



# Validação Dosimétrica de Trabéculas Ósseas Sintéticas Geradas Por Método Monte Carlo Paramétrico

F. G. Oliveira<sup>a</sup>; A. F. G. de Andrade<sup>a</sup>; J. W. Vieira<sup>a</sup>; A. C. H. de Oliveira<sup>b</sup>; F. R. A.  
Lima<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Instituto Federal de Pernambuco (IFPE Campus Recife), 50740-540, Recife-PE, Brasil  
*baby.oliveira@hotmail.com.br, arthurfelandrade@gmail.com, jose.wilson59@uol.com.br*

<sup>b</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 52171-900, Recife-PE, Brasil  
*oliveira\_ach@yahoo.com*

<sup>c</sup> Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE), 50740-540, Recife-PE, Brasil  
*falima@cnen.gov.br*

---

## RESUMO

Um dos maiores desafios da dosimetria numérica é estimar a dose de radiação ionizante absorvida pelos tecidos moles que se localizam nas trabéculas ósseas. Em função da dificuldade na obtenção de imagens micro-CT de amostras de ossos reais (OR), surgiu a necessidade da geração de trabéculas ósseas sintéticas. Neste trabalho, amostras trabeculares sintéticas virtuais (BU), geradas por métodos Monte Carlo parametrizado pela função densidade de probabilidade (FDP) Burr XII, e seus equivalentes OR foram submetidas a avaliações dosimétricas no Modelo Computacional de Exposição (MCE) masculino adulto em posição ortostática (MSTA), acoplado ao software EGSnrc, com fontes idealizadas emissoras de fótons e considerando como alvo os dois tecidos ósseos mais radiosensíveis: a medula óssea vermelha e a superfície endosteia dos ossos trabeculares, das regiões do esterno, espinha, fêmur, pelve e crânio. Ao comparar os resultados dosimétricos dos dois conjuntos de amostras, constatou-se que o erro relativo global apresentado foi de 4,34%. Conclui-se que as trabéculas sintéticas geradas por FDPs com as mesmas características da FDP da Burr XII podem substituir com sucesso os ossos OR em testes dosimétricos ósseos semelhantes.

Palavras-chave: Software EGSnrc, Trabéculas Ósseas, Distribuição Burr, MSTa, Função densidade de probabilidade.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da dosimetria numérica é estimar a dose de radiação ionizante absorvida na Medula Óssea Vermelha (MOV), localizada nas cavidades dos ossos trabeculares, e nas Células da Superfície endeóstea do Osso trabecular (CSO). Em função da dificuldade na obtenção de imagens micro-CT das amostras de ossos reais (OR), o Grupo de Pesquisa em Dosimetria Numérica e o Grupo de Pesquisa em Dosimetria Computacional e Sistemas Embarcados, vêm desenvolvendo *softwares* para geração computacional de trabéculas sintéticas [1].

O *software* *BABY* (*Building trabecular Bone for use in dosimetrY of ionizing radiation*), gera trabéculas sintéticas, denominadas BU, das regiões ósseas do esterno, espinha, fêmur, pelve e crânio, a partir do método Monte Carlo parametrizado pela função densidade de probabilidade (FDP) da Burr XII composta por dois parâmetros de forma,  $k > 0$  e  $\alpha > 0$ , e por um parâmetro de escala,  $\beta > 0$  [2]. Este trabalho tem por objetivo validar o uso das trabéculas sintéticas na dosimetria óssea através da comparação dos seus resultados dosimétricos com os das amostras OR correspondentes.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para validação das trabéculas ósseas sintéticas, foram organizados dois Modelos Computacionais de Exposição (MCE) masculinos e adultos em posição ortostática (MSTA) acoplados ao *software* *EGSnrc*: MSTA\_OR e MSTA\_BU. Se diferenciam apenas nas amostras trabeculares, o primeiro possui as amostras OR e o segundo as amostras produzidas no *software* *BABY*. As avaliações dosimétricas foram realizadas considerando os algoritmos das fontes idealizadas emissoras de fótons em direções paralelas às faces do fantoma: antero-posterior (AP), postero-anterior (PA), lateral esquerdo (LLAT) e lateral direito (RLAT). Esses algoritmos fazem parte do código de usuário do MSTA. Os fótons foram emitidos com energias entre 15 keV e 10 MeV, com número de história de  $1 \times 10^8$  fótons. Os resultados das doses absorvidas/kerma incidente no ar (D/INAK), na unidade Gy/Gy, dos dois MCE's foram observados para a MOV e a CSO, de cada uma das regiões ósseas geradas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para análise das similaridades dosimétricas entre os MCEs MSTA\_BU e MSTA\_OR, foi calculado o erro relativo percentual médio (ERM%) das D/INAK por osso e por regiões ósseas radiosensí-

veis, quanto menor o ERM% obtido, maior a semelhança entre os resultados. As fontes AP e PA apresentaram uma similaridade mais acentuada do que as fontes RLAT e LLAT, como indicam os valores da última coluna da tabela 1. A região óssea com a maior diferença entre os resultados dosimétrico foi o fêmur, enquanto o crânio apresentou a maior semelhança (última linha da tabela 1). Ao avaliar a média dos valores referentes para cada trabécula, obtém-se um valor global de 4,34%.

**Tabela 1:** Valores dos ERM% entre os resultados do MSTA\_BU e MSTA\_OR.

Fonte	ERM% por osso e por regiões ósseas radiosensíveis										Média
	Crânio		Pelve		Espinha		Esterno		Fêmur		
	MOV	CSO	MOV	CSO	MOV	CSO	MOV	CSO	MOV	CSO	
AP	0,72	1,54	1,48	1,48	5,52	7,27	1,35	1,25	17,77	4,24	4,26
PA	0,82	1,22	3,09	4,97	0,43	2,19	2,64	2,72	1,56	8,34	2,8
LLAT	0,78	0,78	5,87	9,59	1,72	1,72	8,62	2,68	7,59	6,65	4,6
RLAT	0,80	0,80	4,51	16,27	0,72	0,72	10,32	13,07	5,23	4,42	5,69
<b>Média</b>	0,93		5,91		2,54		5,34		6,97		4,34

#### 4. CONCLUSÕES

O ERM% global de 4,34% entre as amostras apontam que ossos sintéticos gerados por FDPs com as mesmas características da FDP da Burr XII podem substituir com sucesso os ossos OR para dosimetria óssea que utilize MCEs semelhantes ao MSTA.

#### 5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao IFPE, ao CRCN, à FACEPE e ao CNPq pelo apoio e incentivo a pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

1. LIMA FILHO, J. de M. **Construção da Esponjosa de Modelo Antropomórficos Baseadas em Técnicas Monte Carlo**. 2014. 121 f.. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Concentração Dosimetria e Instrumentação) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.
2. OLIVEIRA, F. G., **Desenvolvimento De Um Software Para Gerar Trabéculas Ósseas Utilizando Técnica Monte Carlo Paramétrica**, Relatório Final de Iniciação Científica, IFPE, Recife-PE, Brasil, 2016.