

CONSTRUÇÃO DE MODELOS FÍSICOS DE AMOSTRAS REAIS E SINTÉTICAS DE OSSOS TRABECULARES DO CRÂNIO COM IMPRESSORA 3D

Cláudio L. Rodrigues Júnior¹, José M. Lima Filho¹, José W. Vieira¹, Ferdnand J. Lopes Filho¹, Fernando R. A. Lima², Cláudia F. M. Oliveira¹, Kethyllen M. L. Gonzalez¹ e Fernanda G. Oliveira¹

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco
Av. Professor Luiz Freire, 500,
50740-540 Recife, PE
claudio.rd.ifpe@gmail.com
josedemelo@gmail.com
jose.wilson59@uol.com.br
ferdnand.lopes@oi.com.br
claudiamoura.042@gmail.com
mayara_kt@hotmail.com
baby.oliveira@hotmail.com

²Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste
Av. Professor Luiz Freire, 200,
50740-545 Recife, PE
falima@cnen.com.br

RESUMO

Um dos maiores desafios da dosimetria numérica é estimar a dose que a radiação ionizante deposita nos tecidos moles do esqueleto dentro das cavidades de ossos trabeculares humanos. Os tecidos moles radiossensíveis do esqueleto são formados pelas células hematopoéticas da medula óssea vermelha (MOV) e pelas células das superfícies do osso trabecular (CSO). A maior dificuldade em avaliar a dose absorvida na MOV e nas CSOs consiste em representar de modo realístico a complexa estrutura do osso trabecular. O Grupo de Dosimetria Numérica CNPq (GDN) utilizou Métodos Monte Carlo (MMC) para obtenção de blocos sintéticos NT (Normal Transladada) e FV (Frequência de Voxels) de ossos trabeculares baseados em blocos de imagens micro-CT de ossos reais (OR) e mostrou que os sintéticos podem substituir os OR nas avaliações dosimétricas para fótons em modelos computacionais de exposição (MCEs) com o código EGSnrc/MASH_sta. O objetivo deste trabalho traduz-se na construção de modelos 3D a partir dos blocos OR, NT e FV do crânio. Os modelos físicos foram construídos com a impressora *Cubex 3D printer* utilizando os materiais ABS (Acrilonitrila butadieno estireno) para o osso e PLA (Ácido Poliático) para tecido mole. São apresentados resultados comparativos das quantidades de cada material utilizado nas construções dos blocos.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Portaria Federal do Serviço de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde, Nº 453, de 01/06/1998, que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, é proibida a utilização de radiação ionizante que não seja justificada, incluindo a exposição de seres humanos para fins de pesquisa [1]. Tornando assim a criação de fantasmas físicos e computacionais, fator fundamental para a realização deste tipo de trabalho.

Um dos maiores desafios da dosimetria numérica é estimar a dose que a radiação ionizante deposita nos tecidos moles do esqueleto dentro das cavidades do osso trabecular de humanos. Os tecidos moles radiosensíveis do esqueleto são formados pelas células hematopoiéticas da medula óssea vermelha (MOV) e pelas células da superfície do osso trabecular (CSO). A maior dificuldade em avaliar a dose absorvida na MOV e nas CSOs consiste em representar de modo realístico a complexa estrutura do osso trabecular. A Figura 1 mostra a distribuição de trabéculas ósseas de uma pilha de imagens micro-CT do crânio de adulto [2].

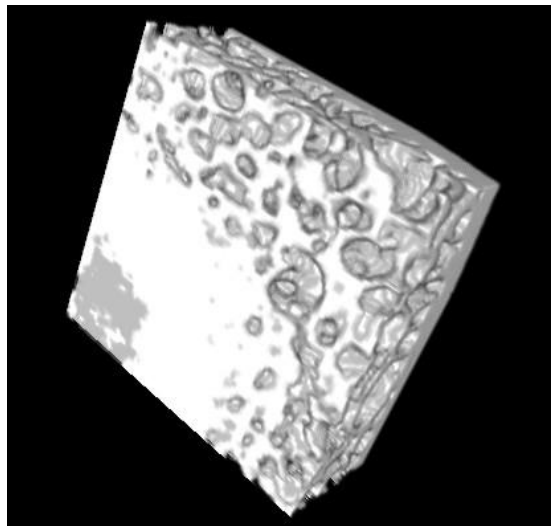


Figura 1: Vista 3D da distribuição de trabéculas ósseas de uma amostra de crânio. (VIEIRA *et al.*, 2013).

O Grupo de Dosimetria Numérica CNPq (GDN) utilizou Métodos Monte Carlo (MMC) para obtenção de blocos sintéticos NT (Normal Transladada) e FV (Frequência de Voxels) de ossos trabeculares baseados em blocos de imagens micro-CT de ossos reais (OR) e mostrou que os sintéticos podem substituir os OR nas avaliações dosimétricas para fótons em modelos computacionais de exposição (MCEs) com o código EGSnrc/MASH_sta.

As doses absorvidas em tecidos e órgãos não podem ser medidas diretamente, *in vivo*, e as medidas diretas com detectores de radiação são praticamente restritas a localizações na superfície do corpo [3], portanto, é necessária a obtenção de um modelo físico ou computacional para se efetuar estimativas dosimétricas. O uso da prototipagem rápida que se baseia na utilização de uma impressora 3D pode ser utilizado na criação desses modelos físicos.

A prototipagem rápida é uma técnica largamente utilizada em diversas áreas da engenharia tais como, indústria automotiva, aeroespacial, telecomunicações, começando a ser difundida na área da medicina. Esta técnica refere-se à construção de modelos através de um processo por deposição de material, camada a camada, [4]. A Figura 2 mostras o processo de fatiamento de duas figuras tridimensionais.

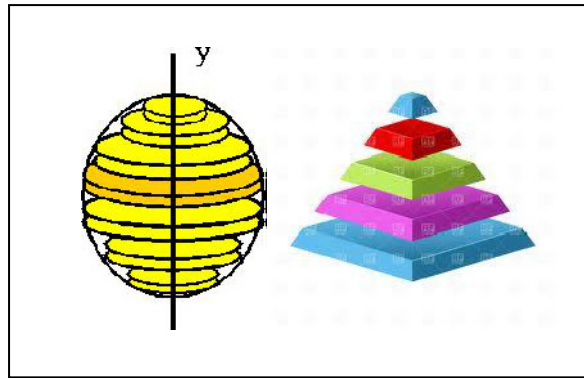


Figura 2: Processo de fatiamento de figura 3D (esfera, pirâmide)

A prototipagem rápida é uma tecnologia que possibilita produzir modelos e protótipos diretamente a partir do modelo 3D (obtido por um sistema CAD, por digitalização ou por tomografia computadorizada). Ao contrário dos processos de usinagem, que subtraem material da peça em bruto para se obter a peça desejada, os sistemas de prototipagem rápida geram a peça a partir da união gradativa de líquidos, pós ou folhas de papel. Camada por camada, a partir de seções transversais da peça obtidas a partir do modelo 3D, as máquinas de prototipagem rápida produzem peças em plásticos, madeira, cerâmica ou metais [5]. O mais comum é o uso de plásticos de engenharia como ABS (Acrilonitrila butadieno estireno), PLA (Ácido Poliático) entre outros.

O objetivo deste trabalho é construir modelos 3D a partir dos blocos OR, NT e FV do crânio e comparar o modelo real e os sintéticos quanto ao volume.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo foi utilizado um bloco de imagem micro-CT de um osso trabecular da região do crânio e blocos de imagens sintéticos da mesma região. Como software de conversão dos blocos foi utilizado o Fiji disponível em: <http://fiji.sc/wiki/index.php/downloads>. Como aparelho de impressão foi utilizada a impressora Cubex 3D Printer e o software Cubex disponibilizado pelo fabricante da mesma. A figura 3 mostra a Impressora Cubex 3D Printer.



Figura 3: Impressora Cubex 3D Printer

Os blocos de ossos disponibilizados possuem um formato SGI, e estes não podem ser utilizados para impressão, pois o software da impressora em questão reconhece apenas o formato STL, logo foi necessária a conversão dos blocos de imagens SGI para o formato STL. Essa conversão deu-se pelo uso do software Fiji, onde foi necessária a importação e posterior conversão dos blocos de imagens. Para importar os blocos foram utilizadas as funções: File, Import e Raw como mostra a figura 3.

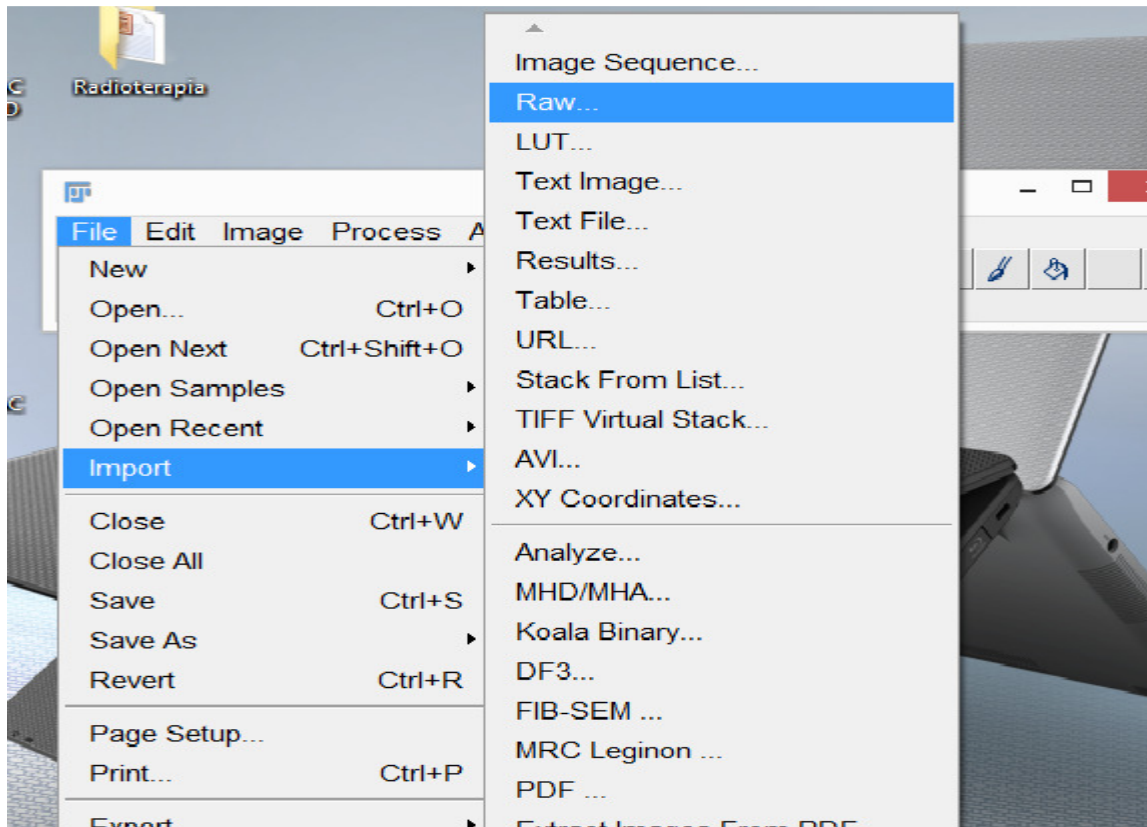


Figura 4: Importação dos blocos de imagem SGI

Após a importação dos blocos foi utilizada a função de visualização 3D e posteriormente a conversão desse bloco com as funções: File, Export surface e STL (binary), como está sendo apresentada na figura 4.

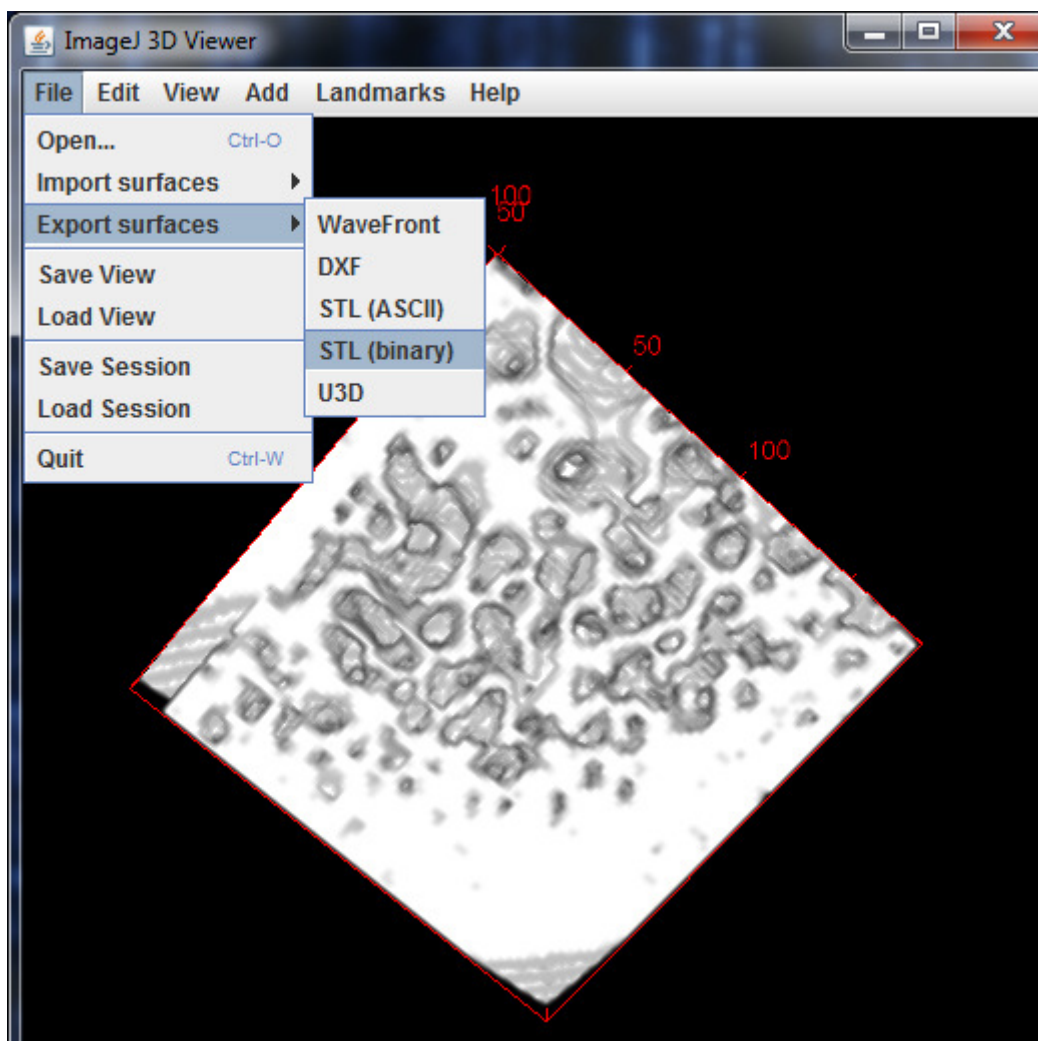


Figura 5: Conversão de um bloco de imagem no formato SGI para STL

Para a impressão é necessária a utilização do software Cubex com a finalidade de escolher o tamanho dos blocos e o material que será utilizado para impressão. Os blocos impressos possuem dimensões 32,4 mm, 32,4 mm e 12,4 mm para os eixos X, Y e Z respectivamente e o material escolhido para representação do osso foi o ABS ao passo que o PLA representará o tecido mole. É através desse software que tomamos conhecimento do volume que o bloco possui com base na quantidade de material gasta para impressão.

3. RESULTADOS

Como resultado foi obtido três amostras de blocos tridimensionais de ossos trabeculares da região do crânio, mostrando a possibilidade de sua construção com a utilização da prototipagem rápida. O tempo de impressão de cada bloco durou em média 7 horas e 37 minutos. A quantidade de material referente ao volume de cada bloco foi satisfatória

mostrando que os blocos de ossos sintéticos são similares quanto ao volume em relação com os OR quando impressos utilizando técnicas de prototipagem rápida. A figura 6 mostra a visualização tridimensional do bloco FV, ao passo que a figura 7 apresenta o mesmo bloco impresso. Tornando evidente a sua complexa estrutura. Onde o material de cor azul (ABS) representa o osso e o de coloração vermelha (PLA) o tecido mole.

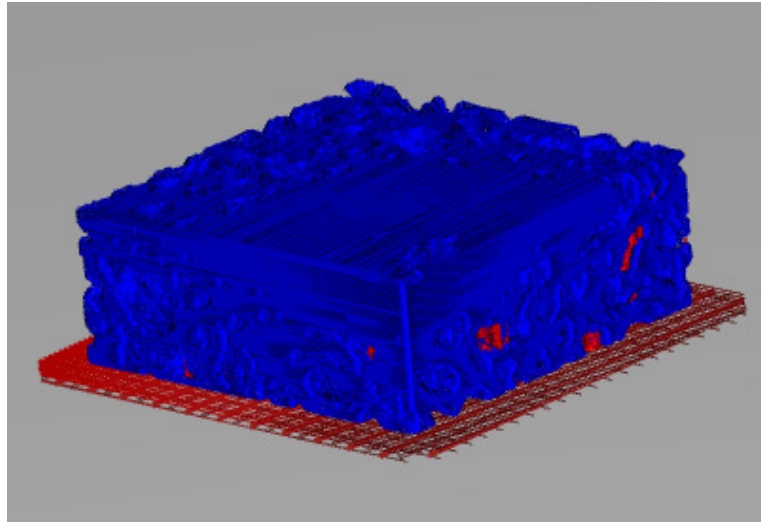


Figura 6: Bloco de osso trabecular FV da região do crânio visto pelo software Cubex

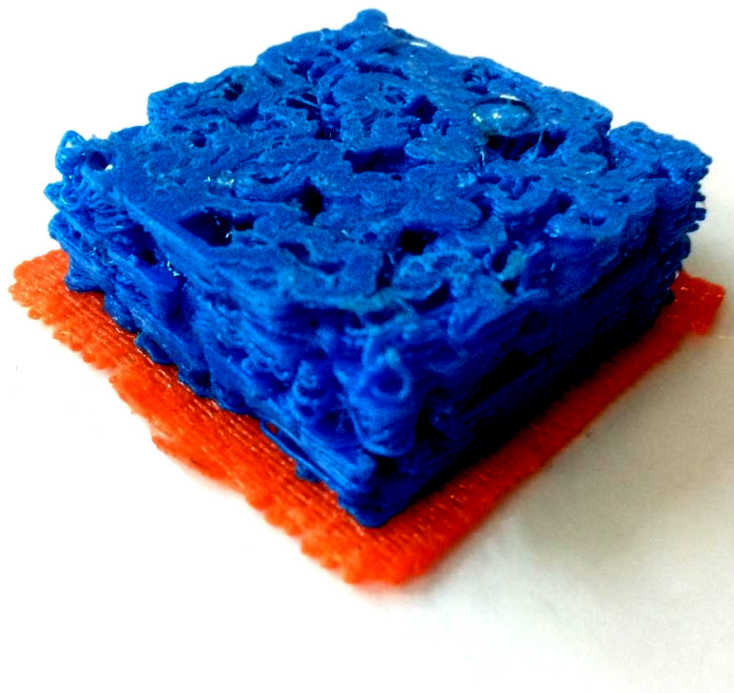


Figura 7: Bloco de osso trabecular FV da região do crânio construído com impressora 3D

Em relação ao volume dos ossos é apresentada na janela do software Cubex onde constam a quantidade de material gasta e o tempo estimado de impressão. As figuras 7, 8 e 9 apresentam a janela do software em questão com o volume do bloco e o tempo estimado de impressão.

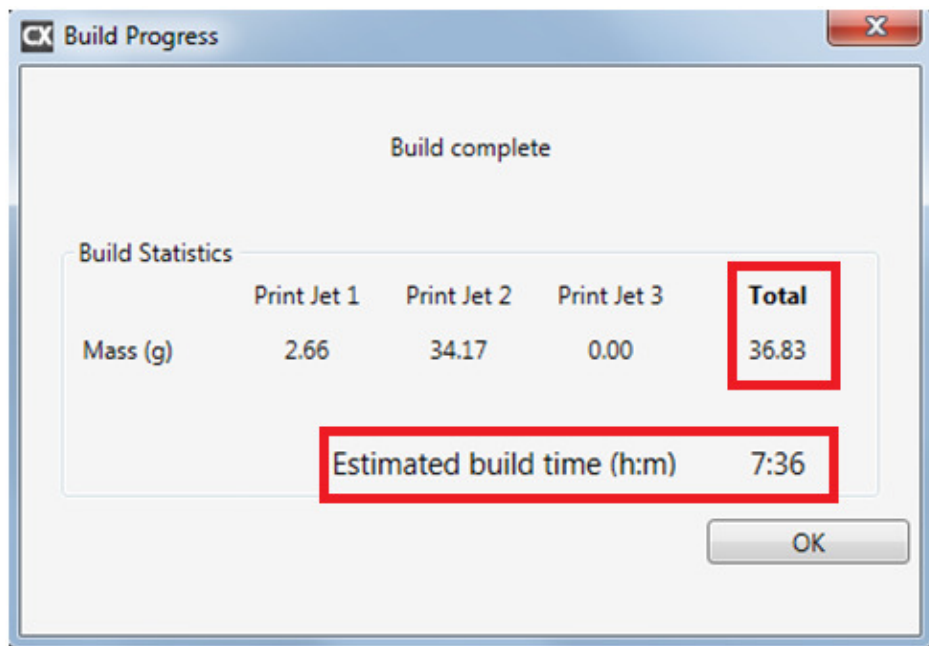


Figura 8: Janela do software Cubex para visualização do volume e tempo da impressão do bloco FV

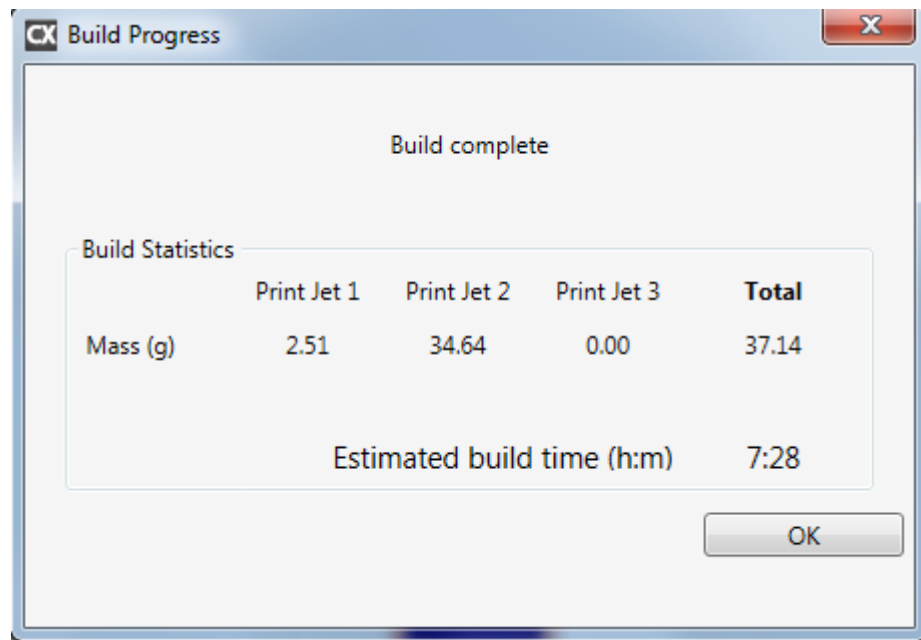


Figura 9: Janela do software Cubex para visualização do volume e tempo da impressão do bloco OR.

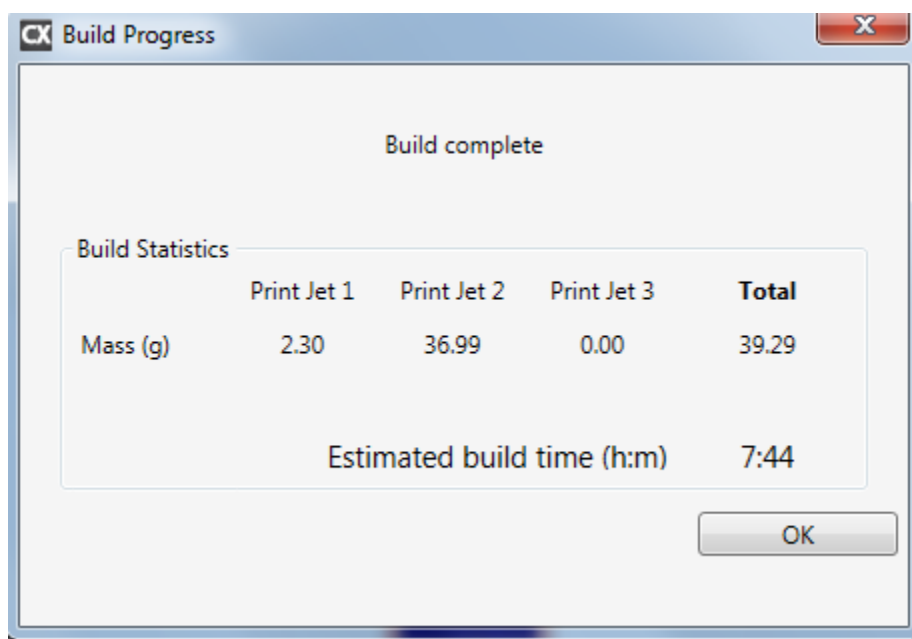


Figura 10: Janela do software Cubex para visualização do volume e tempo da impressão do bloco NT.

Com base nos dados apresentados nas figuras 7, 8 e 9 foi feita a tabela 1 onde é apresentada a quantidade de material e o tempo gasto em cada impressão.

Tabela 1: Quantidade de material utilizado e tempo de impressão dos blocos de ossos trabeculares OR, NT e FV

Bloco	Material ABS utilizado (g)	Material PLA utilizado (g)	Tempo de impressão (horas)
FV	34,17	2,66	7:36
OR	34,64	2,51	7:28
NT	36,99	2,30	7:44

Na tabela é verificado que o material gasto na amostra OR é similar ao utilizado nas amostras FV e NT se aproximando mais da amostra FV ao passo que o tempo gasto na construção dos três blocos apresenta grande proximidade, mostrando que as amostras sintéticas apresentam complexidade similar com a amostra OR.

4. CONCLUSÃO

Com esse estudo foi possível concluir que a impressora Cubex 3D printer pode ser capaz de imprimir amostras tridimensionais de blocos de ossos trabeculares da região do crânio. Foi verificado que as amostras sintéticas apresentam similaridade com as amostras reais, tornando assim possível a utilização de blocos FV e NT para substituir amostras de ossos

reais. Verificou-se que o volume apresentado pelas três amostras tridimensionais apresentou grande similaridade tornando assim possível a utilização de ambas as amostras sintéticas em possíveis fantoma físicos.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Pernambuco.

Ao Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste.

Ao professor Dr. Ferdinand Lopes pela paciência e dedicação

Ao professor José de Melo

Aos chefes do serviço de Medicina Nuclear visitado, pela permissão da realização da pesquisa.

Aos amigos e a família pelo incentivo, apoio e compreensão de sempre.

REFERÊNCIAS

1. Portaria SVS/MS nº 453, http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria_453.pdf (1998).
2. J. W. VIEIRA, V. LEAL NETO, J. M. LIMA FILHO, J. R. S. CAVALCANTI, F. R. A. LIMA, “Desenvolvimento de um método Monte Carlo não paramétrico para gerar imagens sintéticas de ossos trabeculares”, *IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection and Safety – IRPA 2013*. Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2013.
3. J. T. BUSHBERG, J. A. SEIBERT, E. M. LEIDHOLDT and J. M. BOONE, *The Essential Physics Medical Imaging*, 2nd ed., Lippincott Williams & Wilkins, USA, 2002
4. T. Duarte, R. Neto, F. Braga, M. Simão, J. Lino, “Prototipagem Rápida, Protoclick”, Editora: Inegi, ISBN:972-95376-1-5, 2001.
5. J. CARVALHO, Prototipagem rápida” http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/prototipagem.html#Informações (2003).