

## **ESTUDO DA ATENUAÇÃO DE RAIOS X MÉDICOS COM BLINDAGEM DE CHUMBO E ALUMÍNIO**

Emiliane A. Malheiros<sup>1</sup>, Roberto Paulo B. Ramos<sup>2</sup> Ezequias Fernandes Oliveira<sup>3</sup>

Av. Almirante Barroso, Nº1155, Bairro Marco, Belém/PA  
e-mail: emilianemalheiros@gmail.com  
Departamento DEPIC e DERIN e IFPA Campus Belém-IFPA

### **Resumo**

Neste trabalho foi estudado o chumbo e o alumínio como materiais de blindagem e suas variações dos espectros emitidos por equipamentos de raios X através da utilização de um programa computacional que determina a fluência de fótons. O estudo do feixe primário para espectros de energia utilizados na prática da radiologia diagnóstica permite analisar dados representativos da transmissão média e fluência para os materiais estudados. Assim, busca-se analisar as curvas de transmissão do chumbo e do alumínio, bem como sua influência na espessura de blindagem e na alteração das características do espectro da radiação X na transmissão de fótons.

Palavras-chave: raios X, fluência e blindagem.

### **1. INTRODUÇÃO**

Os raios X são gerados quando elétrons em alta velocidade são desacelerados no material de um alvo, por meio de colisão. A tensão de um aparelho de raios X, dada em kV, refere-se à diferença de potencial entre o ânodo e o cátodo, sendo a corrente contínua gerada no tubo expressa em mA. A maioria dos elétrons que sai do tubo se choca com o alvo e atinge os elétrons dos orbitais dos átomos do alvo, transferindo sua energia. No entanto, a geração de raios X é acompanhada pela produção de grande quantidade de calor, sendo que apenas 1% da energia total dos elétrons que colidem com o alvo é efetivamente utilizada na produção de raios X. Assim sendo, há duas maneiras para aumentar a geração de raios X<sup>(1)</sup>:

- aumentando a corrente do tubo (aumentando o número de elétrons);
- aumentando a tensão do tubo (aumentando o rendimento, ou seja, a porcentagem de elétrons que geram raios X).

Como os raios X são emitidos em todas as direções a partir do alvo, o tubo é envolvido por uma blindagem, denominada blindagem de cabeçote, sendo esta provida de uma pequena janela por onde os fótons podem escapar para fora do tubo, constituindo, assim o feixe útil<sup>(1,2)</sup>.

Por questões de ordem prática aliadas à radioproteção, a blindagem do cabeçote é projetada de modo a não permitir que a radiação de fuga exceda determinado valor a um metro do equipamento. Para raios X diagnóstico, esse valor é 1 mGy/h<sup>(5,6)</sup>.

Para o cálculo de blindagem, dois tipos de barreiras são consideradas:

Aquela irradiada pelo feixe útil e aquela que recebe a radiação espalhada pela superfície irradiada, somada à radiação de fuga do cabeçote, esta última sempre presente, sendo importantes os seguintes parâmetros:

W: Carga de trabalho (mA.min/semana);

U: fator de uso do equipamento; e

T: fator de ocupação.

A carga de trabalho representa o somatório dos produtos da corrente pelo tempo, na semana. O fator de uso indica a percentagem de carga de trabalho semanal para uma determinada direção do feixe primário, ou seja, a fração de tempo que o equipamento emite radiação em uma dada direção, e o fator de ocupação indica a fração de tempo que determinados indivíduos permanecem em um dado local<sup>(1,2)</sup>.

Quando os níveis de radiação permanecem altos, mesmo que, dentro do viável, seja mínimo o tempo de permanência em locais que possuam fontes emissoras de radiação e máxima a distância mantida dessa fonte, é necessário introduzir o fator de blindagem, para fins de limitação de dose. Acessórios como colimadores, biombos, aventais e óculos de proteção são exemplos de dispositivos empregados para minimizar a exposição à radiação. A determinação da espessura e material adequado para confecção desses dispositivos depende do tipo (raios X, raios gama, partículas alfa ou beta, nêutrons) e da intensidade da radiação (por exemplo, Atividade do material radioativo ou potência do equipamento emissor de raios-X), bem como do valor de Dose aceitável, após a atenuação pela blindagem<sup>(1,3)</sup>.

A Proteção Radiológica é o conjunto de medidas que visam proteger o homem, seus descendentes e o meio ambiente de possíveis efeitos danosos das radiações ionizantes, permitindo, desta forma, as atividades que fazem o uso deste tipo de radiação. Assim, a proteção radiológica na medicina se justifica porque a radiologia é a área da saúde que mais contribui para a exposição do indivíduo à radiação, comparando-se com outras aplicações

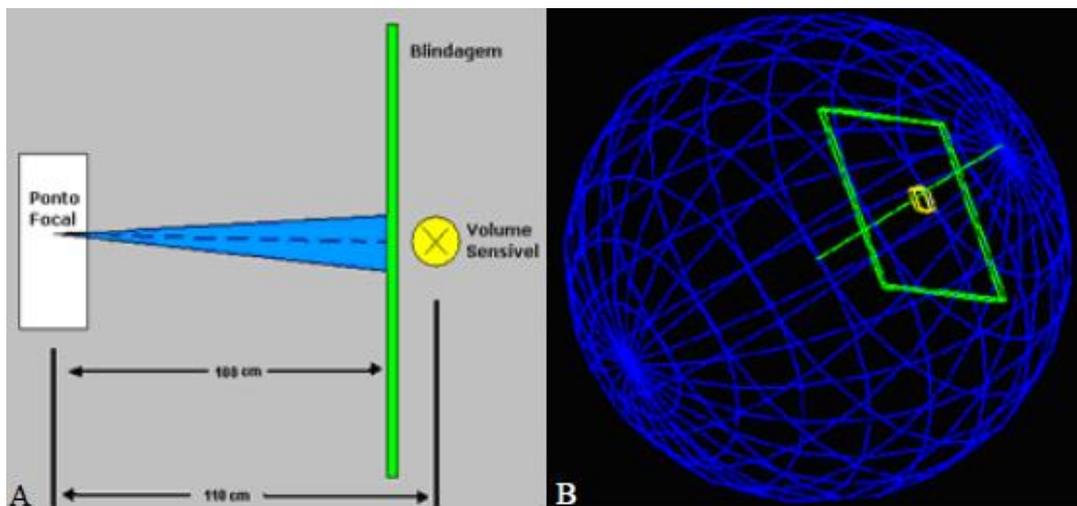
envolvendo fontes de radiação. Na área médica, essa exposição acontece predominantemente em procedimentos de radiologia intervencionista, em indivíduos submetidos a diagnósticos, rastreamento ou terapia<sup>(2,3,4)</sup>.

## 2.MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi realizado um estudo das normas, das regulamentações nacionais e internacionais sobre curvas de transmissão. Além disso, para realização deste trabalho foi utilizado o programa SPECTROS para simulação computacional.

O programa simula a carga transportada pelo tubo de raios X através da mudança dos seguintes parâmetros:

- Tensão no tubo de raios X;
- Distância da fonte de radiação;
- Mudança do tipo de material.



**Figura 01-Geometria de simulação**

**Fonte: Firmino, 2010.**

O espectro de raios X é modificado por três fatores: filtração, tensão no tubo do tubo e tipo de suprimento de alta tensão.

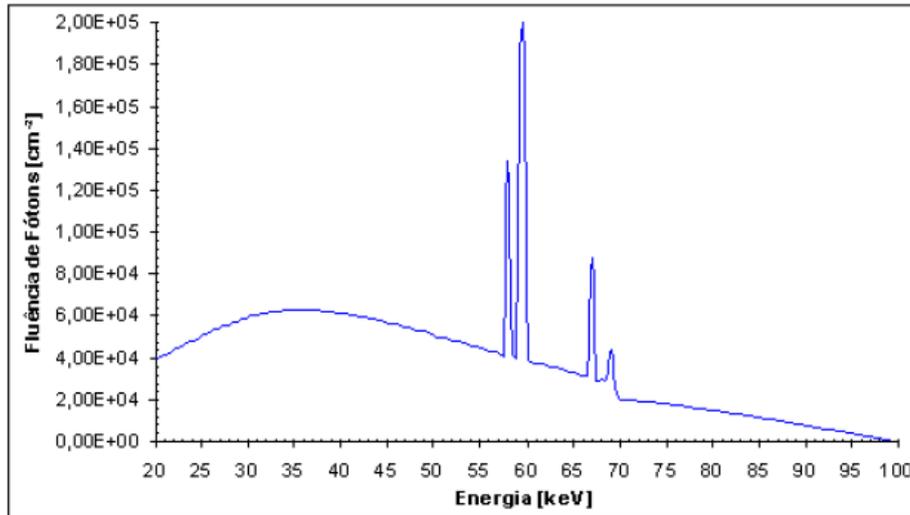


Figura 2-Espectro de raios X do tungstênio com 100 KVp, a 750mm do ponto focal

Fonte: Cranley, 1997

### 3. ANÁLISE DE RESULTADOS

A mudança no potencial de aceleração do tubo de raios X também muda o espectro do feixe. O aumento da tensão de aceleração dos elétrons implica num aumento do número de fótons de maior energia e o aumento de camada semiredutora, mantido constante outros fatores, como corrente de tubo, mA, e o tempo de exposição,  $t$ , a exposição, a energia  $E$  cresce aproximadamente com o quadrado da tensão (KV) aplicado ao tubo. Os motivos que explicam a variação do espectro podem ser atribuídos a variação na tensão aplicada no tubo altera a qualidade da radiação já que energia máxima é maior, então a conversão da energia dos elétrons em raios X torna-se mais eficiente e segundo, com o aumento da tensão no tubo de raios X os elétrons tem mais energia para converter em radiação X quando atingem o alvo, sofrendo em média número de colisões com o material do alvo no processo de perda da energia cinética. A energia das linhas características varia com o aumento da tensão aceleradora do tubo como se observam nas figuras 3 a 5, onde se conservou a tensão de 150KVp e variou a espessura de blindagem dos materiais (chumbo e alumínio) de 1mm a 5mm com distância focal de 1000mm mostrando uma maior eficiência de blindagem com aumento da espessura.

As Figuras 4 a 6, ilustram a influência do fluxo de fótons com o aumento da espessura de blindagem para as energias do espectro, ocorrendo uma redução do fluxo total de fótons, demonstrando como é a sua configuração. Desta forma pode-se definir a energia eficaz para cada grupo de energia de aplicação e otimizar a espessura de blindagem de modo mais seguro.

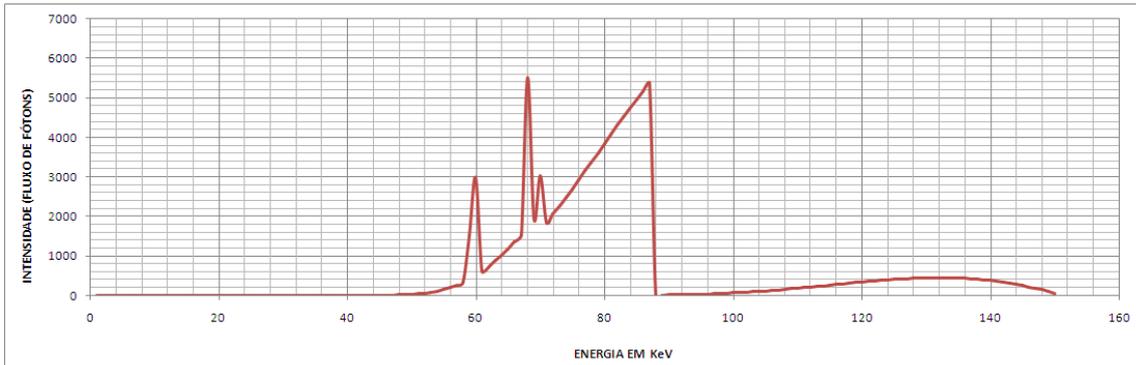


Figura 03-Alteração da forma espectro de emissão raios X do tungstênio, devido a tensão do tubo aplicada(150KVp) a 1000mm do ponto focal com espessura de blindagem com chumbo de 1mm e ângulo do ânodo 20°.

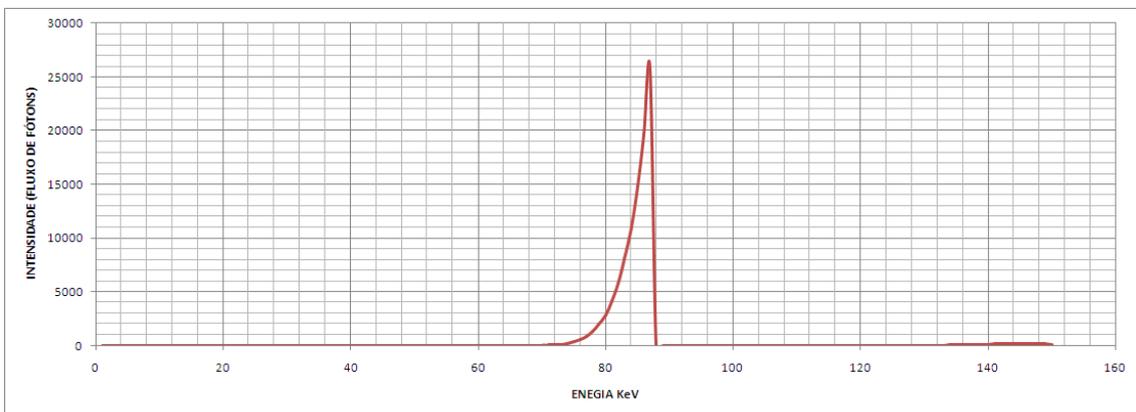


Figura 04-Alteração da forma espectro de emissão raios X do tungstênio, devido a tensão do tubo aplicada (150KVp) a 1000mm do ponto focal com espessura de blindagem com chumbo de 5mm e ângulo do ânodo 40°.

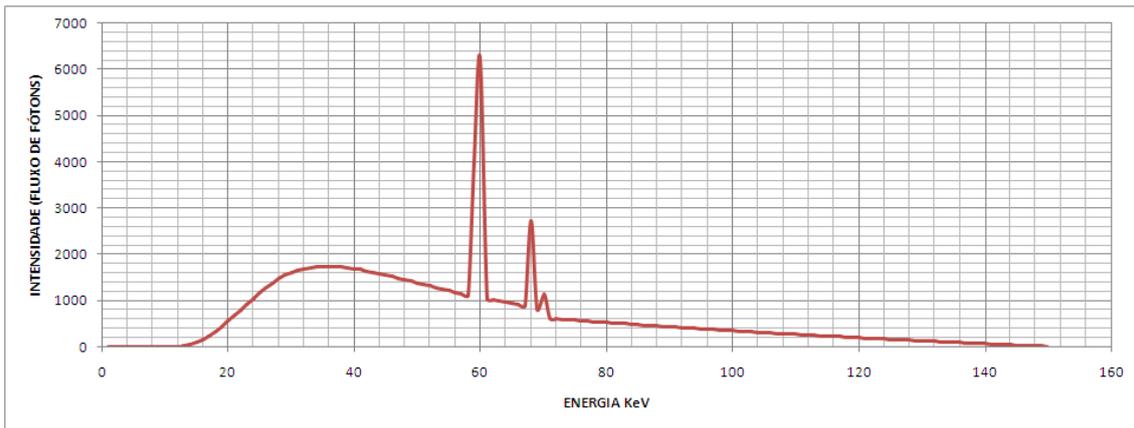


Figura 05-Alteração da forma espectro de emissão raios X do tungstênio, devido à tensão do tubo aplicada (150KVp) a 1000mm do ponto focal com espessura de blindagem com alumínio de 1mm e ângulo do ânodo 20°.

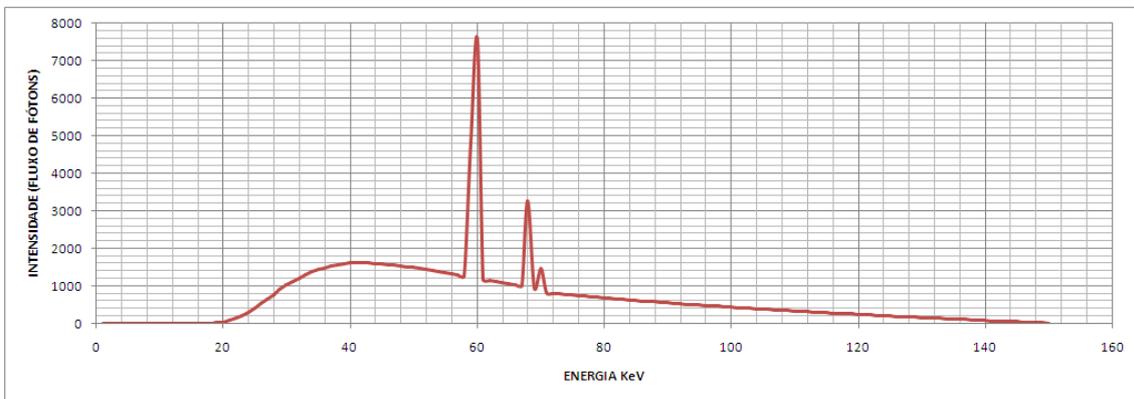


Figura 06-Alteração da forma espectro de emissão raios X do tungstênio, devido a tensão do tubo aplicada (150KVp) a 1000mm do ponto focal com espessura de blindagem com alumínio de 5mm e ângulo do ânodo 40°.

A produção de radiação-X por bremsstrahlung ocorre através do frenamento dos elétrons acelerados e contribui para a formação do espectro contínuo, este tipo de geração de radiação é resultado da desaceleração dos elétrons durante a penetração no catodo e a interação destas partículas com o campo nuclear coulombiano, desta forma ocorre alteração nos vetores direção e aceleração deste elétron sendo a energia perdida radiada sobe forma de radiação eletromagnética. O outro tipo resulta do choque entre o elétron incidente e o outro elétron pertencente à estrutura atômica. A resposta de átomo a esta ionização é a de efeito cascata para estabilizar a eletrosfera. Isso gera a produção do espectro de linhas. Assim cada espectro de raios-X é a

superposição de um espectro contínuo e de uma série de linhas espectrais características do material do alvo.

#### **4. CONCLUSÕES**

A variação no potencial de aceleração do tubo de raios X gera mudança no espectro do feixe e por conseqüência a aceleração dos elétrons que implica num aumento do numero de fótons de maior energia e o aumento de camada semiredutora se mantido constante outros fatores, como corrente de tubo, mA, e o tempo de exposição, t, a exposição, a energia E cresce aproximadamente com o quadrado da tensão(KV) aplicado ao tubo. Os motivos que explicam a variação do espectro podem ser atribuídos a variação na tensão aplicada no tubo altera a qualidade da radiação já que energia máxima é maior, então a conversão da energia dos elétrons em raios X torna-se mais eficiente e segundo, com o aumento da tensão no tubo de raios X os elétrons tem mais energia para converter em radiação X quando atingem o alvo.

#### **5.AGRADECIMENTOS**

Ao IFPA pelo suporte financeiro.

#### **6. REFERÊNCIAS**

1. Firmino, S. F. Transmissão e fluência de fótons para na área de radiodiagnóstico para diferentes configurações de feixe e blindagem. Dissertação(UFRGS) Porto alegre, março de 2010.
2. Potiens, M. P. A. Metodologia dosimétrica e e sistema de referência Para Radiação X nível diagnóstico. São Paulo 1999.Universidade de São Paulo, Instituto de física, Laboratório de estrutura da matéria. Física 5 FNC 313.
- 3.Luiz Tauhata, Ivan. P. A. Salati, Renato Din Prízio, Antonieta Din Prízio. Radioproteção e dosimetria, fundamentos. 9º revisão, Agosto de 2013.
- 4.Marcelo Costa Soares, Carlos Alexandre Ferreira. A importância do conhecimento sobre radioproteção pelos profissionais da radiologia. CEFET/SC núcleo de tecnologia clinica. Florianópolis, Brasil.

5. Norma CNEN NN 3.01, Resolução 164/14, Março / 2014. Diretrizes básicas de proteção radiológica.

6. Portaria federal nº 453, de 1 de junho de 1998, diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico.

7. CRANLEY KIERAN ET AL. Catalogue of Diagnostic X-ray Spectra and Other Data Report N°78. The Institute of Physics and Engineering in Medicine, 1997.

#### TITLE

STUDY OF X-RAY MEDICAL MITIGATION WITH LEAD AND ALUMINIUM SHIELD

#### ABSTRACT

In this work, lead and aluminum as shielding materials and their variations in the spectra emitted by the X-ray equipment through the use of a computer program that determines the photon fluence. The study of the primary beam for power spectra used in the practice of diagnostic radiology allows you to analyze data representative of the average transmission and fluency for the studied materials. So we seek to analyze the transmission curves of lead and aluminum, as well as its influence on the thickness of shielding and changing the radiation spectrum characteristics X in the transmission of photons.

Key-words: X-ray, fluency and shield