

## MONTE CARLO METHOD STUDIES AND A COMPARATIVE BETWEEN GEANT4 TOOLKIT AND MCNPX TO DEPTH DOSE IN MEDICAL PHYSICS

**Antonio H. M. Magalhães<sup>1</sup>, Ney Lemke<sup>1</sup>, Joel M. Hormaza<sup>1</sup>, Danilo A. da Silva<sup>1</sup>, Guilherme F. Inocente<sup>1</sup>, Maurício T. Pazianotto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Física e Biofísica - Instituto de Biociências de Botucatu  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"  
Distrito de Rubião Jr. S/N  
18608-000 Botucatu, SP  
ahmmagalhaes@gmail.com

### RESUMO

Conhecer a curva de dose profunda no eixo central é fundamental para o planejamento preciso de sistemas de tratamento médico envolvendo radiações ionizantes. Com a evolução da informática, é possível a utilização de diversas ferramentas computacionais como o Geant4 e o MCNPX que utilizam o Método de Monte Carlo para simular tais situações. Nosso trabalho faz um comparativo entre as duas ferramentas nesse tipo de aplicação.

### 1. INTRODUÇÃO

Conhecer a curva de dose profunda no eixo central é fundamental para a precisão no planejamento de sistemas de tratamentos envolvendo radiações ionizantes, particularmente os elétrons, bastante utilizados em tratamentos de tumores superficiais e outras doenças por limitar a dose aos tecidos de interesse, preservando os sadios (Hogstrom, 2006).

Ao longo do desenvolvimento das tecnologias aplicadas ao tratamento utilizando feixe de elétrons, vários autores introduziram modelos de acurácia com os valores experimentais para descrever a dose profunda em elétrons, como Kawachi (1975), Steben *et al* (1979) e Meigooni (1986). Outra técnica para o estudo em questão é o Método de Monte Carlo que utiliza uma sequência de números aleatórios associados a algoritmos de produção e transporte de radiação que graças ao crescimento da capacidade computacional tornou-se viável em experimentos para a interação da radiação com a matéria.

A curva de dose profunda no eixo central pode ser dividida em três regiões: A primeira, conhecida como região de Build-up, a dose cresce a partir da superfície até atingir a região onde a energia depositada é máxima ( $d_{\max}$ ). A partir desse ponto entramos na segunda região, onde a dose decai até  $R_0$  e até a terceira região, de dispersão e bremsstrahlung, até o infinito.

Segundo Meigooni (1986) a expressão analítica para determinação da dose profunda no eixo central, deve possuir as seguintes características:

$$D(x) = D_y, \text{ Quando } x \rightarrow R_0 \quad (1)$$

$$\frac{dD(x)}{dx} = 0, \text{ Quando } x \rightarrow d_{\max} \quad (2)$$

$$\frac{d^2 D(x)}{dx^2} = 0, \text{ Quando } x \rightarrow R_{50} \quad (3)$$

## 1.2. Tempo Computacional

O tempo de processamento em simulação computacional é de vital importância para se avaliar a viabilidade do método para a investigação de problemas físicos. Com o incremento da capacidade computacional, o tempo gasto nesses estudos cai, e para situações simples como a deste trabalho, deixa de ser um fator limitante, muito embora o fosse há alguns anos, pois em diversos trabalhos de datas mais antigas, os autores (Kawachi, Meigooni) evidenciam sua preocupação com a viabilidade desse tipo de trabalho por conta do tempo.

## 2. OBJETIVOS

Obter curvas de dose em função da profundidade para feixes monoenergéticos de elétrons de 6 e 9 MeV de energia, utilizando duas ferramentas bastante utilizadas em simulação computacional, o MCNPX e o Geant4.

Analisar o tempo gasto em cada simulação em ambas as ferramentas, avaliando o efeito de múltiplos terminais simultâneos neste tempo de processamento.

## 3. METODOLOGIA

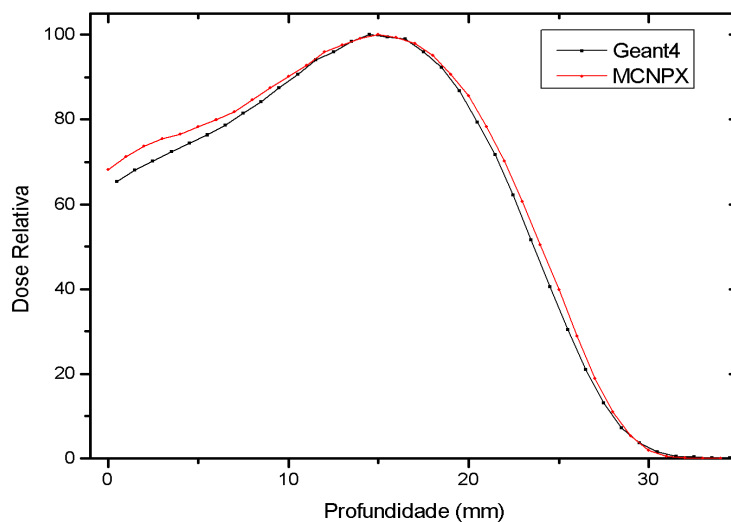
A simulação consistiu na incidência de um feixe monoenergético de elétrons com energia de 6 e 9 MeV, em um cubo detector homogêneo de arestas medindo 10 cm, completamente cheio de água. O feixe atingia o centro de uma das faces do cubo e em ambas as ferramentas (MCNPX e Geant4) procurou-se reproduzir os mesmos parâmetros.

Durante as simulações foi medido o tempo de processamento utilizado pela máquina, uma “workstation” da marca DELL, equipada com um processador “quad-core” de quatro núcleos de processamento e memória ram de 4 gigabytes.

Considerando os múltiplos núcleos de processamento, medimos o tempo decorrido para uma, duas, três e quatro simulações simultâneas, para ambas as ferramentas.

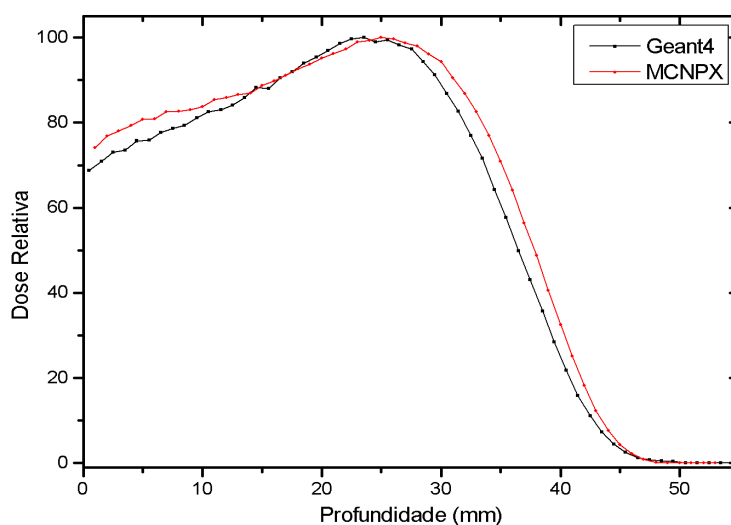
## 4. RESULTADOS

Dose por profundidade através do Geant4 e MCNPX para feixes de elétrons de 6 MeV

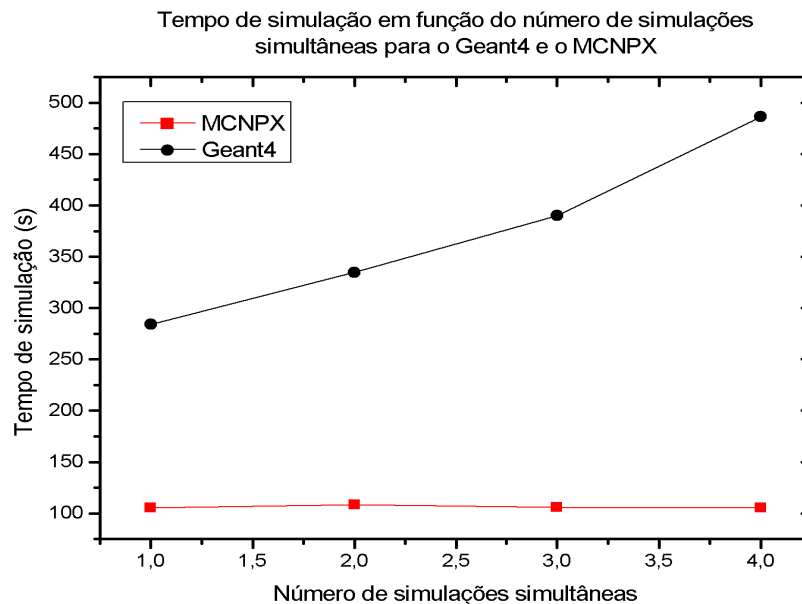


**Figura 1. Dose por profundidade obtida através das ferramentas Geant4 e MCNPX para feixes de elétrons monoenergéticos de 6 MeV.**

Dose por profundidade através do Geant4 e MCNPX para feixe de elétrons de 9 MeV



**Figura 2. Dose por profundidade obtida através das ferramentas Geant4 e MCNPX para feixes de elétrons monoenergéticos de 9 MeV.**



**Figura 3. Comparação dos tempos de simulação entre o Geant4 e o MCNPX.**

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os resultados mostrados pelas curvas acima evidenciam boa concordância entre as ferramentas. A profundidade máxima ( $d_{max}$ ) apresenta diferenças de 6% para o feixe de 6 MeV e 4% para o feixe de 9 MeV.

As divergências encontradas tanto na dose de entrada quanto na região de decaimento, podem ser explicadas por diferenças nos modelos físicos utilizados nas ferramentas e por diferenças nos valores de “stopping-power” adotados.

Para o tempo computacional, nota-se no Geant4 um acréscimo significativo do mesmo quando do aumento do número de terminais simultâneos, não notado no MCNPX. A diferença pode indicar que o código MCNPX é capaz de utilizar todos os núcleos de processamento com maior eficiência.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Fapesp e CNPq pelo suporte financeiro ao projeto de pesquisa.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Kenneth R. Hogstrom and Peter R. Almond. “Review of electron beam therapy physics”. *Phys. Med. Biol.* 51 R455-R489. (2006).
2. K. Kawachi “Calculation of electron dose distribution for radiotherapy treatment planning”. *Phys. Med. Biol.* 20 571-577. (1975).
3. A. S. Meigooni *et al.* “Parametrisation of depth dose for electron beams”. *Phys. Med. Biol.* 32

761-768. (1987).

4. JD. Steben, K. Ayyangar, N. Suntharalingam. "Characterization of Betatron electron beam for dosimetry calculations". - *Phys. Can*, (1976).