

COMPARAÇÃO DA ATENUAÇÃO DO FEIXE DE RAIOS-X COM ESPESSURAS VARIADAS DE ALUMÍNIO NACIONAL E ALUMÍNIO USADO EM CONTROLE DE QUALIDADE¹

COMPARISON OF ATTENUATION OF X-RAY BEAM WITH VARIOUS THICKNESSES OF NATIONAL ALUMINIUM AND ALUMINUM USED IN QUALITY CONTROL

Cassiano Martins², Juliano Ibaldo², Thiago Klaus² e Ana Paula Schwarz³

RESUMO

Neste trabalho, apresentamos as características de atenuação de um conjunto de placas de alumínio de fabricação nacional. Em feixes de raios-x experimentais produzidos por um equipamento clínico com alvo de tungstênio. Para qualificar o feixe, foram utilizadas as energias 80, 90 e 100 kV. O filtro metálico é um componente vital para a qualidade do feixe de raios-x em radiodiagnóstico, geralmente de alumínio com 1 a 3 mm de espessura. A finalidade desses filtros é reduzir o número de raios-x de baixa energia que chegam ao paciente pois não contribuem com a qualidade diagnóstica, sendo absorvidos pelos tecidos superficiais, submetendo o paciente a uma dose desnecessária de radiação. As normalizações exigem que qualquer equipamento de raios-x tenha uma filtração mínima de 2,5 mm, e 0,5 mm de alumínio para mamografia. Quando comparados filtros de alumínio nacional e filtros de “alumínio puro” utilizados em controle de qualidade (CQ) resultou praticamente numa mesma curva de atenuação.

Palavras-chave: filtragem inerente, filtro de raio-x, filtros de alumínio.

ABSTRACT

In this work it is presented the attenuation characteristics of a set of aluminum plates, national manufacturing. The x-ray beams were produced by a medical equipment with tungsten target, the energy used to describe the beam were 80, 90 e 100 kV.

¹ Trabalho de Iniciação Científica - UNIFRA.

² Curso de Física Médica - UNIFRA.

³ Orientadora - UNIFRA.

An important component to the quality of the x-ray beam used in radiology is a metal filter, usually aluminum from 1 to 3mm thick. The purpose of these filters is to reduce the number of x-rays of low energy that reach the patient because they do not contribute to the diagnostic quality; they are absorbed by superficial tissues exposing the patient to an unnecessary dose of radiation. The normalizations require any x-ray equipment to have a minimum filtration of 2,5 mm, and 0,5 mm Aluminum for a mammography. In this work were compared national aluminum filters, and "pure aluminum" used in quality control (QC). The comparison of national aluminum with the QC, resulted in virtually the same attenuation curve.

Keywords: *inherent filtration, x-ray filter, aluminum filters.*

INTRODUÇÃO

Os raios-x têm aplicação em diversas áreas. Na medicina, desde a grande descoberta por Roentgen em 1895, vem mostrando cada vez mais valor no diagnóstico, seja em uma pequena clínica no interior, em um pronto atendimento municipal ou no setor de radiologia de um hospital. Cada vez mais os médicos se baseiam no diagnóstico por imagem, seja uma simples radiografia de tórax, uma mamografia de rotina ou até mesmo uma tomografia computadorizada (CT) (BUSHONG, 1993).

Componentes importantes para a qualidade do feixe de um equipamento de raios-x são os filtros metálicos, geralmente de alumínio (Al), de um a três mm de espessura colocados no feixe útil. O cálculo da menor exposição necessita conhecer o filtro semirredutor, conhecido como camada Semirredutora (CSR ou HVL - *half-value layer*) que define a qualidade do feixe de raios-x. A avaliação do HVL é anual (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2005) e faz parte de um conjunto de testes de controle de qualidade (QC) desenvolvidos em protocolos de controle de qualidade para radiografias e outras modalidades de diagnóstico por imagem.

Quando se coloca o filtro adicional no feixe útil de raios-x, se reduz à dose ainda mais no paciente em função da filtração que retira os fótons de baixa energia (CURRY III; DOWDEY; MURRY, 1990, p. 89). Os filtros são estruturas lisas metálicas, geralmente alumínio (Al) ou Cobre (Cu), colocadas diante de um feixe de raios-x para que fótons de baixa energia sejam retirados do espectro que não contribuem com a produção da imagem, reduzindo consideravelmente a dose

de entrada na pele (DEP). Provavelmente o fator mais importante na proteção do paciente em um equipamento de raios-x seja a filtração. As normalizações exigem que todos os equipamentos de raios-x tenham uma filtração mínima equivalente a 2,5 mm de Al e 0,5 mm de Al nos equipamentos de mamografia (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 1998). Neste trabalho, adicionaram-se filtros de alumínio nacional no intuito de compará-los com filtros “puros” de alumínio utilizado em controle de qualidade.

METODOLOGIA

Para comparação de filtros, para controle de qualidade, os seguintes equipamentos e materiais (Tabelas 1 e 2) foram utilizados nos procedimentos experimentais.

Tabela 1 - Equipamentos utilizados na realização dos procedimentos experimentais e suas características.

Equipamento	Características
Raios-x clínico	Marca/Modelo – Intecal/MAAF Faixa de tensão: 40 – 130 kV mAs: 1 – 400 mA: 50 – 300 Anodo – Tungstênio (W)
Gerador	Baixa frequência
Câmara de ionização	Marca – Radcal Modelo – 9015 Volume sensível – 6 cm ³

Tabela 2 - Materiais utilizados para a realização dos procedimentos experimentais.

Equipamento	Características
Placas de Alumínio Nacional	Espessuras: 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5 mm Al Área: 10 cm x 10 cm Pureza - 99,99%
Placas de Alumínio	Espessuras: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5 mm Al Área: 10 cm x 10 cm
kVp meter	Marca – Radcal Modelo – 4082

CARACTERIZAÇÃO DO FEIXE DE RAIOS-X

Os feixes de raios-x emitidos pelo equipamento clínico descrito na tabela 1 foram caracterizados por meio da determinação da camada semirredutora e da tensão aplicada ao tubo de raios-x.

A camada semirredutora foi determinada seguindo as recomendações estabelecidas pelas normas técnicas (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2005). As placas de alumínio foram fixadas a uma distância de 30 cm do ponto focal e a câmara de ionização a 60 cm de distância do ponto focal do equipamento de raios-x. Foram realizadas leituras de kerma no ar sem as placas de alumínio e posteriormente foram adicionadas as placas de alumínio. Os valores de camada semirredutora foram determinados para os valores nominais de tensão de 80, 90 e 100 kV usando-se uma corrente de 200 mA e 20 mAs.

Os valores de camada semirredutora (CSR) foram calculados de acordo com a expressão a seguir (Equação 1): leitura L_0 foi obtida a partir da média das leituras medidas sem as placas de Al, assim foi calculado a CSR.

$$CSR = \frac{x_b \ln\left(2L_a/L_0\right) - x_a \ln\left(2L_b/L_0\right)}{\ln\left(L_a/L_b\right)} \quad (1)$$

em que, L_0 é a leitura da exposição sem placas de alumínio; L_a a leitura de exposição imediatamente superior a $L_0/2$; L_b é igual a leitura de exposição imediatamente menor a $L_0/2$; x_a representa a espessura de Al correspondente à leitura L_a ; x_b representa a espessura de Al correspondente à leitura L_b .

Os valores de tensão aplicados ao tubo de raios-x foram determinados seguindo as recomendações estabelecidas pelas normas técnicas (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2005). Para esse procedimento o *kVp meter* foi posicionado a uma distância de 1,0m do ponto focal. Os desvios entre os valores nominais e os valores experimentais foram calculados utilizando-se a seguinte relação:

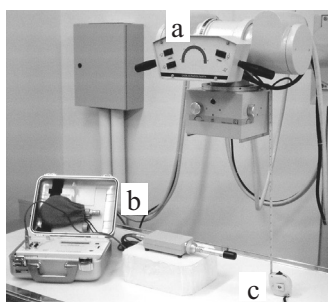
$$d(\%) = 100 \frac{kVp_{mon} - kVp_{médio}}{kVp_{mon}}, \quad (2)$$

em que, o termo $kVp_{médio}$ refere-se a média de quatro leituras realizadas para cada valor de tensão e kVp_{mon} corresponde a tensão nominal selecionada no equipamento de raios-x. Assim foi avaliada a curva de atenuação dos raios-x para diferentes

espessuras de alumínio nacional e diferentes espessuras de alumínio usado nos procedimentos de controle de qualidade como é mostrado na figura 1.

CURVAS DE ATENUAÇÃO PARA OS DIFERENTES TIPOS DE ALUMÍNIO

As curvas de atenuação experimentais para o alumínio foram obtidas posicionando as placas de alumínio a 30 cm de distância do ponto focal do equipamento de raios-x suspensas por tiras de fita adesiva, figura 1(i). Para a realização das medidas do feixe de raios-x transmitidos, foi realizada uma câmara de ionização posicionada a 1 m de distância do ponto focal e a 70 cm das placas de alumínio, figura 1(ii). Os valores de kerma no ar foram obtidos para a tensão de 65 kV, corrente de 200 mA e 25 mAs. A primeira exposição foi realizada sem as placas de alumínio. Posteriormente, as placas de alumínio foram adicionadas em incrementos de 0,5 mm. A seguir, a figura do arranjo experimental utilizado para avaliação da HVL e levantamento dos dados da atenuação para os diferentes filtros.



(i) Posicionamento das placas.



(ii) Posicionamento da câmara de ions.

Figura 1 - Arranjo experimental utilizado na avaliação da camada semirredutora (HVL) e levantamento dos dados da atenuação dos raios-x, em que: (a) tubo de raios-x, (b) câmara de ionização, monitor e eletrômetro e (c) fita métrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3, são apresentados os parâmetros que caracterizam os feixes de raios-x experimentais utilizados neste trabalho. A partir da comparação entre os valores de kVp nominais e experimentais é possível verificar uma variação entre 5 e 7%.

Tabela 3 - Valores e desvio de kVp nominal e experimental e HVL referente aos feixes não atenuados.

kVp Nominal (kV)	Kvp experimental (kV)	Desvio kVp	HVL (mmAl)
80	75,58 ± 0,015	5,5	2,6 ± 0,2
90	85,26 ± 0,021	5,3	2,9 ± 0,5
100	94,86 ± 0,057	5,2	3,2 ± 0,8

Na figura 2, mostra-se a atenuação do feixe de raios-x para diferentes tipos e espessuras de alumínio nacional. Assim, essa filtração adicional remove do espectro uma parcela significativa dos fótons de baixa energia.

Na figura 3, é apresentada a curva de atenuação para o alumínio utilizado no controle de qualidade.

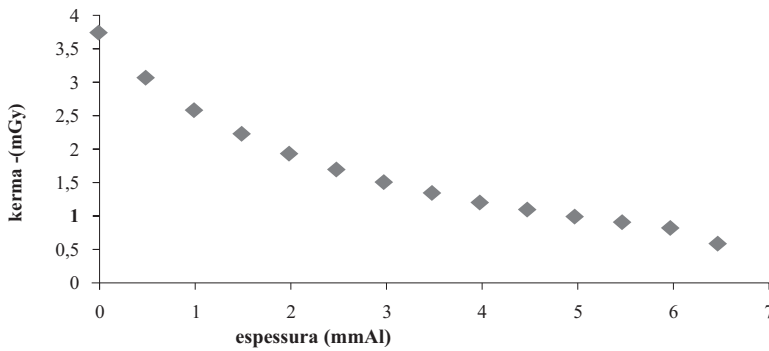


Figura 2 - Atenuação da radiação dos raios-x em função da espessura de alumínio nacional para diferentes tensões de pico.

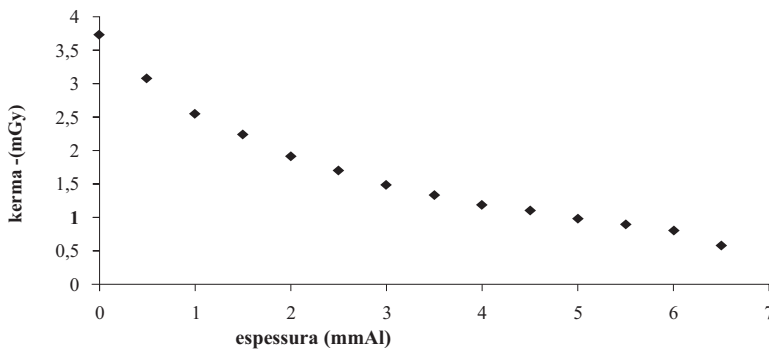


Figura 3 - Atenuação da radiação dos raios-x em função da espessura de alumínio utilizado em controle de qualidade para diferentes tensões de pico.

Na figura 4, são comparadas as duas curvas de atenuação e constata-se que para os diferentes tipos de filtros os resultados da absorção dos raios-x para ambos são praticamente os mesmos.

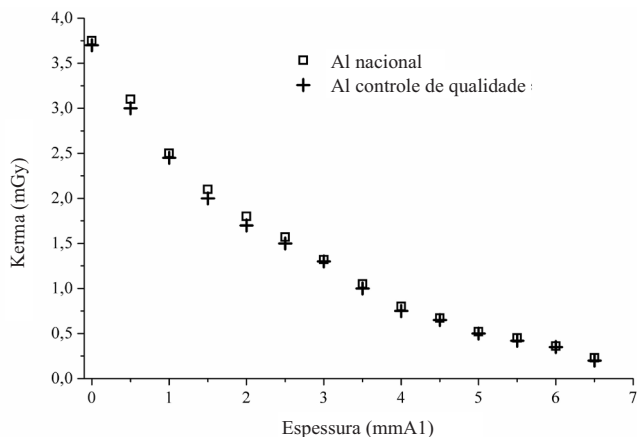


Figura 4 - Resultado da sobreposição da curva de atenuação da radiação dos raios-x em função da espessura de alumínio para os dois tipos de alumínio para diferentes tensões de pico.

CONCLUSÃO

A partir das medidas realizadas no experimento, assim como os dados coletados e comparações feitas entre as curvas de atenuação e camadas semirreduzidas, pode-se concluir que o alumínio nacional comparado com o alumínio utilizado no controle de qualidade de clínicas e hospitais apresentou ótima resposta, pois sua curva de atenuação é similar ao alumínio controle. Para trabalhos futuros será importante utilizar os filtros de alumínio nacional para redução de dose em pacientes durante os procedimentos em radiodiagnóstico médico.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria MS/SVS nº453, de 1º de junho de 1998**. Brasília: Diário Oficial da União, 2/6/1998.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Radiodiagnóstico Médico: Segurança e Desempenho de Equipamentos**. Brasília, 2005.

BUSHONG, S. C. **Manual de radiología para tecnólogos**. Título original: Radiologic Science for Technologists, 5th edition. Tradução de Diorki Servicios Integrales de Edición. 1. ed. Madri: Mosby/Doyma Libros, 1993.

CURRY III, T. S.; DOWDEY, J. E.; MURRY Jr., R. C. **Christensen's Physics of Diagnostic Radiology**. 4. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1990.