

Uso do código de Monte Carlo MCNP para caracterização de uma câmara de ionização tipo lápis

Use of the MCNP Monte Carlo code for characterization of a pencil-type ionization chamber

**Dalila Souza Costa Mendonça¹, 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: Câmaras de ionização são muito utilizadas para dosimetria de feixes de radiodiagnóstico. Neste trabalho uma câmara de ionização tipo lápis especial, com dimensões, configuração e materiais diferentes em relação às câmaras tipo lápis comerciais, foi estudada computacionalmente. Para isto, o código de Monte Carlo MCNP-4C e diferentes espectros de radiação foram empregados para determinar a influência dos seus componentes na sua resposta. Foi possível observar que a maior influência foi para a parede de PVC.

Palavras-chave: câmara de ionização, simulação de Monte Carlo, radiodiagnóstico

Abstract: Ionization chambers are widely used in diagnostic radiology dosimetry. In this work, a special pencil-type ionization chamber, with different dimensions, configuration and materials in relation to commercial ones, was studied computationally. For this, the MCNP-4C Monte Carlo code and different radiation spectra were used to determine the influence of its components on its response. It was possible to observe that the highest influence was for the PVC wall.

Keywords: ionization chamber, Monte Carlo simulation, diagnostic radiology

1. INTRODUÇÃO

O emprego de radiações ionizantes em medicina dá-se, basicamente, em três grandes áreas:

Medicina Nuclear, Radioterapia e Radiodiagnóstico. Entre estas três áreas, é o radiodiagnóstico onde os equipamentos estão mais disponíveis, mesmo nas regiões mais pobres

do país. Com isso, o número de exames tende a crescer, e mais pessoas podem ter acesso a exames de diagnóstico médico que podem tratar doenças em seus estágios iniciais.

Este uso em grande escala de equipamentos de radiodiagnóstico [1] deve ser acompanhado de procedimentos de dosimetria, para que estes equipamentos operem de maneira segura.

Dentre os diversos equipamentos de dosimetria, o mais utilizado é a câmara de ionização, pois ela permite medidas em tempo real, com pequenas incertezas, além de ser fácil de operar.

Em dosimetria de feixes de tomografia computadorizada, um tipo de exame de radiodiagnóstico, o tipo de câmara de ionização utilizada é câmara de ionização tipo lápis, com comprimento do volume sensível em torno de 10 a 15 cm, com um volume sensível de aproximadamente 3 cm³. Até o momento, este tipo de dosímetro é pouco utilizado nos demais feixes de radiação. Existem trabalhos na literatura apontando a potencialidade destes dosímetros em feixes de radiodiagnóstico convencional. Maia e Caldas [2] relataram que a dependência energética de uma câmara de ionização tipo lápis, em feixes de radiodiagnóstico, foi de apenas 1,3%.

Verificando o fato de que o número de equipamentos de radiodiagnóstico vem crescendo e os resultados promissores da utilização de câmaras de ionização tipo lápis em feixes de radiodiagnóstico convencional, este trabalho tem como objetivo determinar a influência dos componentes de uma câmara de ionização tipo lápis em feixes padronizados de radiação X. Esta câmara de ionização tem dimensões, configuração e materiais diferentes em relação às câmaras de ionização tipo lápis comerciais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Câmara de ionização tipo lápis

A câmara de ionização tipo lápis utilizada neste trabalho foi desenvolvida no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP). Este dosímetro apresenta algumas diferenças em relação às câmaras de ionização disponíveis comercialmente. As diferenças estão relacionadas aos materiais constituintes (PVC como material da parede), configuração (conector BNC junto ao corpo da câmara de ionização) e dimensões. As características técnicas da câmara de ionização estão apresentadas na Tabela 1. A Figura 1 mostra uma foto com algumas dimensões, apontando os principais componentes da câmara de ionização em estudo.

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

Características	Especificações
Material do eletrodo coletor	Alumínio
Diâmetro do eletrodo coletor	1,22 mm
Espessura da parede	6,72 mm
Comprimento do volume sensível	3,0 cm
Volume sensível	1,06 cm ³

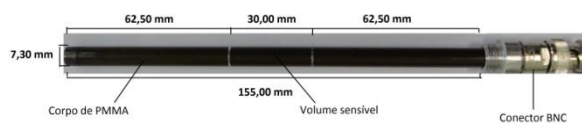


Figura 1: Câmara de ionização tipo lápis utilizada neste trabalho.

2.2. Feixes padronizados de radiação X

Os feixes padronizados de radiação X empregados neste trabalho foram: RQR3 RQR5 e RQR8. As características destes feixes são listadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos feixes padronizados de radiação X para radiodiagnóstico convencional, seguindo a recomendação da norma IEC 61267 [3].

Qualidade da radiação	Tensão no tubo (kV)	Taxa de kerma no ar (mGy/min)
RQR3	50	21,60±0,18
RQR5	70	37,88±0,32
RQR8	100	67,45±0,54

2.3. Simulação de Monte Carlo

Como a câmara de ionização tipo lápis foi desenvolvida no IPEN, tem-se conhecimento de todos os materiais e dimensões utilizados. A partir do conhecimento destas características foi possível fazer a geometria da câmara de ionização, utilizando o código de Monte Carlo MCNP-4C [4].

O espectro de radiação utilizado nas simulações foi obtido experimentalmente pelo Laboratório Padrão Primário Alemão *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB) [5].

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

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Simulação da câmara de ionização tipo lápis

A geometria da câmara de ionização tipo lápis simulada com o código MCNP-4C pode ser vista na Figura 2.

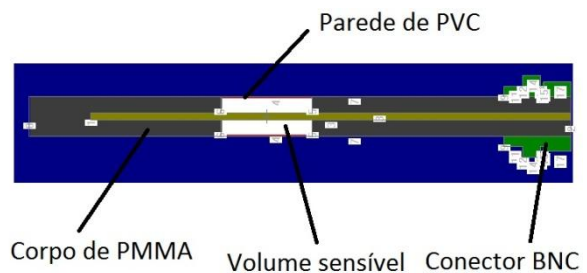


Figura 2: Geometria da câmara de ionização tipo lápis com os seus principais componentes.

3.2. Determinação da influência dos componentes da câmara de ionização na sua resposta

Para determinar a influência dos componentes da câmara de ionização tipo lápis na sua resposta foi feita a razão entre as energias depositadas no volume sensível da câmara de ionização, sem o componente a ser estudado, e a câmara de ionização completa. Neste caso, o material do componente estudado foi substituído por ar, o mesmo ar colocado ao redor da câmara de ionização. Para o estudo do material da parede da câmara de ionização, foi feita a razão entre as energias depositadas no volume sensível da câmara de ionização, considerando os diferentes materiais: PVC e PMMA (utilizado nas câmaras de ionização comerciais).

Para a determinação da influência dos componentes na resposta na câmara de ionização foram utilizados três feixes padronizados de radiação. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Influência dos componentes da câmara de ionização tipo lápis em seu volume sensível, considerando as qualidades de radiação RQR3, RQR5 e RQR8.

Parte estudada	Influência (RQR3)	Influência (RQR5)	Influência (RQR8)
Eletrodo coletor	3%	2%	1%
Conector BNC	-	-	-
Corpo de PMMA	1%	1%	1%
Parede de PVC	9%	6%	4%

A partir dos dados mostrados na Tabela 3, pode-se observar que o conector BNC junto ao corpo da câmara de ionização não teve influência na resposta da câmara de ionização. O corpo de PMMA teve uma influência muito pequena, de apenas 1%.

O eletrodo coletor de alumínio teve uma influência que variou com as qualidades de radiação, para RQR3 a influência foi de 3%, para RQR5 foi de 2% e para RQR8 foi de 1%. Esta influência é muito pequena quando comparada com alguns trabalhos da literatura. Segundo Muir e Rogers [6] a influência de um eletrodo coletor de alumínio pode chegar a até 50%. A pequena influência determinada para a câmara de ionização estudada neste trabalho se deve a radiação espalhada.

Para o caso da parede de PVC, pode-se notar que ela apresentou a maior influência na resposta da câmara de ionização. Isto se deve a diferença de número atômico entre os materiais (PVC e PMMA).

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados neste trabalho, é possível verificar que a configuração e

os materiais, utilizados para construção da câmara de ionização em análise neste trabalho, não apresentaram influência significativa na resposta da câmara de ionização. Portanto, esta câmara de ionização tipo lápis representa uma boa opção de dosímetro para ser utilizado em radiodiagnóstico, desde que calibrada para o intervalo de energia que será utilizada.

Agradecimentos

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Projeto n^o. APQ-03049-15), CNPq (Projetos no. 157593/2015-0, 420699/2016-3 e 421603/2016-0).

REFERÊNCIAS

- [1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estudos e Pesquisas. Informação Demográfica e Socioeconômica, 25. Indicadores Sociodemográficos e de Saúde no Brasil. Acessado em 24/03/2017. http://www.ibge.gov.br/english/estatistica/populacao/indic_sociosaude/2009/indicsaude.pdf
- [2] MAIA A F, CALDAS L V E 2003 *Applied Radiation and Isotopes*, 55 595–601, 2003.
- [3] IEC. International Electrotechnical Commission. Medical diagnostic X-ray equipment – Radiation conditions for use in the determination of characteristics. IEC 61267, IEC, Genève, 1994.
- [4] Briesmeister, JF. MCNPTM - A general Monte Carlo N - Particle Transport Code, Version 4C. Los Alamos National Laboratory Report LA - 13709-M., 2000.
- [5] Büermann L. PTB Radiation qualities for calibration of secondary standards. <http://www.ptb.de/en/org/6/62/625/pdf/strhlq.pdf>, 2012.
- [6] MUIR R, ROGERS D.W.O *Medical Physics*, 38 1081–1088, 2011.