Avaliação Dosimétrica em Exames de Radiodiagnóstico Utilizando um Fantoma Caracterizando Gravidez.

Carolinne Santana de Morais1, José Wilson Vieira2
1Estudante do Curso de Tecnologia em Radiologia- IFPE, campus Recife; carol.smorais@hotmail.com
2José Wilson Vieira/pesquisador do Departamento de Radiologia (GPDC&SE). – IFPE, campus Recife; jose.wilson59@uol.com.br

RESUMO

Um problema de radioproteção a ser avaliado é o uso das radiações ionizantes em exames de radiodiagnóstico realizados em mulheres grávidas, por causa da radiossensibilidade associada ao desenvolvimento do embrião/feto. Os efeitos gerados a partir dessa exposição acarretam em uma série de danos para o embrião/feto, tais como: morte intrauterina, retardamento do crescimento, desenvolvimentos de anomalias, entre outros. Os Modelos Computacionais de Exposição (MCEs) são utilizados para simular o transporte das radiações ionizantes, como também a interação destas com o corpo humano e para estimar a dose absorvida. Estes MCEs são compostos, por um fantoma computacional para representar o corpo humano irradiado, um código Monte Carlo para simular o transporte da radiação e a interação com a matéria e algoritmos de fontes radioativas para simular o papel da fonte emissora. Neste trabalho foi utilizado o MCE MARIA (Modelo Antropomórfico para Dosimetria das Radiações Ionizantes em Adultas), desenvolvido pelo Grupo de Dosimetria Numérica (GDN) e por Pesquisadores do Departamento de Energia Nuclear/UFPE, para simular exames de radiodiagnóstico envolvendo gestantes. Este MCE é composto por um fantoma de malhas poligonais (mesh), acoplado ao código Monte Carlo EGSnrc, onde contém algoritmos de fontes emissoras externas do tipo pontual, linear, planar e volumar. Foram feitas avaliações de dose absorvida por órgãos/tecidos das regiões em que foram realizados os exames (tórax e abdome) com projeções em PA. Para estas simulações foram utilizados o MCE MARIA acoplado ao código MC EGSnrc e o fantoma FASH acoplado ao software CALDose_X. Os resultados obtidos serão mostrados neste trabalho.

Palavras–chave: Modelo computacional de exposição, Fantoma de voxel , Monte Carlo, EGSnrc, Radiodiagnóstico

1. INTRODUÇÃO

A exposição de gestantes às radiações ionizantes é um grande problema de radioproteção, devido à radiossensibilidade associada ao desenvolvimento embrionário e fetal. O efeito biológico advindo das radiações ionizantes acarreta em uma série de danos para o

embrião/feto, tais como: morte intrauterina, retardamento do crescimento, desenvolvimento de anomalias, cânceres na infância, entre outros (SAVAREGO; DAMAS, (2007)).

Os Modelos Computacionais de Exposição (MCEs) vem sendo utilizados para simular o transporte das radiações ionizantes, como também a interação destas com o corpo humano para estimativa de dose absorvida. Portanto, foi utilizado o MCE MARIA (Modelo Antropomórfico para Dosimetria das Radiações Ionizantes em Adultas), desenvolvido pelo Grupo de Dosimetria Numérica (GDN) e por Pesquisadores do Departamento de Energia Nuclear/UFPE (CABRAL, 2015), para simular exames de radiodiagnóstico envolvendo gestantes.

Fundamentalmente, MCEs são compostos por um fantoma computacional, representando o corpo humano, acoplados a um código Monte Carlo e utilizando algoritmos de fontes radioativas. O MCE MARIA é composto por um fantoma de malhas poligonais (mesh), acoplado ao código Monte Carlo EGSnrc e que contém algoritmos de fontes radioativas do tipo paralelas de fontes emissoras externas do tipo pontual, linear, planar e volumar.

Neste trabalho foi utilizado o software CALDose_X (KRAMER, 2008) para avaliações dosimétricas no fantoma FASH (Female Adult meSH) (CASSOLA, 2010 a) em exames de radiodiagnóstico para comparações com os resultados obtidos pelas simulações realizadas com o MCE MARIA/EGSnrc.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Dosimetria Numérica (LDN), em computadores com os principais itens de configuração: sistema operacional Windows 7 Ultimate 64 Bits Service Pack 1, processador Intel® Core™ i7 e memória instalada (RAM) de 24,0 GB. Os principais softwares utilizados são: 1. CALDose_X (Cálculo de Dose) (KRAMER et. al., 2008); 2. EGSnrc (KAWRAKOW; ROGERS, 2003); 3. Office 2007: Word e Excel.

Foram utilizados neste projeto dois modelos de fantomas femininos adultos: o fantoma MARIA acoplado ao código MC EGSnrc, e o fantoma FASH acoplado ao software CALDose_X.

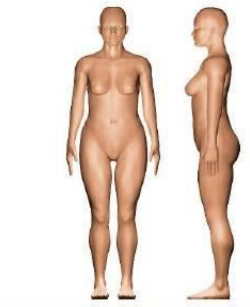
2.1 O SOFTWARE CALDose_X

O software CALDose_X é uma ferramenta que oferece a possibilidade de calcular INAK (INcident air Kerma = Kerma incidente no ar) baseado na curva de rendimento de um

tubo de raios x, e ESAK (Entrance Surface Air Kerma = (Kerma no ar na superfície de entrada). O software avalia a dose absorvida em órgãos/tecidos do corpo humano em exames de radiodiagnóstico realizados frequentemente, como também o risco incidência e mortalidade por câncer em pacientes.

O fantoma utilizado para avaliação dosimétrica no CALDose_X é o FASH em ortostase, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1. Fantoma FASH em Ortostase



Fonte: o autor

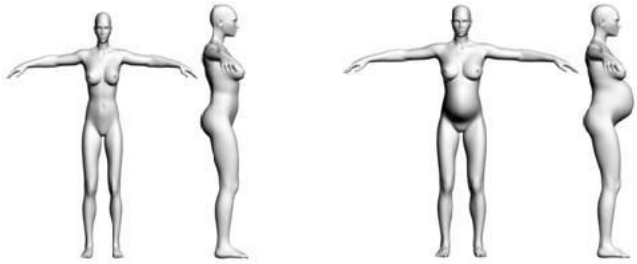
O software está disponível no endereço www.caldose.org e o usuário pode inserir informações como: preencher o campo com o nome da instituição, sala, nome do paciente, idade, gênero e posição, em seguida deve ser escolhida a posição e selecionar qual o exame será realizado. Deve ser informado a distância em que o paciente realizará o exame, a carga (mAs) e o potencial elétrico (kV), a partir destes dados podem ser obtidos o ESAK e o INAK.

O fantoma FASH foi utilizado em posição ortostática na projeção PA para dois exames específicos: tórax e abdome, com o intuito de avaliar dose absorvida por órgãos/tecidos próximos e mais distantes da região em que foi realizado o exame.

2.2 MODELO COMPUTACIONAL MARIASP/EGSnrc

O MCE utilizado neste trabalho é nomeado MARIA, e é composto por um fantoma grávido mesh, o código MC EGSnrc e algoritmos de fontes radioativas para simulações de exames de radiodiagnóstico. O fantoma no qual foi utilizado para simulações com o código MC EGSnrc é o fantoma grávido. O fantoma grávido foi desenvolvido a partir de um fantoma adulto feminino não grávido, como mostrado na Figura 3.

Figura 3. Fantoma não grávido/ Fantoma grávido.



Fonte: (CABRAL, 2015)

O fantoma grávido precisou ser convertido de mesh para uma versão voxelizada para acoplamento ao código MC EGSnrc.

2.3 CÓDIGO MONTE CARLO EGSnrc

O código MC EGSnrc possui uma linguagem de programação Mortran e é um pacote para a simulação MC de transporte acoplado de fótons e elétrons na faixa de energia que varia de 1keV a 1GeV.

Antes de ser feita a simulação é necessário informações adicionais que incluem, por exemplo, as variáveis que controlam a posição da fonte (XS, YS, ZS), largura e altura do campo a ser irradiados (FW, FH), a energia inicial (EIN) e o número de histórias simuladas (NTIM), como mostrado na figura 5.

Figura 5. Arquivo contendo informações sobre a simulação definida pelo usuário

```
DATA INPUT FOR EGSnrc/FSTA_MICR0160 CODE FOR ABDOMEN EXPOSURES
micro
MACRO VOXEL DIMENS.  [cm]:  0.12  0.12  0.12
  16
ABDOMEN EXAMINATION WITH A PUNCTUAL BEAM PA
XS,YS,ZS,FW,FH,RQ,YIQ    :     26.64    115.00     39.60     35.00     40.00   2000.00
NTIM,IGE,NSPEC,EIN,NG,NUM: 100000000   7   7     70.   0   8   3   8   1   0   1   0   0
IQ,ECT,PCT,WT,EC6,7,10,11:   0   20.    2.  1.00    5.    5.    5.    5. 0.60 0.70 0.25 0.4
RESULTS IN FILE          :F_1E8_PA
```

Fonte: o autor

Neste trabalho, foram simulados exames de radiodiagnóstico, com projeções em PA para dois segmentos do corpo: tórax e abdome. Os resultados dosimétricos avaliam estimativas de dose absorvida dos órgãos/tecidos na região em que foi realizado o exame e em órgãos mãos

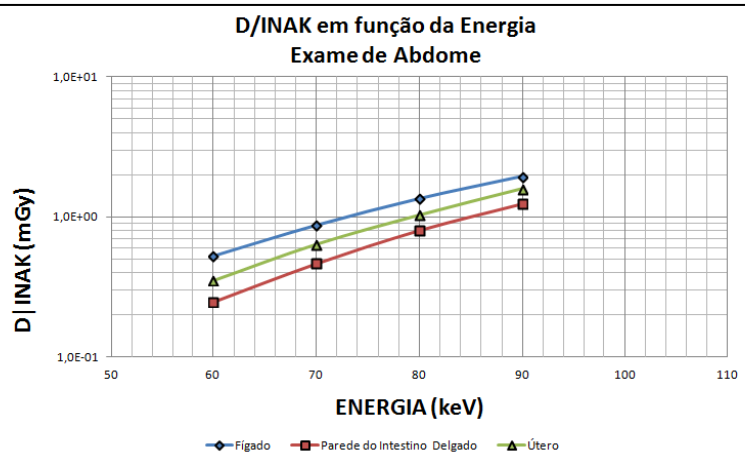
distante. Foram comparadas as doses absorvidas dos órgãos/tecidos do fantoma grávido acoplado ao código MC EGSnrc, com as do fantoma FASH no software CALDose_X.

3. Resultados e Discussões

Os gráficos mostrados adiante se referem à relação entre a dose absorvida pelos órgãos/tecidos avaliados e a energia utilizada das estruturas em projeção PA. Foram realizadas simulações com valores que variaram de acordo com a faixa de energia e a distância fonte detector (FDD) do abdome (60 a 90 keV e FDD 110 cm.

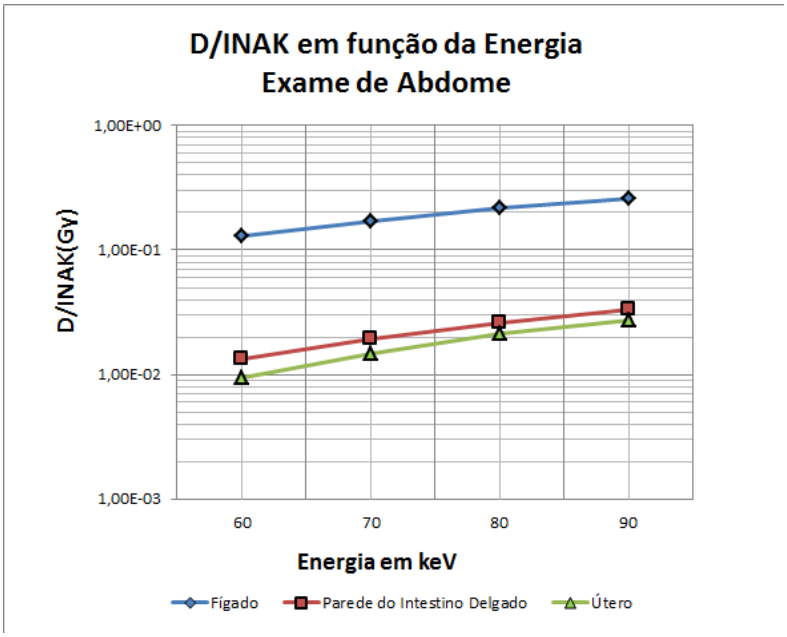
Estes dados foram obtidos através do software CALDose_X utilizado o fantoma FASH, e o código MC EGSnrc utilizando o MARIA. Para o exame de abdome os órgãos/tecidos avaliados foram: pulmões, fígado e intestino delgado. Pode ser observado que o útero do FASH teve uma dose absorvida maior que o MARIA, por conta da blindagem de parte do útero, devido à presença do feto, como mostrado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7. Distribuição da D/INAK FASH Exame de Abdome.



Fonte: o autor

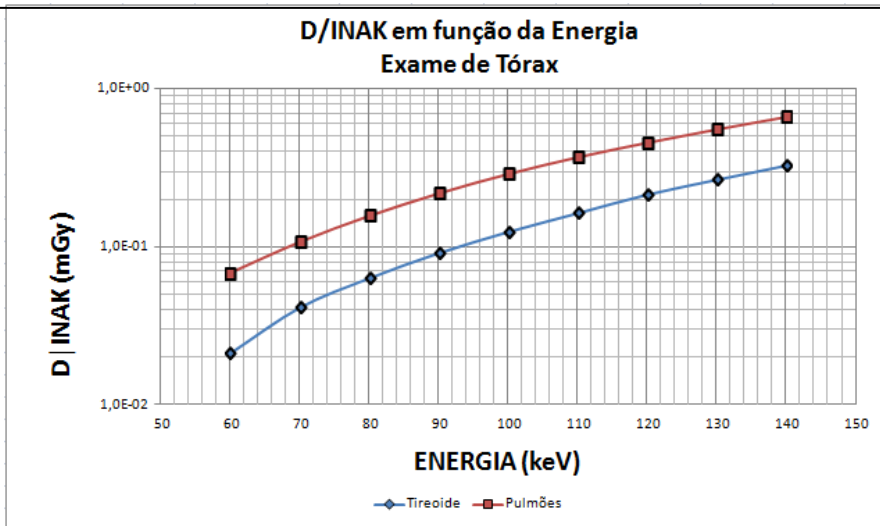
Figura 8. Distribuição da D/INAK MARIA Exame de Abdome.



Fonte: o autor

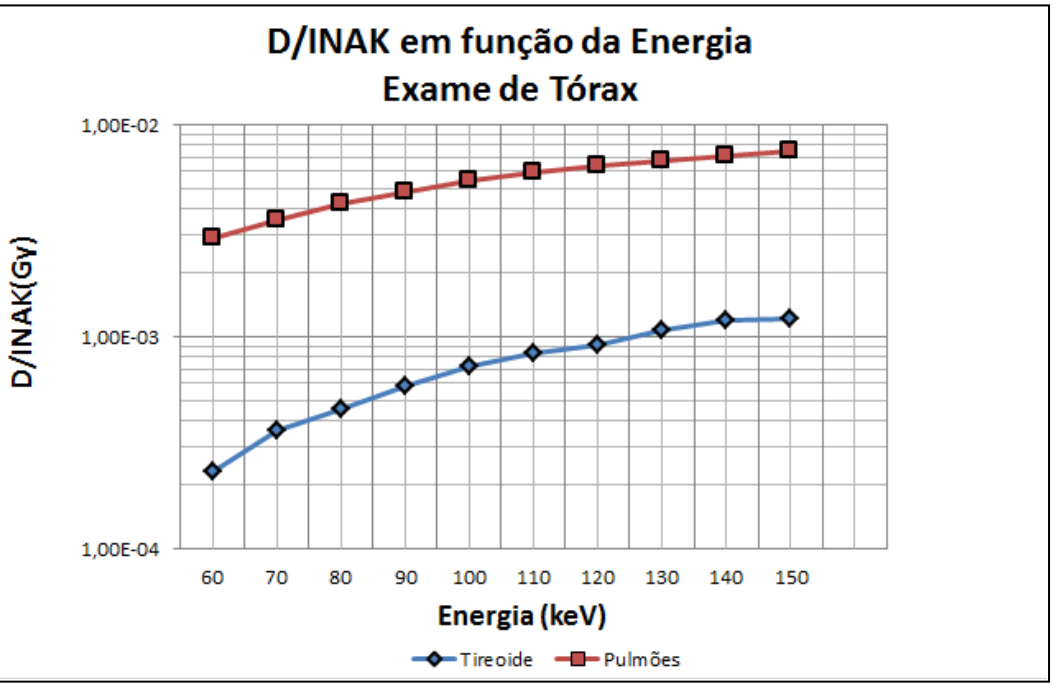
A faixa de energia e a distância fonte detector (FDD) utilizada para exames de tórax foram (60 a 150 keV e FDD 180 cm. Notou-se que a distribuição de dose para as demais estruturas aumentou proporcional da D/INAK, como esperado, como mostrado nas Figuras 10 e 11.

Figura 10. Distribuição da D/INAK FASH Exame de tórax.



Fonte: o autor

Figura 11. Distribuição da D/INAK MARIA Exame de tórax.



Fonte: o autor

4. CONCLUSÕES

As comparações obtidas entre os fantomas FASH e MARIA foram compatíveis de acordo com o esperado. Pois o objetivo deste trabalho foi avaliar as distribuições de dose absorvida entre os órgãos/tecidos mais radiossensíveis entre os dois fantomas. Pode ser observado que no fantoma grávido, o útero obteve uma menor dose absorvida em relação ao FASH, devido à blindagem exercida pelo feto, como o esperado.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por não deixar desanimar em meio às dificuldades encontradas, a minha família pelo apoio, ao professor orientador José Wilson Vieira e a coorientadora de pesquisa Manuela Ohana Monteiro Cabral, pela paciência e apoio para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

CABRAL, M.O.M. Desenvolvimento de Fantomas Femininos em Diversos Estágios de Gravidez para Simulação de Exames de Radiodiagnóstico, Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares), Recife, Janeiro de 2015.

CASSOLA, V. F.; LIMA, V. J.; KRAMER, R.; KHOURY, H. J. FASH and MASH: female and male adult human phantoms based on polygon mesh surfaces: I. Development of the anatomy. Physics in Medicine and Biology, vol. 55, No. 1, 2010a.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Diretrizes básicas de proteção radiológica. CNEN NN – 3.01. Diário Oficial da União, Brasília, 2014.

Efeitos da radiação. Disponível em: <http://radiologiax.blogspot.com.br/>. Acesso em: 22 de Janeiro de 2015.

KAWRAKOW, I.; ROGERS D. W. O. The EGSnrc code system: Monte carlo simulation of electron and photon transport. NRCC Report PIRS-701. National Research Council of Canada, Ottawa, K1A OR6, 2003.

KRAMER, R.; VIEIRA, J. W.; KHOURY, H. J. CALDose X - A software tool for the assessment of organ and tissue absorbed doses, effective dose and cancer risks in diagnostic radiology. Physics in Medicine and Biology, vol. 53, No. 22, 2008, 24 p.

PAULA L.C, MEDEIROS R.B. Exposição à radiação no período pré natal. Folha Médica 2001;120:213–219.

SAVAREGO, S. DAMAS, FERRASSA.K.; Bases da radiologia convencional. 2 ed. – São Caetano do Sul, SP: Yendis Editora, 2007.