

UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO PARA O ESTUDO DE UMA CÂMARA DE IONIZAÇÃO DE EXTRAPOLAÇÃO EM UM FEIXE DE RADIODIAGNÓSTICO PADRÃO

U. P. Vedovato*, R. J. V. Silva*, L. P. Neves*, **, W. S. Santos*, **, W. Belinato***, L. V. E. Caldas** e A. P. Perini*

*Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia (INFIS/UFU), Caixa Postal 593, 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil

** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN-SP), 05508-000, São Paulo, SP, Brasil

***Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista, Zabelê, 45030-220, Vitória da Conquista, BA, Brasil
e-mail: ulypita@yahoo.com.br

Resumo: Neste trabalho, foi estudada a influência dos componentes de uma câmara de ionização de extrapolação na sua resposta. Este estudo foi realizado utilizando o código de Monte Carlo MCNP-4C, e a qualidade padrão de radiodiagnóstico para feixes diretos (RQR8). Usando o *tally* F6 e $2,1 \times 10^9$ histórias simuladas, os resultados mostraram que a configuração e o material da câmara de ionização não alteraram significativamente a energia depositada em seu volume sensível. O eletrodo coletor e a placa suporte foram os componentes com maior influência na resposta da câmara de ionização.

Palavras-chave: câmara de ionização, radiodiagnóstico, Simulação de Monte Carlo.

Abstract: In this work, we studied the influence of the components of an extrapolation ionization chamber on its response. This study was undertaken using the MCNP-4C Monte Carlo code, and the standard diagnostic radiology quality for direct beams (RQR8). Using tally F6 and $2,1 \times 10^9$ simulated histories, the results showed that the ion chamber design and material do not alter significantly the energy deposited in its sensitive volume. The collecting electrode and support board were the components with more influence on the chamber response.

Keywords: ionization chamber, diagnostic radiology, Monte Carlo Simulation.

Introdução

As câmaras de ionização são equipamentos com os quais é possível estudar os efeitos de diferentes doses de radiação ionizante. Elas podem ser usadas em várias aplicações como, por exemplo, em dosimetria de feixes de radiodiagnóstico.

Existem tipos diferentes de câmaras de ionização, que variam conforme a funcionalidade e a radiação que se pretende estudar [1]. Dentre esses, há as câmaras de extrapolação. Semelhante a qualquer câmara de

ionização, essas têm como princípio, a teoria de Bragg-Gray, segundo a qual, a energia que os átomos contidos dentro de um volume específico preenchido por um gás possui, se relaciona com a ionização deste gás [1].

Basicamente, as câmaras de extrapolação possuem um mecanismo em que duas placas paralelas estão dispostas de modo que, em seu interior, existe um volume de ar e dois eletrodos, um denominado eletrodo coletor e o outro, eletrodo de alta-tensão [1,2].

Existem câmaras de ionização nas quais o volume sensível pode variar pela movimentação das placas; outras permitem variar a separação entre os eletrodos e, ainda há aquelas em que ambas essas possibilidades se fazem presentes. Isso permite uma ampliação do uso destas câmaras de ionização, favorecendo estudos e pesquisas na área de dosimetria.

Os avanços na área da física estatística, e a ampliação do uso de metodologias, com o método de Monte Carlo, têm proporcionado relevantes auxílios em estudos relacionados à caracterização de novos detectores de radiação [2].

Neste contexto, o trabalho aqui realizado, consiste na avaliação de uma câmara de ionização de extrapolação em uma qualidade de radiação utilizada em radiodiagnóstico (RQR8), com o propósito de investigar, via simulação computacional, a influência dos componentes da câmara de ionização de extrapolação na sua resposta.

Materiais e métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada uma câmara de extrapolação cujas especificações técnicas estão descritas na Tabela 1 e uma fotografia é apresentada na Figura 1.

Tabela 1: Especificações técnicas da câmara de ionização de extrapolação caracterizada neste trabalho.

Componentes	Especificações
Material do eletrodo	Grafite
Espessura do eletrodo	3 mm
Diâmetro do eletrodo	30 mm
Material da janela de entrada	Mylar
Material da parede	PMMA
Material do volume sensível	Ar atmosférico
Material Isolante	PMMA



Figura 1: Fotografia da câmara de ionização de extrapolação caracterizada neste trabalho [3].

Para estudar esta câmara de ionização foi utilizado o código de Monte Carlo MCNP-4C. Este código foi desenvolvido e é mantido pelo Laboratório Nacional Los Alamos [4]. Ele consiste de um código multipropósito, que pode ser utilizado para simular o transporte de diferentes tipos de radiações.

Neste trabalho, este código foi utilizado para determinar a influência dos componentes da câmara de ionização na sua resposta. O espectro empregado nas simulações foi o feixe padrão de radiodiagnóstico RQR8. As características da qualidade de radiação RQR8 são: tensão no tubo de 100 kV, camada semirredutora de 3,97 mmAl e taxa de kerma no ar igual a $67,45 \pm 0,54$ [5].

Este espectro foi obtido experimentalmente, no Laboratório Padrão Primário da Alemanha *Physikalisch Technische Bundesanstalt* (PTB) [6]. O espectro foi adquirido em um equipamento de raios X da marca Yxlon, a uma distância de 100,0 cm do ponto focal do tubo de raios X, mesma distância utilizada nas simulações.

Neste trabalho, na simulação de Monte Carlo foi utilizado um *tally*. O *tally* representa o modo como as informações devido a corrente de partículas, o fluxo angular e a energia depositada, podem ser apresentadas [4, 7]. Para obter os resultados, de energia depositada no volume sensível da câmara de ionização, foi utilizado o *tally* F6. O número de histórias simuladas foi igual a $2,1 \times 10^9$.

Resultados

Para avaliar a influência dos componentes da câmara de ionização em sua resposta, primeiramente, foi feita a geometria da câmara de ionização, com o código MCNP-4C, como apresentado na Figura 2.

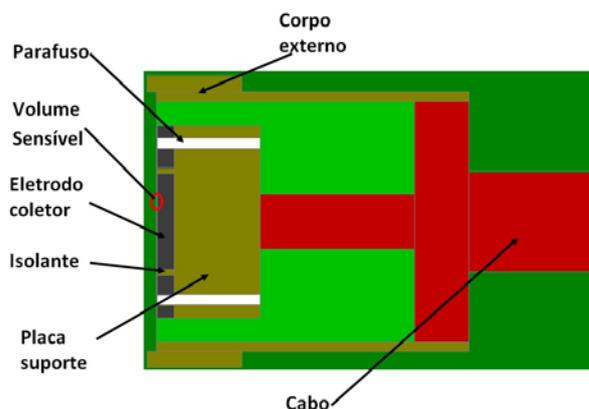


Figura 2: Câmara de extrapolação simulada com código MCNP-4C.

A influência dos componentes da câmara de ionização na sua resposta foi determinada como a razão entre a energia depositada no volume sensível, sem o componente em estudo, pela energia depositada, considerando a câmara de ionização completa. Para estudar a câmara de ionização sem o componente, o material, que constitui o componente em estudo, foi substituído por ar, o mesmo ar que rodeia a câmara de ionização.

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Influência dos componentes da câmara de ionização em seu volume sensível, considerando a qualidade de radiação RQR8.

Componente estudado	Razão entre as energias depositadas
Cabo	1,00
Eletrodo coletor	0,96
Corpo externo	0,99
Isolantes	1,00
Placa suporte	0,89
Parafusos	1,00

Discussão

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que o eletrodo coletor e a placa suporte apresentam a maior influência sobre a câmara de ionização. Estes componentes estão mais próximos ao volume sensível da câmara de ionização, e suas influências são maiores em relação aos demais componentes. Embora, os

isolantes também estejam próximos ao volume sensível, eles têm um tamanho pequeno e não tem influência na energia depositada no volume sensível da câmara de ionização.

Na literatura, também são apresentados alguns estudos com câmaras de ionização. No trabalho de Muir e Rogers [8], por exemplo, a influência do eletrodo coletor, feito de alumínio, foi de 50,0% para um feixe de raios X de 200 kVp. Comparando este resultado com o encontrado para a câmara de ionização em estudo, que apresenta eletrodo coletor de grafite, podemos perceber que a influência foi bem menor.

Os resultados indicaram, portanto, que a configuração e os materiais utilizados na construção da câmara de ionização de extrapolação, não alteraram de forma significativa a energia depositada no volume sensível da câmara de ionização.

Conclusão

Neste trabalho, uma câmara de ionização de extrapolação, com todas as dimensões, materiais e disposição geométrica conhecidas, foi simulada com o código de Monte Carlo MCNP-4C. Este código foi utilizado para estudar a influência dos componentes constituintes da câmara de ionização na sua resposta, utilizando o feixe de radiodiagnóstico padrão RQR8. Os resultados apontaram uma pequena influência dos componentes estudados sobre a resposta da câmara de ionização, e, além disso, ela apresenta várias vantagens: baixo custo, fácil montagem e robustez. Sendo assim, esta câmara de ionização de extrapolação pode ser utilizada para dosimetria de feixes de radiodiagnóstico, uma vez que sua configuração e materiais constituintes, não afetaram de forma significativa a sua resposta. Portanto, a principal contribuição deste trabalho foi ampliar o uso da câmara de extrapolação, utilizada para dosimetria de radiação beta, para ser também utilizada em dosimetria de feixes de radiação X.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro das seguintes agências: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Projeto nº. APQ-03049-15), CAPES (Projeto Pro-Estratégia no. 1999/2012), CNPq (Projetos no. 501857/2014-1 e 157593/2015-0) e INCT (Projeto INCT Metrologia das Radiações em Medicina).

Referências

[1] Dias SK. Desenvolvimento de uma câmara de extrapolação como instrumento de referência para dosimetria de radiação Beta [Tese de Doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1996.

[2] Neves LP, Silva EAB, Perini AP, Maidana NL, Caldas LVE. Characterization of na extrapolation chamber for low-energy X-rays: Experimental and Monte Carlo preliminary results. Applied radiation and Isotopes. 2012; 70: 1388-1391.

[3] Dias, SK e Caldas, LVE. Development of an extrapolation chamber for the calibration of beta-ray applicators. IEEE Transactions on Nuclear Science. 1998; 45: 1666–1669.

[4] Briesmeister, JF, 2000. MCNPTM - A general Monte Carlo N - particle Transport Code, Version 4C. Los Alamos National Laboratory Report LA - 13709-M.

[5] IEC, 2005. International Electrotechnical Commission. Medical diagnostic X-ray equipment – Radiation conditions for use in determination of characteristics, Standard IEC 61267, Geneva.

[6] Büermann, L. PTB Radiation qualities for calibration of secondary standards.2012. Disponível em: <http://www.ptb.de/en/org/6/62/625/pdf/strhlq.pdf>.

[7] Cintra FB. Avaliação da metodologia de cálculo de dose em microdosimetria com fontes de elétrons com o uso do código MCNP5 [Dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2010.

[8] Muir, BR e Rogers, DWO. The central electrode correction factor for high-Z electrodes in small ionization chambers. Medical Physics. 2011; 38: 1081–1088.