

Calibração de Aplicadores Clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ utilizando uma Mini-Câmara de Extrapolação como Sistema de Referência

Patrícia L. Antonio¹, Mércia L. Oliveira² e Linda V. E. Caldas¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo, Brasil

²Centro Regional de Ciências Nucleares, CRCN-CNEN/NE, Recife, Pernambuco, Brasil

Resumo. Os aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ são fontes de radiação beta utilizadas em várias clínicas brasileiras de radioterapia, embora não sejam mais fabricados. Estas fontes são empregadas em procedimentos de braquiterapia para o tratamento de lesões superficiais da pele e dos olhos. Recomendações internacionais e trabalhos anteriores determinam que os aplicadores dermatológicos e oftálmicos sejam calibrados periodicamente, e um dos métodos utilizados em sua calibração consiste no uso de câmaras de extrapolação. Neste trabalho, foi aplicado um método de calibração de aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ utilizando-se uma mini-câmara de extrapolação de janela plana, desenvolvida no Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN, como sistema absoluto de referência. Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios, em comparação com os resultados apresentados nos certificados de calibração das fontes.

Palavras-chave: Aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, radiação beta, câmara de extrapolação.

Calibration of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ clinical applicators using a mini extrapolation chamber as reference system

Abstract. $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ clinical applicators are beta radiation sources utilized in several radiotherapy Brazilian clinics, although don't be more manufactured. These sources are employed in brachytherapy procedures for the treatment of superficial lesions of skin and eyes. International recommendations and previous works determine that dermatological and ophthalmic applicators shall be calibrated periodically, and one of the methods for their calibration consists of the use of an extrapolation chamber. In this work, a method of calibration of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ clinical applicators was applied using a mini-extrapolation chamber of plane window, developed at the Calibration Laboratory at IPEN, as a reference system. The results obtained were considered satisfactory, when compared with the results given in the calibration certificates of the sources.

Keywords: $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ clinical applicators, beta radiation, extrapolation chamber.

1. Introdução

As fontes de radiação beta de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ utilizadas em procedimentos de braquiterapia são fontes especiais denominadas aplicadores clínicos. Estas fontes foram desenvolvidas por Friedell e col.^[1] em 1950 e, desde então, passaram a ser utilizadas no tratamento de lesões superficiais, como quelóides (aplicadores dermatológicos) e casos de pterígio (aplicadores oftálmicos). De acordo com Soares^[2], estima-se que na década de 90 aproximadamente 10 fabricantes produziram centenas destes aplicadores; por este motivo, eles passaram a ser utilizados no mundo todo.

Os aplicadores clínicos devem ser calibrados periodicamente, de acordo com recomendações internacionais^[3,4]. Esta prática faz parte de programas de controle de qualidade que têm o objetivo de assegurar a utilização correta destas fontes.

Uma das maneiras de se calibrar aplicadores clínicos é utilizando-se câmaras de extrapolação. As câmaras de extrapolação são câmaras de ionização de placas paralelas, mas diferem com

relação ao seu volume sensível (distância entre seus eletrodos), que pode ser variado por meio de um parafuso micrométrico acoplado à câmara de extrapolação. Estas câmaras são empregadas na detecção de radiação beta e raios-X de baixas energias^[5], pois possibilitam a determinação da taxa de dose superficial de uma fonte por meio da extrapolação da corrente de ionização medida para uma distância inter-eletródica nula^[2].

Para a elaboração deste trabalho, foi utilizada uma mini-câmara de extrapolação de janela plana, desenvolvida no Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) do IPEN por Oliveira e Caldas^[6]. Esta mini-câmara de extrapolação foi projetada com a geometria adequada para a calibração de aplicadores clínicos.

O objetivo deste trabalho foi a calibração de aplicadores dermatológicos utilizando a mini-câmara de extrapolação de janela plana como sistema absoluto (sistema de referência).

2. Material e Métodos

Foram utilizados sete aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, sendo cinco dermatológicos e planos (NIST, A, B, D e E), um oftálmico e curvo (F) e um utilizado pela clínica como dermatológico e oftálmico, levemente curvo (C).

O aplicador NIST, fabricado pela *Atlantic Research Corporation*, foi calibrado pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST); os aplicadores A, C, D, E e F foram fabricados e calibrados pela *Amersham*, e o aplicador B não possui certificado. O LCI possui três aplicadores (NIST, A e B) e os outros quatro foram gentilmente emprestados por clínicas. A Tabela 1 mostra as principais características dos aplicadores utilizados neste trabalho, e a Figura 1 mostra o esquema de um aplicador clínico.

Tabela 1. Características dos aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

Aplicador	Marca e modelo	Taxa de dose absorvida (Gy/s)	Data da calibração
NIST	Atlantic Research Corporation/ B-1 S/N 233	$0,40 \pm 0,02$	28.01.2003
A	Amersham/ SIQ 18	$0,056 \pm 0,011$	08.11.1968
B	Não possui certificado		
C	Amersham/ SAI 20	0,438*	31.07.1996
D	Amersham/ SIQ 21	0,053*	17.09.1986
E	Amersham/ 5072 2096	0,04*	14.05.2003
F	Amersham/ SAI 6/1418	0,03*	14.05.2003

* Não apresentam incerteza nos dados de seus certificados de calibração

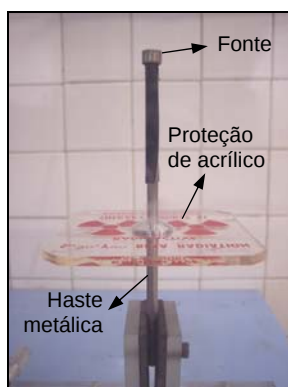


Figura 1. Aplicador clínico com a fonte, a proteção de acrílico e a haste metálica

Durante as medidas, a mini-câmara de extrapolação permaneceu acoplada a um eletrômetro PTW Unidos, modelo 10475. Todos os valores de carga coletados foram convertidos para corrente de ionização e foram corrigidos para as condições normais de temperatura e pressão. Para a calibração dos aplicadores, tanto a mini-câmara como cada aplicador foi posicionado horizontalmente num suporte desenvolvido para esta própria finalidade. A mini-câmara de

extrapolação de janela plana pode ser observada na Figura 2.

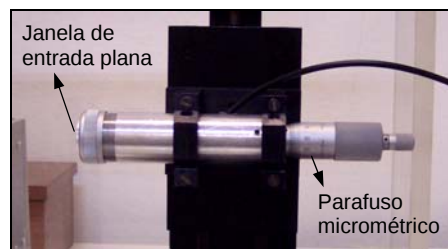


Figura 2. Mini-câmara de extrapolação de janela plana posicionada no seu suporte

3. Resultados

A calibração dos aplicadores utilizando a mini-câmara de extrapolação de forma absoluta, ou seja, sem a utilização de nenhuma outra fonte como referência, foi possível após a utilização da Equação 1, para se obter a taxa de dose absorvida para cada aplicador^[6].

$$\dot{D}_{\text{água}} = \frac{(W/e) \cdot S_{\text{ar}}^{\text{água}}}{\rho_0 \cdot a} \cdot (\Delta I / \Delta d)_{d \rightarrow 0} \cdot k_{\text{retro}} \quad (1)$$

Onde:

- (W/e) é a energia média, em joules, necessária para produzir 1 C de carga de um mesmo sinal no ar $[(33,83 \pm 0,068) \text{ J} \cdot \text{C}^{-1}]$;
- $S_{\text{ar}}^{\text{água}}$ é a razão entre os poderes de freamento médios da água e do ar $(1,124 \pm 0,007)$;
- ρ_0 é a densidade do ar à temperatura e à pressão de referência $[(1,197 \pm 0,001) \text{ kg/m}^3]$;
- a é a área do eletrodo coletor da mini-câmara de extrapolação $(1,68 \text{ mm}^2)$;
- $(\Delta I / \Delta d)_{d \rightarrow 0}$ é a inclinação da curva de extrapolação quando o espaçamento entre os eletrodos da câmara tende à zero;
- k_{retro} é o fator de correção que leva em conta a diferença do retroespalhamento no eletrodo coletor quando comparado à água $(1,01006)^{[6]}$.

Inicialmente, foi necessária a elaboração de uma curva de extrapolação para cada um dos aplicadores, uma vez que na Equação 1 deve-se utilizar o coeficiente angular $(\Delta I / \Delta d)_{d \rightarrow 0}$.

Durante as medidas para a obtenção das curvas de extrapolação, levou-se em consideração a profundidade nula real de $0,40 \text{ mm}^{[6]}$, e a distância inter-eletródica foi variada entre $0,7$ e $1,0 \text{ mm}$. As curvas de extrapolação foram obtidas com distância nula entre fonte e mini-câmara de extrapolação. O arranjo experimental utilizado durante a coleta das medidas pode ser observado na Figura 3.

No procedimento de elaboração das curvas de extrapolação, foram realizadas cinco leituras de carga para cada polaridade, e o tempo de coleta de carga, para cada medida, foi de 60 s . A tensão aplicada à mini-câmara foi de $\pm 50 \text{ V}$, em todas as medidas. A curva de extrapolação para os

aplicadores NIST e F podem ser observados na Figura 4.



Figura 3. Arranjo experimental utilizado na calibração dos aplicadores.

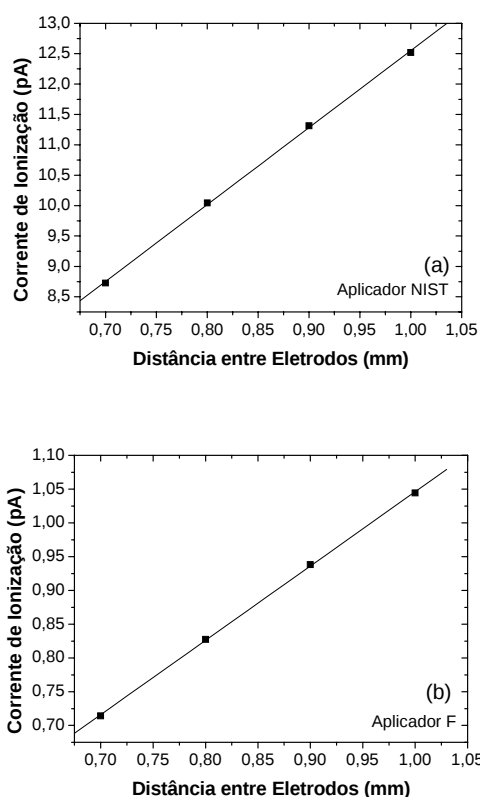


Figura 4. Curvas de extrapolação obtidas com a mini-câmara de extrapolação para o aplicador dermatológico NIST (a), e o aplicador oftálmico F (b).

As curvas de extrapolação para todos os aplicadores apresentaram comportamento linear, pois o coeficiente de correlação apresentou-se maior que 0,9995 em todos os casos.

Uma vez obtidos os coeficientes angulares, determinou-se as taxas de dose absorvida para cada aplicador por meio da Equação 1. Na Tabela 2 podem ser observados os valores obtidos por meio da Equação 1, em comparação com os valores fornecidos pelos certificados de calibração, corrigidos para a data da medida pelo decaimento radioativo.

Tabela 2. Taxas de dose absorvida fornecidas nos certificados de calibração e neste trabalho, utilizando a mini-câmara de extrapolação.

Aplicador	Taxa de dose absorvida (Gy/s)	
	Certificado	Este trabalho
NIST	$0,3473 \pm 0,0201$	$0,2417 \pm 0,0029$
A	$0,0213 \pm 0,0043$	$0,0203 \pm 0,0009$
B	Não possui certificado	$0,0227 \pm 0,0009$
C	0,3245	$0,3288 \pm 0,0013$
D	0,0299	$0,0308 \pm 0,0008$
E	0,0349	$0,0353 \pm 0,0009$
F	0,0257	$0,0208 \pm 0,0011$

Pode-se observar que os valores apresentaram uma semelhança muito grande entre as taxas de dose absorvida obtidas neste trabalho e as fornecidas nos certificados de calibração. O aplicador NIST foi a fonte que apresentou uma maior diferença percentual entre as taxas de dose absorvida: 43,7%. O aplicador F apresentou 23,6% de diferença, o que se deve provavelmente ao fato deste aplicador ser oftálmico, além da falta de uniformidade do material radioativo depositado na superfície da fonte.

4. Conclusões

Neste trabalho, foi realizada a calibração de sete aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ utilizando a mini-câmara de extrapolação de janela plana como sistema de referência. Os resultados obtidos foram comparados com os fornecidos pelos certificados de calibração de cada fonte. Analisando-se os resultados pode-se concluir que a mini-câmara pode ser utilizada como sistema absoluto, pois os valores obtidos foram muito semelhantes, o que torna este método eficaz. Além disso, levando-se em conta que os aplicadores da Amersham apresentam uma incerteza de $\pm 20\%$ na sua calibração, os resultados mostram-se ainda mais satisfatórios, pois a maioria dos resultados apresentou uma diferença inferior a 20%, com exceção dos aplicadores NIST e F.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, Projeto: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) em Metrologia das Radiações na Medicina), pelo apoio financeiro parcial.

Referências

- Friedell HL, Thomas CI, Krohmer JS. Beta-ray application to the eye: with the description of an applicator utilizing ^{90}Sr and its clinical use. *Am J Ophthalmol* 1950; 33(4):525-535.

2. Soares CG. Comparison of NIST and manufacturer calibrations of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ophthalmic applicators. Med Phys 1995; 22(9):1487-1493.
3. IAEA, International Atomic Energy Agency. Calibration of photon and beta ray sources used in brachytherapy. IAEA, Vienna, 2002 (IAEA-TECDOC-1274).
4. ICRU, International Commission on Radiation Units and Measurements. Dosimetry of beta rays and low-energy photons for brachytherapy with sealed sources. ICRU v. 4, n. 2, England, 2004 (ICRU Report nº 72).
5. Böhm J, Schneider U. Review of extrapolation chamber measurements of beta-rays and low-energy X-rays. Radiat Prot Dosim 1986; 14(2):193-198.
6. Oliveira ML, Caldas LVE. A special mini-chamber for calibration of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ sources. Phys Med Biol 2005; 50:2929-2936.

Contato:

Patrícia de Lara Antonio

E-mail: patrilan@ipen.br