



International Joint Conference Radio 2019

Cálculo de fator de conversão para dose absorvida em atividade de navegação utilizando o método Monte Carlo e um simulador antropomórfico virtual

Tamura^a, T.M., Souza^a, R. E., Neves^{b,c}, L. P., Perini^{b,c}, A. P., Santos^{b,d}, W. S

^a Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, MG, Brasil

^b Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia (INFIS/UFU), Uberlândia, MG, Brasil.

^c Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, MG, Brasil.

^d Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP), São Paulo, SP, Brasil.

tamura.tat@gmail.com

Introdução: Os radionuclídeos são elementos que naturalmente emitem radiação e, estão dispostos na atmosfera e na crosta terrestre. Levando isto em consideração, as usinas nucleares utilizam de tais elementos para a produção de energia elétrica. Considerando condições de rotina, os impactos sobre a vida humana, resultado da manipulação desses elementos, são mínimos, salvo acidentes de grandes proporções que podem ocorrer [1]. Em consequência de acidentes, a água utilizada para a refrigeração dos reatores nucleares pode contaminar, com materiais radioativos, a água do oceano, o que pode ocasionar sérios prejuízos para as pessoas que utilizam essas áreas como local de alimentação e locomoção, bem como pessoas que consuma produtos em regiões distantes. O objetivo desse trabalho é modelar computacionalmente cenários de exposição de indivíduos que realizam atividades de navegação, em águas contaminadas por radionuclídeos, o que caracteriza uma situação de exposição externa.

Metodologia: Neste trabalho, foi utilizado o código de transporte de radiação MCNPX 2.7.0 e o simulador antropomórfico adulto matemático, que foi modificado da postura em pé para a postura sentada, para representar um cenário de exposição mais realístico [2, 3]. O simulador foi posicionado sentado em um barco feito de alumínio de 3,65 m de comprimento, 1,20 m de largura e 0,4 m de profundidade, sobre um lago.

Foi utilizado o *tally* F6 (em MeV/g/partícula) para determinar a energia média depositada em cada órgão e tecido decorrente da exposição de uma fonte de ⁶⁰Co. As doses depositadas foram calculadas usando as energias de fóton de 1,17 e 1,33 MeV, com probabilidade de emissão de 0,9986 e 0,9998, respectivamente. Para converter o *tally* F6 (MeV/g/partícula) para Gy/Bq.s foi utilizada a Equação 1,

$$F \left(\frac{\text{Gy}}{\text{Bq.s}} \right) = F6 \left(\frac{\text{MeV}}{\text{g.partícula}} \right) * 1,602 \times 10^{10} * \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ partícula}}{\text{desintegração}} \right) * \left(\frac{\text{desintegração}}{\text{Bq.s}} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

O fator F foi multiplicado pelo volume associado da fonte (355 m^3) para obter o coeficiente de conversão para dose absorvida em $\text{Gy.m}^3\text{Bq}^{-1}\text{s}^{-1}$.

Resultados: Na Tabela 1 são apresentados os principais resultados estimados com o código computacional MCNPX. Os valores foram comparados com valores de referência para 50% de imersão [4, 5]. Pode-se observar, que o cérebro obteve um coeficiente de conversão semelhante com o valor encontrado na literatura [4].

Tabela 1. Coeficiente de conversão de dose calculado como o código MCNPX, para um indivíduo adulto em atividade de navegação, exposto a água contaminada com ^{60}Co . Entre parênteses estão apresentadas as incertezas relativas.

Órgãos	(Gy.m ³ .Bq ⁻¹ s ⁻¹)		
	Este estudo	Referência [4]	Referência [5]
Cérebro	1,4E-16 (14%)	1,5E-16	--
Fígado	9,6E-17(16%)	1,2E-16	--
Pulmão	1,1E-16 (11%)	1,3E-16	1,3E-16
Tireoide	6,3E-17 (53%)	1,4E-16	1,3E-16
Gônadas	8,1E-17 (60%)	1,3E-16	1,2E-16
Dose efetiva	1,1E-16 (7%)	1,4E-16	1,3E-16

Os resultados das gônadas e tireóide publicados na literatura ultrapassaram em 50 e 120%, respectivamente, os resultados obtidos neste estudo. No entanto, estes dados não são conclusivos, pois as incertezas associadas com a simulação para esses dois órgãos foram superiores a 50% e, por isso, necessita-se uma investigação mais detalhada. Além disso, essas diferenças obtidas entre os vários estudos podem ter sido resultado da utilização de diferentes métodos para determinação das doses.

Conclusões: A exposição de um indivíduo navegando em um lago contaminado é uma situação de ocorrência pouca estudada em proteção radiológica e, por isso, acreditamos que o modelo computacional desenvolvido bem como os resultados preliminares apresentados neste estudo, possam ser utilizados na avaliação dosimétrica e, também contribuam para ampliar os poucos resultados existentes na literatura.

Referências:

- [1] ICRP 116. Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures. Publication 116. Ann., 40, p. 2 – 5, 2010.
- [2] PIMAL - Phantom with Moving Arms and Legs. Computer software. Vers. 4.1. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Aug. 2016. Web.
- [3] D. B. Pelowitz, MCNPX User's Manual, Version 2.7.0, Report LA-CP-11- 00438. Los Alamos National Laboratory, 2011.
- [4] Eckerman, K. F. and Ryman, J. C. Federal guidance report no. 12: external exposure to radionuclides in air, water, and soil. Report No. EPA-402-R-93-081 (Oak Ridge, TN: U.S. Environmental Protection Agency),1993.
- [5] Bellamy, M. B., Dewji, S. A., Leggett, R. W., Hiller M., Veinot, K., Manger, R. P., Eckerman, K. F., Ryman, J. C., Easterly, C. E., Hertel, N. E., and Stewart, D. J. Federal Guidance Report No. 15 - Draft: External Exposure to Radionuclides in Soil, Air, and Water. Final Draft provided by authors. (Oak Ridge, TN: U.S. Environmental Protection Agency), 2014.