

DEPENDÊNCIA ANGULAR DE FILMES DOSIMÉTRICOS PARA RADIAÇÃO GAMA

Maura Vieira Barbosa

Matias Puga Sanches

Departamento de Proteção Radiológica

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN

SUMÁRIO

Na maioria das situações onde os trabalhadores são expostos a radiações ionizantes sob diferentes ângulos de incidência, a dose absorvida individual estimada com o auxílio de filmes dosimétricos deve ser menor que a real, uma vez que estes filmes são normalmente calibrados numa posição fixa perpendicular ao feixe de radiação, isto é, com incidência normal ao feixe. Afim de se obter uma estimativa do erro devido à dependência angular, o ângulo de incidência da radiação em relação aos porta-dosímetros contendo filmes Agfa Gevaert, modelo Strutturix D₂ e D₁₀ (comumente empregados em dosimetria individual) foi variado entre 0 e 90°.

ABSTRAT

In most situations, radiations workers are subjected to radiation exposures at random angles of incidence. Consequently, the personnel dose estimates would be lower since film calibration is usually accomplished with stationary films positioned perpendicular to beam on radiation, i.e., at normal incidence. In order to obtain an error estimate due to angular dependence the radiation incidence angle related to badges having Agfa Gevaert Strutturix D₂ and D₁₀ (commonly used in individual dosimeter) was varied between 0 and 90°.

1- INTRODUÇÃO

A dosimetria fotográfica das radiações gama pode ser definida como sendo a medida da dose de uma radiação eletromagnética ou corpuscular, por meio do estabelecimento de uma correspondência entre a dose e o efeito fotográfico⁽¹⁾. É baseada na relação linear entre o enegrecimento do filme dosimétrico irradiado e a dose de exposição num certo intervalo de densidade fotográfica. Comparando o enegrecimento do filme dosimétrico portado num estojo de monitoração com um filme padrão de controle, pode-se determinar a dose de radiação gama na qual o trabalhador foi exposto.

Na maioria das situações, os trabalhadores com radiações estão sujeitos a irradiações em ângulos aleatórios de incidência. Conseqüentemente, a dose individual estimada deve ser menor, desde que os filmes de calibração normalmente são irradiados numa posição estacionária, de maneira perpendicular ao feixe de radiação, isto é, com incidência normal⁽²⁾.

A resposta diferenciada do filme para radiação gama de energia variada e em ângulo de incidência variado dificulta claramente a dosimetria fotográfica.

Na dosimetria rotineira, os filmes dosimétricos são irradiados por vários ângulos de incidência, como já dito, e portanto, nosso interesse reside em explorar a relação da densidade fotográfica em função do ângulo de incidência.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. FILME RADIOGRÁFICO

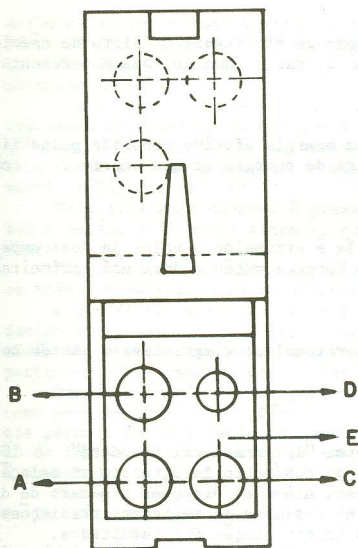
Os filmes radiográficos geralmente são constituídos por uma base ou suporte de triacetato de celulose ou poliéster recoberta por uma camada de emulsão sensível, formada por cristais de haleto de prata em gelatina. O tamanho médio dos grãos usados em filmes dosimétricos geralmente é da ordem de 0,3 a 2 μm . Entre a emulsão e o envelope existe uma camada de gelatina endurecida, que protege a emulsão e entre o suporte e a emulsão existe uma camada muito delgada chamada substrato, que facilita a adesão das duas camadas⁽³⁾.

A radiação absorvida em um grão isolado forma uma imagem latente. A revelação é o tratamento pelo qual se transforma a imagem latente em imagem visível. Para chegar a este resultado, os cristais da emulsão, portadores de traços de prata, são reduzidos à prata metálica. Numerosos produtos químicos estão aptos a reduzir os halletos de prata em prata metálica. Estes produtos especiais são denominados substâncias reveladoras.

2.2. DOSÍMETRO FOTOGRAFICO INDIVIDUAL

Um dosímetro fotográfico individual é constituído simplesmente por uma armação com vários filtros e o filme dosimétrico. A combinação do filme com os filtros produz um registro significativo da radiação à qual o filme foi submetido.

O dosímetro fotográfico utilizado nos experimentos está demonstrado na figura 2.1.



- A - Filtro de chumbo
- B - Filtro de cádmio
- C - Filtro de cobre
- D - Janela aberta
- E - Filtro de plástico

Fig. 2.1. - Esquema do dosímetro aberto, utilizado nos experimentos

O estojo para filmes do IPEN é constituído por uma caixa de polietileno, de 3,8cm x 6cm x 0,8cm estão colados os filtros circulares de cobre, chumbo, e cádmio com espessuras de 0,5mm, diâmetro de 13mm e espessura do plástico de 2,2mm. Existe também um orifício no estojo com as mesmas dimensões das cavidades dos filtros, para possibilitar que a radiação incida diretamente sobre o invólucro do filme radiográfico ao qual dá-se o nome de janela aberta.

Os filmes servem para modificar o efeito das várias radiações, na emulsão, permitindo por um lado a estimativa da dose, por outro lado, uma distinção entre as várias qualidades de radiação.

A) Filtro de chumbo

É utilizado para eliminar a dependência da resposta do dosímetro com a energia, na faixa mensurável do dosímetro, que se encontra entre 40 KeV e 3 MeV, com um erro médio de 20% sobre toda faixa de energia. A energia efetiva, para efeito de calibração do dosímetro, é a do ^{60}Co . Fora deste intervalo de medida, a resposta diminui rapidamente, tornando-se desprezível.

São também atribuídas ao filtro de chumbo as leituras para efeito de dose acumulada, a qual é denominada dose profunda.

B) Filtro de cádmio

É utilizado, para medir a dose devida a nêutrons térmicos. Só tem utilidade para casos de acidentes, pois a fluência de nêutrons térmicos e sua consequente dose, em reatores e em condições normais de trabalho, é muito baixa pa-

ra poder ser detectada por este sistema.

Pode-se dizer que a radiação que é capaz de atravessar o filtro de cádmio tem possibilidade de atravessar o tecido mole, daí o nome de dose moderadamente profunda.

C) Filtro de cobre

Este filtro é destinado para medida da energia efetiva recebida pelos filmes. Esta possibilidade restringe-se à faixa de energia em que ocorre com maior probabilidade o efeito fotoelétrico.

D) Janela aberta

Aos enegrecimentos obtidos sob a janela é atribuído o valor da dose superficial. A dose apresentada sob este filtro fornece então a dose nas primeiras camadas da pele.

E) Filtro de plástico

A dose no cristalino dos olhos é proporcional ao enegrecimento obtido sob o filtro de plástico.

3- PARTE EXPERIMENTAL

O estudo foi feito de acordo com a norma "International Standard" ISO 4071⁽⁴⁾ para analisar o efeito da resposta do dosímetro fotográfico em relação à direção de incidência do feixe de radiação. Além das direções e número de dosímetros escolhidos por esta norma, houve necessidade de se fazer irradiações em outros ângulos, para melhor precisão na interpretação dos resultados.

Foram utilizados os filmes Agfa Gevaert (modelos Strutturix D₂ e D₁₀); tais modelos são respectivamente de baixa e alta sensibilidade, onde um filme é 64 vezes mais sensível que o outro⁽⁵⁾.

Os filmes utilizados neste trabalho são constituídos de duas películas com sensibilidades diferentes. Estas películas são embaladas juntas, e as respostas de ambas cobrem um intervalo de exposição de cerca de 5 µC/kg a 300 mC/kg, isto é, a película de maior sensibilidade mede exposições a partir de cerca de 5 µC/kg até 3 mC/kg de radiação gama do ⁶⁰Co, e a de menor sensibilidade mede exposições de cerca de 0,5 mC/kg até 3 mC/kg.

Para este estudo foram utilizados três porta-dosímetros do serviço de monitoração individual do IPEN.

Os materiais para revelação dos filmes foram: revelador Strutturix G 127 C da Agfa Gevaert, paralizador preparado no IPEN com solução de 28% de ácido acético glacial, e fixador Strutturix G 321 da Agfa Gevaert.

Para leitura dos filmes usou-se um densitômetro Macbeth-Ansco (modelo TD 504). Este densitômetro mede a densidade óptica dos filmes no intervalo de 0,00 a 5,00, com um diâmetro de superfície de iluminação de 2mm, e uma precisão no intervalo de densidade óptica de ± 0,02.

Foi utilizado um suporte especial para permitir que o dosímetro, que foi rodado em relação ao eixo do feixe de incidência da radiação gama (⁶⁰Co) em ângulos de 0°, 30°, 45°, 60°, 75° e 90°, permanecesse sempre à mesma distância de 2m em relação à fonte. O ângulo de 0° significa uma radiação frontal.

4- RESULTADOS E CONCLUSÕES

Foram feitas duas séries de irradiações, rodando o dosímetro em torno do centro geométrico de sua parte frontal nos ângulos já citados. Do mesmo modo foi irradiada a parte posterior do dosímetro. Estas séries de irradiações foram feitas isoladamente para três dosímetros distintos.

Ao revelar os filmes e medir as densidades ópticas, observou-se que as

medidas feitas, quando a parte posterior do dosímetro esteve voltada para a fonte de ^{60}Co , eram maiores daquelas medidas, quando foi exposta a parte frontal. Por isso outros experimentos foram realizados, seguindo sempre o mesmo processo inicial.

A princípio notou-se que tal variação poderia ser causada pela variação da espessura do plástico do porta-dosímetro, mas depois dos experimentos subsequentes, verificou-se que as medidas da densidade óptica sob o filtro de plástico foram obtidas novamente, mostrando assim, a boa qualidade dos porta-dosímetros utilizados no IPEN.

Esta diferença deve-se à presença da película de alto alcance que fica sob a película de baixo alcance, quando a parte posterior do dosímetro é irradiada.

Fez-se então uma média entre as densidades medidas em cada filtro para os três dosímetros, e os resultados estão expressos nas Fig. 1,2,3,4,5.

A fim de se obter valores quantitativos, estimados para o erro aleatório, devido à dependência angular, foram observadas respostas em cada ângulo de incidência, e constatou-se no intervalo de 0 a 60° uma diferença de apenas 11%, portanto, perfeitamente dentro dos erros experimentais em questão.

Quando o ângulo de incidência é aumentado de 60 a 90°, a sensibilidade cai, como pode ser visto nos gráficos. Isto é explicado pelo fato de que a distância percorrida pela radiação dentro do filtro, aumenta fortemente com o aumento do ângulo de incidência, pois a espessura do filtro no caminho da radiação é aumentada.

Pode-se concluir que o dosímetro é praticamente independente com o ângulo de incidência de radiação gama (^{60}Co) de 0 a 60°.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- SANCHES, M.P. Informações gerais sobre dosimetria fotográfica. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 1986. (Documento interno do IPEN).
- 2- VALDEZCO, E.M.; MARASIGAN, C.J. Inherent and non-inherent sources of error in film badge dosimetry. Philippine Atomic Energy Commission, 1976.
- 3- DUDLEY, R.A. Dosimetry with photographic emulsions. In: ATTIX, F.H.; ROESCH, W.C. ed. Radiation dosimetry. 2. ed., New York, Academic, 1966. v.2, cap. 15, p. 325-387.
- 4- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Exposure meter and dosimeters-general methods for testing. 4 ed., 1978. (ISO-4071).
- 5- AGFA-GEVAERT. Personal monitoring film 2/10. Belgium, Aug. 1966. (Technical information).

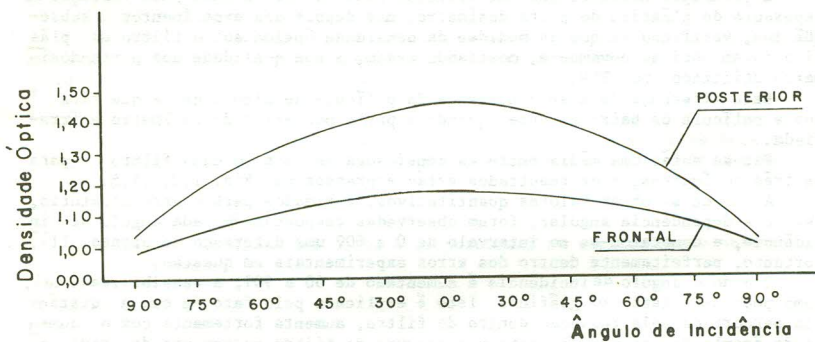


Fig. 1 Dependência Angular para filtro de Cádmio

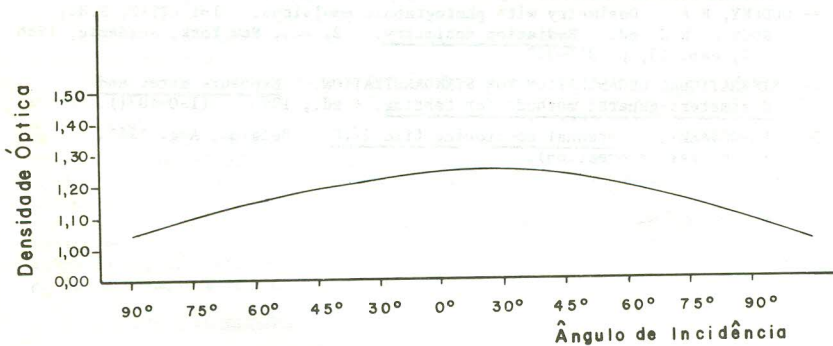


Fig. 2 Dependência Angular para Janela aberta

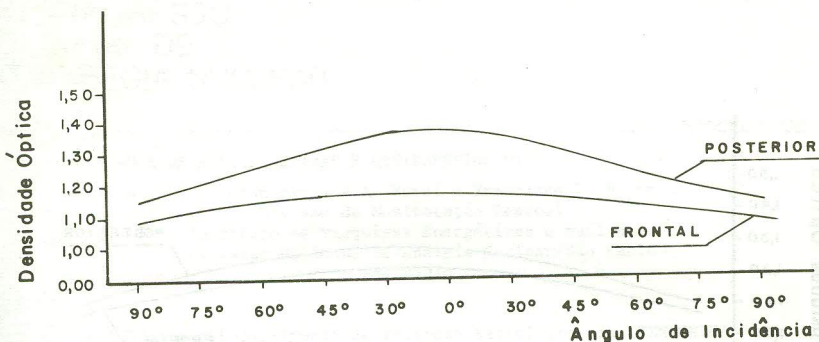


Fig. 3 Dependência Angular para filtro de Cobre

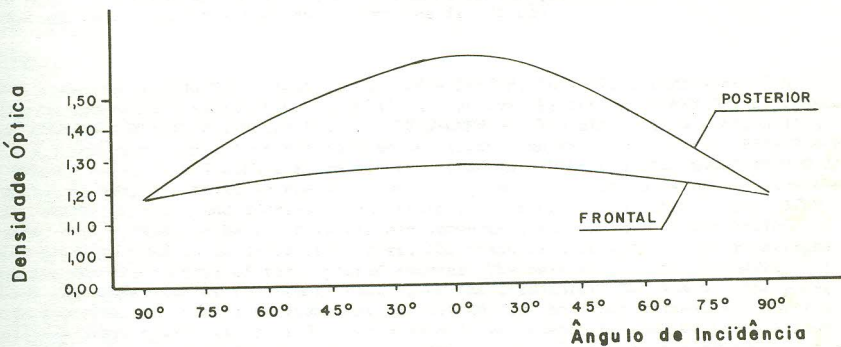


Fig. 4 Dependência Angular para filtro de Chumbo

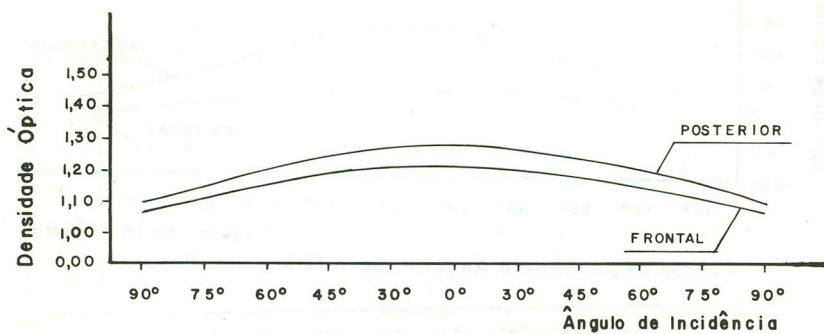


Fig.5 Dependência Angular para filtro de plástico