

## **Incertezas na calibração de dosímetros utilizados para dosimetria em mamografia**

<sup>1</sup>**Vivian C. R. N. Bianchi**, <sup>1</sup>**Claudete R. Evangelista**, <sup>1</sup>**Teógenes A. da Silva**

<sup>1</sup>Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

E-mail: vcrnb@cdtn.br

**Resumo:** Este estudo tem como objetivo detalhar as fontes de incertezas e estimar as incertezas padrão combinadas associadas ao procedimento de calibração dos dosímetros a serem usados na dosimetria de feixes de raios-X em mamografia. Foram utilizados uma câmara de ionização RADCAL, modelo RC6-M e os dosímetros semicondutores modelos UNFORS Xi e RADCAL Digitizer AGDM Accul-Gold. Os coeficientes de calibração em termos de kerma no ar e as incertezas foram obtidos para as radiações de referência das combinações alvo-filtro W-Mo.

**Palavras-chave:** Incerteza na calibração; dosimetria; mamografia.

**Abstract:** This study aims to detail the sources of uncertainties and to estimate the combined standard uncertainties associated with the calibration procedure of dosimeters to be used in the dosimetry of X-ray bundles in mammography. A RADCAL ionization chamber, model RC6-M, and the semiconductor dosimeters UNFORS Xi and RADCAL Digitizer AGDM Accul-Gold were used. The calibration coefficients in terms of air kerma and uncertainties were obtained for the reference radiations of the W-Mo target-filter combinations.

**Keywords:** calibration uncertainty; dosimetry ; mammography.

### **1. INTRODUÇÃO**

O câncer de mama é a neoplasia maligna de maior incidência e a principal causa de morte entre as mulheres, sendo que a mamografia é considerada a técnica atual mais eficaz na detecção do câncer de mama em estágio precoce, fator essencial para o tratamento e sobrevivência da paciente (INCA, 2016).

A mamografia permite a obtenção de radiografias das estruturas internas da mama com alta qualidade diagnóstica e a menor dose de radiação possível fornecida à paciente. Para isto, tanto a

otimização de procedimentos quanto a confiabilidade metrológica da instrumentação utilizada para dosimetria em mamografia são essenciais.

A dosimetria em radiodiagnóstico exige a adoção de procedimentos específicos e o uso de equipamentos e detectores de radiação calibrados e com características de desempenho que atendam os padrões aceitos internacionalmente (IAEA, 2007).

Laboratórios de metrologia buscam implantar radiações X de referência para calibrar e realizar

ensaios dos dosímetros, em condições similares as dos feixes de raios-X utilizados nas clínicas (PEIXOTO et al., 2001).

O objetivo principal desse trabalho é a identificação e quantificação das incertezas e a estimativa das incertezas padrão combinadas associadas ao procedimento de determinação do coeficiente de calibração,  $N_K$ , dos dosímetros utilizados na dosimetria de feixes de raios-X de mamografia.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento adotado no Laboratório de Calibração de Dosímetros do CDTN foi o descrito no código de práticas TRS-457 e na IEC 61627 (IAEA, 2007; IEC, 2005), que consistiu na medida da taxa de kerma no ar com o dosímetro padrão e na determinação do  $N_K$  para cada radiação de referência, conforme Equação 1.

$$N_K = \frac{\dot{K}_{ar}}{\dot{M}_c}$$

Onde  $\dot{K}_{ar}$  é a taxa de kerma no ar medida com o dosímetro padrão em  $Gy \cdot s^{-1}$  e  $\dot{M}_c$  é a taxa de leitura do dosímetro em calibração, em  $C \cdot s^{-1}$ , com as correções para 20 °C e 101,325 kPa.

Como dosímetro padrão, foi utilizada uma câmara de ionização Radcal RC6-M, conectada ao eletrômetro Unidos PTW, calibrado nas radiações de referência para a combinação alvo-filtro de W-Mo, no laboratório de padrão secundário LabProsaud/Salvador, com rastreabilidade ao Laboratório primário da Alemanha, PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt). A câmara de ionização em calibração, a ser adotada como padrão de referência para o laboratório, consistiu em um modelo similar ao dosímetro padrão.

Essa câmara após calibrada, foi empregada na calibração dos dosímetros de estado sólido

UNFORS Xi MAM e do medidor Radical Digitizer AGDM Accul-Gold.

As medições foram realizadas em um equipamento de raios X industrial Seifert-Pantak 320 kV, cujo sistema é composto por banco ótico de posicionamento a laser, câmara de transmissão para monitorar as flutuações do feixe de raios-X, colimadores e filtros atenuadores de alta pureza (Figura 1).

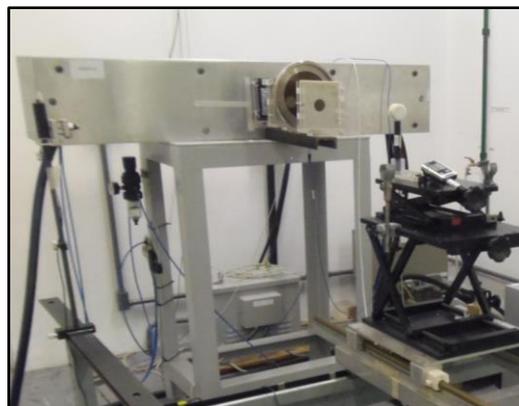


Fig. 1- Sistema de calibração de câmaras de mamografia em feixes de raios-X.

Para a combinação W-Mo, foram utilizados feixes de raios-X com tensão no tubo de 28 kV, com filtro adicional de 0,04 mmMo. Para cada dosímetro, posicionado a 100 cm do ponto focal do tubo de raios-X, foram realizadas dez medidas da taxa de kerma no ar, com o tempo de exposição de 60 s e para uma corrente de tubo de 10 mA.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As principais fontes de incertezas na determinação da taxa de kerma no ar com o dosímetro padrão foram estimadas como:

- Repetibilidade das medidas (razão entre o maior desvio padrão das medidas e a raiz quadrada da quantidade de medidas)

- Resolução do dosímetro (razão entre menor indicação da leitura no eletrômetro e a menor leitura obtida)
- Calibração do dosímetro (obtida através do certificado de calibração do instrumento)
- Resolução do Termômetro (razão entre menor indicação da leitura no termômetro e a menor leitura obtida)
- Calibração do Termômetro (obtida pelo certificado de calibração do instrumento)
- Resolução do Barômetro (razão entre menor indicação da leitura no barômetro e a menor leitura obtida)
- Calibração do Barômetro (obtida pelo certificado de calibração do instrumento)

As principais fontes de incertezas na calibração dos dosímetros em estudo contra o dosímetro padrão foram estimadas como:

- Determinação do kerma no ar (Incertezas estimadas na Tabela 1)
- Repetitividade dos dosímetros em calibração (razão entre o maior desvio padrão das medidas e a raiz quadrada da quantidade de medidas)

- Resolução dos dosímetros em calibração (razão entre menor indicação da leitura no eletrômetro e a menor leitura obtida)
- Geometria (incerteza na medida da distância dosímetro/ponto focal do tubo de raios-X, estimada em 2 mm em 1000mm)

Uma vez que as câmaras de ionização são abertas e sofrem influência de temperatura e pressão nas leituras dosimétricas, para elas, acrescenta-se as incertezas relacionadas a resolução e calibração do termômetro e do barômetro.

As incertezas são baseadas nas incertezas padrões multiplicadas por um fator de abrangência  $k = 2$  para um nível de confiança de aproximadamente 95%. A Tabela 1 reporta a estimativa das incertezas na determinação da taxa de kerma no ar para a calibração dos detectores usados na dosimetria de feixes de raios-X em mamografia na qualidade W-Mo28. A Tabela 2 apresenta a estimativa das incertezas associadas ao procedimento de calibração da câmara de ionização RC6-M contra o dosímetro padrão e também da calibração dos dosímetros UNFORS e ACCU-GOLD contra o padrão de referência do laboratório, na qualidade W-Mo 28.

**Tabela 1-** Estimativa das incertezas na determinação da taxa de Kerma no ar para calibração dos detectores usados na dosimetria de feixes de raios-X em mamografia na qualidade W-Mo 28.

Determinação da taxa de kerma no ar em feixes de raios-x com a Câmara de Ionização RC6-M Padrão de Trabalho *				Câmara de Ionização		UNFORS		Accu-Gold		
Fonte de Incerteza	Tipo	Distribuição da Probabilidade	Divisor	Valor (%)	Incerteza Padrão (%)	Valor (%)	Incerteza Padrão (%)	Valor (%)	Incerteza Padrão (%)	
Dosímetro padrão LCD (Calibração)	B	Retangular	2	2,40	1,2000	2,894	1,447	2,894	1,447	
Dosímetro padrão LCD (Resolução)	B	Retangular	1,73	0,010	0,0058	0,010	0,0058	0,010	0,0058	
Repetitividade Dosímetro Padrão em 10 mA (Coeficiente de Variação)	A	Normal	3,16	0,09	0,2885	0,009	0,0028	0,002	0,0006	
Termômetro (Resolução)	B	Retangular	1,73	0,10	0,0578	0,10	0,0578	0,10	0,0578	
Termômetro (Calibração)	B	Retangular	1,73	0,50	0,2890	0,50	0,2890	0,50	0,2890	
Barômetro (Resolução)	B	Retangular	1,73	0,05	0,0289	0,05	0,0289	0,05	0,0289	
Barômetro (Calibração)	B	Retangular	1,73	1,30	0,7514	1,30	0,7514	1,30	0,7514	
<b>Valor da Incerteza combinada uc (%)</b>					1,447		1,657		1,657	
<b>Valor da Incerteza Expandida U (%)</b>					K=2	2,894		3,314		3,314

**Tabela 2-** Estimativa das incertezas nos processos de calibração da câmara de ionização contra o dosímetro padrão, e dos detectores Unfors e do Accu-Gold contra o padrão de referência do LCD na qualidade W-Mo 28.

Calibração dos Dosímetros				Câmara de Ionização		UNFORS		Accu-Gold	
Fonte de Incerteza	Tipo	Distribuição de Probabilidade	Divisor	Valor (%)	Incerteza Padrão (%)	Valor (%)	Incerteza Padrão (%)	Valor (%)	Incerteza Padrão (%)
Determinação do Kerma no ar (item 1)	B	Normal	2	2,89	1,4468	3,314	1,657	3,314	1,657
Repetitividade dos Dosímetros (Coeficiente de variação)	A	Normal	3,16	0,16	0,0506	0,05	0,0506	0,04	0,0506
Dosímetro (Resolução)	A	Retangular	1,73	0,010	0,0058	0,010	0,0058	0,010	0,0058
Geometria (Posicionamento 2 mm em 1000 mm)	B	Retangular	1,73	0,20	0,1156	0,20	0,1156	0,20	0,1156
Termômetro (Resolução)	B	Retangular	1,73	0,10	0,0578	0	0	0	0
Termômetro (Calibração)	B	Retangular	1,73	0,50	0,2890	0	0	0	0
Barômetro (Resolução)	B	Retangular	1,73	0,05	0,0289	0	0	0	0
Barômetro (Calibração)	B	Retangular	1,73	1,30	0,7514	0	0	0	0
<b>Valor da Incerteza combinada uc (%)</b>					1,662		1,665		1,665
<b>Valor da Incerteza Expandida U (%)</b>						K=2	3,324		3,329

Mesmo tendo uma maior incerteza na determinação da taxa de kerma no ar, as incertezas padrões combinadas associadas aos procedimentos de calibração dos dosímetros Unfors e AccuGold se mantiveram próximas as incertezas da calibração da câmara padrão de referência devido a exclusão das incertezas associadas a influências de fatores ambientais.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com este trabalho confirmam que é possível estabelecer o fator de calibração da câmara de ionização padrão de referência do laboratório, mantendo sua incerteza padrão combinada próxima ao valor da incerteza estabelecida no certificado de calibração da câmara de referência.

## 7. REFERÊNCIAS

IAEA, International Atomic Energy Agency. 2007. Technical Reports Series no. 457 - Dosimetry in Diagnostic Radiology: An

internacional Code of Practice. Rapport technique.

IEC, International Electrotechnical Commission. 2005. IEC 61267 Medical diagnostic X-ray equipment - Radiation conditions for use in the determination of characteristics

INCA, Ministério da Saúde. Secretaria de atenção à Saúde. Instituto Nacional do Câncer. Estimativa 2016: Incidência de câncer no Brasil. 2016, Rio de Janeiro.

LIMA, E. C.; LUCENA, R. F.; POTIENS, M. P.; VIVOLO, V. Comparação de Espectros de Raios X Gerados por um Alvo de W e Filtração Adicional de Mo e Al para Aplicações em Metrologia na Mamografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FÍSICA MÉDICA, 14, 2009, São Paulo. Anais... São Paulo.

PEIXOTO, J. G. P. AND DE ALMEIDA C. E. 2001 The radiation metrology network related to the field of mammography: implementation and uncertainty analysis of the calibration system Meas. Sci. Technol. 12 1586 – 93