

DISTRIBUIÇÃO DE DOSE EM PROFUNDIDADE NA ÁGUA PARA APLICADORES CLÍNICOS DE $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, COM UMA MINI-CÂMARA DE EXTRAPOLAÇÃO

Patrícia de Lara Antonio¹, Mércia L. Oliveira², Linda V. E. Caldas¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN – CNEN/SP, São Paulo, Brasil – patrilan@ipen.br, lcaldas@ipen.br

²Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste, CRCN-NE, Recife, Pernambuco, Brasil – mercial@cnen.gov.br

Sumário: Este trabalho teve por objetivo a determinação da distribuição de dose em profundidade na água para aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, utilizando uma mini-câmara de extrapolação desenvolvida no IPEN e placas de acrílico de diferentes espessuras. Os resultados obtidos foram comparados às recomendações internacionais e considerados satisfatórios.

Palavras-chave: aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, curvas dose x profundidade, câmara de extrapolação.

1. INTRODUÇÃO

As fontes de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ são utilizadas em braquiterapia no tratamento de lesões superficiais da pele e dos olhos. Estas fontes de radiação, denominadas aplicadores clínicos, podem ser dermatológicas (planas), quando utilizadas nos tratamentos de quelóides, ou oftálmicas (curvas), nos tratamentos de casos de pterígio.

A dosimetria de aplicadores clínicos é um procedimento complexo devido ao curto alcance das partículas beta, às curtas distâncias utilizadas durante o tratamento e aos altos gradientes de dose. Apesar disso, a dosimetria deve ser realizada obedecendo às recomendações internacionais^[1,2]. A grandeza dosimétrica recomendada para a especificação dos aplicadores clínicos é a taxa de dose absorvida na água determinada a 1,0 mm da superfície da fonte em relação ao seu centro^[1].

Segundo recomendações internacionais^[1,2] e de De Almeida e col.^[3] e de Soares e col.^[4], as fontes de braquiterapia devem ser especificadas do ponto de vista para se alcançar a rastreabilidade das calibrações. A curva de dose x profundidade para fontes de radiação beta é definida como uma das grandezas que deve ser levada em conta na calibração e dosimetria de aplicadores clínicos. A obtenção destas curvas é de importância fundamental em braquiterapia, pois leva à determinação da dose que o paciente em tratamento receberá em determinadas profundidades da pele, do olho ou de órgãos que apresentam uma lesão ou um tumor. Além disso, permite ainda determinar a dose que a região circunvizinha à lesão e ao tumor receberá. Neste caso, o médico poderá decidir como proceder para evitar que regiões sadias recebam doses de radiação desnecessariamente.

A dosimetria e a calibração de fontes de radiação beta de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ podem ser realizadas utilizando-se câmaras de extrapolação, que são câmaras de ionização de placas paralelas com possibilidade de variação da distância entre seus eletrodos, e portanto de seu volume, por meio de um parafuso micrométrico. No Laboratório de Calibração de Instrumentos (LCI) do IPEN foram desenvolvidas duas mini-câmaras de extrapolação como sistemas de referência na calibração e dosimetria de aplicadores planos e curvos^[5].

As curvas de dose x profundidade foram obtidas para sete aplicadores (cinco aplicadores dermatológicos, um aplicador oftálmico e um aplicador utilizado para ambas finalidades) utilizando-se uma mini-câmara de extrapolação de janela plana^[5] como referência. Os resultados deste trabalho foram comparados com o resultado obtido com uma fonte padrão de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, apresentado na norma IAEA^[1].

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi determinar a distribuição de dose em profundidade na água para diferentes aplicadores dermatológicos e oftálmicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ utilizando uma mini-câmara de extrapolação de janela plana desenvolvida no LCI^[5], para a calibração e a dosimetria de aplicadores clínicos.

3. MÉTODOS

Foram utilizados 7 aplicadores clínicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$: aplicador NIST, calibrado pelo laboratório padrão primário do *National Institute of Standards and Technology* (NIST), e os aplicadores A, B, C, D, E e F, sendo que os aplicadores A, C, D, E e F foram fabricados pela *Amersham* e possuem certificado de calibração do fabricante. O aplicador NIST foi fabricado pela *Atlantic Research Corporation*, e o aplicador B não possui certificado. Todos estes aplicadores são dermatológicos, com exceção do aplicador C que também atua como aplicador oftálmico, e o aplicador F, que é exclusivamente oftálmico. Os aplicadores NIST, A e B pertencem ao LCI; os outros aplicadores foram gentilmente emprestados por clínicas e instituições de pesquisa. A Tabela 1 mostra as principais características dos aplicadores utilizados neste trabalho.

Tabela 1. Características dos aplicadores dermatológicos e oftálmicos de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.2

Aplicador	Tipo	Marca e Modelo	Atividade Nominal (MBq)	Taxa de Dose Absorvida \dot{D} (Gy/s)	Data de Calibração
NIST	Dermatológico	Atlantic Research Comporation B-1 S/N 233	N.I.	$0,40 \pm 0,02$	28.01.2003
A	Dermatológico	Amersham SIQ 18	1480	$0,056 \pm 0,011$	08.11.1968
B*	Dermatológico	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
C	Dermatológico e Oftálmico	Amersham SAI 20	2035	0,438**	31.07.1996
D	Dermatológico	Amersham SIQ 21	740	0,053**	17.09.1986
E	Dermatológico	Amersham 5072 2096	1850	0,04**	14.05.2003
F	Oftálmico	Amersham SAI 6/1418	370	0,03**	14.05.2003

N.I.: não informado

*Não possui certificado de calibração

**Os certificados de calibração destes aplicadores não apresentam incertezas.

Durante as medidas para a obtenção das curvas de dose x profundidade, a mini-câmara de extrapolação de janela plana permaneceu acoplada ao eletrômetro PTW Unidos, modelo 10475. Os valores de carga coletados pelo eletrômetro foram convertidos para corrente de ionização. A mini-câmara de extrapolação foi fixada a um suporte, desenvolvido especialmente para o seu posicionamento, durante todo o trabalho. Além disso, também foram utilizadas 7 placas de acrílico com diâmetro de 5,4 cm e espessuras de 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 4,0 e 5,0 mm, para a obtenção das curvas de dose em profundidade.

4. RESULTADOS

Para a obtenção das curvas de dose em profundidade, a resposta da câmara de extrapolação foi medida em 8 profundidades, sendo que a primeira profundidade adotada foi a de distância nula entre a mini-câmara e cada aplicador. Durante a obtenção das medidas, a profundidade da mini-câmara de extrapolação, ou seja, a distância entre os eletrodos (distância inter-eletródica) foi mantida fixa em 1,0 mm. A Figura 1 mostra o arranjo experimental utilizado durante os procedimentos de elaboração das curvas de dose em profundidade.

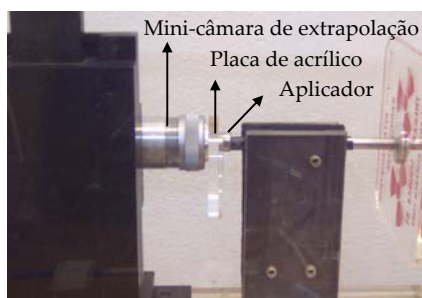


Fig. 1. Arranjo experimental para o estudo de dose x profundidade

A norma IAEA^[1] apresenta os resultados de curva de dose x profundidade para uma fonte padrão de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$. Sendo assim, os resultados obtidos para as curvas de dose

em profundidade foram comparados com os resultados fornecidos por esta norma.

Os valores obtidos para as curvas de dose em profundidade foram normalizados para 1,0 mm de profundidade e foi realizada a conversão destas medidas para meio equivalente à água, já que a grandeza dosimétrica para estes aplicadores é a taxa de dose absorvida na água. A conversão das medidas de meio equivalente ao ar para meio equivalente à água foi efetuada utilizando-se a relação:

$$\rho_{\text{água}} \cdot d_{\text{água}} = \rho_{\text{acrílico}} \cdot d_{\text{acrílico}}$$

onde: $\rho_{\text{água}}$ é a densidade da água ($1,0 \text{ g/cm}^3$); $d_{\text{água}}$ é a espessura do material equivalente à água; $\rho_{\text{acrílico}}$ é a densidade do acrílico ($1,15 \text{ g/cm}^3$) e $d_{\text{acrílico}}$ é a espessura de acrílico.

Na Figura 2 podem ser observados os resultados da distribuição da dose em profundidade na água, por meio das curvas de dose em profundidade, obtidas para os aplicadores clínicos. Os dados foram normalizados para a profundidade de 1,0 mm. Os resultados apresentaram um desvio padrão máximo de 4,6%.

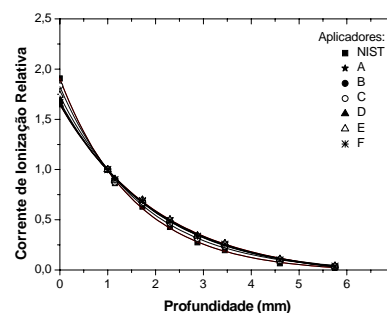


Fig. 2. Curvas de dose x profundidade obtidas para os aplicadores de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, em meio equivalente à água e normalizadas para 1,0 mm.

Os valores de distribuição da dose em profundidade na água obtidos para todos os aplicadores apresentaram-se similares, uma vez que todas as fontes utilizadas foram de

$^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$. Estes valores, para várias profundidades nominais e os 7 aplicadores, podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Estudo de dose x profundidade para os aplicadores clínicos e em relação aos valores da norma IAEA, (2002), variando-se a profundidade na água e normalizando-se os valores para 1,0 mm de profundidade.

Profundidade na água (mm)	Distribuição de Dose em Profundidade Relativa na Água							
	Norma IAEA (2002)	NIST	A	B	C	D	E	F
0	1,752	1,903	1,649	1,679	1,823	1,645	1,745	1,666
0,5	1,342	1,376	1,286	1,292	1,353	1,281	1,283	1,291
1,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,5	0,734	0,711	0,769	0,756	0,739	0,763	0,760	0,761
2,0	0,533	0,508	0,590	0,571	0,544	0,582	0,583	0,577
3,0	0,272	0,259	0,336	0,321	0,293	0,332	0,333	0,325
4,0	0,127	0,125	0,182	0,167	0,153	0,176	0,176	0,172
5,0	0,052	0,057	0,084	0,076	0,076	0,080	0,082	0,077
6,0	0,018	0,022	0,024	0,022	0,032	0,020	0,019	0,019

Analisando-se estes dados, pode-se observar que os valores obtidos para cada aplicador com relação aos resultados e fornecidos pela norma apresentaram-se semelhantes para a profundidade nula. A variação mínima nesta profundidade foi de 0,4%, para o aplicador E, e a máxima foi de 8,6% para o aplicador NIST. Entre as espessuras de 0 a 3,0 mm, a variação máxima foi de 23,5% para o aplicador A. Entre as espessuras seguintes (entre 4,0 e 6,0 mm) as variações foram maiores, principalmente porque os valores de corrente de ionização relativa foram muito baixos.

A diferença entre os valores fornecidos na curva de dose profundidade apresentados na norma IAEA (2002) e os obtidos neste trabalho deve-se a vários fatores. O aplicador NIST apresenta uma incerteza de 6% em seu certificado de calibração, e o aplicador A, uma incerteza de 20%. Soares^[6] verificou que alguns aplicadores da Amersham apresentam uma incerteza de $\pm 20\%$ na calibração feita pelo fabricante se comparada com a calibração feita no NIST (para aplicadores oftálmicos). Além disso, há uma falta de uniformidade do material radioativo na superfície da fonte dos aplicadores.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para a distribuição da dose em profundidade para aplicadores clínicos dermatológicos e oftálmicos, utilizando-se uma mini-câmara de extrapolação, podem ser considerados altamente satisfatórios, uma vez que se assemelham aos resultados apresentados na norma IAEA para a mesma radiação beta de $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

A semelhança entre os resultados, obtidos no presente trabalho e os fornecidos pela norma, e entre os resultados obtidos entre cada aplicador são de grande importância no que se refere à dosimetria de aplicadores clínicos, uma vez que as curvas de dose em profundidade representam um dos principais parâmetros da calibração deste tipo de fontes utilizadas em braquiterapia.

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

- [1] IAEA, International Atomic Energy Agency, "Calibration of Photon and Beta Ray Sources used in Brachytherapy", IAEA, Vienna, 2002 (IAEA-TECDOC-1274).
- [2] ICRU, International Commission on Radiation Units and Measurements, "Dosimetry of Beta Rays and Low-Energy Photons for Brachytherapy with Sealed Sources", ICRU Vol. 4, No. 2, England, 2004 (ICRU Report n° 72).
- [3] C. DE Almeida; L. Dewerd; H. Järvinen; C. Soares. "Guidelines for the Calibration of Low Energy Photon Sources and Beta-Ray Brachytherapy Sources". SSDL Newsletter, No. 43, p. 4-25, 2000.
- [4] C. G. Soares; S. Vynckier; H. Järvinen; W. G. Cross; P. Sipilä; D. Flühs; B. Schaeken; F. A. Mourtada; G. A. Bass; T. T. Williams. "Dosimetry of Beta-Ray Ophthalmic Applicators: Comparison of Different Measurement Methods. Med. Phys., Vol. 28, No. 7, p. 1373-1384, 2001.
- [5] M. L. Oliveira, L. V. E. Caldas. "A Special Mini-Extrapolation Chamber for Calibration of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ Sources". Physics in Medicine and Biology, Vol. 50, p. 2929-2936, 2005.
- [6] C. G. Soares. Comparison of NIST and Manufacturer Calibrations of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ Ophthalmic Applicators. Med. Phys., Vol. 22, No. 9, p. 1487-1493, 1995.