

## Comparação Estatística de Espectros Clínicos

Victor S. Fernandes<sup>1</sup>, Leandro Mariano<sup>1</sup>, Vito R. Vanin<sup>1</sup>, Paulo R. Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

**Introdução:** A geração, por métodos matemáticos, de espectros semelhantes a espectros emitidos por fontes de raios X é comum na área de física do radiodiagnóstico por imagem. Esses métodos podem ser semi-empíricos ou o método de Monte Carlo (MC). A semelhança deve ser validada por comparação entre o espectro gerado e o de referência. Vê-se na literatura que a comparação é feita principalmente comparando qualitativamente o formato dos espectros, o que carece de informações quantitativas e de rigor estatístico, e comparando grandezas derivadas dos dois espectros, como a energia média, a efetiva, camadas semi-redutoras e o coeficiente de homogeneidade. Trabalhos recentes sugerem que essas grandezas não são suficientes para caracterização adequada dos feixes de radiodiagnósticos em novas aplicações (Tomal et al. 2015), por isso é necessária a comparação quantitativa de espectros. Nesse trabalho comparamos espectros estatisticamente teste de  $\chi^2$ .

**Métodos:** Foram gerados feixes de raios X representativos de feixes de mamografia, por um tubo industrial com anodo de W e tensão de 28 e 31 kV. Os espectros foram filtrados com 0.030(1) mm de Mo. Esse feixe foi transmitido através de 18 espessuras de *phantom* mamário, 0 a 85 mm, com passo de 5 mm. Outro conjunto de espectros foi gerado pelo código de MC PENELOPE, nas mesmas condições dos espectros experimentais. Os espectros foram formatados para a comparação e regiões de baixas contagens foram desprezadas, o limite inferior da energia variou conforme a espessura de atenuação, e o limite superior de comparação foi 1.5 keV acima da energia correspondente à tensão de pico, considerando as flutuações na tensão do tubo. Os espectros medidos sem atenuação (0 mm) e corrigidos pelo método de *stripping* foram utilizados como entrada das simulações. As incertezas relativas à incerteza do espectro de entrada, e da composição dos atenuadores, foram propagadas por MC ao espectro simulado. Duas diferentes considerações foram feitas: (i) incerteza de Poisson para ambos espectros; (ii) incerteza propagada pelo método de MC para o simulado, e Poisson para o experimental.

**Resultados e Discussões:** Os resultados de  $\chi^2$  mostraram ser dependentes da estimativa das incertezas associadas à contagem dos canais dos espectros comparados, e podem ser observados na Figura 1.

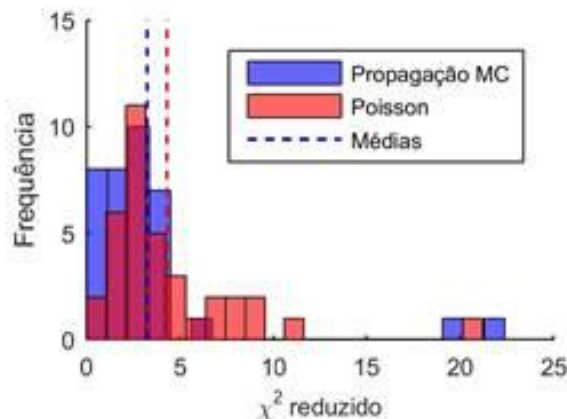


Figura 1 – Histograma do  $\chi^2$  reduzido gerado nas 36 comparações de espectros para 2 diferentes condições de incertezas. Verificamos que o valor médio do  $\chi^2$  reduzido aproxima-se do valor esperado de 1 com uma estimativa mais exata das incertezas do espectro simulado, e é mais elevado para estimativas que subestimam as incertezas. O valor médio permanece acima do esperado, o que se dá possivelmente pela persistência da subestimação das incertezas, e pelas aproximações do modelo. São observados alguns *outliers* que puderam ser associados a flutuações da tensão nominal do tubo. A discriminação dessas flutuações atesta a qualidade do método escolhido para comparação.

**Conclusões:** Mostrou-se que com uma estimativa acurada de incertezas, é possível utilizar o teste estatístico de  $\chi^2$  para aferir compatibilidade entre espectros experimentais e espectros modelos. Determinou-se também a exatidão do PENELOPE em reproduzir situações experimentais de mamografia.

**Referencias:** [1] Tomal, a. et al., 2015. *Applied Radiation and Isotopes*, 100, pp.32–37.