



International Joint Conference Radio 2019

Efeitos biológicos das radiações ionizantes em instalação radiativa para prática de escaneamento de cargas e contêineres nos portos brasileiros

Gomes^{a,b}, R.G., Braga^{a,b}, K.L., Medeiros^{a,b}, M.P.C.,

^aInstituto Militar de Engenharia - Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

^bUFRJ, Programa de Engenharia Nuclear PEN/COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

ggrprojetos@gmail.com

eng.cavaliere@gmail.com

kelmo.lins@gmail.com

Silva^b, A.X.

^bUFRJ, Programa de Engenharia Nuclear PEN/COPPE, Universidade Federal do Rio de

ademir@con.ufrj.br)

Correa^c, S.C.A

^cCNEN, Divisão de Aplicações Industriais, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brasil

scorrea@cnen.gov.br)

Wilson Freitas Rebello^d, W., F., S.

^dUERJ, Departamento de Estruturas e Fundações, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

wilsonrebello@gmail.com)

Cardoso^a, D.D.

^aInstituto Militar de Engenharia - Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

domin@ime.eb.br

1. Introdução

Equipamentos emissores de radiação ionizante vem sendo empregados na prática de radioinspeção por meio de imagens em busca de materiais ilícitos e ilegais. Para o alcance em cargas e contêineres, faz-se necessário o uso de altas energias por meio de acelerador linear (linac) para garantia do poder de penetração no objeto a ser inspecionado. Em uma situação que, seja por acidente ou mal funcionamento do equipamento, algum indivíduo seja exposto ao feixe direto de um acelerador na ordem de 4.5 MeV de energia nominal, existe uma grande preocupação com os efeitos nocivos e prejudiciais à saúde que essa radiação poderá causar.

O Brasil vem empregando linacs voltados para radioinspeção em seu sistema portuário. A demanda surgiu por exigências legais de seu principal cliente exportador, os EUA, que através da *Lei Safe Act* (2006) [1] prevê que os países exportadores que mantem relações comerciais devem escanear suas cargas e contêineres em seu porto de origem. Tal como ocorre nessa situação nos portos brasileiros, a prática do uso de equipamentos na radioinspeção é mostrado em diversos trabalhos na literatura (RAHON et al, 2016) [2], (IVICA et al, 2012) [3], (MOLDER et al, 2009) [4], (CALLEMARE et al, 2006) [5], (ORPHAN et al, 2005) [6].

O presente estudo tem por finalidade estimar os efeitos biológicos que feixes de fótons produzidos por aceleradores lineares de 4.5 MeV usados nessa prática de inspeção de cargas e contêineres no sistema portuário brasileiro podem provocar em caso de exposição acidental de indivíduo ao feixe direto. Esse fato anormal será imediatamente constatado através da imagem gerada pelo sistema, que ao invés de apresentar somente os limites do contêiner, exibirá a cabine do caminhão, onde se encontra o motorista.

2. Metodologia

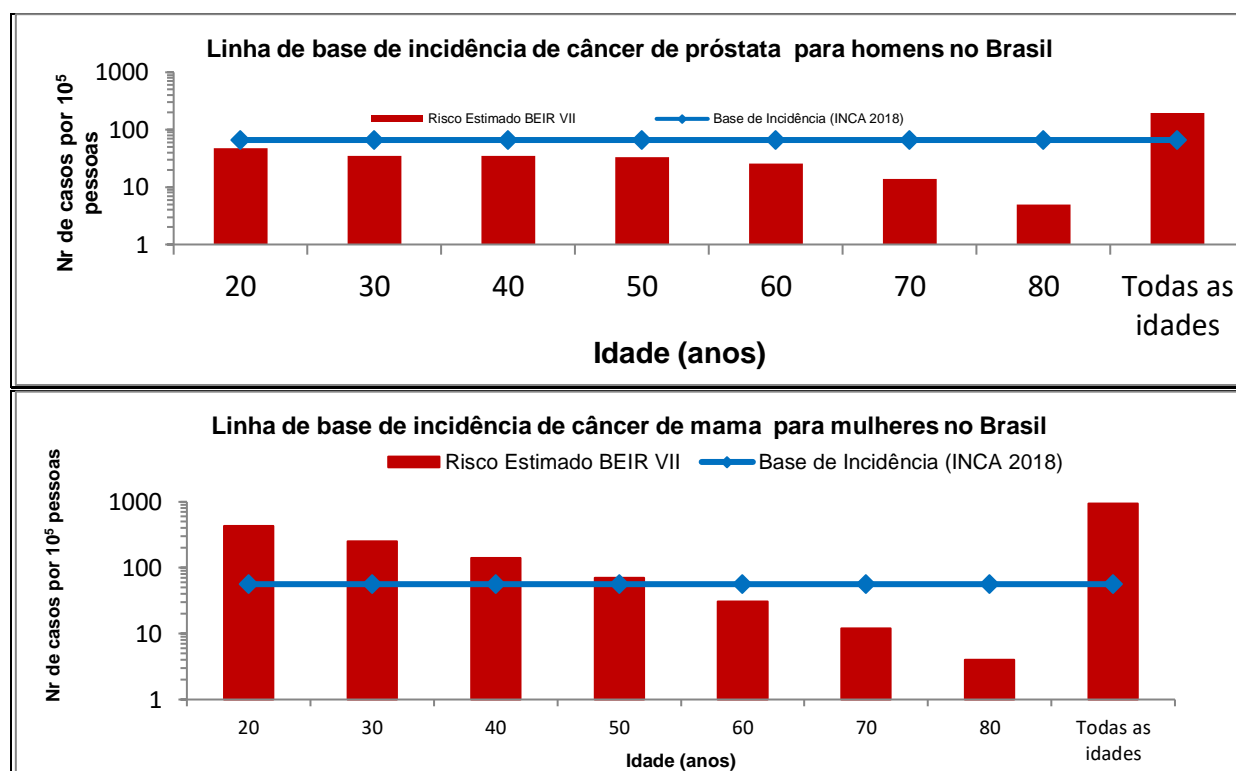
Buscou-se verificar no manual do equipamento a previsão de dose máxima produzida, para análise dos efeitos biológicos do feixe de raios X produzidos por aceleradores lineares de 4.5 MeV, . O manual prevê a taxa de dose máxima de 3 Gy/min (VARIAN MEDICAL SYSTEM, 2012) [7] (VARIAN MEDICAL SYSTEM, 2007) [8]. Essa medida em dose é realizada sem o colimador (VARIAN MEDICAL SYSTEM, 2012) [7], que consiste em peça acessória externa que proporciona conformação do feixe em “leque”. Esse feixe efetua a varredura longitudinal da carga e container ao atravessar o canal de inspeção. Como o sistema de varredura utiliza o colimador, o presente estudo será conservativo em seus cálculos, pois, deste modo, se reduz a taxa de dose do feixe radioativo formado.

Supondo-se que o motorista seja sujeito à exposição acidental, seja por falha dos sensores de exclusão da cabine ou por mal funcionamento do equipamento, o mesmo poderá ser exposto ao feixe direto do acelerador dentro de um intervalo de 1 a 3 segundos, conforme a velocidade prevista de 10 km/h para o caminhão no canal de inspeção (MISTRY et al , 2014) [9].

De posse das taxas de dose, calculou-se a dose recebida pelo indivíduo no intervalo de tempo de exposição. Para análise de cenários onde o indivíduo é exposto, foi realizada a metodologia de modelagem de consequências utilizando as equações BEIR VII (BEIR VII, 2016) [10], que consideram baixas doses de radiação. Para avaliar os efeitos provenientes de tempo de exposição, elencou-se situação onde o motorista em movimento recebe o disparo do feixe direto em dose acumulada (recebida). O estudo prevê que a base teórica do BEIR VII será em função da dose recebida pelo indivíduo.

3. Resultados :

Figura 1 : Estimativas de Risco de Câncer para Homens e Mulheres



*Comparação dos riscos calculados com a linha base de incidência para o Brasil, considerando 0,1 Gy de dose e idade de exposição de 20 a 80, e com todas as idades.

4. Conclusões:

Na figura 1, a probabilidade de riscos de incidência para câncer de próstata por BEIR VII não ultrapassam a linha base de incidência do INCA, exceto no caso de todas as idades. Observando a probabilidade de incidência de câncer de mama até os 50 anos, a previsão encontra-se acima da referência de registro do INCA. Acima de 50 anos, há uma tendência decrescente, abaixo dos valores de referência do INCA (INCA, 2018) [11]. Na tabela 12-D1 phase2 (BEIR VII, 2006) [10], os valores de ocorrência de câncer de mama, por 100.000 indivíduos são relativamente altos até os 50 anos de idade para as mulheres, quando comparado com os outros tipos de cânceres.

O BEIR VII tem sido um importante instrumento de contribuição para a avaliação de cenários por meio da estimativa dos riscos de incidência e de mortalidade devido ao câncer, considerando a dose, o sexo e a idade de exposição do indivíduo, em diversos órgãos como estômago, cólon, fígado, pulmão, mama, próstata, útero, ovário, bexiga, tireóide, outros cânceres sólidos e leucemia.

Referências:

- [1] Lei Act Port EUA (Safe Port Act, 2006). **Security and Accountability for Every Port Act of 2006**. An Act To improve maritime and cargo security through enhanced layered defenses, and for other purposes. <<NOTE: Oct. 13, 2006 - [H.R.4954]>>
- [2] Rahon, J., Danagoulian, A., MacDonald, T. D., Hartwig, Z. S., & Lanza, R. C. (2016). **Spectroscopic neutron radiography for a cargo scanning system**. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 820, 141-145.
- [3] Prlčić, Ivica, Mladen Hajdinjak, and Zdravko Cerovac. "Scientific Study on External Ionising Radiation Exposure during Cargo Vehicle Radiographic Inspections." (2012).
- [4] Cristian Molder, Adrian Bîzgan, Emil Mielica, Andrei Iacobita, **Automated non-intrusive cargo inspection system using gamma-ray imaging (ROBOSCAN 1M)** ISPR'09 Proceedings of the 8th WSEAS international conference on Signal processing, robotics and automation Pages 91-96 Cambridge, UK — February 21 - 23, 2009
- [5] CALLERAME, Joseph. **X-ray backscatter imaging: photography through barriers**, American Science and Engineering Inc., Billerica, MA, USA, Power Diffraction, 21, pp. 132 - 135, (2006), http://www.icdd.com/resources/axa/vol49/v49_02.pdf

- [6] Victor J.Orphan, Ernie Muenchau, Jerry Gormley, Rex Richardson - **Advanced g-ray technology for scanning cargo containers Science Applications International Corporation (SAIC)**, 16701 West Bernardo Drive, San Diego, CA 92127, USA
- [7] VARIAN MEDICAL SYSTEM. **Varian Linatron M3**, 2012.
- [8] VARIAN MEDICAL SYSTEM. **Varian Linatron High-Energy X-ray Applications**, 2007
- [9] MISTRY, D. J.; CROSS, T. A.; WEATHERUP, C. R. **RF Sub-Systems for Cargo and Vehicle Inspection**. In: 5th International Particle Accelerator Conference: Proceedings of IPAC2014 Dresden Germany. 2014. p. 15-20.
- [10] Biological Effects of Ionizing Radiation VII (BEIR VII), Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII, Phase 2. National Academy of Science, Washington, DC, 2006.
- [11] INCA. **INCA - Instituto Nacional de Câncer - Estimativa 2018**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Cancer José Alencar Gomes da Silva, 2018. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/estimativa>>.