

# AVALIAÇÃO DE FOLHAS DE CHUMBO UTILIZADAS PARA DETERMINAÇÃO DA EQUIVALÊNCIA EM ATENUAÇÃO DE DISPOSITIVOS USADOS EM RADIOPROTEÇÃO

F. C. Salvador<sup>1,3</sup>; P. B. Rio<sup>1,2</sup>; D. Y. Nersissian<sup>1</sup>; P. R. Costa<sup>1,2</sup>; L. V. E. Caldas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Eletrotécnica e Energia – Universidade de São Paulo

<sup>2</sup>Departamento de Física - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

<sup>3</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Comissão Nacional de Energia Nuclear

## Resumo

O presente trabalho apresenta resultados comparativos entre os fatores de atenuação de materiais comercializados como chumbo, provenientes de três fornecedores diferentes e o chumbo puro. Materiais desta natureza são utilizados para a determinação das propriedades de atenuação de dispositivos utilizados em radioproteção conforme a norma IEC 61331-1.

Palavras chaves: radioproteção, equivalência em atenuação.

## Introdução

Materiais utilizados em radioproteção na confecção de vestimentas especiais ou em revestimentos estruturais devem ser avaliados e caracterizados de modo que sua equivalência em atenuação com relação a um padrão de referência possa ser determinada. Em aplicações cujas faixas de energia são comparáveis às utilizadas em radiologia diagnóstica (10-150keV), o material normalmente utilizado como padrão de referência é o chumbo. A determinação das propriedades de atenuação dos dispositivos utilizados em radioproteção deve ser avaliada conforme a norma IEC 61331-1<sup>1</sup>. Dentre os parâmetros sugeridos por esta norma para caracterização destes materiais, um dos mais importantes é a equivalência em atenuação com relação ao chumbo.

A norma NBR ISO/IEC 17025<sup>2</sup> indica que cuidados especiais devem ser tomados ao serem utilizados métodos experimentais que façam uso de materiais de referência para a obtenção dos resultados de um ensaio. Como laboratório credenciado pelo INMETRO para a realização de ensaios de caracterização de materiais pela norma IEC 61331-1, o IEE/USP promoveu uma investigação entre fornecedores de materiais comercializados como chumbo visando a escolha do mais adequado para ser adotado como padrão de referência para estes ensaios. O presente trabalho apresenta resultados comparativos destes materiais comercializados como chumbo, provenientes de três fornecedores diferentes.

## Método

Foram adquiridos no mercado três conjuntos de folhas de chumbo, identificados como grupos 1, 2 e 3. O grupo 1 é composto por 17 folhas com espessuras de  $(0,32 \pm 0,01)$  mm o grupo 2 é composto por 10 folhas com espessuras de  $(0,34 \pm 0,01)$  mm e o grupo 3 composto por 8 folhas de  $(0,60 \pm 0,01)$  mm. Foram retiradas amostras de 40 mm x 40 mm de uma folha de cada grupo, que foram avaliadas em termos de suas composições químicas por meio do método de fluorescência de raios X.

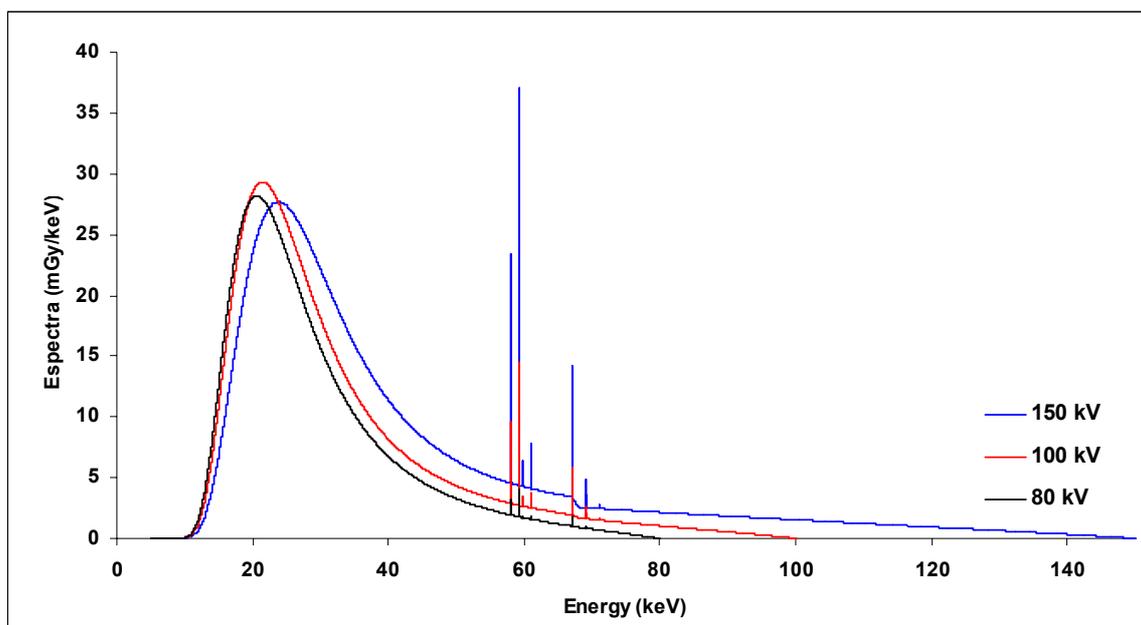
Coefficientes de atenuação como função da energia para cada um destes materiais foram calculados utilizando-se o programa XCOM<sup>3</sup>, disponível no web site do *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Este programa fornece diferentes valores de coeficientes de atenuação em função da energia a partir da introdução da composição química do material de interesse. Utilizando-se os valores resultantes da espectroscopia de fluorescência das amostras avaliadas, foram obtidas curvas

relacionando o coeficiente de atenuação total como função da energia para cada material.

Espectros de raios X foram simulados utilizando o modelo de TBC<sup>4</sup> nas energias entre 60 e 150 kV, em intervalos de 10 kV, para serem utilizados na geração de curvas de atenuação relacionadas aos materiais sob investigação. Estes espectros foram obtidos considerando-se a utilização de um gerador de potencial constante com sistema emissor com filtração inerente de 0,85 mmAl + 4 mmBe e filtração adicional de 1,3 mmAl. O material do anodo considerado nas simulações foi o tungstênio e o ângulo do anodo adotado foi 22 graus. A Tabela 1 apresenta os valores da primeira e segunda camadas semi-redutoras para os espectros simulados. A Figura 1 apresenta exemplos de espectros desta natureza gerados considerando-se tensões de 80, 100 e 150 kV.

**Tabela 1 – Valores da primeira e segunda camadas semi-redutoras dos espectros simulados a partir do modelo de TBC**

Tensão (kVp)	1º. HVL (mmAl)	2º. HVL (mmAl)
60	1,6	4,1
70	1,9	4,7
80	2,0	5,2
90	2,2	5,8
100	2,4	6,3
110	2,6	6,9
120	2,8	7,5
130	3,0	8,1
140	3,2	8,7
150	3,4	9,3



**Figura 1 - Espectros de raios X obtidos através do modelo de TBC considerando-se tensões de 80, 100 e 150kV. Estes espectros foram obtidos considerando-se a utilização de um gerador de potencial constante com sistema emissor possuindo filtração inerente de 0,85 mmAl + 4 mmBe e filtração adicional de 1,3 mmAl. O material do anodo considerado nas simulações foi o tungstênio e o ângulo do anodo adotado foi 22 graus.**

Utilizando estes espectros, curvas de atenuação foram obtidas para tensões entre 60 e 150 kV, em intervalos de 10 kV, utilizando-se a seguinte equação:

$$\frac{I(x)}{I_0} = \frac{\int_0^V N_V^\phi(E) e^{-\mu_m(E)x} dE}{\int_0^V N_V^\phi(E) dE} \quad (1)$$

Nesta equação,  $N(E)$  representa os espectros de raios X obtidos através do modelo de TBC como função da energia,  $E$ , para as diferentes tensões,  $V$ , de acionamento do tubo. Os coeficientes de atenuação como função da energia obtidos pela aplicação do programa XCOM são representados por  $\mu_m(E)$  e  $x$  representa diferentes espessuras dos materiais investigados. Curvas de atenuação semelhantes foram, também, obtidas para o chumbo puro através de coeficientes de atenuação para um material com número atômico 82, obtidos através do programa XCOM.

Resultados percentuais comparativos entre as intensidades de radiação após atravessarem uma espessura  $x$  dos materiais investigados,  $I_m(x)$ , e do chumbo puro,  $I_{Pb}(x)$ , foram obtidos através da equação:

$$D\%(x) = \frac{(I_m(x) - I_{Pb}(x))}{I_{Pb}(x)} \times 100 \quad (2)$$

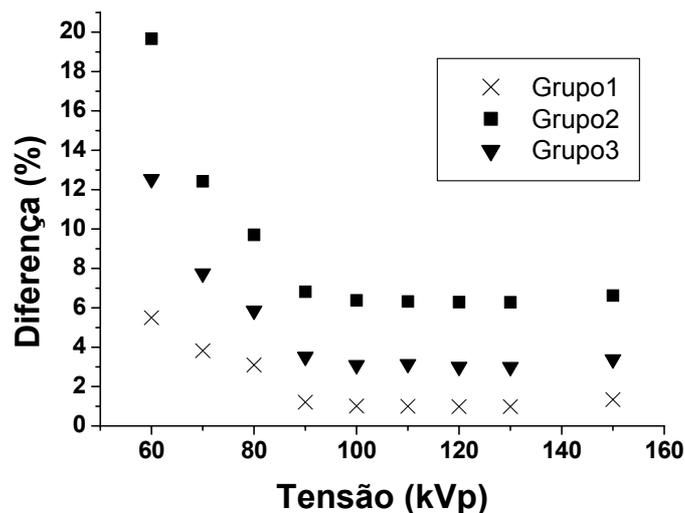
## Resultados

Os resultados das avaliações das amostras pelo método de fluorescência apresentaram traços de diferentes materiais além do chumbo. Os resultados destas avaliações estão apresentados na Tabela 2

**Tabela 2 – Resultados percentuais dos elementos químicos encontrados nas amostras avaliadas utilizando-se a técnica de espectroscopia por fluorescência**

	<b>Pb</b>	<b>Sn</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Ti</b>
<b>GRUPO 1</b>	99,33	0,53	0,08	0,06	--	--
<b>GRUPO 2</b>	98,98	0,49	0,20	--	--	0,34
<b>GRUPO 3</b>	99,12	0,50	0,15	--	0,23	--

As diferenças percentuais máximas entre os fatores de atenuação calculados utilizando-se a equação (2), sendo as amostras dos três grupos função da tensão aplicada ao tubo de raios X estão apresentadas na Figura 2. Esses valores máximos foram obtidos calculando-se o valor máximo da equação (2) num intervalo entre 0 e 4 mm de material.



**Figura 2 – Relação entre as diferenças percentuais máximas para os três materiais avaliados como função da tensão aplicada ao tubo de raios X. Estes valores máximos foram obtidos calculando-se o valor máximo da equação (2) num intervalo entre 0 e 4mm de material.**

### Discussão

Os resultados apresentados mostram percentuais variáveis de pureza de chumbo dependendo do fornecedor do produto. Pelos resultados obtidos, apresentados na Figura 2, o material que compõe o grupo 1 é aquele que possui maior semelhança ao chumbo puro. Essas variações conduzem a diferenças entre os fatores de atenuação das ligas avaliadas e os valores que seriam obtidos com chumbo sem impurezas. Variações deste tipo devem ser consideradas na estimativa das incertezas de medição para determinação do coeficiente de atenuação, bem como dos demais parâmetros previstos na norma IEC 61331-1 para caracterização de materiais de radioproteção. Além disso, o grau de pureza de materiais especiais (tipo padrão) deve ser especificado para o completo atendimento aos requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025.

### Referências

- <sup>1</sup> International Electrotechnical Commission. *Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials*. IEC 61331-1, Geneva, 1994.
- <sup>2</sup> NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. ABNT, 2001
- <sup>3</sup> Disponível em <http://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/Text/XCOM.html>. Acesso em 07/04/2004.
- <sup>4</sup> TUCKER, D. M.; BARNES, G.T.; CHAKRABORTY, D.P. *Semiempirical Model for Generating Tungsten Target X-ray Spectra*. *Medical Physics*, v.18, n.2, p.211-218, 1991.

### Abstract

This work presents comparative results between attenuation factors regarding materials commercially available as lead, obtained from three different providers, and the pure lead. These kind of materials are used as reference materials on the determination of attenuation properties of devices used for radiation protection purposes following the requirements of the IEC 61331-1 standard.