

Uma Proposta para o Cálculo da Blindagem da Porta e da Parede Externa do Labirinto da Sala de Radioterapia Médica

P. S. Pedrosa* e S. Gavazza**

Departamento das Ciências Fundamentais, Radiação e Meio Ambiente, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ

(**) Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CETEC), Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, RJ

gavazza@ugf.br

L. F. Bellido

(*) Instituto de Engenharia Nuclear, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, RJ

pedrosa@ien.gov.br lbellido@cnen.gov.br

Recebido em 27 de Novembro, 2003. Versão revisada aceita para publicação em 02 de Abril, 2004

Nos cálculos de blindagem de instalações de radioterapia, o NCRP 49 ainda é largamente utilizado, porém é insuficiente quando se trata de labirintos. Este trabalho, através de cálculos simples, pretende apresentar uma proposta para preencher esta lacuna.

The NCRP 49 report is widely used in evaluating the structural shielding of radiotherapy installations, even though it is deficient regarding mazes. This work proposes a method that entails using a simple calculation in order to fulfill that lack.

1 Introdução

Ainda hoje, o cálculo de blindagens de salas de radioterapia é executado com o auxílio do NCRP 49⁽¹⁾. Este cálculo é satisfatório para as blindagens convencionais onde tem-se geradores de raios X com tensões de até 10MV. De 4MV até 10MV, devido às altas energias envolvidas e no caso da instalação ter dimensões relativamente pequenas, faz-se necessário a construção de um labirinto para reduzir a blindagem da porta de acesso. Do contrário, esta porta de acesso teria uma espessura de blindagem tal que seria muito difícil a sua movimentação manual, devido ao peso. A NCRP 49 é vaga sobre este assunto e, portanto, este trabalho visa propor um método para o cálculo da blindagem da porta e da parede externa do labirinto de instalações de radioterapia médica.

2 A blindagem da porta

Para este cálculo, além do NCRP 49, este trabalho considera também a Nota Técnica⁽²⁾ de R. C. Falcão e E. Okuno. Calcula-se, primeiramente, as radiações na porta (Figura 1), que são a taxa de dose relativa à fuga do gerador de raios X (\dot{D}_{fuga}) e a taxa de dose relativa ao espalhamento no paciente até a entrada do labirinto e até a porta (\dot{D}_{esp}). Depois, calcula-se a espessura da porta que reduzirá a soma das

contribuições das radiações a um nível limite.

Segundo Falcão e Okuno, a taxa de dose de fuga \dot{D}_{fuga} (Sv.sem⁻¹) a uma distância d (m) da fonte é dada por

$$\dot{D}_{fuga} = \frac{W\ell UT}{d^2} \quad (1)$$

onde W é a carga de trabalho em Gy.sem⁻¹, a um metro da fonte de radiação, e ℓ é a fração de fuga de radiação do cabeçote gerador de raios X. O fator U é a fração do tempo durante o qual a radiação considerada é direcionada para uma barreira em particular. T é o fator de ocupação, característico da área em consideração.

Para a radiação espalhada, a taxa de dose semanal \dot{D}_{esp} (Sv.sem⁻¹) é dada por

$$\dot{D}_{esp} = \frac{WaUTF}{d_{sec}^2 d_{esp}^2 400} \quad (2)$$

onde W , U e T foram definidos anteriormente, a é a razão entre a exposição espalhada e a incidente, como definido na Tabela B-2 da NCRP 49, e F é a área de campo irradiada no paciente em cm². O número 400, no denominador, é o valor máximo da área de campo irradiada de 20 cm x 20 cm, d_{esp} (m) é a distância da fonte ao ponto de espalhamento na entrada do labirinto e d_{sec} (m) é a distância do ponto de

espalhamento à porta do labirinto.

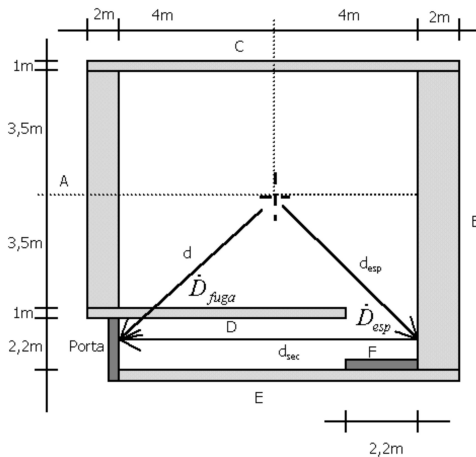


Figura 1. Uma sala de tratamento de radioterapia típica e as respectivas radiações na porta do labirinto.

Após cálculo das taxas de dose, a Figura 2 elucida o cálculo da blindagem da porta. Supondo que a taxa de dose de fuga (\dot{D}_{fuga}) é gerada por um gerador de raios X de uma determinada tensão de operação e que a taxa da dose espalhada (\dot{D}_{esp}) é como se fosse fornecida por um gerador de raios X de 0,5MV (NCRP 51⁽³⁾) de tensão de operação, tem-se

$$\frac{\dot{D}_{fuga}}{10^{n1}} + \frac{\dot{D}_{esp}}{10^{n2}} \leq \dot{D}_{final} \quad (3)$$

$$n1 = \frac{x}{TVL_V}$$

$$n2 = \frac{x}{TVL_{0,5MV}}$$

onde, \dot{D}_{final} é o limite de dose equivalente efetiva semanal, TVL_V é a camada decredutora de um material de blindagem para a tensão de operação do gerador de raio X em questão e $TVL_{0,5MV}$ é a camada decredutora do mesmo material de blindagem para um gerador de raios X de 0,5MV de tensão de operação. No caso da porta, o material mais comumente usado é o chumbo.

Como deseja-se obter a espessura de blindagem x da porta, dever-se-ia explicitar a equação 3 em função de x , o que não é possível. Assim, a equação 3 é resolvida de modo iterativo.

Por motivos de segurança radiológica, x deve ter um valor tal que o resultado da inequação deverá ser menor ou igual ao limite de dose equivalente efetiva semanal (\dot{D}_{final}).

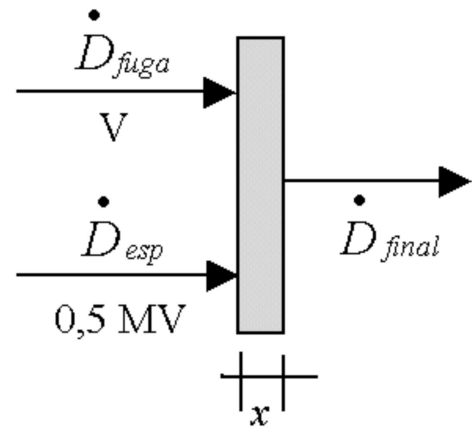


Figura 2. As radiações incidindo na porta do labirinto.

3 A blindagem da parede externa (E) do labirinto

Como pode-se ver pela Figura 3, o mesmo raciocínio anterior se aplica a este caso. As únicas diferenças são referentes às distâncias e ao material de blindagem que normalmente é concreto.

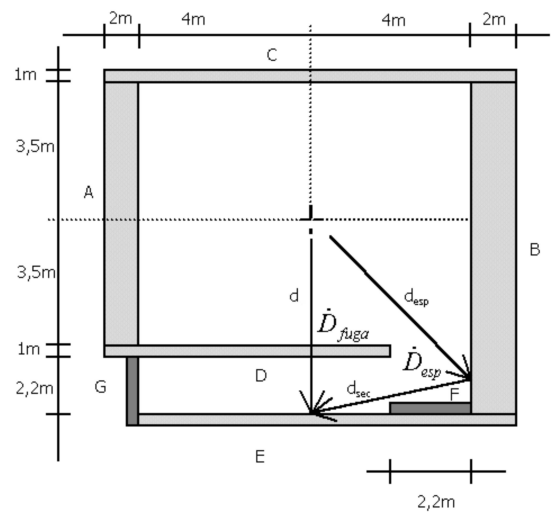


Figura 3. Uma sala de tratamento de radioterapia típica e as respectivas radiações na parede externa ao labirinto.

4 Exemplo de cálculo

Normalmente, os geradores de raios X para radioterapia são construídos e instalados de modo que as paredes A, B, o teto e o chão possam receber o feixe principal; portanto, constituirão as barreiras primárias. As paredes C e D proporcionarão as barreiras secundárias. Estas barreiras serão calculadas pelos métodos convencionais dados pela

recomendação NCRP 49. Nestes cálculos ignora-se o labirinto.

Uma blindagem extra, F, é adicionada à parede E do labirinto para compensar a abertura existente na parede D. Seu cálculo é dado pela NCRP 49 como se fosse uma continuação da parede D. Embora não seja obrigatório, recomenda-se que o material do segmento F seja chumbo para não comprometer a largura do corredor do labirinto. Seu valor aproximado de espessura de blindagem é de 162 mm em chumbo, para o caso do exemplo discutido a seguir.

Na porta

De modo a calcular as radiações que chegam à porta do labirinto, as equações 1 e 2 serão usadas. Suponha um gerador de raios X de 6 MV de tensão de operação com uma carga de trabalho semanal de 1000 Gy.sem⁻¹ e uma fração de fuga de radiação de 0,1%. Para a porta supõe-se, de modo conservativo, um fator de uso (*U*) igual à 1 e um fator de ocupação (*T*) igual à 1. Substituindo-se estes valores na equação 1 e supondo não haver a parede D, a taxa de dose semanal (Sv.sem⁻¹) será

$$\dot{D}_{fuga} = \frac{1}{d^2} \quad (4)$$

Na presença da parede D, que proporciona uma atenuação equivalente à 10^{*n*}, onde *n* é o número de camadas deciredutoras (*TVLs*) do material constituinte da parede D, a equação 4 torna-se

$$\dot{D}_{fuga} = \frac{1}{d^2 10^n} \quad (5)$$

Para simplificar o cálculo da dose devida à radiação espalhada, assume-se o pior caso no qual o cabeçote do gerador de raios X emite o feixe principal, todo o tempo, na direção da parede B. Assume-se, também, que o gerador trabalha, todo o tempo, com um tamanho de área de campo irradiado de 400 cm². Substituindo os valores na equação 2, tem-se

$$\dot{D}_{esp} = \frac{1000a}{d_{sec}^2 d_{esp}^2} \quad (6)$$

Para as dimensões da sala e do labirinto da Figura 1, tem-se que na equação 5 o valor de *d* (distância entre a fonte de radiação e a porta) é 6,9 m e o número de *TVLs* que constitui a parede D de 1,0 m de espessura é 3, já que a camada deciredutora em concreto para 6 MV é 345 mm (Tabela 1). Tem-se então que

$$\dot{D}_{fuga} = 2,1 \times 10^{-5} \text{ Sv.sem}^{-1}$$

Para a radiação espalhada, o ângulo de espalhamento no paciente deve ser em torno de 60° para que haja radiação penetrando a entrada do labirinto. Neste caso *a* = 0,0011 (Tabela B-2 da NCRP 49), *d_{esp}* = 6,9 m e *d_{sec}* = 8,0 m. Tem-se, pela equação 6,

$$\dot{D}_{esp} = 3,6 \times 10^{-4} \text{ Sv.sem}^{-1}$$

De posse dos valores anteriores, considerando-se os dados de camada deciredutora da Tabela 1 para o chumbo (material da porta) e supondo-se uma dose equivalente limite na porta (*D_{final}*) igual a 2x10⁵ Sv.sem⁻¹ (área livre), calcula-se a espessura da porta do labirinto pela equação 3, tendo como resultado

$$x = 18,5 \text{ mm.}$$

Tabela 1 – Camadas deciredutoras.

MATERIAL	<i>TVL_{6MV}</i> (mm)	<i>TVL_{0,5MV}</i> (mm)
Concreto	345	117
Chumbo	56	11.9

Fonte: Tabela 27 da NCRP 49.

Na parede (E)

O cálculo da espessura da parede E é feito de forma idêntica ao cálculo da espessura da porta. A Fig. 3 fornece os seguintes dados: *d* = 6,7 m, *d_{esp}* = 6,9 m e *d_{sec}* = 4,1 m. O material empregado é o concreto.

Estes valores, pelas equações 5 e 6, resultam nas seguintes taxas de dose:

$$\dot{D}_{fuga} = 2,2 \times 10^{-5} \text{ Sv.sem}^{-1}$$

$$\dot{D}_{esp} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ Sv.sem}^{-1}$$

Que resultará, pela equação 3, em

$$x = 233 \text{ mm.}$$

5 Conclusão

O método proposto é composto de conceitos e cálculos simples, facilitando bastante o cálculo da blindagem de salas de radioterapia médica com geradores de raios X. Mostrou-se, também, que a construção de labirintos neste tipo de instalação, onde radiações de altas energias são geradas, é de grande importância para a determinação da espessura da porta de acesso, pois se a blindagem extra F, mencionada anteriormente, for considerada como porta de acesso à sala de radioterapia, esta teria a espessura aproximada de 162 mm, enquanto que a espessura da porta do labirinto será de 18,5 mm, ou seja, quase dez vezes menor.

Referências

- [1] National Council on Radiation Protection and Measurements, *Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV*, NCRP Report 49 (Bethesda, MD: NCRP) (1976).
- [2] R. C. Falcão and E. Okuno, *On a Method of Dose Rate Calculation at the Maze Entrance of Medical Linear Accelerator Rooms*, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 86, No. 3, pp. 225-227 (1999), Nuclear Technology Publishing.
- [3] National Council on Radiation Protection and Measurements, *Radiation Protection Design Guidelines for 0.1 – 100 MeV particle accelerator facilities*, NCRP Report 51 (Bethesda, MD: NCRP) (1979).