

## Determinação da taxa de kerma no ar de referência para $^{192}\text{Ir}$ de alta taxa de dose para braquiterapia.

## Determination of air kerma standard of high dose rate $^{192}\text{Ir}$ brachytherapy source.

E J Pires<sup>1</sup>, R Di Prinzio<sup>2</sup>, C F E Alves<sup>1</sup>, S P Leite<sup>1</sup>, L A G Magalhães<sup>1</sup>, M G David<sup>1</sup>, C E de Almeida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ciências Radiológicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Radioproteção e Dosimetria–Comissão Nacional de Energia Nuclear (IRD/CNEN), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: cfealves@gmail.com

**Resumo:** Este artigo apresenta a metodologia desenvolvida pelo Laboratório de Ciências Radiológicas e atualmente em uso para a determinação da taxa de kerma no ar de fontes de  $^{192}\text{Ir}$  de alta taxa de dose para calibrar as câmaras do tipo poço. A análise das incertezas envolvendo o procedimento de medições são apresentados.

**Palavras-chave:** calibração, taxa de kerma no ar de referência, fonte de  $^{192}\text{Ir}$  de alta taxa de dose para braquiterapia.

**Abstract:** This paper presents the methodology developed by the Laboratório de Ciências Radiológicas and presently in use for determining of the air kerma standard of  $^{192}\text{Ir}$  high dose rate sources to calibrate well-type chambers. Uncertainty analysis involving the measurements procedure are presented.

**Keywords:** calibration, air kerma standard,  $^{192}\text{Ir}$  high dose rate brachytherapy source.

### 1. INTRODUÇÃO

Melhorias consideráveis tem sido alcançadas objetivando a padronização de dosimetria das fontes de  $^{192}\text{Ir}$  HDR (alta taxa de dose), porém ainda não foi possível estabelecer uma metodologia que forneça a dose absorvida na água. Até o momento a grandeza recomendada para a especificação de fontes de braquiterapia

gama ainda é a medida da taxa de kerma ao ar, a uma distância de referência de 1 m, corrigida para a atenuação e dispersão de ar.

Diversas metodologias foram propostas para a determinação da taxa de kerma no ar de referência da fonte de  $^{192}\text{Ir}$  de alta taxa de dose utilizando uma câmara dedal, posicionada livre no ar, com coeficientes de calibração para fótons com energias bem conhecidas, destacando-se as

propostas por: Ezzel (1990), Goetsch *et al* (1991), Marechal e DeAlmeida (1996) e Di Prinzio e DeAlmeida (2008).

A metodologia desenvolvida por Marechal e DeAlmeida (1996) e aperfeiçoada por Di Prinzio e DeAlmeida (2008) permite a determinação do coeficiente de calibração para  $^{192}\text{Ir}$  e pode ser determinado por:

$$N_K(^{192}\text{Ir}) = \frac{k_w(E_1) \cdot A_w(E_1) \cdot N_K(E_1) + k_w(E_2) \cdot A_w(E_2) \cdot N_K(E_2)}{A_w(^{192}\text{Ir})}$$

(1)

onde  $A_w$  são os fatores de correção para atenuação e espalhamento na parede da câmara devendo ser determinados para cada modelo de câmara de ionização;  $N_K$  são os coeficientes de calibração, e,  $k_w$  são os fatores de ponderação ambos para as energias envolvidas. Na metodologia empregada as energias empregadas são as efetiva do raio-x de 250 kV,  $E_1$ , e a média da radiação gama do  $^{60}\text{Co}$ ,  $E_2$ , determinadas como descrito em (2.1) e (2.2).

$$k(\text{raios-X}) = \left| \frac{E(^{192}\text{Ir}) - E(^{60}\text{Co})}{E(\text{raios-X}) - E(^{60}\text{Co})} \right| = 0,762 \quad (2.1)$$

$$k(^{60}\text{Co}) = \left| \frac{E(^{192}\text{Ir}) - E(\text{raios-X})}{E(\text{raios-X}) - E(^{60}\text{Co})} \right| = 0,238 \quad (2.2)$$

Esse método foi recomendado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) através do TECDOC 1274 e foi adotado por muitos países.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

Um sistema de posicionamento, figuras 1 e 2, foi construído e testado pelo LCR, Di Prinzio e DeAlmeida (2008). Esse arranjo experimental deve ficar a mais de 1 m de distância de paredes ou mobiliário de modo a minimizar o espalhamento.

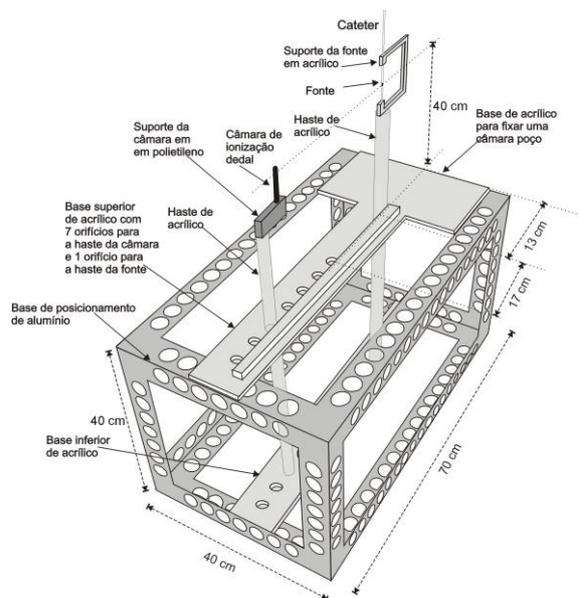


Figura 1 – Desenho esquemático do sistema de posicionamento para câmara de ionização e fonte de referência de  $^{192}\text{Ir}$ , usado na determinação da taxa de kerma no ar de referência.



Figura 2 – Foto do sistema de posicionamento e suportes da câmara dedal e da fonte de  $^{192}\text{Ir}$  colocados sobre a mala de transporte para a realização das medições.

Comparações interlaboratoriais com Laboratório Acreditado de Calibração em Dosimetria da Universidade de Wisconsin – UWADCL (em Madison/EUA) permitiu comprovar a sua eficácia e garantir a rastreabilidade das calibrações à rede metrológica internacional. O sistema utiliza uma câmara de ionização tipo dedal PTW modelo TN30001 com capa de *buildup* e um eletrômetro Unidos E da PTW ambos calibrados no LNMRI.

As correções na determinação do kerma no ar de referência para o  $^{192}\text{Ir}$  no uso de uma câmara de ionização tipo dedal envolvem:

- Fatores que contribuem no posicionamento: tamanho das câmaras, espalhamento da sala, incerteza no posicionamento e corrente de fuga relativa.
- Fator de correção para a não-uniformidade (divergência) da fluência dos fótons (quando a distância fonte detector  $< 7$  cm).
- Correção para a radiação espalhada.
- Contribuição para atenuação dos fótons no ar.
- Fatores de correção para a leitura obtida devido às influências de: saturação, polarização e condições ambientais.

### 3. RESULTADOS

A figura 3 apresenta o comportamento das medidas da radiação primária da fonte, mostrando que é obedecida a lei do inverso do quadrado da distância, para as sete posições fonte-câmara permitidas pelo sistema de medidas desenvolvido no LCR.

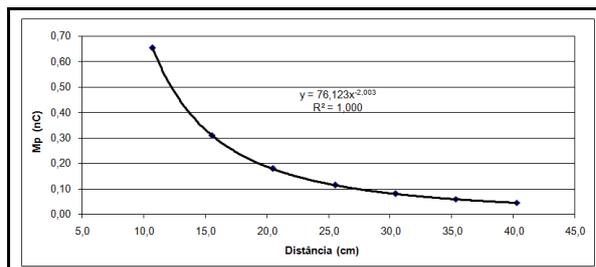


Figura 3 – Medida da intensidade da fonte nas 7 distâncias possíveis do sistema.

Os resultados entre os coeficientes de calibração usando o método do presente trabalho e o método usado na UWADCL apresentaram uma concordância de 1%.

A incerteza total combinada para a metodologia apresentada é de 1,1 %, tabela 1. A incerteza total expandida é de 2,2 % com um fator de abrangência igual a 2, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

### 4. CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido possibilitou ao país estabelecer uma metodologia rastreada à Rede Internacional de Metrologia das Radiações Ionizantes para a calibração de câmaras poço utilizadas na dosimetria de fontes de  $^{192}\text{Ir}$  de alta taxa de dose. A determinação do kerma no ar de referência é o primeiro passo necessário para a calibração das câmaras do tipo poço.

Tabela 1 - Avaliação de incertezas na determinação da taxa de kerma no ar de referência.

	Incerteza relativa (%)	
	Tipo A	Tipo B
Tempo de cada irradiação		0,120
Corrente de fuga	0,179	
Resolução do eletrômetro		0,058
Tensão aplicada à câmara		0,096
Densidade do ar		0,061
Divergência do feixe de radiação da fonte		0,361
Repetitividade da medição da corrente	0,023	
Coeficiente de calibração para o $^{192}\text{Ir}$		0,950
Fator f usado para achar a taxa de kerma de referência.	0,277	
Estabilidade do dosímetro		0,144
Incerteza padrão combinada		1,09
Incerteza expandida (k = 2,00)		2,18

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] Ezzel G A, Evaluation of Calibration Techniques for a High Dose Rate Remote Afterloading  $^{192}\text{Ir}$  Source, 1990, *Endocurietherapy/Hyperthermia Oncology*, 6, p. 101-6.
- [2] Goetsch S J *et al.*, 1991, Calibration of  $^{192}\text{Ir}$  high-dose-rate afterloading systems, *Med. Phys.*, 18, p. 462.
- [3] Maréchal M H, DeAlmeida C E, Sibata C H, 1996, Calibration of  $^{192}\text{Ir}$  high dose rate brachytherapy sources, 1996, *IAEA TECDOC*, 896, p. 203-6.

- [4] DiPinzio R, DeAlmeida C E, 2009, Air kerma standard for calibration of well-type chambers in Brazil using  $^{192}\text{Ir}$  HDR sources and its traceability, *Med. Phys.* 36, 953-60.

### *Agradecimentos*

A FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos pelo apoio através da Encomenda SIBRATEC de Redes de Serviços Tecnológicos em Radioproteção e Dosimetria - METRORAD.