

**DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM FANTOMA DE TÓRAX  
PARA USO NOS ESTUDOS DE IMAGENS RADIOLÓGICAS<sup>1</sup>**  
*DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF A CHEST PHANTOM  
USE IN RADIOLOGICAL IMAGING STUDIES<sup>1</sup>*

**Edson Renan De Lima Vianna<sup>2</sup>, Ana Paula Schwarz<sup>3</sup>**

**RESUMO**

A radiação consiste em um processo físico de propagação de energia, seja no vácuo ou num meio material. Os raios X são radiações eletromagnéticas ionizantes, logo têm o potencial de fazer com que a radiação interaja com a matéria causando a ionização. No tecido humano, através dos exames de raios X, penetra no corpo de maneira não invasiva permitindo a visualização interna da anatomia, mas o uso de doses altas ou repetições de doses podem causar danos ao DNA e as células. O exame de raios X de tórax, é um dos mais realizados nos centros de radiodiagnóstico e hospitais, serve para avaliar a anatomia de estruturas presentes na região torácica. Este trabalho buscou desenvolver um fantoma torácico para melhor entender a interpretação dos efeitos produzidos pela interação dos raios X com a matéria, como fatores de qualidade e exposição do paciente durante a realização de exames. O desenvolvimento do fantoma de tórax a partir de um esqueleto humano, irá possibilitar a realização de testes em laboratório, abrindo um leque de novos conhecimentos e pesquisas para os acadêmicos.

**Palavras-chave:** Radiação X, proteção, fantoma torácico.

---

**ABSTRACT**

*Radiation consists of a physical process of propagating energy, whether in a vacuum or in a material medium. X-rays are being ionizing electromagnetic radiation, so they have the potential to cause radiation to interact with matter causing ionization. In human tissue, through X-ray exams, it penetrates the body in a non-invasive way, allowing*

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

*internal visualization of the anatomy, but the use of high doses or repetitions of doses can cause damage to DNA and cells. The chest X-ray exam, is one of the most performed in radiodiagnostic centers and hospitals, serves to evaluate the anatomy of structures present in the thoracic region. This work sought to develop a thoracic phantom to better understand the interpretation of the effects obtained by the interaction of X-rays with the material, quality factors and exposure to the patient during the performance of exams. The development of the chest phantom from a human skeleton, will make it possible to carry out tests in the laboratory, opening a range of new knowledge and research for academics.*

**Keyword:** *X radiation, protection, thoracic phantom.*

## **1 INTRODUÇÃO**

A radiação é uma maneira da energia se propagar, seja no vácuo ou num meio material, e ocorre através de fenômenos ondulatórios ou pelo movimento das partículas. As radiações podem ser separadas em corpuscular e eletromagnética. As corpusculares se propagam através de partículas subatômicas, têm origem em processos de desintegração nuclear e outras são obtidas através de processos de fissão nuclear, essas partículas possuem massa e a maioria carga elétrica, como as partículas alfa e beta. Já as radiações eletromagnéticas são constituídas por vibrações simultâneas de campos magnético e elétrico, perpendiculares entre si, originadas durante a transição, devido ao movimento de carga e momento magnético da partícula, quando altera seu estado de energia. (TAUHATA, et al., 2013).

Entretanto, pode-se ainda classificar as radiações como ionizantes e não ionizantes. As radiações ionizantes, como o próprio nome diz, possuem energia suficiente para ionizar átomo e moléculas, ou seja, são capazes de arrancar elétrons dos átomos. Algumas das radiações ionizantes são os raios X, raios gama, partículas beta e gama. Contudo, as radiações não ionizantes, não tem capacidade de ionizar átomos, podem excitar elétrons, fazendo-os saltar para camadas mais energéticas, mas não apresentam energia suficiente para arrancá-los. São radiações não ionizantes a luz

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

visível, as micro-ondas e as radiações do infravermelho. (OKUNO e YOSHIMURA, 2010).

A interação da radiação com a matéria depende de fatores, para que ela tenha chance de ocorrer ou não, como ela não é constante e uniforme, pode haver maior ou menor troca de energia entre a radiação e a matéria. Esta interação pode ocorrer de diversas formas, dentre elas as mais importantes são o Efeito Fotoelétrico, o Efeito Compton e a Produção de Pares. O efeito fotoelétrico ocorre quando um fóton incide com um elétron da órbita ligado fortemente ao núcleo atômico. O elétron irá absorver totalmente a energia e o fóton deixará de existir. O elétron será ejetado do átomo, ocorrendo o processo de ionização, quanto maior for o número atômico do material, haverá mais prótons em seu núcleo e mais elétrons fortemente ligados, aumentando a chance de ocorrer o efeito fotoelétrico. Já o Efeito Compton ocorre quando à interação de um fóton com um elétron fracamente ligado ao núcleo do átomo. O fóton perderá uma fração de sua energia, mudando sua trajetória original e o elétron será ejetado do átomo ao adquirir energia, ocorrendo a ionização. A probabilidade de ocorrer independe do número atômico do material. Entretanto, uma das formas preponderantes de absorção da radiação eletromagnética de alta energia é a produção de pares elétron-pósitron. Este efeito só ocorre quando fótons, com energia acima de 1,022 MeV, cruzam próximos de núcleos de número atômico elevado, e interagem com o forte campo elétrico nuclear. (TAUHATA, et al., 2013). Essa interação com o campo nuclear, transformará a energia do fóton em massa, dando origem a duas novas partículas em seu lugar, um elétron de carga elétrica positiva (pósitron) e um elétron de carga elétrica negativa. ((MARTINS; OKUNO e YOSHIMURA, 2010).

Nos exames radiológicos a radiação X interage com o corpo humano, ela tem o potencial de causar ionização, no tecido humano. Com a devida dose ela penetra no corpo de maneira não invasiva permitindo a visualização interna da anatomia, mas o uso de doses altas ou repetições de exames podem causar danos ao DNA e as células. Considerando que o exame de raios X de tórax, é um dos mais realizados nos centros de radiodiagnóstico e hospitais, na avaliação da anatomia de uma ou mais estruturas presentes na região torácica, a exemplo do coração, costelas, pulmões e investigar possíveis patologias ou visualização de localização de sondas.

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

Atualmente, a aplicação das radiações ionizantes está presente em diversos setores da atividade humana, como saúde, indústria, agricultura, pesquisa e outras. Pelo princípio da Justificação, presente na Portaria 453/98 do MS, qualquer atividade que envolva o uso das radiações deve ser justificada, esta deve produzir suficiente benefício para o indivíduo exposto ou para a sociedade, de modo a compensar o detrimento que possa ser causado não sendo possível a exposição. Além disso, fica proibida toda exposição que não possa ser justificada, incluindo a exposição deliberada de seres humanos aos raios X diagnósticos com o objetivo único de demonstração, treinamento ou outros fins que contrariem o princípio da justificação. (MSSVS, 1998; CNEN-3.01, 2014).

Com base no exposto, o estudo das técnicas usadas no exame de tórax, assim como outros testes de controle de qualidade são extremamente importantes. Mas para isso, pela PORTARIA 453, não é indicado o uso de pessoas para estes estudos, o ideal é usar fantasmas. Os fantasmas são objetos físicos (ou virtuais) utilizados para simular e estudar o comportamento das radiações ionizantes nos tecidos biológicos, sendo a oportunidade de expressar através de imagens de raios X, o conhecimento sobre o que é a radiação, suas formas e seus meios de propagação, bem como os efeitos causados pelas doses de radiação ao se expor o paciente na realização de exames.

Alguns fatores influenciam a absorção da radiação X, como espessura e densidade da estrutura a ser radiografada, dentre outros. Quanto maior a espessura do material a ser radiografado, maior será a absorção de raios X, já para materiais que diferem em densidades, um material de maior densidade é mais absorvente do que um de menor densidade (maior nos ossos que nos tecidos moles), permanecendo os demais fatores. Como exemplo, uma mesma quantidade de água absorverá mais raios X do que o vapor d'água, porque a densidade do vapor é menor.

Logo, neste trabalho foi construído um fantoma de tórax, usando uma ossada humana doada ao Laboratório de RX da UNIFRA, hoje UFN, para uso nos estudos dos alunos dos cursos de Radiologia e Física Médica.

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

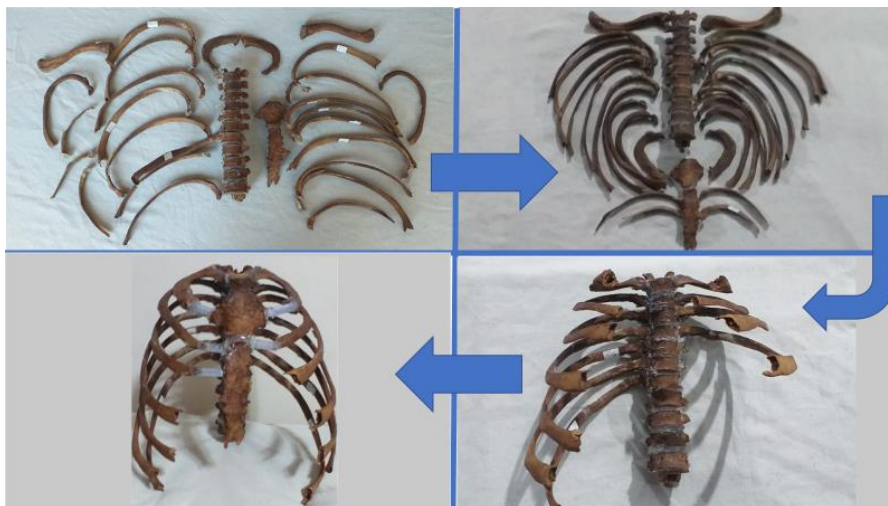
<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho buscou construir um fantoma de tórax para ser usado para ensino e pesquisa dos cursos de Radiologia e Física Médica da Universidade Franciscana. Para isso, primeiramente foi aprofundado o estudo da anatomia do tórax humano, assim como os processos de interação da radiação com a matéria, as normas de proteção radiológica, e como são construídos fantomas já existentes.

Após, foram organizadas as peças e então foi reconstruída a parte óssea do tórax, com ossos provenientes de doação, existentes no Laboratório de RX, da Universidade Franciscana, utilizando, cola quente para ir moldando a caixa torácica. Figura 1.

Figura 1: etapas da reconstrução da parte óssea do tórax.



Fonte: elaborado pelo autor.

Posteriormente a montagem da parte óssea, foi realizada a construção das cartilagens ósseas com mangueiras plásticas, unindo os arcos costais anteriores com o osso externo, as mangueiras foram acopladas nas pontas dos arcos costais e coladas na face superior do osso externo, conforme a Figura 2.

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

Figura 2: Estrutura óssea juntamente com as mangueiras simulando as cartilagens ósseas.



Fonte: elaborado pelo autor

Após esta etapa, foi confeccionado o molde dos pulmões, de modo que ao se expandirem, ocupassem toda a caixa torácica, os pulmões foram feitos utilizando o material courvin, produto semelhante ao couro, utilizado em estofados. Da mesma forma que os pulmões foram feitos, o coração e o botão aórtico, foram moldados em courvin. (Figura 3)

Figura 3: Molde do coração em courvin.



Fonte: elaborado pelo autor

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

Após terminar esta parte, foram realizados testes com materiais para preencher as cavidades do coração, botão aórtico e dos pulmões. Esses materiais foram selecionados com base na densidade, e ao serem radiografados, buscou-se densidades semelhantes, a densidade do coração ( $1,06\text{g/cm}^3$ ) e a dos pulmões ( $0,1\text{g/cm}^3$ , correspondendo a aproximadamente 10 vezes menos do que em outros órgãos de tecidos moles) (HOCHHEGGER, et. Al., 2105 MASSICANO, 2010). Para estes testes utilizou-se, cinco recipientes, cada um com um material diferente em seu interior. Os testes foram realizados com os seguintes materiais: ar ( $0,001225\text{g/cm}^3$ ), manta acrílica ( $\sim 0,1\text{g/cm}^3$ ), água ( $\sim 1\text{g/cm}^3$ ), parafina (varia de  $0,78$  a  $0,91\text{g/cm}^3$ ) e cal em pó ( $1\text{g/cm}^3$ ), estes foram radiografados na UPA de Santa Maria, no equipamento DR FIT da marca PHILIPS, usando os regimes 50 KV, 100mA e 5 mAs. Após os testes realizados, foram escolhidos os materiais para o preenchimento do coração, botão aórtico e pulmões.

Terminada a montagem da estrutura da caixa torácica, foi construído o protótipo do corpo do fantoma, onde utilizou-se como molde um manequim existente no laboratório de RX da UFN. Para construção do molde o manequim foi envolvido com uma camada de fita plástica e em seguida foi aplicado camadas de gesso de atadura, para obtermos o molde.

Assim que o molde do tórax ficou pronto, foi centralizada a estrutura da caixa torácica montada, já com os órgãos preenchidos em seu interior dentro do molde, e o espaço restante do molde foi preenchido com resina de poliéster, (entre  $1,1$  e  $1,2\text{g/cm}^3$ , densidade próxima à da maioria dos tecidos/ líquidos do corpo humano) para simular o tecido muscular e o adiposo. (MASSICANO, 2010)

Assim que a parte óssea foi restaurada, foram analisados e testados possíveis materiais para simular órgãos quanto a radiopacidade, com o intuito de simular imagens radiográficas com maior fidelidade possível, também foram realizados os testes de imagem do fantoma para validar o seu uso nas práticas de ensino e pesquisa, no UPA de Santa Maria, no equipamento DR FIT da marca PHILIPS, usando os regimes 50 KV, 100mA e 5 mAs..

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

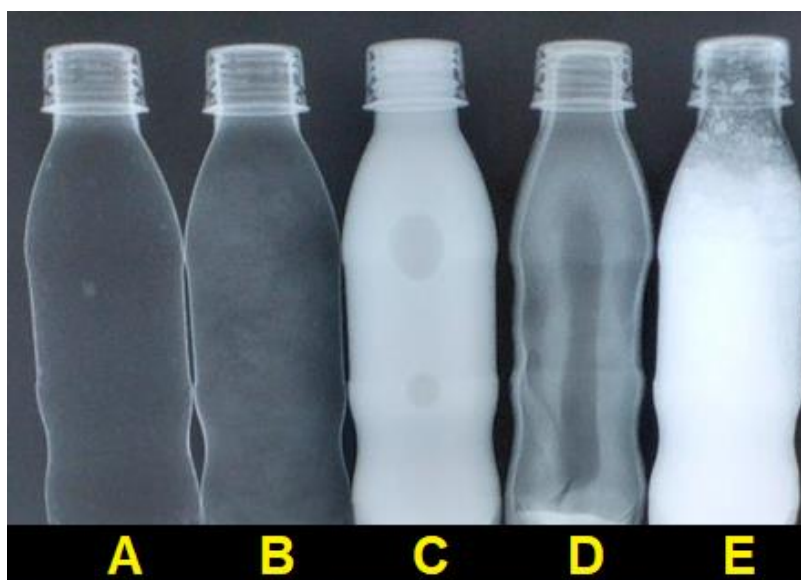
<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como descrito anteriormente, foi construído um fantoma de tórax para ser usado para ensino e pesquisa dos cursos de Radiologia e Física Médica da Universidade Franciscana.

Durante a sua construção foram analisadas as densidades dos materiais para preencher os órgãos, conforme a Figura 4. Nesta figura pode-se comparar as densidades do ar,

Figura 4: radiografia para comparação das densidades dos materiais: A) ar, B) manta acrílica, C) água, D) parafina e E) cal em pó.



Fonte: elaborado pelo autor

Com base nesse teste, foi realizada a comparação entre os materiais a serem utilizados no preenchimento dos órgãos. Observando a Figura 4 A) e B) notou-se que o ar tem uma densidade menor que a da manta. Porém na imagem, a densidade do ar aparenta ser bem próxima da densidade da manta. Logo, com base nisso e na boa visualização radiográfica, escolheu-se para o preenchimento dos pulmões a manta acrílica. (ver Figura 4 A e B).

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

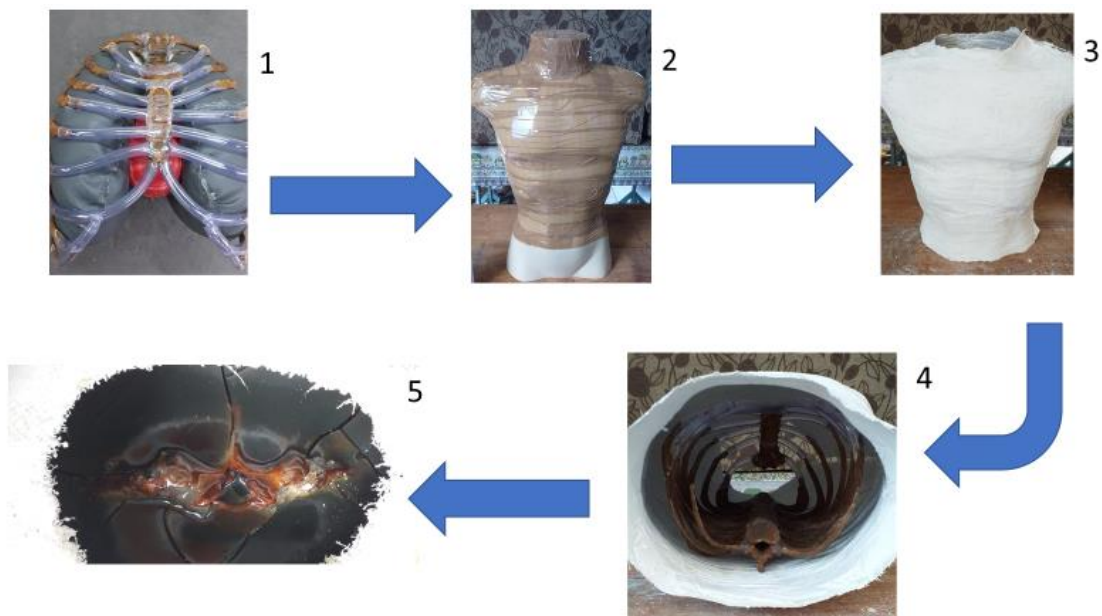
<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br



Já para o coração e botão aórtico, utilizou-se parafina para preenchimento, primeiramente por apresentar densidade próxima a do coração, e, também, por ser de fácil manuseio, já que a água corre o risco de vazar da estrutura de courvin.

Após ter escolhido os materiais para preencher os órgãos, foi finalizada a montagem do fantoma (Figura 5: imagem 1), a estrutura foi então radiografada e comparada com uma imagem aleatória de tórax para ver a disposição e as densidades. (Figura 6 ) Depois, a estrutura foi colocada dentro do molde de gesso construído, e então foi colocada aos poucos a resina poliéster dentro do molde, pois ela reagia ao condensar e esquentava.

Figura 5: Construção do fantoma: 1) estrutura montada com ossos, pulmões e coração. 2) preparo do manequim. 3) molde de gesso. 4) estrutura colocada dentro do molde de gesso. 5) molde de gesso com resina poliéster.



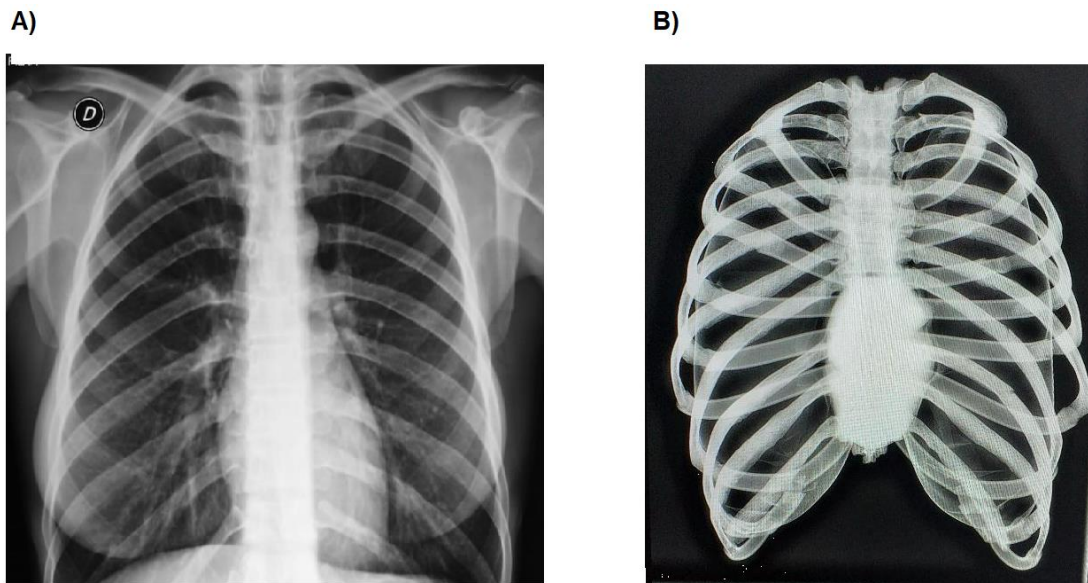
Fonte: elaborada pelo autor.

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

Figura 6: Radiografias de tórax: A) de um ser humano, B) do tórax em construção.



Fonte: elaborada pelo autor, imagem A) retirada de:

<https://www.saudebemestar.pt/pt/exame/imagiologia/radiografia-de-torax/>

Após finalizar o preenchimento do fantoma com resina poliéster, este foi polido para dar acabamento. Ainda, serão realizados testes com o fantoma preenchido com a resina.

#### 4 CONCLUSÃO

Este trabalho desenvolveu um fantoma o qual é composto por esqueleto humano, um simulador de pulmões em courvin, preenchido com manta acrílica, um simulador de coração e botão aórtico, ambos revestidos em courvin e preenchidos com parafina, e envoltos por resina poliéster, a qual simula tecido muscular e adiposo.

Considera-se extremamente importante este trabalho, pois os fantasmas físicos, como o desenvolvido neste trabalho, podem fornecer informações da qualidade de imagem. Além disso, são extensivamente utilizados em estudos de otimização de técnicas radiográficas, levando em conta que pode se simular radiografias em aula sem expor nenhuma pessoa.

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

Ainda, pondera-se que a construção deste fantoma de tórax, proporcionou um importante aprendizado quanto a densidades dos órgãos, formação da imagem radiográfica e também, da anatomia do tórax.

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério da Saúde. **Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico.** Portaria nº 453. Brasília: Diário oficial da União, 1/6/1998.

CNEN – NN. 3.01. DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA, 2014.

HOCHHEGGER, B, SOUZA, V.V.S, MARCHIORI, E, IRION, K. L, SOUZA, Jr A. S., ELIAS J., J, RODRIGUES, R.S, BARRETO, M. M., ESCUISSATO, D. L., MANÇANO A.D, ARAUJO NETO, C. A., GUIMARÃES, M. D., NIN, C.S., KOENIGKAM-SANTOS, M., PEREIRA, E., SILVA, J.,L. *Ressonância magnética do tórax: sugestão de protocolo.* Radiol Bras. 2015 Nov/Dez; 48(6):373–380.

MASSICANO, F. *Quantificação de imagens tomográficas para cálculo de dose em diagnose e terapia em medicina nuclear.São Paulo, 2010.*

OKUNO, E. e YOSHIMURA, E. M. **Física das Radiações.** Oficinas de Textos. São Paulo, 2010.

Portaria ANVISA 453/98, Ministério da Saúde do Brasil.

TAUHATA, L., SALATI, I. P. A., DI PRINZIO, R., DI PRINZIO, M. A. R. R., **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos.** Rio de Janeiro - IRD/CNEN. 345p. 2013.

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação – Universidade Franciscana.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Tecnólogo em Radiologia – Universidade Franciscana.  
E-mail: edsonrenandelimavianna@gmail.com

<sup>3</sup> Orientadora – Universidade Franciscana. E-mail: anapaulaschwarz@ufn.edu.br