

## AVALIAÇÃO DE SIMULADOR DE CORPO PARA REGIÕES DO TÓRAX E ABDÔMEN EM EQUIPAMENTO DE RAIOS X DIGITAL

**Sidney S. Soares<sup>1</sup>, Gabriela P. Cardoso<sup>1</sup>, Esther Lorryne M. Pereira<sup>2</sup>, Giovanni Antônio P. Oliveira<sup>1</sup> and Adriana S. M. Batista<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Anatomia e Imagem – Faculdade de Medicina  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Avenida Alfredo Balena, 190  
30130-100 Belo Horizonte, MG  
[sidneyss70soares@gmail.com](mailto:sidneyss70soares@gmail.com)  
[gabrielapontesc@gmail.com](mailto:gabrielapontesc@gmail.com)  
[giovanni.paiva@pbh.gov.br](mailto:giovanni.paiva@pbh.gov.br)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Nuclear – Faculdade de Engenharia  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Avenida Antônio Carlos, 6627  
31270-901 Belo Horizonte, MG  
[esther\\_machado@outlook.com.br](mailto:esther_machado@outlook.com.br)

### RESUMO

O uso de simuladores de corpo para controle da qualidade de imagens de raios X é uma prática que garante o controle de parâmetros essenciais ao diagnóstico pela técnica. A evolução dos equipamentos, entre os analógicos, digitais CR e DR, demandam avaliação da equivalência em tons de cinza, de simuladores, para um ajuste conforme a tecnologia específica de obtenção da imagem. Neste sentido, o presente trabalho apresenta a avaliação de um simulador de corpo no que se refere à representação de valores médios de sinal, ruído e contraste obtidos em radiografias do tórax e panorâmica do abdômen. Para o tórax foi considerado a região cardíaca como alvo de simulação e para o abdômen simulação do fígado e intestino delgado. Foi utilizado um estudo retrospectivo de imagens obtidas com equipamento de raios X – sistema CR, em que as imagens foram estudadas utilizando-se o programa ImageJ, gerando um catálogo de dados. Estes foram posteriormente comparados com os obtidos experimentalmente, utilizando simulador de corpo de polímero preenchido com gel. Para validação do simulador foi observadas a equivalência em gel de preenchimento da caixa polimérica necessária para alcançar os parâmetros de imagem das radiografias catalogadas. Os resultados são discutidos quanto aos princípios físicos de interação da radiação com tecidos biológicos e equivalentes.

### 1. INTRODUÇÃO

A radiologia computadorizada (CR) e a digital direta (DR) já se consagraram no mundo, restando apenas uns poucos serviços de radiologia no Brasil que ainda fazem uso do sistema convencional. Os sistemas CR e DR têm sido amplamente utilizados em hospitais e clínicas, no auxílio de diagnósticos médicos em que a rotina clínica se utiliza de padrões técnicos que advém de normas internacionais estabelecidas como parâmetros de testes e de controle de qualidade. A portaria 453/98 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) proíbe o uso de seres humanos em pesquisas, treinamentos ou demonstrações [1]. Em substituição a seres humanos, são utilizadas estruturas constituídas por materiais que possuem características de absorção, atenuação e espalhamento da radiação de forma análoga aos tecidos biológicos, denominados de simuladores de corpo ou “fantomas”, que desempenham

papel fundamental em pesquisas e testes e possuem diferentes formas, tamanhos e composições, podendo ser simples ou mais complexos [2].

Entre as características da radiação ionizante está a que a energia absorvida no corpo humano se distribui entre órgãos e tecidos específicos, de forma que toda avaliação dos efeitos nocivos aos pacientes, devido a exames radiológicos, tende a otimização de dose. Tais avaliações exigem conhecimento da dose recebida e da distribuição das mesmas em corpo todo, o que é possível por meio da utilização de simuladores como substituto do corpo humano. A capacidade de atenuação desses substitutos de tecidos biológicos depende da faixa de energia a ser utilizada e da composição química dos materiais estudados [3]. No entanto, em muitos procedimentos experimentais para determinar dose ou qualidade da formação da imagem, materiais simples podem ser usados para simular tecidos discretos, como, por exemplo, órgãos do tórax e abdômen de semelhantes características de atenuação aos raios X.

Técnicas de aprimoramentos das radiografias de tórax tem sido constantemente estudadas e grandes melhorias alcançadas, por meio de pesquisas de otimização de dose utilizando-se destes simuladores, já que estas correspondem a mais de 50% da totalidade das radiografias efetuadas nos grandes e pequenos centros de diagnósticos, com o propósito de avaliar pulmões, tamanho e contorno do coração, mediastino, pleura, diafragma e artérias e veias. Por outro lado, investigação somente do coração e mediastino é importante para estudo de patologias valvulares e coronarianas [4].

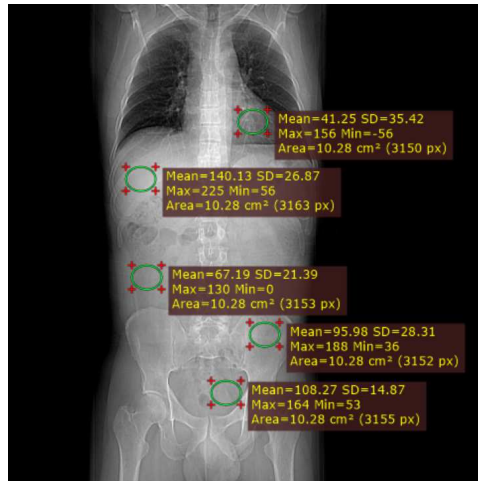
O presente trabalho apresenta uma análise comparativa dos valores médios de sinal, ruído e contraste obtidos por meio de determinadas regiões de interesse (ROI) de imagens reais do mediastino, fígado e intestino delgado, de radiografias do tórax e panorâmica do abdômen em relação às adquiridas experimentalmente em equipamentos de raios X- sistema CR. Foram comparadas as distribuições de tons de cinza das imagens reais e das obtidas com caixa polimérica preenchida com gel clínico de forma a validar o simulador.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Definição dos órgãos a serem simulados**

A escolha das regiões e órgãos estudados para a produção de um único simulador que representasse todos eles se deu em análise prévia de imagens tomográficas, que gerou a proposta de obtenção de um simulador para representar órgãos com características semelhantes de atenuação aos raios X. Na Fig. 1 mostramos uma imagem de Tomografia Computadorizada (TC), em que foram estimados os valores médios de tons de cinza das regiões do tórax e abdômen.

Nesta imagem é mostrada a média da intensidade dos tons de cinza de ROI de mesmo tamanho selecionada na região cardíaca, hepática, intestino delgado, bacia e pelve. A imagem foi obtida em banco de dados da universidade em que o trabalho foi desenvolvido. Observa-se semelhança nas intensidades dos tons de cinza dos ROI selecionados, especialmente da bacia e pelve. Sabendo que imagens de raios X serão distintas das obtidas pela TC, o trabalho se baseou na hipótese de que nestas a semelhança entre as regiões e órgãos seriam maiores.



**Figure 1: Imagem de Tomografia Computadorizada da região do tórax e abdômen.**

Foram assim definidos os órgãos a serem investigados quanto à atenuação aos raios X e, conseqüentemente, quanto à variação de tons de cinza obtidos em radiografias: coração, fígado e intestino delgado.

## 2.2. Produção do simulador de corpo

Para produção do simulador de corpo foi utilizada caixa de polipropileno nas dimensões 18x22x18 cm. Para preenchimento da caixa foi utilizado cinco litros de RMC<sup>®</sup> Gel Clínico incolor do fabricante Unigel. A escolha do gel se deu em consideração a sua densidade igual a da água e sua apresentação em gel, que facilita o manuseio e proporciona uma visibilidade mais semelhante às obtidas em radiografias de tecidos moles do corpo.

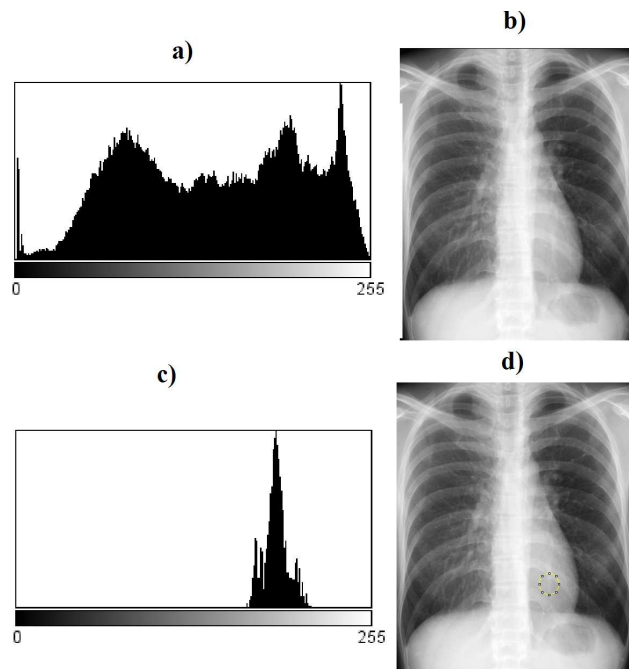
## 2.3. Parâmetros de obtenção e avaliação das imagens

As imagens foram obtidas em equipamento VMI, modelo Compacto Plus, com sistema CR, digitalizador de imagem CR85-X, impressora Drystar 5503, ambos da AGFA. Foram testados os seguintes parâmetros de exposição: 102 kVp e 2 mA e 117 kVp e 4 mA; a uma distância de 1 m do ponto focal da placa de imagem. As imagens foram analisadas com o auxílio do *software* ImageJ quanto aos valores médios de sinal, ruído e contraste. Para tanto foram selecionadas regiões de interesse (ROI), a área, a média e o desvio-padrão (DP) do sinal das imagens inicialmente convertidas no formato *digital imaging communications in medicine* (DICOM) e depois para o formato *Portable Network Graphics* (PNG).

O contraste da imagem (CI) foi estimado pela diferença na intensidade do sinal (S), onde S representa o valor médio da ROI, entre duas áreas da imagem digital, dividida pelo sinal da área da ROI [5]. As imagens também foram avaliadas através do histograma representativo da variação dos tons de cinza. Foram comparados histogramas do simulador de corpo com as de sete imagens reais, cinco da região do tórax e duas da região abdominal, do banco de dados da universidade no qual se desenvolveu o trabalho. A resolução espacial é apresentada em termos da relação sinal-ruído (*signal noise ratio* – SNR), calculada pelo valor de S dividido pelo DP.

### 3. RESULTADOS

Depois de obtidas as imagens com o simulador de corpo estas foram analisadas com auxílio do programa *ImageJ* e comparadas inicialmente com cinco imagens reais de radiografias do tórax. Em acordo com os objetivos do trabalho foi selecionadas das imagens do tórax uma ROI da região cardíaca, para comparação com as obtidas com simulador de corpo. Isto foi necessário em função da expressiva diferença em termos de distribuição dos tons de cinza de uma radiografia do tórax inteira com somente da região cardíaca, demonstrada na Fig. 2.

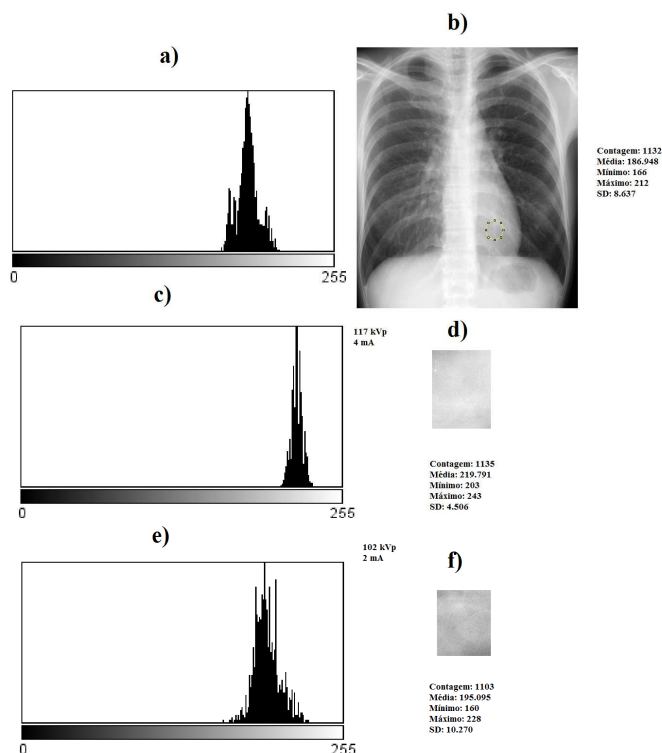


**Figura 2: Histograma da radiografia de tórax (a), radiografia do tórax utilizada para obtenção do histograma em a (b) histograma da ROI cardíaca (c) e radiografia do tórax com demonstração da ROI utilizada para obtenção do histograma em c (d).**

Pode ser observado na Fig.2 (a) o histograma da radiografia do tórax, com grande variação de tons de cinza, entre 0 a 255, em que zero representa um tom próximo ao preto e 255 um tom próximo ao branco. Em (c) o histograma é bem mais estreito, com tons de cinza mais próximo de 255, ou seja, tons mais claros, demonstrando que a imagem inteira do tórax não representa a região cardíaca adequadamente, justificando o uso da ROI para comparação com simulador de corpo para esta região.

Na Fig.3 mostramos a mesma ROI apresentada na Fig.2 (c,d) com as imagens e respectivos histogramas obtidos do simulador de corpo com diferentes parâmetros de exposição, ou seja, 117 kVp e 4 mA em Fig.3 (c, d) e 102 kVp e 2 mA em Fig. 3 (e,f). Observando a variação dos tons de cinza para os dois parâmetros utilizados observamos pelos histogramas que a imagem do simulador que mais se assemelha ao da radiografia real do tórax foi a obtida com os parâmetros de exposição de 117 kVp e 4 mA. Assim mesmo é possível observar boa semelhança entre os histogramas da imagem real com as obtidas com o simulador que

posteriormente foi comparado com os dados de mais quatro imagens de tórax, comparadas na Tabela 1.



**Figura 3: Histograma da ROI cardíaca (a) e radiografia do tórax com demonstração da ROI utilizada para obtenção do histograma em a (b), histograma do simulador de corpo obtido com os parâmetros de exposição 117 kVp e 4 mA (c), imagem do simulador utilizada para obtenção do histograma em c (d), histograma do simulador de corpo obtido com os parâmetros de exposição 102 kVp e 2 mA (e), imagem do simulador utilizada para obtenção do histograma em e (f).**

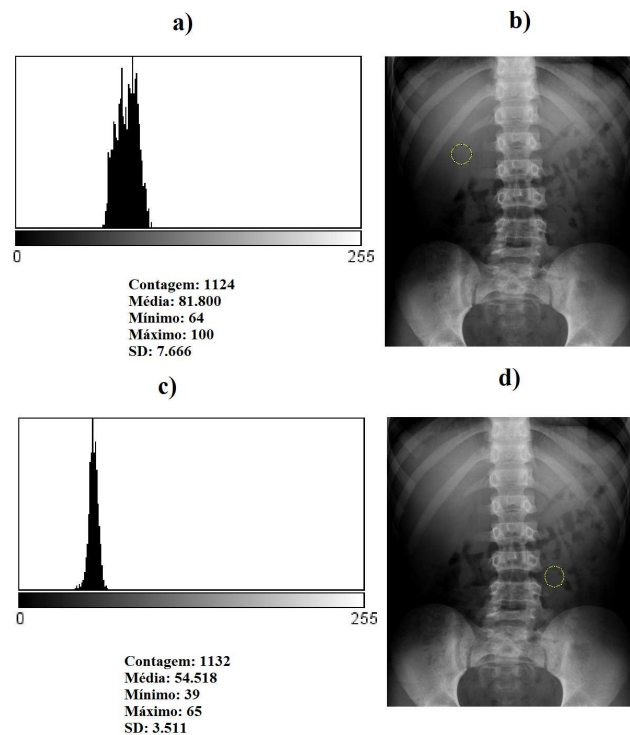
Na Tabela 1 mostramos os dados das cinco imagens reais do tórax e das duas obtidas com o simulador de corpo nos dois parâmetros de exposição utilizados, quanto valores médios de sinal, ruído e contraste.

**Table 1: Parâmetros de avaliação das imagens das radiografias do tórax e do simulador (valores médios da ROI, RSR e CI)**

Imagens	Média (tons de cinza)	RSR	CI
Tórax 1	186	21,25	0,195
Tórax 2	202	19,80	0,109
Tórax 3	190	15,5	0,024
Tórax 4	178	53,9	0,034
Tórax 5	181	64,64	0,023
Simulador (117 kVp e 4 mA)	195	19,5	0,123
Simulador (102 kVp e 2 mA)	219	48,6	0,078

Como observado na Fig.3 e na Tabela 1 o simulador exibiu boa concordância em termos de valor médio de sinal, representatividade em tons de cinza, com a região cardíaca, especialmente utilizando os parâmetros de exposição de 102 kVp e 2 mA. Assim mesmo é necessário observar o elevado valor da RSR e baixo contraste, que demanda um aprimoramento do simulador.

Por outro lado, ao comparar as mesmas imagens do simulador com as imagens do fígado e intestino delgado de duas radiografias panorâmicas do abdômen os histogramas revelaram grande discrepância na variação dos tons de cinza, ilustrado na Fig. 4.



**Figura 4: Histograma da ROI do fígado de radiografia panorâmica do abdômen (a), radiografia panorâmica do abdômen com demonstração da ROI utilizada para obtenção do histograma em a (b) histograma da ROI do intestino delgado de radiografia panorâmica do abdômen (c) e radiografia panorâmica do abdômen com demonstração da ROI utilizada para obtenção do histograma em c (d).**

Na Fig. 4 observamos nos histogramas que a variação dos tons de cinza nas ROI representativas da região hepática e intestinal difere das obtidas pelo simulador, previamente apresentadas na Fig. 3, mostrando que as variações estão entre tonalidades de cinza-escuro (voltados para esquerda), ao contrário do simulador que se apresenta em tons de cinza-claro (voltado para direita).

Assim que desencoraja o propósito de uso de um mesmo simulador para a região cardíaca, hepática e intestinal. Em uma comparação entre estes órgãos poderia haver maior absorção da radiação pelo coração, em relação ao demais, resultando em uma área mais clara na radiografia. De fato o músculo cardíaco é bastante fibroso, em resultado do esforço cardíaco, ao contrário dos demais órgãos avaliados, resultando em área de tecido mais denso.

### 3. CONCLUSÕES

Foi produzido um simulador de tecido para raios X utilizando uma caixa de polipropileno preenchido com gel clínico. A quantidade definida de gel para preenchimento da caixa e obtenção de imagens comparativas com radiografias do tórax e panorâmica do abdômen foi de cinco litros. Comparando a variação dos tons de cinza, em níveis médios de sinal, o simulador se mostrou adequado para representar a região cardíaca com o uso dos parâmetros de exposição de 102 kVp e 2 mA. Porém a RSR se mostrou elevada e baixo CI. Por outro lado o simulador não se mostrou adequado para representar a região abdominal, no que se refere ao fígado e intestino delgado. Assim que para trabalhos futuros deve ser pensado em simuladores para cada região de interesse do corpo, com melhoria na simulação do tecido cardíaco, em termos de parâmetros da qualidade da imagem.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos o financiamento da Pró-reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (PRPq-UFMG).

### REFERÊNCIAS

1. ANVISA - Portaria 453/98 – Diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. DOU 1/6/1998.
2. L. Tauhata, I. P. A. Salati, R. Di Prinzio, A. R. Di Prinzio. *Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos* - 9ª revisão novembro/2013 - IRD/CNEN, 345p., Rio de Janeiro, Brasil (2013).
3. A. L. M. Pavan, “Desenvolvimento e Construção de um Fantoma Homogêneo de Mão para Otimização de Imagens Radiográficas,” *Dissertação (Mestrado)*. Instituto de Biociências, Pós-graduação em Biologia Geral e Aplicada da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 74 p. (2014).
4. E. C. Soares, M. H. M. A. Larsson, A. C. B. C. F. Pinto, “Aspectos radiográficos da doença valvar crônica” *Ciência Rural*, vol. 34, pp. 119-124 (2004).
5. R. M. Luz, G. Hoff, “Estudo comparativo da qualidade da imagem e do kerma, de entrada e de saída, em simulador de tórax utilizando sistemas analógico e digitalizado CR de aquisição de imagens”, *Radiologia Brasileira*, vol. 43, pp. 39-45 (2010).