

Estudo do material do eletrodo coletor de uma câmara de extrapolação por simulação de Monte Carlo

Study of the collecting electrode material of an extrapolation chamber by Monte Carlo simulation

**Uly Pita Vedovato¹, Lucio Pereira Neves^{1,2}, William S. Santos¹, Walmir Belinato³,
Linda V. E. Caldas², Ana Paula Perini¹**

¹ Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia (INFIS/UFU), 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil; ² Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN-SP), 05508-000, São Paulo, SP, Brasil; ³ 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: anapaula.perini@ufu.br

Resumo: Neste trabalho, a influência de diferentes materiais do eletrodo coletor na resposta de uma câmara de ionização de extrapolação foi avaliada. Esta câmara de ionização foi simulada com o código de Monte Carlo MCNP-4C e foi utilizado o espectro de um feixe padrão de radiodiagnóstico (RQR5). Os diferentes resultados obtidos se devem às interações dos fótons com diferentes materiais do eletrodo coletor, contribuirão com valores diferentes de energias depositadas no volume sensível da câmara de ionização, as quais dependem do número atômico dos materiais avaliados. O material que apresentou menor influência foi o grafite, constituinte original da câmara de ionização.

Palavras-chave: câmara de ionização, eletrodo coletor, radiodiagnóstico, Monte Carlo

Abstract: In this work, the influence of different materials of the collecting electrode on the response of an extrapolation ionization chamber, was evaluated. This ionization chamber was simulated with the MCNP-4C Monte Carlo code and the spectrum of a standard diagnostic radiology beam (RQR5) was utilized. The different results are due to interactions of photons with different materials of the collecting electrode contributing with different values of energy deposited in the sensitive volume of the ionization chamber, which depends on the atomic number of the evaluated materials. The material that presented the least influence was graphite, the original constituent of the ionization chamber.

Keywords: ionization chamber, collecting electrode, diagnostic radiology, Monte Carlo

1. INTRODUÇÃO

Câmara de ionização é um tipo de detector de radiação muito utilizado em dosimetria das radiações. Para uma câmara de ionização poder ser utilizada como um dosímetro ela precisa apresentar algumas propriedades [1,2], como: pequena variação em sua sensibilidade de resposta em um intervalo de energia grande; tamanho do volume sensível adequado para possibilitar medições em certo intervalo de exposição; devem ser calibradas para cada intervalo de energia de interesse e devem ter a mínima perda de resposta por recombinação iônica.

É possível encontrar diferentes tipos de câmaras de ionização dependendo da aplicação: câmara tipo lápis (para tomografia computadorizada), câmara tipo dedal (para radioterapia), câmara de placas paralelas (radiodiagnóstico e radioterapia). Dentre estes tipos, temos a câmara de ionização de extrapolação que permite variar o seu volume sensível, e devido a isto é muito empregada para dosimetria de radiação beta [3].

Junto com o desenvolvimento de novos detectores de radiação, é possível também observar os avanços na área computacional. Hoje é muito comum os laboratórios padrões primários fazerem uso de simulação de Monte Carlo para determinar os fatores de correção dos dosímetros desenvolvidos. A simulação de Monte Carlo permite a determinação dos fatores de correção com precisão e confiabilidade [4].

Sendo assim, é muito importante se utilizar simulação para projetar um dosímetro, visto que se pode estudar a influência de diferentes configurações, tamanhos e materiais na resposta do novo detector, antes da sua construção. Este estudo inicial pode permitir a diminuição dos custos de produção dos dosímetros, já que se pode selecionar os materiais de acordo com os resultados da simulação.

Neste trabalho, foi utilizado o código de Monte Carlo MCNP-4C para avaliar a influência de diferentes materiais do eletrodo coletor na resposta de uma câmara de ionização de extrapolação, desenvolvida no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Câmara de ionização de extrapolação

A câmara de ionização utilizada neste trabalho foi desenvolvida e caracterizada no IPEN. Uma foto é mostrada na Figura 1 e as especificações técnicas são apresentadas na Tabela 1.



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

Tabela 1. Características técnicas da câmara de extrapolação

Constituintes	Especificações
Material da parede	PMMA
Material isolante	PMMA
Material da janela de entrada	Mylar
Espessura do eletrodo	3 mm
Material do eletrodo	Grafite

2.2. Simulação da câmara de ionização de extrapolação para determinação da influência do eletrodo coletor na sua resposta

Para a simulação da câmara de ionização foi utilizado o código de Monte Carlo MCNP-4C [5] e o espectro de radiação representando a

qualidade de radiação X RQR5, que é o feixe padrão para radiodiagnóstico no IPEN. O espectro foi fornecido pelo Laboratório Padrão Primário Alemão *Physikalisch Technische Bundesanstalt* (PTB).

As principais características do feixe padrão RQR5 são: tensão no tubo de 70 kV, camada semirredutora de 2,58 mmAl e taxa de kerma no ar de $(37,88 \pm 0,32)$ mGy/min.

O número de histórias simuladas foi de $2,1 \times 10^9$, e o *tally* utilizado para determinar a energia depositada no volume sensível da câmara de ionização foi o *tally* F6.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Geometria da câmara de ionização

A geometria da câmara de ionização de extrapolação é representada na Figura 2 com seus principais componentes.

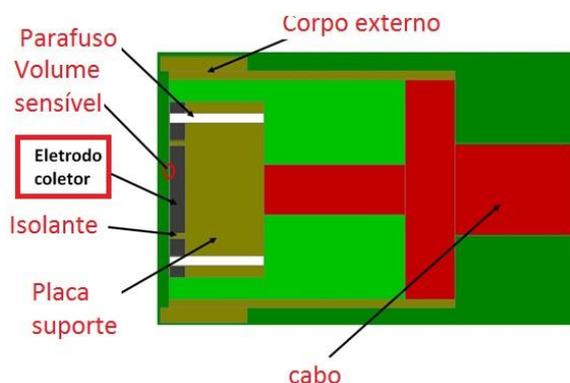


Figura 2: Geometria da câmara de ionização de extrapolação simulada como o código de Monte Carlo MCNP-4C.

3.2. Avaliação da influência do eletrodo coletor na resposta da câmara de ionização considerando diferentes materiais constituintes

A avaliação da influência do eletrodo coletor na resposta da câmara de ionização foi feita utilizando diferentes materiais. Foi utilizado

grafite (material utilizado para fazer a câmara de ionização em estudo), alumínio, prata e ferro.

A influência do eletrodo coletor da câmara de ionização na sua resposta foi determinada como a razão entre a energia depositada no volume sensível, sem o eletrodo coletor, pela energia depositada, considerando a câmara de ionização completa, com o eletrodo coletor constituído por diferentes materiais. Para estudar a câmara de ionização sem o eletrodo coletor, o material, que o constitui, foi substituído por ar, o mesmo ar que rodeia a câmara de ionização.

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Influência de diferentes materiais do eletrodo coletor na resposta de uma câmara de ionização de extrapolação, considerando a qualidade de radiação RQR5.

Material do eletrodo coletor	Influência
Grafite	4%
Alumínio	12%
Ferro	8%
Prata	17%

Os diferentes valores de influência obtidos, para os materiais do eletrodo coletor estudados, se devem ao fato de que elétrons de recuo e fotoelétrons, produzidos por interações de fótons com materiais do eletrodo coletor avaliados, contribuem com valores diferentes de energias depositadas no volume sensível da câmara de ionização. E este processo de interação é dependente do número atômico dos materiais considerados.

O grafite que foi utilizado para construção da câmara de ionização de extrapolação apresentou a menor influência, de apenas 4%. Os resultados obtidos representam valores pequenos quando comparados com alguns resultados relatados na literatura. Muir e Rogers [6] fizeram alguns estudos com materiais de eletrodo coletor e

obtiveram influência de até 50% para eletrodos coletores feitos de alumínio, quando a câmara de ionização foi irradiada em um feixe de raios X de 200 kVp.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho, mostraram uma pequena influência dos materiais avaliados na resposta da câmara de ionização, visto que na literatura a influência do eletrodo coletor pode chegar a até 50%, para o caso de eletrodo coletor feito de alumínio. Portanto, o material de grafite para compor o eletrodo coletor da câmara de ionização avaliada, foi o que teve menor contribuição na sua resposta. Este estudo, mostrou, portanto, a importância do uso da simulação de Monte Carlo, para conhecer a influência dos materiais constituintes de uma nova câmara de ionização, na energia depositada em seu volume sensível, antes de sua construção

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro das seguintes agências: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Projeto n^o. APQ-03049-15), CAPES (Projeto Pro-Estratégia no. 1999/2012), CNPq (Projetos no. 501857/2014-1, 157593/2015-0, 420699/2016-3 e 421603/2016-0) e INCT (Projeto INCT Metrologia das Radiações em Medicina).

REFERÊNCIAS

- [1] ATTIX FH. *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*. Wiley, New York, 2^a Ed, 2004.
- [2] KHAN F M. *The Physics of Radiation Therapy*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 4^a Ed, 2009.
- [3] DIAS, S K and CALDAS, L. V. E. *IEEE Transactions on Nuclear Science* **45**, p. 1666–1669, 1998.

[4] YORIYAZ H. *Revista Brasileira de Física Médica*, **3**, p. 141-149, 2009.

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

[6] MUIR R, ROGERS D.W.O *Medical Physics*, **38**, p. 1081–1088, 2011.