores de calibração foram determinados, um utilizando-se filtro e outro sem a utilização de filtro. Para o cálculo de cada fator de calibração, foram obtidas curvas de extrapolação, a partir das medidas de corrente de ionização em função da profundidade da câmara (distância inter-eletródica).

Os valores obtidos de corrente de ionização foram sempre corrigidos para as condições normais de temperatura e pressão.

Resultados e Discussão

Inicialmente, este trabalho foi realizado com a câmara de extrapolação com eletrodo coletor de alumínio. Logo após o término destas medidas, o eletrodo coletor foi trocado pelo de grafite, e então, novos testes foram iniciados, para posterior comparação.

A câmara de extrapolação foi estudada em relação à estabilidade de sua resposta. As medidas de carga foram tomadas em intervalos de 60 segundos, num total de 10 medidas, e as de corrente de ionização a cada 10 segundos, num total de 10 medidas.

Para cada um dos testes de estabilidade, foi calculada uma média (B) entre as médias das leituras (A), corrigidas para as condições normais de temperatura e pressão, para cada polaridade. A partir da média final (B), foi calculada sua incerteza e, posteriormente, sua incerteza expandida. Também foram calculadas as incertezas associadas à temperatura, à pressão e às medidas, bem como a máxima variação permitida entre as medidas, seguindo as normas internacionais. Uma média (C) de todas as médias finais (B) foi calculada (denominada linha de base), e a raiz (A-2) de todas as incertezas expandidas (A-1) também. A razão entre as médias (C) e a linha de base forneceu outros valores de medida, e estes foram representados na Figura 1. A incerteza

(A-2), relacionada às incertezas expandidas (A-1) e às medidas (B), forneceu as incertezas finais (A-3), cujos valores foram representados na Figura 1.

Nos testes de estabilidade foram realizadas 10 leituras, para cada uma das polaridades. O teste de estabilidade da câmara de extrapolação com o eletrodo coletor de grafite pode ser observado na Figura 1.

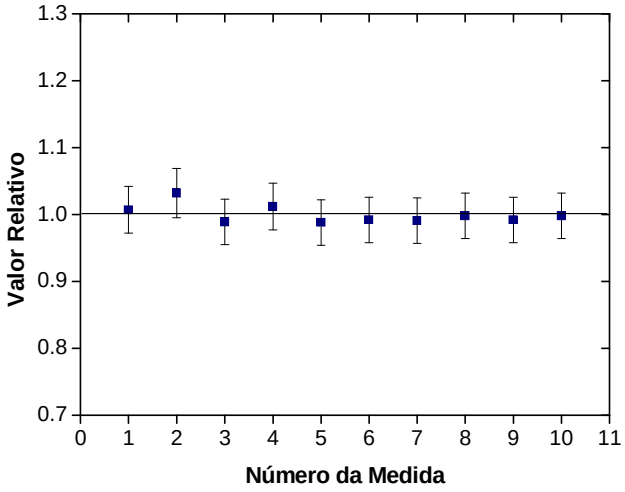

Figura 1 – Estabilidade da resposta da câmara de extrapolação para a fonte de $^{90}Sr+^{90}Y$ (74 MBq)

Foi obtida uma variação em todos os testes de estabilidade entre 0,29% e 5,32%.

Das curvas de extrapolação são obtidos os fatores de calibração da câmara de extrapolação para cada fonte. As curvas foram obtidas inicialmente para a câmara com o eletrodo coletor de alumínio e adotando-se profundidade nula real de 0,32 mm. Após a troca do eletrodo de alumínio pelo de grafite, novos cálculos foram realizados para a determinação de uma nova profundidade nula real (Caldas, 1986), obtendo-se 0,18 mm.

Como a curva de extrapolação é dada em termos de corrente de ionização em função da profundidade da câmara, os valores de carga foram divididos pelo tempo de medida, obtendo-se assim, os valores da corrente de ionização.

As curvas de extrapolação para as três fontes foram obtidas em condições estabelecidas nos certificados de calibração PTB. Para isso, variou-se a distância inter-

eletródica em oito profundidades, entre 1,02 e 5,32 mm, e 10 leituras foram tomadas para cada profundidade e para ambas as polaridades, utilizando-se a câmara com o eletrodo coletor de alumínio. No caso da fonte de 460 MBq, as curvas de extrapolação foram estabelecidas com e sem a utilização de filtro uniformizador de campo de radiação, no caso de ambos os eletrodos coletores. As curvas de extrapolação obtidas utilizando-se o eletrodo coletor de alumínio podem ser vistas na Figura 2.

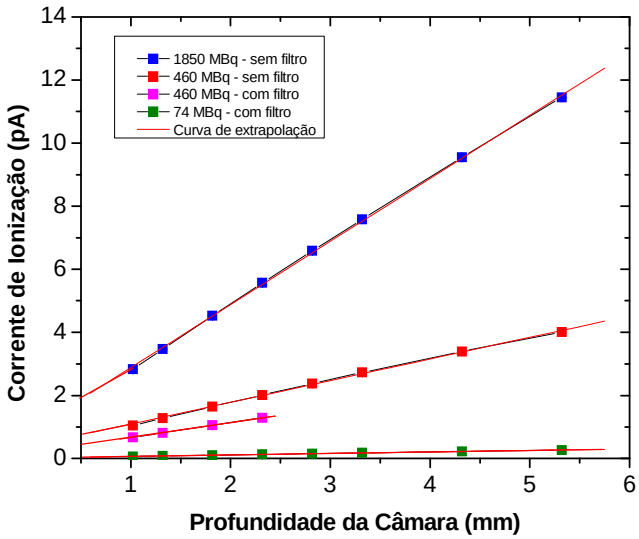

Figura 2 – Curvas de extrapolação obtidas com a câmara de extrapolação com eletrodo coletor de alumínio

Para o caso da câmara de extrapolação com eletrodo coletor de grafite, as curvas de extrapolação foram obtidas utilizando-se quatro distâncias inter-eletródicas, entre 0,7 e 2,0 mm. Para o caso da câmara com eletrodo coletor de grafite, também foram feitas 10 leituras para cada profundidade e para ambas as polaridades. As curvas obtidas com o eletrodo coletor de grafite podem ser observadas na Figura 3.

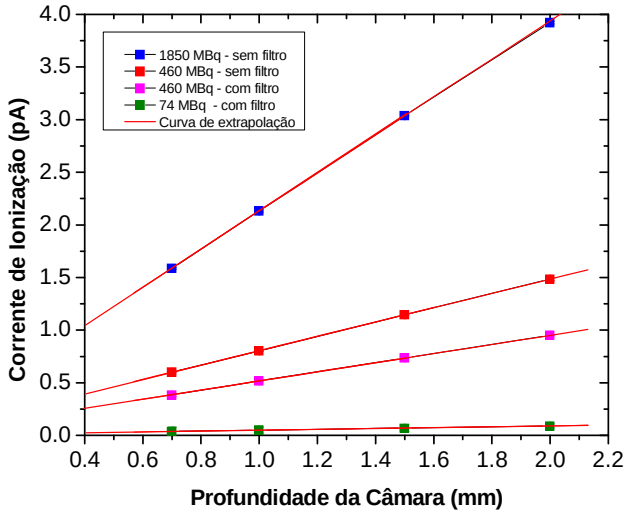

Figura 3 – Curvas de extrapolação obtidas com a câmara de extrapolação com eletrodo coletor de grafite

Das curvas de extrapolação são determinados os coeficientes angulares, que por sua vez entram no cálculo da determinação dos fatores de calibração da câmara de extrapolação. A razão entre a taxa de dose absorvida da fonte (dada pelo certificado de calibração) e o coeficiente angular fornece o fator de calibração.

Os fatores de calibração da câmara de extrapolação podem ser vistos na Tabela 2, cujos dados foram obtidos utilizando-se o eletrodo coletor de alumínio e de grafite.

Tabela 2 - Fatores de calibração da câmara de extrapolação obtidos à distância de 30 cm

Câmara com eletrodo coletor de	**Fonte $^{90}Sr+^{90}Y$**	**Sistema padrão secundário**	**Fator de calibração F_C (μGy/s . mm/pA)**
Alumínio	74 MBq (com filtro)	1	$18,80 \pm 0,44$
	1850 MBq (sem filtro)	1	$18,30 \pm 0,30$
	460 MBq (com filtro)	2	$20,05 \pm 0,43$
	460 MBq (sem filtro)	2	$21,46 \pm 0,31$
Grafite	74 MBq (com filtro)	1	$21,66 \pm 0,53$
	1850 MBq (sem filtro)	1	$20,30 \pm 0,25$
	460 MBq (com filtro)	2	$21,93 \pm 0,48$
	460 MBq (sem filtro)	2	$22,33 \pm 0,38$

Pelas curvas de extrapolação das fontes de 74, 1850 e 460 MBq, pode-se verificar que todas elas apresentaram um comportamento linear (com coeficiente de correlação, R, maior que 0,9992).

Conclusões

Analisando-se os resultados obtidos nos testes de estabilidade da resposta da câmara de extrapolação, pode-se concluir que a câmara apresenta a estabilidade de resposta esperada. Com relação às curvas de extrapolação, foram obtidos os fatores de calibração para as fontes de $^{90}Sr+^{90}Y$ dos dois sistemas padrões secundários. Foi possível observar que estes fatores de calibração da câmara são muito próximos para cada sistema padrão secundário, mas apresentam uma diferença entre os sistemas 1 e 2.

Agradecimentos

As autoras agradecem à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro parcial.

Referências

Böhm, J. and Schneider, U. (1986) Review of extrapolation chamber measurements of beta rays and low energy X-rays. *Radiat. Prot. Dosim.* 14, p. 193-198.

Caldas, L. V. E. (1986) Performance characteristics of an extrapolation chamber for beta radiation detection. *Appl. Radiat. Isot.* 37 (9), p. 988-990.

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

Dias, S. K. and Caldas, L. V. E. (1998) Development of an extrapolation chamber for the calibration of beta-ray applicators. *IEEE Trans. Nucl. Scie.* 45(3), p. 1666-1669.

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

Oliveira, M. L. and Caldas L. V. E. (2005) A special mini-extrapolation chamber for calibration of ^{90}Sr+^{90}Y sources. *Phys. Med. Biol.* 50, p. 2929-2936.

Oliveira, M. L. and Caldas, L. V. E. (2007) Performance of a prototype of an extrapolation minichamber in various radiation beams. *Appl. Radiat. Isot.* 65, p. 975-979.