

OTIMIZAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE IRRADIAÇÃO GAMA PARA TAXAS DE DOSE MUITO BAIXAS

Barbara M. Rzyski*, Ana Maria S. Galante, Rosemeire E. da Silva, Elizabeth Somessari,
Carlos G. da Silveira, Ricardo N. Carvalho e José M. Vieira

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP (TEP)
Caixa Postal 11049
05422-970, São Paulo, Brasil
* bmrzyski@net.ipen.br

RESUMO

Muitas pesquisas, principalmente as ligadas à medicina e biologia, às vezes requerem irradiações com taxas de dose baixas. Fontes com atividade acima de $3,7 \times 10^{13}$ Bq, mesmo que se mantenha as amostras em geometria de feixe colimado e em distâncias apreciáveis, não comportam irradiações com taxas de dose baixas senão com modificações da unidade. Uma fonte panorâmica de ^{60}Co , com $8,51 \times 10^{13}$ Bq, foi adaptada para permitir irradiações com taxas de dose entre 0.5 e 1 Gy/min e doses entre 0.2 e 100 Gy. Neste caso específico, evidencia-se alguns aspectos importantes que permitem oferecer ao usuário, um padrão dosimétrico adequado. Entre estes aspectos o de considerar a dose acumulada durante o posicionamento da fonte, a rotação da amostra e os erros nos limites inferiores do intervalo requerido de doses.

I. INTRODUÇÃO

Embora poucos sistemas dosimétricos usados em medidas rotineiras possuam as características ideais para diferentes intervalos de dose, os que podem ser adquiridos no comércio e que permitem medir doses baixas, entre 0.1 e 100 Gy, resultam em valores de dose com desvios muito baixos. Entre eles pode-se citar os filmes radiocrômicos, cujos corantes são suficientemente sensíveis a esses intervalos de dose. Para o controle de qualidade das irradiações os dosímetros químicos e padrões secundários como a solução de Fricke⁽¹⁾ são recomendados.

O primeiro desafio encontrado na adaptação do sistema de irradiação, foi o de reduzir a taxa de dose a níveis pelo menos três vezes mais baixos. Este aspecto foi contornado com o uso de uma blindagem ao redor da fonte.

O item seguinte foi o de mapear e encontrar, numa área de 2.25 m², uma região que pudesse resultar em taxas de dose entre 0.5 e 1 Gy/min.

Finalmente, por tratar-se de materiais muito sensíveis e que vinham sendo irradiados de uma forma geometricamente mais homogênea - na fonte Gammacell 220, foi adaptado um dispositivo que permite girar as amostras ao redor de seu eixo principal, durante o tempo de irradiação. Na Gammacel a amostra desce até o centro de um cilindro onde se localizam as fontes, que estão

diametralmente opostas. A rotação das amostras permite que o valor da razão entre as doses, em diferentes pontos do material e por causa da uniformidade, seja a mais próximo da unidade. Em amostras biológicas com dimensões pequenas, por exemplo até 10 cm³, em que a densidade é aproximadamente 1 g/cm³, a preocupação com a rotação pode parecer um pouco exagerada mas deve ser aplicada para garantir um resultado dosimétrico mais preciso.

Este trabalho discute os aspectos de adaptação citados como, a blindagem da fonte, demarcação da melhor região de irradiação, rotação das amostras e também o limite mínimo de dose possível de ser alcançado em dispositivos de irradiação como o da instalação em questão.

II. ARRANJO EXPERIMENTAL

Fonte de irradiação. A fonte de ^{60}Co está montada num arranjo panorâmico em um compartimento de ~6 m², com uma área útil para irradiação de materiais de 2.25 m². A geometria do local permite irradiar amostras dispostas em círculos com raios entre 10 e 60 cm. A fonte, do tipo lápis, com 20 cm de altura está acoplada a um mecanismo de exposição e recolhimento para a blindagem, que fica na

parte central sob a área de irradiação. No eixo de movimento da fonte existe um cano guia dentro do qual a fonte corre e se posiciona para a situação de irradiação. Na região dessa área considerada frontal, o cano guia é vazado e neste caso as taxas de dose são mais altas que na região considerada como posterior. A Figura 1 mostra um corte do cano guia e a posição relativa da fonte e a Figura 2 a fonte em posição de irradiação.

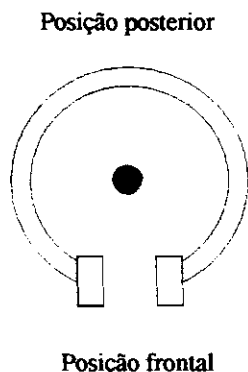


Figura 1. Corte do guia da fonte de ^{60}Co .

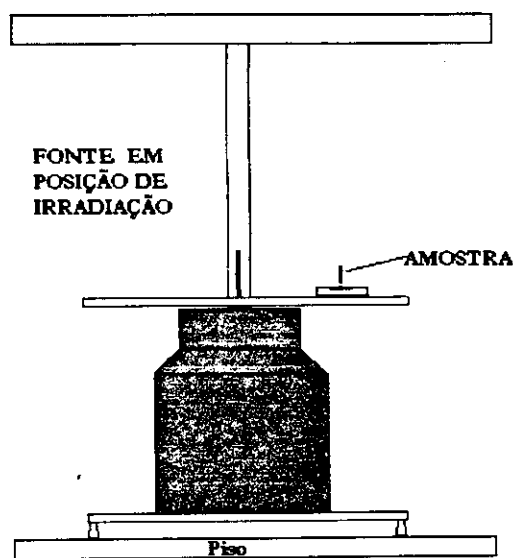


Figura 2. Fonte de ^{60}Co em posição de irradiação.

III. MÉTODOS E MAPEAMENTO DA DOSE

Blindagem. Para reduzir a intensidade da radiação em toda a área de irradiação, foram usadas duas meias canas cilíndricas de chumbo com 25 cm de altura, de forma que o cano guia fosse totalmente envolvido. A espessura da parede de chumbo foi calculada em função do fator de atenuação e "build up". Para este cálculo foi usado um programa de computação denominado Microshield 3.01⁽²⁾ o que resultou numa espessura ideal para o caso a de 2 cm.

Este programa foi desenvolvido numa universidade americana, podendo ser usado no programa DOS, e permite calcular a dose, no ar, em diferentes situações de formato de fonte e arranjo de irradiação, com ou sem interposição de blindagens.

Mapeamento da dose. A dose foi mapeada na área de irradiação na posição correspondente à metade da altura da fonte isto é a 10 cm do tampo da mesa. Foram usados dosímetros Fricke que permitiram a determinação da taxa de dose em vários pontos da área.

A melhor região foi encontrada na parte posterior do arranjo, entre 35 e 45 cm de distância do cano guia. Neste caso pode-se atingir taxas de dose entre 0,5 e 1 Gy/min. A dose acumulada durante a subida e descida da fonte foi determinada através de dosímetros termoluminescentes, sensíveis a doses e taxas de dose muito baixas. Para esta finalidade foram usadas pastilhas de sulfato de cálcio impurificado com disprósio (faixa de dose entre 10^{-1} a 5×10^6 Gy e taxa de dose $< 10^9$ Gy/s) e pastilhas de fluoreto de lítio (faixa de dose entre 10^{-5} a 10^5 Gy e taxa de dose $< 10^1$ Gy/s).

Dosimetria de rotina. O acompanhamento das irradiações rotineiras é feito com filmes radiocrômicos que permitem determinar a dose num intervalo de 0,1 a 30 Gy. Neste caso particular é usado o filme MD-55 da ISP Technology, e a avaliação da dose é feita por diferença da absorvância, antes e após a irradiação.

Equipamentos usados. Para o mapeamento da dose em que foram usadas soluções de Fricke e para a dosimetria de rotina com filmes radiocrômicos, foi usado um espectrofotômetro, marca Pharmacia. A região óptica de leitura dos dois tipos de materiais está entre 500 e 650 nm.

Rotação do material a ser irradiado. Para que haja uniformidade de distribuição de dose, em todo o volume do material irradiado, foi usado um dispositivo mecânico-elétrico que possui uma plataforma que gira em torno de seu eixo central, podendo-se controlar as rotações entre 1 e 100 por minuto. A quantidade de rotações é fixada em função do tempo de irradiação e do tamanho da amostra.

Avaliação da dose durante o posicionamento da fonte. A fonte que está sendo usada, tem um tempo de subida até a posição de irradiação e de descida até a blindagem. Neste intervalo de tempo a amostra que já se encontra posicionada é submetida à ação da radiação. Na situação deste trabalho, em que as doses requeridas são muito baixas, chegam por exemplo a um mínimo de 0,1 Gy, é muito importante levar em conta estes parâmetros.

Para determinar o tempo de posicionamento e recolhimento da fonte, foram feitos inúmeros testes, tendo-se obtido um valor de 12,7 s no total, entre subida e descida, neste dispositivo em particular.

Na situação em que as taxas de dose são tão baixas, a única forma de determinar a dose acumulada no

espaço de tempo que corresponde ao movimento da fonte. é com dosímetros termoluminescentes de sulfato de cálcio ou de fluoreto de lítio. Foi encontrado um valor de 0,189 Gy na posição fixada para a irradiação dos materiais biológicos. Este valor é periodicamente corrigido em função do decaimento da fonte. Nestas condições o material não pôde ser irradiado com a dose requerida de 0,1 Gy. Inicia-se portanto irradiações à partir da dose que no dia corresponde àquela de posicionamento da fonte. Assim, desconta-se a dose de posicionamento da fonte e deixa-se o tempo necessário para completar o valor de dose requerido pelo usuário.

A Figura 3 mostra a situação de acúmulo de dose durante a irradiação de amostras em dispositivos móveis como o usado no presente trabalho.

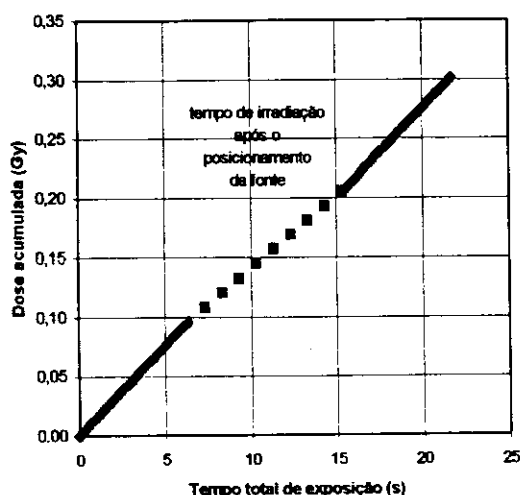


Figura 3. Dose acumulada em dispositivos móveis de irradiação.

IV. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho podem ser considerados adequados às exigências dos usuários da fonte. Por tratar-se de dispositivo que é usado grande parte do tempo em irradiações de longa duração com as taxas de dose em situações em que não existe blindagem adicional a não ser a do cano guia, a dose acumulada durante o posicionamento e recolhimento da fonte não é levado em conta porque representa menos de 0,1% de variação do valor da dose requerida.

Para explicar tal situação pode-se comparar o erro cometido em irradiações de curta duração e os de longa duração para a situação em questão, em que as taxas de dose estão entre 0,5 e 1 Gy/min.

Numa instalação como a do presente trabalho, o tempo de irradiação é calculado à partir do valor da dose requerido pelo usuário em função da taxa de dose na situação de fonte exposta (posicionada). Supondo que o

usuário deseje que seu material seja irradiado com uma dose de 0,2 Gy. Se a taxa de dose é 0,65 Gy/min, o tempo de irradiação da amostra, neste caso, é de:

$$0,2 \text{ Gy} / (0,65 \text{ Gy/min}) = 0,31 \text{ min} = 18,5 \text{ s}$$

Mas se a dose acumulada durante o movimento de subida e descida da fonte é de 0,189 Gy a contagem do tempo de irradiação deve ser determinado descontando-se da dose requerida, o valor da dose acumulada durante o posicionamento. Portanto, após o posicionamento da fonte dever-se-á irradiar apenas 1s. Porque se o tempo fosse contado somente à partir do posicionamento da fonte, abstraindo-se os erros cometidos, o material receberia os 0,2 Gy em questão mais 0,189 Gy. Portanto a dose total acumulada pelo material seria de:

$$0,2 \text{ Gy} + 0,189 \text{ Gy} = 0,389 \text{ Gy}$$

A qualidade da irradiação fica comprometida pois o desvio é de aproximadamente + 48,5%. Neste caso, para materiais biológicos o valor é muito significativo.

Fazendo-se o mesmo raciocínio para uma dose de 10 Gy, em que o tempo de irradiação é de 15 min e 23 s, a dose acumulada é de :

$$10 \text{ Gy} + 0,1887 \text{ Gy} = 10,189 \text{ Gy}$$

e o desvio neste caso de + 1,8%. E, para 100 Gy este valor seria de + 0,019%.

Portanto todas as irradiações, principalmente aquelas em que as doses requeridas são muito baixas, deve-se calcular o tempo de exposição do material descontando-se a dose acumulada pelo movimento da fonte.

V. CONCLUSÕES

Em situações em que os usuários façam uso de fontes com dispositivos que posicionem o material, como na Gammacell, ou que posicionem a fonte, como no presente caso, deve-se verificar o valor da dose acumulada no processo em questão e se esta dose tem alguma influência no material que será irradiado.

Nos casos em que a dose requerida está muito próximo do limite mínimo (dose acumulada no processo de posicionamento da fonte) alcançável pela instalação, aconselha-se usar sistemas onde a radiação começa a agir sobre a amostra pela abertura de um "shutter" no dispositivo de irradiação, ou seja uma janela que se abre e fecha instantaneamente, como ocorre nas fontes usadas em hospitais.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

CNPq , pelo apoio financeiro ao presente trabalho ligado ao projeto de pesquisa "Dosimetria de materiais irradiados".

REFERÊNCIAS

- [1] Fricke, H., Hart, E.J. **Chemical Dosimetry**, In : Radiation Dosimetry, V.II, Chapter 12, F.H.Attix and W.C.Roesch Editors, 1966.
- [2] Negin, C., Fricke, V., Owrutsky. **Microshield Programme 3.01**, Rockville, MD, USA. S. C.J. Enterprises - #029 , 1987.

ABSTRACT

Many researches, mainly those linked to medicine and biology, sometimes require low dose rates irradiations. Sources with activity above 3.7×10^{13} Bq, even if the geometry in colimated beam is maintained as well an enough distance, do not tolerate irradiations without modifications of the device. A ^{60}Co panoramic source, with 8.51×10^{13} Bq, was adapted to allow irradiations between 0.2 and 100 Gy with dose rates in the 0.5 and 1 Gy/min range. In this specific case, some important aspects that allow to offer to the user an adequate dosimetric standard are shown. Between this aspects are those that consider the accumulated dose during the positioning of the source, the rotation of the sample and the errors in the lower limits of the required dose range.