



International Joint Conference Radio 2019

Determinação dos fatores de transmissão para fótons em blindagens multilaminadas utilizando 4 materiais

Silva¹ J. V. M., Cardoso² D. O., Gavazza³ S., Medeiros⁴ M. P. C., Gomes⁵ R. G., Morales⁶ R. K., Fonseca⁷ C. J., Silva⁸ M. M

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8} Engenharia Nuclear

Instituto Militar de Engenharia

Praça General Tibúrcio, 80, 22290-270, Urca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

¹engjoavitor@ime.eb.br; ²domingos.oliveiralvr71@gmail.com;

³sergiogavazza@yahoo.com.br; ⁴eng.cavaliere@ime.eb.br; ⁵ggrprojetos@gmail.com;

⁶d7karam@ime.eb.br; ⁷cjfonseca16@gmail.com; ⁸marcio.magalhaes.br@gmail.com

1. Introdução

Atualmente, mesmo com todo o avanço tecnológico, ainda não se identificou a determinação precisa dos fatores de *buildup*, sendo recorrente a necessidade de comparações entre modelos analíticos lineares e não-lineares. Ao invés de métodos computacionais precisos, o método que se baseia no uso de fatores de *buildup* continua a desempenhar um dos papéis mais importantes no estudo de blindagem, pois otimizar a configuração de um arranjo de blindagem permite a atenuação dos fótons com redução do peso e do custo, portanto, o presente trabalho visa identificar a melhor disposição de materiais em uma blindagem multilaminada e, para isso, determinam-se os Fatores de Transmissão (FT), parâmetro utilizado para comparação no que diz respeito a eficiência de um material de blindagem, para fótons, em blindagens multilaminadas com 4 camadas de diferentes materiais, através de métodos analíticos. As espessuras e materiais considerados são: 1,00cm de concreto ordinário, 1,00cm de alumínio, 1,00cm de ferro e 1,00cm de chumbo. Sendo 4 materiais, as camadas foram combinadas em 24 arranjos sequenciais. Considerou-se uma fonte pontual e isotrópica emitindo fótons monoenergéticos de 0,661657 MeV, nas interações com os materiais.

2. Metodologia

Inicialmente, determina-se, para cada material, por interpolação de energias, os seus respectivos coeficientes de atenuação linear (μ), em cm^{-1} . De posse desses coeficientes, das espessuras e da energia, calculou-se a porcentagem de atenuação de cada arranjo. Em seguida, foram calculados os fatores de *buildup* das lâminas individuais dos 4 materiais, para meio infinito, através da Equação 2, a Fórmula de Taylor.

$$B_T(\mu x) = A_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot \mu \cdot x} + A_2 \cdot e^{-\alpha_2 \cdot \mu \cdot x} \quad (2.2)$$

Após isso, foram calculados os fatores de *buildup* das blindagens multilaminadas (B_B) utilizando um modelo linear, a Fórmula de Broder, apresentada na Equação 3, a qual foi expandida para 4 materiais.

$$B_B(\mu_1 \cdot x_1; \mu_2 \cdot x_2; \mu_3 \cdot x_3; \mu_4 \cdot x_4) = [B_1(l_1) + B_2(l_1 + l_2) + B_3(l_1 + l_2 + l_3) + B_4(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)] - [B_2(l_1) + B_3(l_1 + l_2) + B_4(l_1 + l_2 + l_3)] \quad (2.3)$$

Sabendo das atenuações exponenciais e dos fatores de *buildup* de cada arranjo multilaminado, determina-se através da Equação 4, lei de atenuação exponencial para situação de má geometria, as intensidades de radiação, isto é, quaisquer grandezas radiológicas, com blindagem (I).

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} \cdot B(\mu, x) \quad (2.4)$$

Sendo I_0 a intensidade de radiação sem blindagem, os FTs foram determinados pela relação I/I_0 .

3. Resultados

Uma vez que são 24 fatores de transmissão, a Tabela 1 apresenta, apenas, os valores para o melhor e para o pior caso, respectivamente, menor e maior FT.

Os resultados demonstram que, quando os materiais estão dispostos do mais leve para o mais pesado, obtém-se o menor FT e, quando os materiais estão dispostos do mais pesado para o mais leve, obtém-se o maior FT. Há de se levar em consideração que os resultados apresentados, possivelmente, tiveram um percentual de desvio quanto a realidade, uma vez que os fatores de *buildup* empregados são para meio infinito, portanto, necessitando correção. Destaca-se que tais fatores não foram corrigidos devido ausência das curvas de correção do alumínio na literatura. Com relação à identificação da melhor disposição de materiais na blindagem, no que tange a eficiência de atenuação dos arranjos, encontrou-se a seguinte ordem, no sentido fonte-detector: concreto ordinário, alumínio, ferro e chumbo.

Tabela 1: Melhor e pior disposição de materiais, de acordo com seus FT.

Combinações	Arranjo		Atenuação Exponencial	BB	FT
6	Material 1	Chumbo	0,088892	2,985192	0,265360
	Material 2	Ferro			
	Material 3	Alumínio			
	Material 4	Concreto			
17	Material 1	Concreto	0,088892	2,603693	0,231448
	Material 2	Alumínio			
	Material 3	Ferro			
	Material 4	Chumbo			

4. Conclusões

A metodologia de cálculo apresentada pode ser aplicada em apoio a projetos básicos de blindagem, pois permite a identificação das melhores e das piores disposições de materiais em um arranjo multilaminado, facilitando, inclusive, a escolha de possíveis materiais componentes de um arranjo de blindagem. Esta metodologia permite calcular, também, através de uma rotina de cálculo pré-determinada, o FT aproximado e conservativo de um arranjo multilaminado, com uma baixa demanda de tempo.

5. Referências

1. A. B. Chilton et al., “*Principles of radiation shielding*”, Editora: Prentice-Hall, EUA, 1984. ISBN 013709907X
2. A. Foderaro, “*The photon shielding manual*”, 2ª edition. University Park, April 1978.
3. Laraweb, “Nucléide - Lara on the web”. Disponível em: <<http://www.nucleide.org/Laraweb/index.php>>. Acesso em: 14/Jan/2019.
4. I. Kaplan, “*Física Nuclear*”, 2ª edição, editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1978.
5. L. Tauhata; P. A. I. Salati; R. Di Prinzio; A. R. Di Prinzio, “*Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos*”. Rio de Janeiro: Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), 10ª revisão, 2014.
6. R. G. Jaeger et al., “*Engineering Compendium on Radiation Shielding*”, Vol. 1, Springer-Verlag Berlin, 1968.
7. D. L. Broder et al., “*Atomnaja Energija*”, 12, p. 26-31, 1962.
8. Norma Cnen 3.0.1: “*Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica*”, Rio de Janeiro, RJ, aprovada pela resolução 164/14, março de 2014.