

# CARACTERIZAÇÃO DE CÂMARAS DE EXTRAPOLAÇÃO EM CAMPOS PADRÕES DE RADIAÇÃO BETA

Simone K. Dias e Linda V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear  
C.P. 11049 - CEP 05422-970 - São Paulo - SP  
Tel.: (011) 816-9118 - Fax: (011) 816-9117

## RESUMO

O desempenho de duas câmaras de extrapolação projetadas e construídas no Laboratório de Calibração do IPEN foi estudado em campos padrões de radiação beta. Características como a dependência com a distância fonte-detector e os fatores de transmissão foram determinados com o objetivo de se determinar a taxa de dose absorvida no tecido. Os resultados foram comparados com os valores do certificado do sistema padrão secundário beta, apresentando uma concordância dentro da incerteza associada (1,8%).

## INTRODUÇÃO

Há muitos anos, os laboratórios de padronização primária utilizam câmaras de extrapolação como sistemas padrões de medida para a caracterização de campos de radiação X de energias baixas e beta com o objetivo de calibração de instrumentos portáteis e de dosímetros<sup>1</sup>. O feixe de radiação de referência deve ser estabelecido em termos de dose absorvida no ar e no tecido.

De acordo com as recomendações da Norma ISO 6980<sup>2</sup>, as fontes da Série II podem ser utilizadas também sem os filtros equalizadores e os instrumentos a serem calibrados podem ser posicionados próximos da fonte para a obtenção de taxas de dose mais altas. Neste caso, as características do campo de radiação devem ser determinadas para diversas distâncias da fonte<sup>3</sup>.

Nos últimos anos, diversos estudos e intercomparações têm sido realizados para a avaliação de procedimentos e técnicas adotados para a caracterização dos campos de radiação beta<sup>3,4</sup>.

Neste trabalho verificou-se a viabilidade da utilização das câmaras de extrapolação desenvolvidas como instrumentos de referência.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As câmaras de extrapolação possuem eletrodos coletores (10mm de diâmetro) e anéis de guarda de grafite. A principal diferença entre as câmaras está nas suas

janelas de entrada. A densidade superficial da janela de entrada da câmara C1 é de  $0,84\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  (Mylar aluminizado) e da câmara C2,  $6,42\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  (Hostaphan aluminizado). Como instrumento de medida utilizou-se um eletrômetro Keithley modelo 617.

Para a realização deste estudo foi usada uma fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850MBq) do sistema padrão secundário de radiação beta, com certificado de calibração do Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Alemanha.

## RESULTADOS

**Curvas de Extrapolação.** As curvas de extrapolação foram obtidas com a câmara posicionada a 11 e 30cm da fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ . A corrente de ionização foi medida variando-se a profundidade da câmara entre 0,5 e 2,5mm e aplicando-se um campo elétrico de 10V/mm. Na Fig. 1 são apresentadas as curvas obtidas com as câmaras C1 e C2 posicionadas a 11cm da fonte.

**Fatores de Transmissão.** Os fatores de transmissão foram determinados utilizando-se folhas finas de plástico Hostaphan e placas de Lucite com diferentes espessuras. O desvio padrão máximo nestas medidas foi de 1,0%.

Na Tabela 1 estão apresentados os fatores de transmissão determinados para valores típicos de material equivalente a tecido obtidos para uma distância fonte-detector de 11cm.

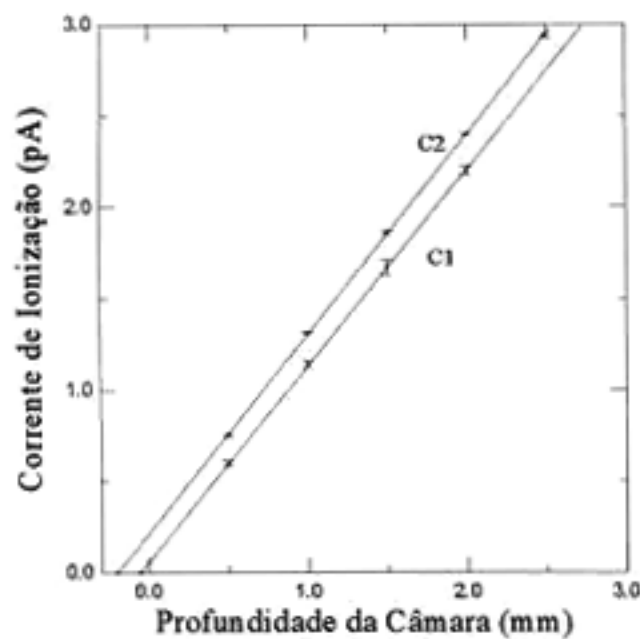


Figura 1. Curvas de Extrapolação obtidas com as Câmaras C1 e C2 posicionadas a 11cm da Fonte.

TABELA 1. Fatores de Transmissão da Radiação Beta ( $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ) em Material equivalente a Tecido, à Distância Fonte-Detector de 11,0cm; Câmaras C1 e C2; PTB: valores do Certificado da Fonte

Densidade Superficial ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ )	Fator de Transmissão		
	C1	C2	PTB
0	1,000	1,000	1,000
2	1,034	1,025	1,028
4	1,054	1,045	1,049
5	1,062	1,055	1,058
7	1,080	1,075	1,070
10	1,098	1,095	1,095
20	1,148	1,150	1,158
50	1,200	1,200	1,201
100	1,140	1,155	1,157

Os fatores de transmissão obtidos com as câmaras apresentaram uma diferença percentual menor que 1,0% entre os valores obtidos experimentalmente e os valores apresentados no certificado da fonte (exceto para  $100\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ).

**Taxa de Dose Absorvida no Tecido.** A partir das curvas de extrapolação obtidas, foi possível calcular a taxa de dose superficial no tecido e compará-la com os valores apresentados no certificado da fonte. Os resultados foram obtidos com a fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  ( $1850\text{MBq}$ ), posicionada a 11,0 e 30,0cm das câmaras.

Para determinar a taxa de dose absorvida no tecido empregou-se a seguinte expressão<sup>5</sup>:

$$\dot{D} = \frac{(\bar{W}/e) \cdot S_{ar}^{tecido}}{\rho \cdot A_{ef}} \left( \frac{N_c}{\Delta d} \right) K_{Brem} T \quad (1)$$

onde  $\frac{N_c}{\Delta d}$  é a corrente de ionização corrigida por unidade de volume da câmara quando este se aproxima de zero;  $\bar{W}/e$  é a razão entre a energia média necessária para produzir um par de íons no ar e a carga elementar:  $33,97\text{J/C}$ ;  $S_{ar}^{tecido}$  é a razão entre os poderes de freamento do tecido para o ar: 1,120;  $K_{Brem}$  é o fator de correção para a emissão de radiação de Bremsstrahlung da fonte: 0,9996;  $T$  é o fator de transmissão da radiação beta no tecido;  $\rho$  é a densidade do ar:  $1,197\text{kg/m}^3$ ; e  $A_{ef}$  é a área efetiva de coleção de íons.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados obtidos com as câmaras C1 e C2 e os valores do certificado de calibração da fonte, corrigidos para o decaimento radioativo.

TABELA 2. Taxas de Dose Absorvida a  $7\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  de Tecido ( $\mu\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$ ) para a Distância de Calibração da Fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  ( $1850\text{MBq}$ )

Câmara	11cm		$\Delta_{11}$ (%)	30cm		$\Delta_{30}$ (%)
	$\dot{D}_m$	$\dot{D}_c$		$\dot{D}_m$	$\dot{D}_c$	
C1	449,06	448,2	0,19	61,50	60,91	0,97
C2	443,91	448,2	0,97	61,34	60,91	0,70

onde:

$\dot{D}_m$ : Taxa de dose absorvida a  $7\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  de tecido, obtida experimentalmente;

$\dot{D}_c$ : Taxa de dose absorvida a  $7\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  de tecido, apresentada no certificado da fonte;

$\Delta_{11}$ : Diferença percentual entre  $\dot{D}_m$  e  $\dot{D}_c$  à distância fonte-detector de 11,0cm;

$\Delta_{30}$ : Diferença percentual entre  $\dot{D}_m$  e  $\dot{D}_c$  à distância fonte-detector de 30,0cm.

Comparando-se os resultados das câmaras C1 e C2 com os apresentados no certificado da fonte, verifica-se uma diferença percentual menor que 1,0%.

A incerteza total associada à taxa de dose absorvida foi obtida considerando-se as incertezas sistemáticas e as randômicas. Considerou-se as incertezas associadas a cada parâmetro da Eq. (1), isto é, nas leituras do eletrômetro, na determinação da temperatura e pressão, no poder de freamento, na energia média necessária para a formação de pares de íons, no tamanho do eletrodo coletor, no coeficiente angular da reta e no fator de transmissão. Assim, a incerteza total nas taxas de dose absorvida no tecido, determinadas no presente trabalho, para um nível de confiança de 95%, é de 3,7%.

### CONCLUSÃO

As câmaras desenvolvidas neste trabalho possibilitaram a determinação de taxas de dose superficial às distâncias de calibração (11 e 30cm) da fonte de  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  (1850MBq) do sistema padrão secundário com uma diferença percentual menor que 1,0% em relação aos dados do certificado de calibração. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da utilização destas câmaras na caracterização de campos de radiação beta.

### AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Sr. Marcos Xavier pela indispensável assistência técnica e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro parcial.

### REFERÊNCIAS

- [1] SOARES, C.G., PRUITT, J.S. **Measurement Quality Assurance for Beta Particle Calibration at NIST, Workshop on Measurement Quality Assurance for Ionization Radiation**, Gaithersburg, 1993.
- [2] ISO. **Reference Beta Radiation for Calibrating Dosimeters and Dose Rate Meters and for Determining their Response as a Function of Beta Radiation Energy**, ISO 6980, 1983.
- [3] CHARTIER J.L.; CUTARELLA,D.; ITIÉ, C. **Characterisation of the Radiation Fields of Beta Secondary Standards with Extended Area Sources**, Radiation Protection Dosimetry, vol.39 n.1, p. 115-118, 1991.

[4] FRANCIS, T.M.; BÖHM, J.; CHARTIER J. L.; CHRISTENSENLL P. **Experience gained on Extrapolation Chamber Measurement Techniques from an Intercomparison Exercise conducted with a  $^{147}\text{Pm}$  source**, Radiation Protection Dosimetry, vol.39 n.1, p. 109-114, 1991.

[5] SOARES, C.G. **Calibration of an Ophthalmic Applicator at NIST: A Revised Approach**, Medical Physics, vol.18, n. 4, p. 787-793, 1991.

### ABSTRACT

The performance of two extrapolation chambers designed and constructed at the Calibration Laboratory of IPEN was evaluated in beta radiation standard fields. The characteristics such as the source-detector distance dependence and transmission factors were determined in order to obtain the absorbed dose rates to tissue. The results were compared with those of the beta secondary standard system showing an agreement within the associated uncertainties (1.8%).