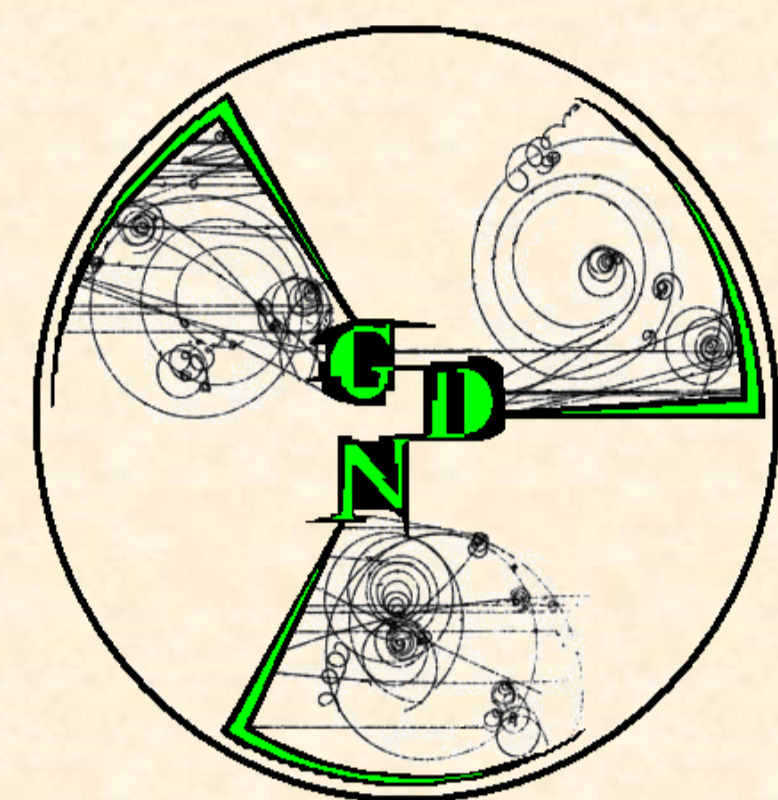


# VALIDAÇÃO DOSIMÉTRICA DE TRABÉCULAS ÓSSEAS SINTÉTICAS GERADAS POR MÉTODO MONTE CARLO PARAMÉTRICO



GRUPO DE DOSIMETRIA  
NUMÉRICA / CNPq

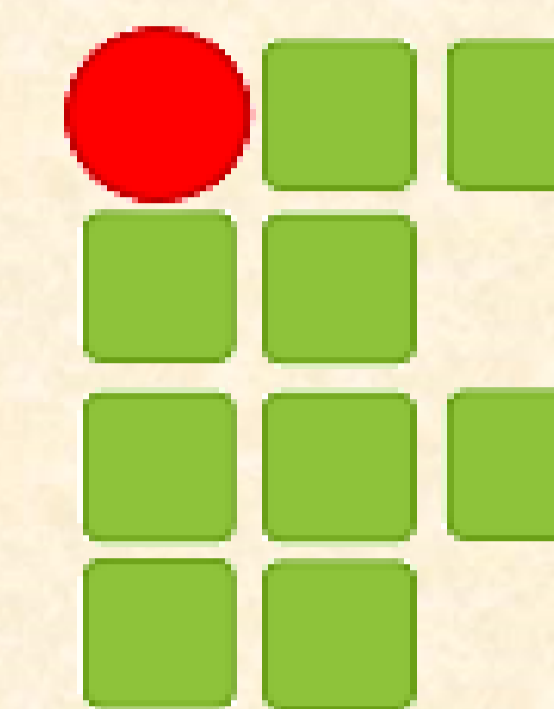
Fernanda Gonçalves Oliveira – IFPE – baby.oliveira@hotmail.com.br

Arthur F. G. de Andrade – IFPE – arthurfelandrade@gmail.com

José W. Vieira – IFPE – jose.wilson59@uol.com.br

Alex C. H. de Oliveira – UFPE – oliveira\_ach@yahoo.com

Fernando R. A. Lima – CRCN-NE – falima@cnen.gov.br



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
PERNAMBUCO

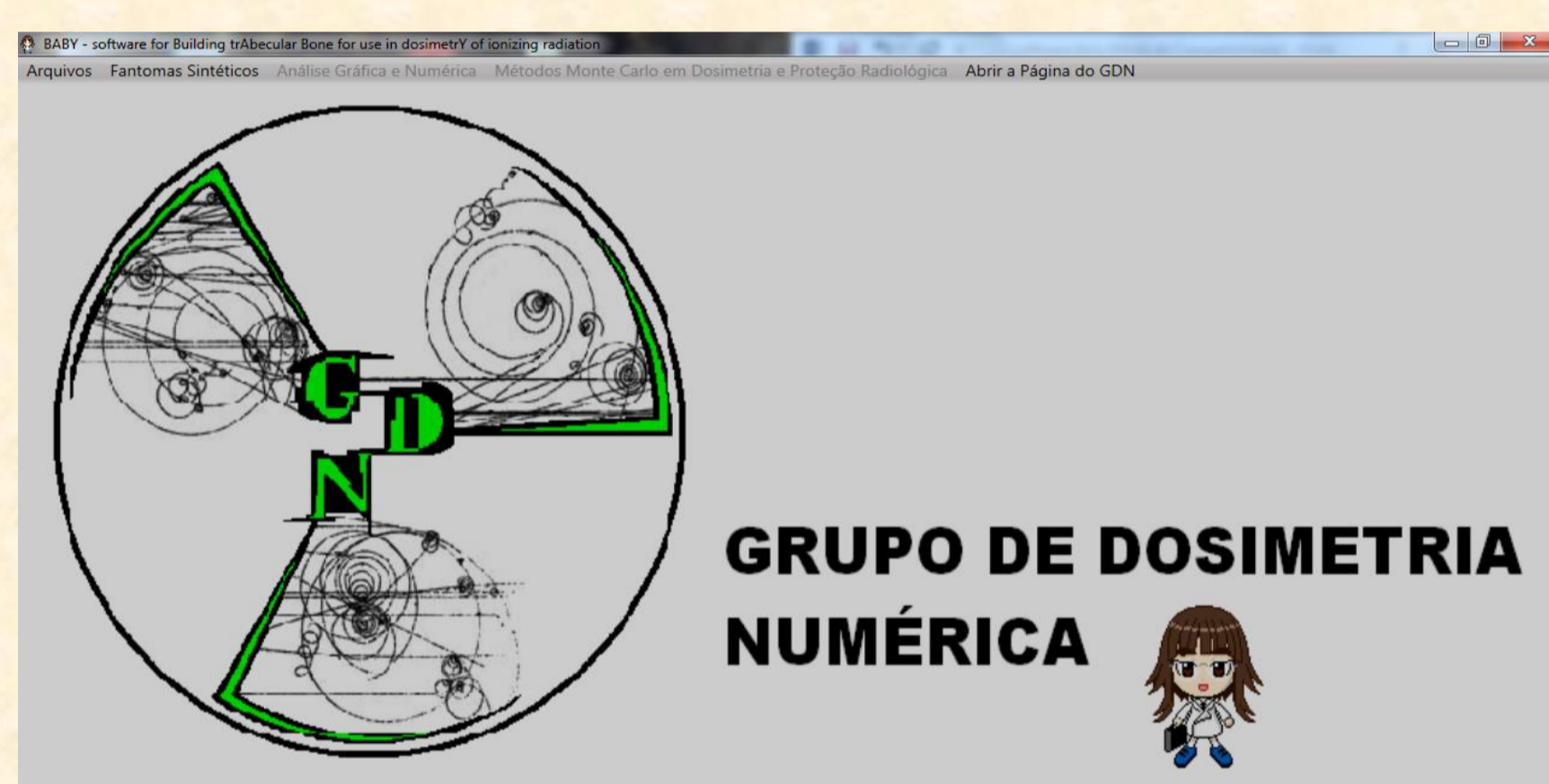
## INTRODUÇÃO

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 endosteia do Osso trabecular (CSO), devido à complexidade de representar sua geometria. Em função da dificuldade na obtenção de imagens micro-CT das amostras de ossos reais (OR), o GDN (estudantes e pesquisadores pertencentes ao Grupo de Pesquisa em Dosimetria Numérica e/ou ao Grupo de Pesquisa em Dosimetria Computacional e Sistemas Embarcados) vem desenvolvendo *softwares* para geração computacional de trabéculas sintéticas virtuais através de técnicas Monte Carlo (MC), paramétricas e não-paramétricas (LIMA FILHO, 2014).

O *software* *BABY* (*Building trabecular Bone for use in dosimetrY of ionizing radiation*), desenvolvido pelo GDN, gera trabéculas sintéticas, denominadas de trabéculas BU, das regiões ósseas do esterno, espinha, fêmur, pelve e crânio, a partir do método MC, 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,  $\beta > 0$  (Figura 1) (OLIVEIRA, 2016). A fórmula da FDP é dada por:

$$f(x|\alpha, \beta, \kappa) = \frac{\alpha \kappa \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1}}{\beta \left[1 + \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right]^{\kappa+1}}$$

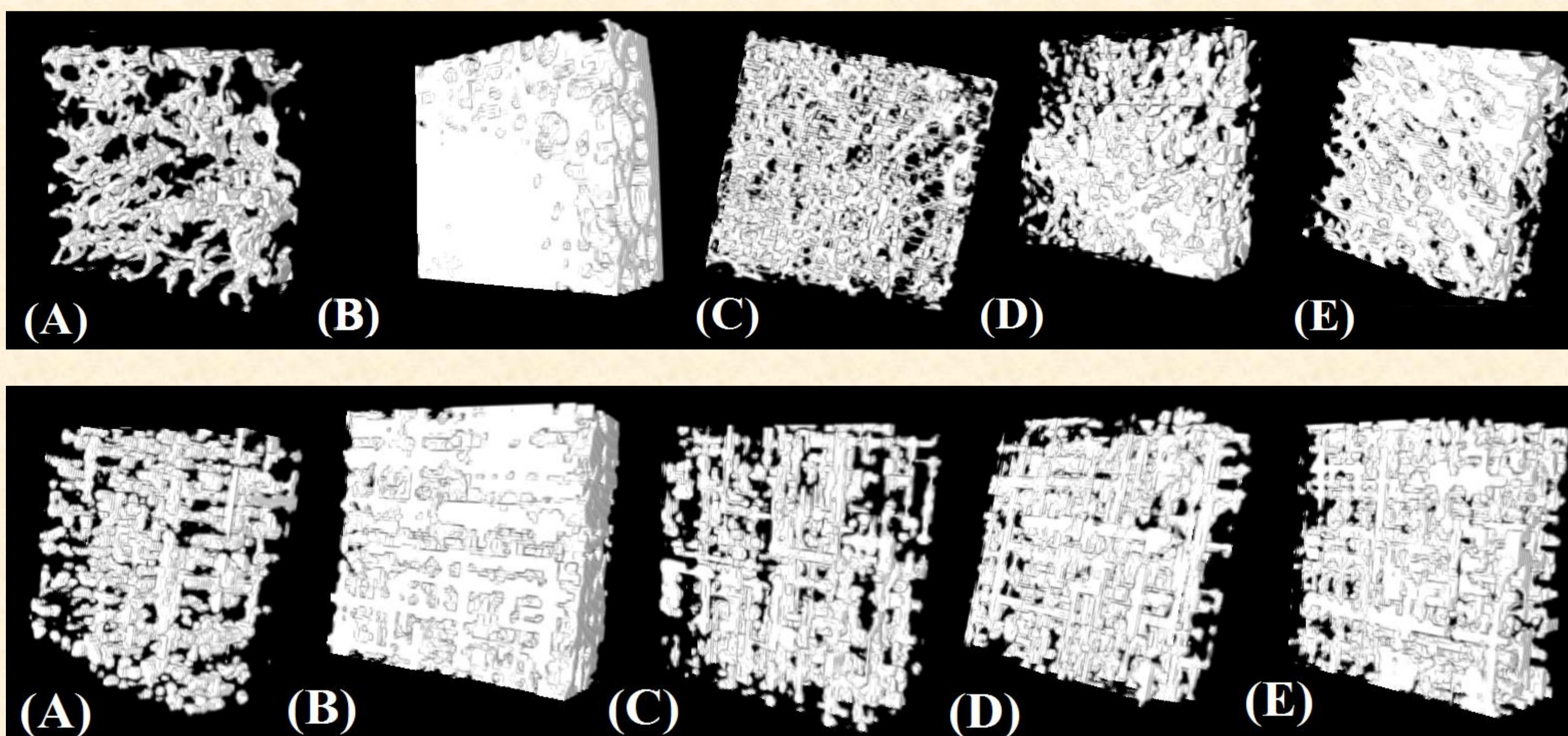
Figura 1: Janela principal do *software* *BABY*



## OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo validar o uso das trabéculas sintéticas na dosimetria óssea através da comparação dos seus resultados dosimétricos com os resultados das amostras de trabéculas OR correspondentes (Figura 2).

Figura 2: Trabéculas de ossos reais (primeira linha) e sintéticas: (A) Coluna Lombar, (B) Crânio, (C) Esterno, (D) Fêmur e (E) Pelve.



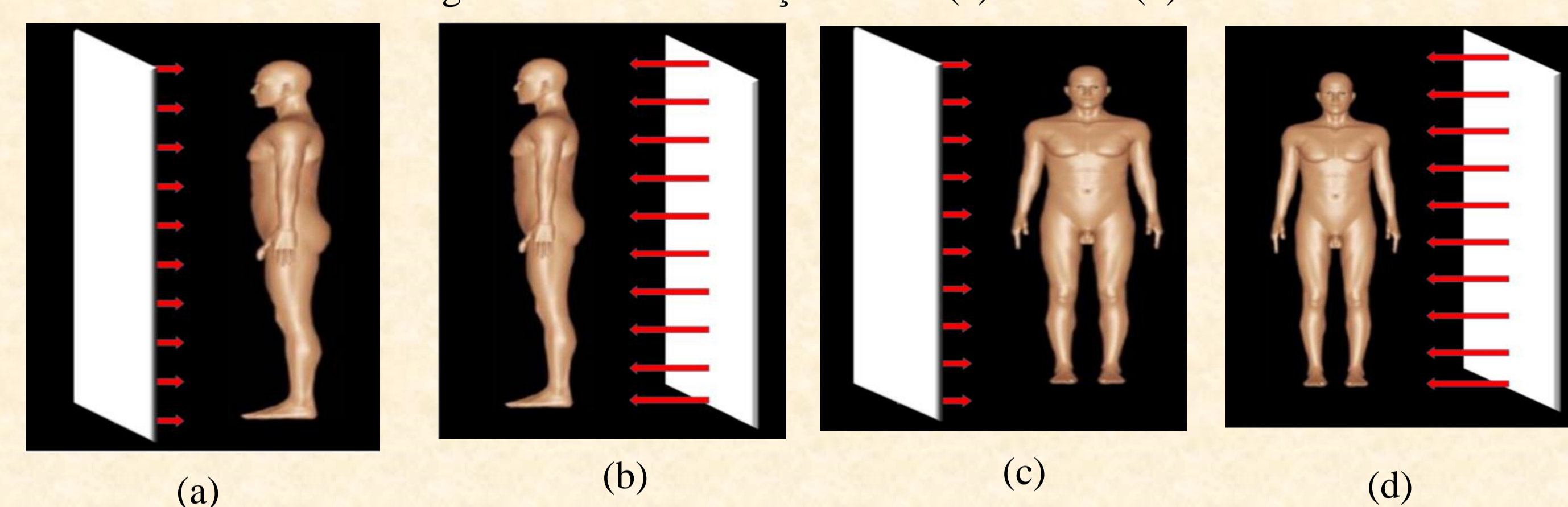
## METODOLOGIA

Para validação das trabéculas ósseas sintéticas, foram organizados dois Modelos Computacionais de Exposição (MCE) usando o fantoma MASH acoplado ao *software* *EGSnrc*: MSTA\_OR e MSTA\_BU. Os dois modelos são idênticos, se diferenciando apenas nas amostras trabeculares, o primeiro possui as amostras OR enquanto o MSTA\_BU possui 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), pósterio-anterior (PA), lateral esquerdo (LLAT) e lateral direito (RLAT) (Figura 3). Esses algoritmos fazem parte do código de usuário do MSTA e foram obtidos em <http://www.caldose.org/>.

Os fótons foram emitidos com energias entre 15 keV e 10 MeV, com número de história de 1E8 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, das regiões ósseas do esterno, coluna lombar, fêmur direito, fêmur esquerdo, pelve e crânio registrados nos arquivos de saída do EGSnrc.

Figura 3: Vista lateral do fantoma MASH com a geometrias de irradiação AP (a) e PA (b) e Vista frontal com a geometrias de irradiação RLAT (c) e LLAT (d).



Adaptado de: CASSOLA et al, 2009; SANTOS, et al, 2014.

## RESULTADOS E CONCLUSÃO

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 radiosensíveis. 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										
	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
Média	0,93		5,91		2,54		5,34		6,97		4,34

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.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- OLIVEIRA, F. G., *Desenvolvimento De Um Software Para Gerar Trabéculas Ósseas Utilizando Técnica Monte Carlo Paramétrica*, Relatório Final de Iniciação Científica, IFPE, Re-cife-PE, Brasil, 2016.
- CASSOLA, V F et al. FASH and MASH: female and male adult human phantoms based on polygon mesh surfaces. *Physics In Medicine And Biology*, [s.l.], v. 55, n. 1, p.133-162, 10 dez. 2009.
- SANTOS, William S. et al. *Cálculo de coeficientes de conversão (CCs) de dose de um simulador antropomórfico computacional sentado exposto a uma fonte plana*. Sergipe, 2014. 8 f.