

# AVALIAÇÃO DE UMA NOVA CÂMARA DE IONIZAÇÃO TIPO LÁPIS PARA DOSIMETRIA EM FEIXES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Maysa C. de Castro <sup>1</sup>; Lucio P. Neves <sup>1</sup>; Natália F. da Silva <sup>1</sup>; William de S. Santos <sup>1</sup> e  
Linda V. E. Caldas <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-SP)  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242,  
05508-000 São Paulo - SP - Brazil.  
[maysadecastro@gmail.com](mailto:maysadecastro@gmail.com)  
[lpneves@ipen.br](mailto:lpneves@ipen.br)  
[na.fiorini@gmail.com](mailto:na.fiorini@gmail.com)  
[wssantos@ipen.br](mailto:wssantos@ipen.br)  
[lcaldas@ipen.br](mailto:lcaldas@ipen.br)

## RESUMO

Para a realização de dosimetria em feixes de tomografia computadorizada (TC), faz-se uso de uma câmara de ionização tipo lápis, pois esta apresenta uma resposta uniforme a esse tipo de feixe. As câmaras comerciais mais comuns no Brasil apresentam um comprimento de volume sensível de 10 cm. Já foram realizados vários estudos de protótipos deste tipo de câmara de ionização, empregando diferentes materiais e configurações geométricas, no Laboratório de Calibração de Instrumentos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (LCI) e estas apresentaram resultados dentro dos limites aceitáveis internacionalmente. Estas câmaras de ionização de 10 cm são amplamente empregadas nos dias de hoje, porém estudos têm revelado que elas têm subestimado os valores de dose. Com o intuito de solucionar esse problema foi desenvolvida uma câmara com comprimento de volume sensível de 30 cm. Como essas ainda não são muito comuns e nenhum estudo ainda foi realizado nas condições do LCI sobre o seu comportamento, é importante que as características destes dosímetros sejam conhecidas, bem como a influência dos seus diversos componentes. Para a sua avaliação, será utilizado o código de Monte Carlo PENELOPE, distribuído livremente pela IAEA. Este método tem apresentado resultados consistentes com outros códigos. Os resultados para esse novo protótipo podem ser empregados em dosimetria de TC de hospitais e laboratórios de calibração como o LCI.

## 1. INTRODUCTION

O uso de tomografia computadorizada (TC) para a realização de procedimentos de diagnóstico vem crescendo cada vez mais devido aos avanços tecnológicos dos equipamentos, pois estes apresentaram uma evolução no processo de obtenção das digitalizações, que se tornaram mais rápidas [1]. Em consequência, houve uma maior preocupação com a dose recebida pelos pacientes que se submetem a este tipo de exame.

Para a realização da dosimetria em TC, o instrumento mais utilizado é uma câmara de ionização cavitária do tipo lápis. Este dosímetro apresenta uma resposta uniforme ao feixe de radiação incidente em todos os ângulos, o que o

torna adequado para esse tipo de equipamento [2]. A câmara convencional que se encontra disponível no mercado apresenta um comprimento de volume sensível de 10 cm.

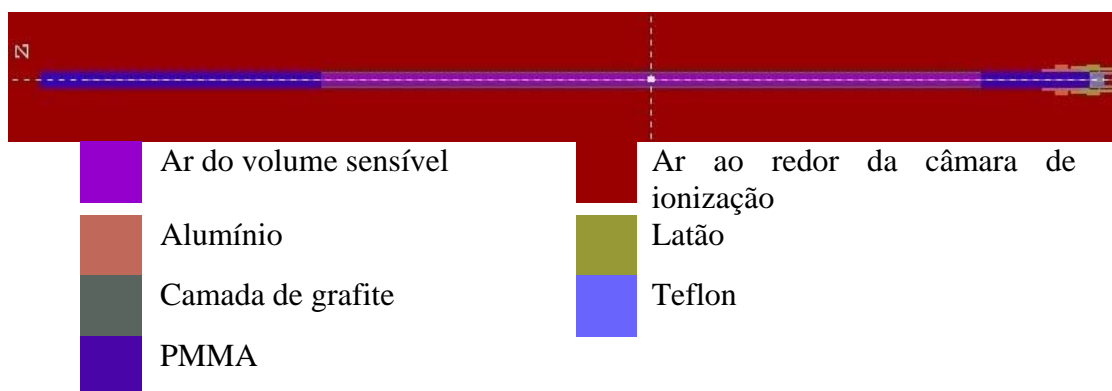
Um protótipo deste tipo de câmara de ionização foi desenvolvido recentemente pelo grupo do Laboratório de Calibração de Instrumentos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (LCI) apresentando algumas diferenças em relação aos modelos comerciais [3,4]. As principais diferenças são o material utilizado na fabricação do corpo da câmara (cloreto de polivinila (PVC)) e na posição que se encontra o conector BNC. Esta nova configuração proporciona um bom custo-benefício, pois ela apresenta um baixo custo de construção e as respostas aos testes realizados atendem aos padrões aceitáveis internacionalmente, como foi observado em estudos anteriores [3,4].

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar um novo protótipo de uma câmara de ionização tipo lápis de 30 cm de comprimento de volume sensível, pois estudos anteriores têm mostrado que a câmara convencional de 10 cm tem subestimado os valores de dose [5]. Esse tipo de dosímetro ainda não é comum no Brasil e nenhum estudo ainda foi realizado nas condições do LCI. Portanto, é importante avaliar o comportamento e as características desse dosímetro, bem como a influência de seus componentes. Estudos recentes [3,4] mostram que a influência dos componentes para uma câmara de 10 cm pode ser de até 9%, mas para comprimentos de volumes sensíveis maiores elas possam ser diferentes tornando importante a investigação.

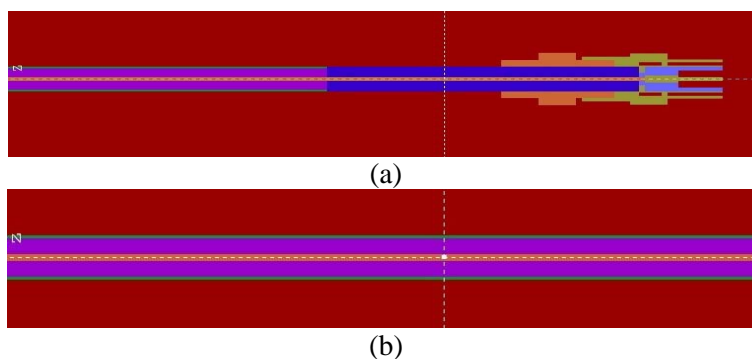
A simulação foi realizada utilizando o código de Monte Carlo PENELOPE [6,7] fazendo uso dos mesmos materiais do protótipo já desenvolvido no LCI, a fim de avaliar a influência na energia depositada no volume sensível devido ao eletrodo coletor central, corpo de PMMA e o conector BNC.

## **2. MATERIAS E MÉTODOS**

O novo protótipo de câmara de ionização a ser estudada apresenta um comprimento de volume sensível de 30 cm, sendo o PVC o material utilizado para a parede. O conector BNC encontra-se também em uma posição diferente quando comparada às câmaras comerciais, pois este encontra-se conectado à extremidade do dosímetro, sem o uso de um cabo. A geometria empregada nas simulações de Monte Carlo é mostrada na Figura 1. Na Figura 2(a) é possível observar em mais detalhes a posição e a geometria do conector BNC, e na Figura 2(b) a parede da câmara de ionização é mostrada em detalhes.



**Figura 1. Protótipo da nova câmara de ionização de 30 cm de comprimento de volume sensível, com os materiais empregados em sua construção.**



**Figura 2. Detalhes de partes da câmara de ionização desenvolvida neste projeto, em que é possível observar (a) a posição e a geometria do conector BNC, e (b) corte da parte central da câmara de ionização, em que é possível observar a parede que delimita o volume sensível.**

A simulação foi realizada utilizando o código de Monte Carlo PENELOPE que é distribuído pela IAEA. Este código é capaz de simular o transporte de pósitrons, fótons e elétrons em um material que apresenta uma geometria simples até uma mais complexa, além de contar com uma base de dados com especificações de diversos tipos de materiais [6,7].

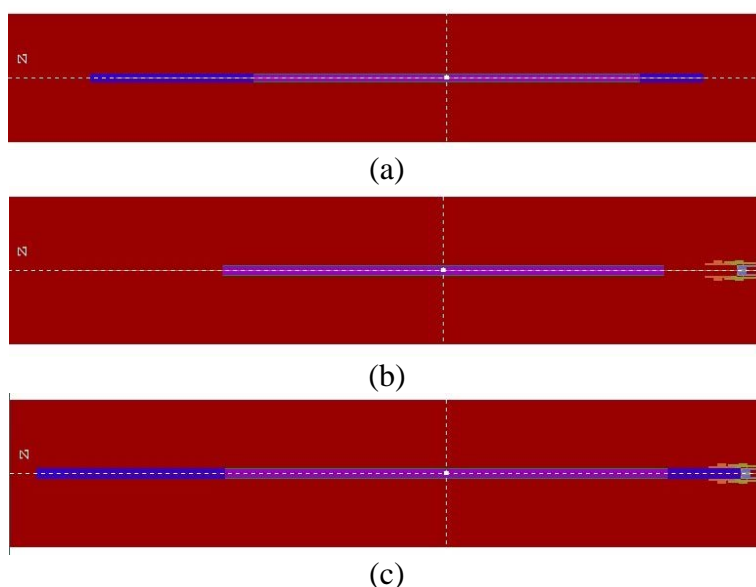
Nas simulações a fonte de radiação empregada estava localizada a 1 m da câmara de ionização com um ângulo de abertura de  $13^\circ$ . Desta forma, todo o dosímetro foi irradiado. O espectro utilizado foi obtido no Laboratório Padrão Primário Alemão *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB) [8]. Conforme visto em outros trabalhos, este espectro pode ser empregado para simular o equipamento de raios X do IPEN. Durante as simulações, foi utilizada a qualidade de radiação CT2, que é o feixe de radiação de referência do LCI. Esta qualidade

de radiação foi estabelecida empregando uma tensão do tubo de raios-X de 120 kV, filtração adicional de 3,5 mmAl+0,35 mmCu, e com uma camada semirredutora de 8,4 mmAl [9].

A base de dados e o código computacional já foram utilizados anteriormente, e extensamente avaliados para a utilização com este tipo de câmara de ionização.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Nessa secção serão mostrados os resultados obtidos pela aplicação do método de Monte Carlo utilizando a qualidade de radiação CT2 para a câmara completa e na ausência de alguns componentes como pode ser visualizada na Figura 3.



**Figura 3. (a) Câmara de ionização sem o conector BNC, (b) Câmara de ionização sem o corpo de PMMA e (c) Câmara de ionização sem o eletrodo coletor central.**

Os valores de influência obtidos para a câmara de ionização sem os respectivos componentes mostrados pela Figura 3, são listados na Tabela 1.

**Tabela 1. Influência dos componentes da nova câmara de ionização tipo lápis na energia depositada no seu volume sensível**

Componente Estudado	Influência
Conector BNC	0,13%
Corpo de PMMA	0,47%
Eletrodo coletor central	7,93%

A influência obtida para os componentes da câmara de ionização apresentam valores baixos, sendo que o maior deles se dá pela ausência do eletrodo coletor central. Essa influência é devida em grande parte à radiação espalhada pelos componentes no volume sensível, e como mostrada em outros trabalhos [3,4], pode chegar até 50% dependendo da energia empregada.

O conector BNC apresenta uma influência de 0,13% na energia que é depositada no volume sensível e o corpo de PMMA, de 0,47%. Isto mostra que o projeto deste novo dosímetro é adequado para ser empregado em TC. A influência dos seus componentes constituintes é baixa, e será ainda menor em equipamentos de TC, em que apenas uma pequena parte do dosímetro será irradiada.

#### 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível obter os valores de influência da energia depositada no volume sensível para uma nova câmara de ionização tipo lápis, com comprimento de volume sensível de 30 cm, e todos os valores se mostraram baixos, o que prova que ao alterar a configuração da câmara de ionização, aumentando o comprimento do seu volume sensível, não há nenhum prejuízo, podendo ser esta uma nova configuração de baixo custo.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. L. Büermann (PTB, Alemanha), por ceder gentilmente o espectro de raios-X empregado neste estudo. Os autores deste trabalho receberam suporte das seguintes agências de fomento: CNEN, FAPESP (Proc. n° 2013/15669-3), CNPq e MCT: INCT (Projeto INCT- Metrologia das Radiações em Medicina); e CAPES (Proj. Pró-Estratégia 1999/2012).

#### REFERÊNCIAS

1. J M. Boone, "The trouble with CTDI<sub>100</sub>". *Med. Phys.*, **v.34**, n.4, p.1364-1371, 2007.
2. A. Suzuki, MN. Suzuki. "Use of a pencil-shaped ionization chamber for measurement of exposure resulting from a computed tomography scan". *Med. Phys.* 1978;5(6):536-9.
3. A. P. Perini, L. P. Neves, J. M. Fernández-Varea, L. Büermann, and L.V. E. Caldas. "Evaluation and simulation of a new ionization chamber design for use in computed tomography beams". *IEEE Transactions on Nuclear Science*, **v.60**, (2), 2013.
4. L. P. Neves, A. P. Perini, J. M. Fernández-Varea, and L.V. E. Caldas. "Application of a pencil ionization chamber (0.34 cm<sup>3</sup> volume) for <sup>60</sup>Co beams: Experimental and Monte Carlo results". *IEEE Transactions on Nuclear Science*, **v.60**, (2), 2013.

5. R. L. Dixon, “Restructuring CT dosimetry—A realistic strategy for the future. Requiem for the pencil chamber”. *Med. Phys.*, v. **33**, (10), p.3973-3976, 2006.
6. F. Salvat, J. M Fernández-Varea, and J. Sempau, “PENELOPE- A code system for Monte Carlo Simulation of electron and photon transport”, *presented at the Workshop Proc., Issy-les-Moulineaux*, France, 2008.
7. J. Sempau, A. Badal, and L. Brualla, “A PENELOPE- based system for the automated Monte Carlo simulation of clinacs and voxelized geometries- application to far from-axis fields”, *Med Phys.*, v. **38**,(11), p. 5887-5895, 2011.
8. L. Büermann, “PTB radiation qualities for calibration of secondary standards PTB,” <http://www.ptb.de/en/org/6/62/625/pdf/strhlq.pdf> (2014).
9. IEC, INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION: **Medical diagnostic X-ray equipment. Radiation conditions for use in the determination of characteristics.** 2<sup>nd</sup> ed. IEC, Genève, 2005 (IEC 61267).