

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE FÍSICA

Otávio Joaquim Tavares

**Avaliação da proteção radiológica ocupacional em uma sala  
de radiologia intervencionista**

Uberlândia

2020

Otávio Joaquim Tavares

**Avaliação da proteção radiológica ocupacional em uma sala  
de radiologia intervencionista**

Projeto de pesquisa apresentado como  
requisito para aprovação na disciplina de  
Trabalho de Conclusão de Curso para o  
curso de Bacharelado em Física Médica  
pela Universidade Federal de Uberlândia

**Orientadora:** Profa. Dra. Ana Paula  
Perini

Uberlândia

2020

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me ajudar todos os dias e por me proporcionar todo conhecimento durante todos esses anos.

À minha mãe Maria Cristina Tavares, que me incentivou durante todos os dias e nunca desistiu de mim. Sem ela e Deus essa graduação não seria possível.

À minha tia, Monica Tavares que me proporcionou uma moradia durante essa graduação e por toda a paciência e amor que teve comigo. Sempre me dando ótimos conselhos.

À todos os meus familiares e em especial à minha irmã Julia, minha vó Rosina, e por todos os meus primos e primas.

Aos meus amigos Jeferson, Igor, Rafael, Marcelo, Maria Luiza, Cassia, Ingrid e Cesar, por toda ajuda e pelas madrugadas estudando. E a todos os outros amigos que a UFU me proporcionou.

À minha namorada Paula por todo o carinho e motivação durante essa reta final.

Agradeço imensamente pela minha orientadora Profa. Dra. Ana Paula Perini e ao Prof. Dr. Lucio Pereira Neves, por sempre acreditarem no meu potencial, por todo o carinho, atenção, cuidado, calma e pelas risadas durante essa pandemia.

Ao professor Dr. William de Souza Santos, por todo o auxílio durante as simulações e por ter aceitado o convite para participar da banca.

Ao professor Dr. Gustavo Foresto Brito de Almeida por ter aceitado o convite para participar da banca.

Ao Dr. Richard Kramer por fornecer os objetos antropomórficos virtuais.

## RESUMO

Procedimentos de Radiologia Intervencionista (RI) têm aumentado durante os últimos anos, principalmente, por trazerem bons resultados no tratamento e no diagnóstico de patologias. Todos os procedimentos de RI fazem uso de radiações ionizantes, que ao interagirem com o paciente, geram uma imagem em tempo real em um monitor para avaliação do médico. O médico utiliza a imagem como guia na hora de realizar o procedimento. Para a realização destes procedimentos de RI, a equipe médica faz uso de equipamentos de proteção individual e coletiva. Observando o grande número de procedimentos de RI e as altas doses que a equipe médica fica sujeita durante estes procedimentos, neste trabalho de conclusão de curso foi avaliada de forma experimental a integridade das vestimentas de proteção radiológica (avental plumbífero e protetor de tireoide) de uma sala de RI em um Hospital Público. Todas as vestimentas foram analisadas utilizando o próprio equipamento de fluoroscopia e, nenhuma apresentou fissuras no seu elemento interno. Além disso, entre os diversos procedimentos da RI, foi estudado computacionalmente, o procedimento de Colangiopancreatografia Retrógada Endoscópica (CPRE), utilizando Método Monte Carlo, a fim de verificar os valores de coeficientes de conversão para dose equivalente ( $CC[H_T]$ ) e dose efetiva ( $CC[E]$ ) do médico e do enfermeiro, considerando o avental plumbífero com elemento interno íntegro e apresentando fissuras. Foi observado um aumento de até 74,8% nos valores de  $CC[H_T]$  nos órgãos localizados abaixo das fissuras do avental do médico e, um aumento de até 238% nos órgãos localizados abaixo das fissuras do avental do enfermeiro. Também, foi avaliada a distância entre os profissionais e o paciente, sendo verificado um aumento de até 11,5% entre os valores de  $CC[E]$  do médico em relação ao enfermeiro. Portanto, pode-se concluir que deve ser realizada constantemente a verificação da integridade das vestimentas de proteção radiológica e, a observação do distanciamento da equipe médica em relação ao paciente, para evitar doses desnecessárias na equipe médica

**Palavras-chaves:** Radiologia Intervencionista; Equipamentos de Proteção Radiológica; Simulação Monte Carlo; Colangiopancreatografia Retrógada Endoscópica; Objeto Antropomórfico Virtual.

## ABSTRACT

Interventional Radiology (IR) procedures have increased in recent years, mainly because they allow good results in the treatment and diagnosis of pathologies. All IR procedures make use of ionizing radiation, which when interacting with the patient, generate a real-time image on a monitor for the physician's evaluation. The physician uses the image as a guide during the procedure. To perform these IR procedures, the medical staff makes use of personal protective equipment. Observing the large number of IR procedures, and the high doses received by the medical staff during these procedures, in this Completion of Course Work, the integrity of the radiation protection clothes (lead apron and thyroid collar) at the Public Hospital was experimentally evaluated. All radiation protection clothes were analyzed using the fluoroscopy equipment, and none showed any fissure in its internal element. In addition, among the various IR procedures, the Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography (ERCP) procedure was computationally studied, using the Monte Carlo Method, in order to verify the values of conversion coefficients for equivalent dose ( $CC[H_T]$ ) and effective dose ( $CC[E]$ ) of the physician and nurse, considering the lead apron with intact internal element and with fissures. An increase of up to 74.8% was observed in the organs behind the fissures of the physician's apron and an increase of up to 238% in the organs behind the fissures of the nurse's apron. The distance between the medical staff and the patient was also evaluated. An increase of up to 11.5% between the values of  $CC[E]$  of the physician and the nurse was observed. Therefore, it is possible to conclude that is important to check constantly the integrity of the radiation protection clothes, and the observation of the distancing of the medical staff in relation to the patient, to avoid unnecessary doses in the medical staff.

**Keywords:** Interventional Radiology; Radiological Protection Equipment; Monte Carlo Simulation; Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography; Virtual Anthropomorphic Phantom

## LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1** – Cenário computacional de exposição de um procedimento de CPRE usando o código MCNP6.2. Fonte: Próprio Autor. .... 16
- Figura 2** - Imagem do protetor de tireoide no teste de avaliação de integridade (a) Lado externo do protetor de tireoide e (b) Sobreposição do material visto na fluoroscopia. Fonte: Próprio Autor. .... 18
- Figura 3** - Valores de  $CC[H_T]_{MASCULINO}$  em órgãos mais afetados no médico, considerando uma tensão no tubo de 100 kV. “C” significa avental com fissura e “S” sem fissura. .... 20
- Figura 4** - Valores de  $CC[H_T]_{MASCULINO}$  em órgãos mais afetados no médico, considerando uma tensão no tubo de 80 kV. “C” significa avental com fissura e “S” sem fissura. .... 20
- Figura 5** - Valores de  $CC[H_T]_{MASCULINO}$  em órgãos mais afetados no enfermeiro, considerando uma tensão no tubo de 100 kV. “C” significa avental com fissura e “S” sem fissura. .... 21
- Figura 6**- Valores de  $CC[H_T]_{MASCULINO}$  em órgãos mais afetados no enfermeiro, considerando uma tensão no tubo de 80 kV. “C” significa avental com fissura e “S” sem fissura. .... 21
- Figura 7** - Mapa do fluxo de radiação dentro de uma de um procedimento de CPRE, em um corte no plano Z com altura de 100 cm do chão. .... 22

## LISTAS DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Fatores de ponderação de radiação recomendadas pela ICRP-60 (1990) ....	12
<b>Tabela 2</b> - Fatores de ponderação de tecidos da ICRP-103 (2007) .....	13
<b>Tabela 3</b> - Valores de $CC[E]_{MASCULINO}$ para uma tensão no tubo de 80 kV. As incertezas percentuais são apresentadas entre parênteses. ....	19
<b>Tabela 4</b> - Valores $CC[E]_{MASCULINO}$ para uma tensão no tubo de 100 kV. As incertezas percentuais são apresentadas entre parênteses. ....	19
<b>Tabela 5</b> – Valores de $CC[H_T]$ ( $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) para uma tensão do tubo de 80 kV e tamanho de campo de 15 x 15 $\text{cm}^2$ .....	26
<b>Tabela 6</b> - Valores de $CC[H_T]$ ( $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) para uma tensão do tubo de 80 kV e tamanho de campo de 22 x 22 $\text{cm}^2$ .....	27
<b>Tabela 7</b> - Valores de $CC[H_T]$ ( $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) para uma tensão do tubo de 80 kV e tamanho de campo de 31 x 31 $\text{cm}^2$ .....	28
<b>Tabela 8</b> - Valores de $CC[H_T]$ ( $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) para uma tensão do tubo de 100 kV e tamanho de campo de 15 x 15 $\text{cm}^2$ .....	29
<b>Tabela 9</b> - Valores de $CC[H_T]$ ( $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) para uma tensão do tubo de 100 kV e tamanho de campo de 22 x 22 $\text{cm}^2$ .....	30
<b>Tabela 10</b> - Valores de $CC[H_T]$ ( $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ) para uma tensão do tubo de 100 kV e tamanho de campo de 31 x 31 $\text{cm}^2$ .....	31

## Sumário

AGRADECIMENTOS.....	3
RESUMO .....	4
ABSTRACT.....	5
LISTAS DE FIGURAS.....	6
LISTAS DE TABELAS .....	7
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Objetivo geral .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. Objetivo específico.....</b>	<b>11</b>
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Grandezas de Proteção Radiológica .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Radiologia Intervencionista.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3. Equipamentos de Proteção Individual .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4. Equipamento de fluoroscopia.....</b>	<b>14</b>
<b>4. MATERIAIS E METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
<b>4.1. Análise da integridade dos aventais plumbíferos e protetores de tireoide.....</b>	<b>15</b>
<b>4.2. Simulação de Monte Carlo .....</b>	<b>15</b>
<b>4.3. Simulador antropomórfico virtual .....</b>	<b>17</b>
<b>4.4. Coeficientes de conversão de dose equivalente e efetiva .....</b>	<b>17</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>5.1. Análise da integridade dos aventais plumbíferos e protetores de tireoide.....</b>	<b>18</b>
<b>5.2. Determinação dos valores de CC[HT] e CC[E] .....</b>	<b>18</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>24</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>26</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Um dos procedimentos utilizados atualmente para diagnóstico e tratamento com raios-X é a Radiologia Intervencionista (RI), que permite realizar exames com imagens imediatas e em movimento [AZEVEDO, 2019; CANEVARO, 2009a].

Alguns proveitos da Radiologia Intervencionista é a facilidade na execução de procedimentos tradicionais complexos e realização de cortes de curta extensão, o que diminui a chance de infecções, e com isso, uma recuperação rápida do paciente, diminuindo, assim, os custos hospitalares. Com todas as suas vantagens, existe um aumento nos procedimentos de Radiologia Intervencionista nos últimos anos [ICRP, CANAVARO, 2019b, BAHREYNI, 2008].

Um exemplo de aplicação é a cardiologia intervencionista, onde é inserido no paciente um catéter dentro da artéria Braquial ou pela Aorta, esse catéter percorre no sentido do coração. Com esse procedimento é possível retirar gorduras ou obstruções dessas artérias [CANAVARO, 2019b].

As taxas de exposição da RI são altas devido a duração do procedimento e a alta frequência na utilização de radiação ionizante, acarretando em altas doses no paciente e nos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE). Portanto, é necessário a monitoração periodicamente dessas doses, e sempre reduzir a exposição sem que perca qualidade na imagem [LUZ et al., 2007]. A Resolução RDC MS/ANVISA nº 330, orienta os profissionais de maneira que seja reduzido a exposição ocupacional e a dose de radiação sobre o paciente [RESOLUÇÃO - RDC Nº 330,2019].

Os procedimentos de radiologia intervencionista expõem os pacientes e profissionais à radiação X. A radiação X possui baixo poder de ionização, o que significa que tem grande penetração nos materiais [TAUHATA, 2013]. Além disso, a radiação X pode ionizar indiretamente os tecidos e, com isso, gerar efeitos biológicos. Estes efeitos biológicos podem ser classificados em duas categorias: estocásticos e reações teciduais [AUGUSTO, 2011]. Os efeitos estocásticos são causados por meio de pequenas exposições de dose e, não tem um limiar de dose para se manifestar [AUGUSTO, 2011]. As reações teciduais são causadas por doses altas de radiação a um curto intervalo de tempo, nesse caso, existe uma dose limite que cada órgão e tecido deve receber para a reação se manifestar. Se este valor for ultrapassado os efeitos ocorrem, e a intensidade do efeito é proporcional à quantidade da dose recebida [AUGUSTO, 2011].

Uma técnica de Radiologia Intervencionista, que também está sendo constantemente utilizada, é a colangiopancreatografia endoscópica retrógrada (CPRE), empregada para diagnóstico e tratamento de doenças pancreáticas e do trato biliar [MARÇAL, 2005].

Durante as técnicas de Radiologia Intervencionista o principal meio de segurança é a vestimenta de proteção radiológica (VPR), que constitui de óculos plumbíferos, aventais plumbíferos, protetores de tireoide, luvas plumbíferas, entre outros. Todos com equivalência entre 0,25 e 0,50 mm de chumbo [ABNT, 2004]. A utilização de aventais plumbíferos durante os procedimentos que envolve radiação ionizante, consegue atenuar 75% da radiação espalhada, diminuindo a exposição ocupacional [MIGUEL, 2014]. De acordo com a resolução RDC 330, anualmente, deve ser realizado uma avaliação da vestimenta de proteção radiológica para garantir a sua integridade [RESOLUÇÃO – RDC Nº 330,2019]. Além disso, essas vestimentas devem ser armazenadas em suportes adequados para manter a sua integridade [MIGUEL, 2014].

Verificando o grande número de procedimentos de RI e a necessidade de utilizar as vestimentas de proteção radiológica, neste trabalho, foi avaliada a integridade de aventais plumbíferos e de protetores de tireoide utilizados pelo IOE durante um procedimento de CPRE. Além disso, também, foram determinados os coeficientes de conversão para dose equivalente ( $CC[H_T]$ ) e dose efetiva ( $CC[E]$ ), usando simulação de Monte Carlo, para os profissionais envolvidos em um procedimento de CPRE, considerando o avental plumbífero com elemento interno íntegro e com fissuras.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a integridade de aventais plumbíferos e protetores de tireoide de uma sala de radiologia intervencionista de um Hospital Público. Além disso, foram determinados os valores de  $CC[H_T]$  e  $CC[E]$  para os profissionais durante um procedimento de CPRE.

### **2.2. Objetivos específicos**

Para alcançar este objetivo geral deste trabalho, os seguintes objetivos específicos foram alcançados:

1. Avaliação das vestimentas de proteção radiológica de uma sala de radiologia intervencionista;
2. Simulação de um equipamento de radiologia intervencionista;
3. Incorporação dos objetos simuladores virtuais no código de Monte Carlo MCNP6.2;
4. Determinação dos valores de  $CC[H_T]$  e  $CC[E]$  dos profissionais envolvidos em um procedimento de CPRE, considerando os aventais plumbíferos com material interno íntegro e com fissuras.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1. Grandezas de Proteção Radiológica

A dose equivalente (Equação 3.1) no órgão ou no tecido é definida para qualquer órgão ou tecido e para qualquer tipo de radiação [OKUNO, 2016],

$$H_T = w_R D_{T,R} \quad (\text{Equação 3.1})$$

em que  $w_R$  representa os fatores de peso para diferentes tipos de radiação e  $D_{T,R}$  a dose absorvida no órgão ou tecido exposto à radiação de tipo R.

A unidade no Sistema Internacional para a dose equivalente é o sievert (Sv).

A Tabela 1 mostra os valores de  $w_R$  recomendados pela ICRP-103 (2007).

**Tabela 1** - Fatores de ponderação de radiação recomendadas pela ICRP-103 (2007)

Tipos de radiação e intervalos de energia	$w_R$ (1990)
Fótons de todas energias	1
Elétrons e múons de todas energias	1
Nêutrons com energias <10 keV 10 – 100 keV > 100 keV a 2 MeV >2 MeV a 20 MeV >20 MeV	Função contínua da energia do nêutron
Prótons	2 (prótons e pions)
Partículas alfas, elementos de fissão, núcleos pesados	20

A dose efetiva é definida pela soma do produto das doses equivalentes nos tecidos ou órgãos com seu devido fator de ponderação (Equação 3.2). Sua unidade é o sievert (Sv)[OKUNO, 2016].

$$E = \sum_T w_T H_T \quad (\text{equação 3.2})$$

Os fatores de ponderação de tecido ou órgão ( $w_T$ ) são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Fatores de ponderação de tecidos da ICRP-103 (2007)

<b>Tecido ou órgão</b>	<b><math>w_T</math></b>
Gônadas	0,08
Medula óssea	0,12
Cólon	0,12
Pulmão	0,12
Estômago	0,12
Mama	0,12
Bexiga	0,04
Esôfago	0,04
Fígado	0,04
Tireoide	0,04
Superfície óssea	0,01
Cérebro	0,01
Glândulas salivares	0,01
Pele	0,01
Restante	0,12*
<b>Soma total</b>	<b>1,00</b>

\*Inclui glândula suprarrenal, tecido extratorácico, vesícula biliar, paredes do coração, rins, linfonodos, músculo, mucosa oral, pâncreas, próstata (homens), intestino delgado, baço, timo, útero/colo do útero (mulheres) [OKUNO, 2016].

### 3.2. Radiologia Intervencionista

A radiologia intervencionista (RI) é definida como um procedimento que utiliza a imagem do equipamento de fluoroscopia para auxiliar o médico na localização de lesões e encontrar regiões de tratamento, através de imagens em tempo real e em movimento. As grandes vantagens da RI para o paciente são: procedimentos complexos com cortes cirúrgicos pequenos, baixo risco de infecções referentes à cirurgia e uma alta velocidade de recuperação dos pacientes [CANEVARO, 2009a].

Porém, a RI é responsável por ter os maiores valores de dose nos pacientes e na equipe médica. Isto se dá devido ao tempo que o procedimento dura, e a alta exposição devido a quantidade de imagens realizadas. Desta forma, os profissionais precisam de equipamentos de proteção individuais íntegros para a realização do procedimento com todos os padrões de segurança [CANEVARO, 2009a].

### **3.3. Equipamentos de Proteção Individual**

As vestimentas de proteção são acessórios de proteção à radiação ionizante feitos com materiais específicos, que têm como objetivo atenuar os feixes de radiações ionizantes, comportando-se como uma barreira de proteção, reduzindo consideravelmente o feixe de radiação secundária nos profissionais [MIGUEL, 2014, OLIVEIRA, 2010]. Dentre essas vestimentas de proteção encontram-se aventais, óculos, protetor de gônadas, luvas, protetor de tireoide e outras blindagens de contato, geralmente feitas com material plumbífero ou chumbo equivalente [MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998a]. Testes de controle de qualidade são necessários para garantir a eficácia das vestimentas de proteção, de forma a observar a integridade destes acessórios. Os aventais plumbíferos, devem ser sempre armazenados de forma que não comprometa a uniformidade e a continuidade da barreira de chumbo contida no mesmo, caso contrário, a atenuação dos feixes de raios X não ocorre de maneira eficiente e planejada [MIGUEL, 2014].

### **3.4. Equipamento de fluoroscopia**

O fluoroscópio é o equipamento utilizado para auxiliar o médico intervencionista na realização de um tratamento ou de um diagnóstico. Portanto, as funções primordiais são: diagnóstico, onde o fluoroscópico auxilia na visualização de alguma obstrução no vaso sanguíneo, como exemplo, tem-se o cateterismo; o segundo intuito é o tratamento, um exemplo, é a angioplastia, que consiste em colocar uma pequena prótese na artéria e então ocorre a dilatação da artéria, desobstruindo a mesma [CANEVARO, 2018b]. O aparelho de fluoroscopia é composto pelo gerador, tubo de raios X, colimador, filtros, grade antidifusora, um detector, um computador que realiza o processamento de todo o do sinal e um monitor [LUNELLI, 2012].

O modo convencional de fluoroscopia é quando a emissão de radiação se dá de modo pulsado, podendo-se alterar os pulsos por segundo. Devido a isso, só emite raios X quando receber esse pulso. E o modo contínuo é quando emissão de radiação é ativada durante

todo o procedimento, sendo depositadas de forma contínua sobre o paciente, tornando bem maiores em comparação com o modo pulsado dependendo da largura do pulso e do tempo [CANEVARO, 2009a].

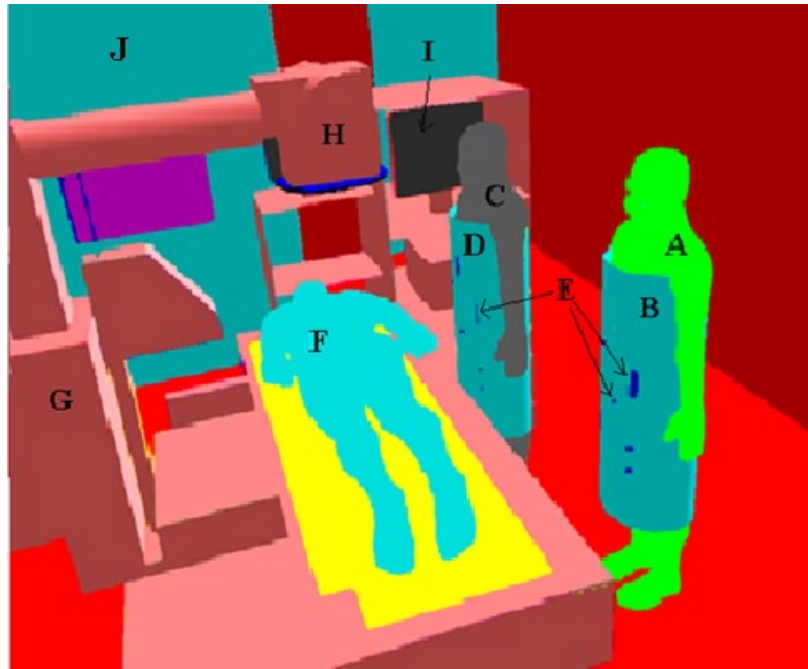
## **4. MATERIAIS E METODOLOGIA**

### **4.1. Análise da integridade dos aventais plumbíferos e protetores de tireoide**

Para avaliar a integridade dos aventais plumbíferos e os protetores de tireoide, cada um foi colocado sobre a mesa do equipamento de fluoroscopia da marca Siemens modelo AXIOM iconos R100, utilizando uma tensão de 70 kV. Foi realizada a varredura de todo o elemento detalhadamente para verificar possíveis fissuras ou buracos. Caso o elemento tenha alguma fissura ou buraco foi avaliado como não conforme. Se o elemento estiver com seu elemento interno sem fissuras foi avaliado como conforme.

### **4.2. Simulação Monte Carlo**

Neste trabalho, foi desenvolvido o cenário de uma sala de fluoroscopia com 3 objetos antropomórficos virtuais masculinos, denominado MASH3 [CASSOLA, 2010], conforme a Figura 1. Foi simulado um total de 12 cenários, onde em 6 cenários foram utilizados aventais plumbíferos com integridade conforme e, em 6 cenários com aventais plumbíferos avaliados como não conformes. Para cada cenário foi utilizado feixes de raios X com tensões de 80 e 100 kV e, para cada tensão utilizada, o tamanho do campo variou entre 15 x 15 cm<sup>2</sup>, 22 x 22 cm<sup>2</sup> e 31 x 31 cm<sup>2</sup>.



**Figura 1** – Cenário computacional de exposição de um procedimento de CPRE usando o código MCNP6.2. Fonte: Próprio Autor.

O cenário com aventais plumbíferos avaliados como não conforme é mostrado na Figura 1. Nesta Figura é possível observar o enfermeiro que auxilia o médico durante o procedimento (Figura 1 (A)), o avental plumbífero utilizado pelo enfermeiro (Figura 1 (B)). O Médico próximo ao paciente (Figura 1(C)), o avental plumbífero utilizado pelo médico (Figura 1(D)). As fissuras e buracos dos aventais (Figura 1(E)). Paciente deitado na posição pronada (Figura 1(F)). Equipamento de raios X Siemens Axiom R100 (Figura 1(G)), com tubo de raios X OPTILIX 150/30/50 HC-100 (Figura 1(H)). Monitores (Figura 1(I)) e biombos de proteção (Figura 1(J)).

As composições dos materiais foram obtidas no *Compendium of Material Composition Data for Radiation Transport Modeling* [MCCONN, et al. 2011]. Os cenários foram simulados utilizando o código MCNP6.2 [WERNER, 2017] e foi utilizado o tally F6 (MeV/g/partícula) para obtenção da energia depositada em um volume. Os espectros utilizados foram obtidos no software SRS-78 [CRANLEY, 1997], com filtração total de 2.5 mmAl, ângulo anódico de 12° e o alvo composto por tungstênio. Todas as simulações foram simuladas com 1E9 histórias de partículas, sendo um dos métodos para diminuir as incertezas.

As fissuras e buracos foram distribuídos de forma aleatória por toda extensão do avental plumbífero do médico e do enfermeiro.



### 4.3. Simulador antropomórfico virtual

Neste trabalho, foi utilizado o simulador antropomórfico virtual masculino nomeado como MASH3 [CASSOLA, 2010], com as seguintes características: 1,75 m de altura e 72,701 kg. A importância desses objetos simuladores nesse trabalho é a facilidade em determinar-se algumas grandezas de proteção radiológica, como a dose absorvida e, dose equivalente interna de um órgão ou tecido [CASSOLA, 2010], o que experimentalmente, é impossível.

### 4.4. Coeficientes de conversão de dose equivalente e efetiva

A determinação dos coeficientes de conversão para dose equivalente  $CC[H_T]_{MASCULINO}$  (Equação 4.1) e para dose efetiva  $CC[E]_{MASCULINO}$  (Equação 4.2), é descrita na literatura [NEVES et al., 2020, SOARES et al., 2019, ICRP, 2007].

$$CC[H_T]_{MASCULINO} = \frac{w_R \times \text{tally F6 (MCNP)}}{PKA_{SIMULADO}} \quad (\text{Equação 4.1})$$

$$CC[E]_{MASCULINO} = \sum_T w_T \times CC[H_T]_{MASCULINO} \quad (\text{Equação 4.2})$$

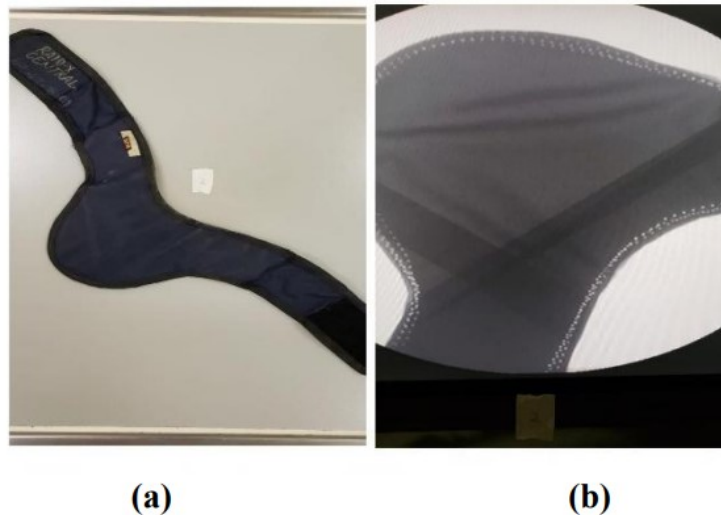
em que  $w_R$  é o fator de ponderação da radiação utilizada, e nesse trabalho foi utilizado o valor igual a 1, por se tratar de radiação X. O fator  $w_T$  é o fator de ponderação tecidual,  $PKA_{SIMULADO}$  é o valor do produto kerma área obtido na simulação de Monte Carlo.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Análise da integridade dos aventais plumbíferos e protetores de tireoide

De acordo com os resultados experimentais obtidos sobre a integridade de 6 aventais plumbíferos testados, verificou-se que alguns apresentavam rasgos externos em muitas regiões aleatórias, porém, ao observar a imagem de fluoroscopia do avental, foi observado a integridade do elemento interno de chumbo em perfeito estado.

A integridade de 6 protetores de tireoide foi avaliada como conforme, pois os protetores não apresentaram descontinuidade no elemento interno. Observando a Figura 2 notamos uma sobreposição do elemento interno. Mas esse processo foi devido a fabricação, não ocasionando em uma redução da atenuação.



**Figura 2** - Imagem do protetor de tireoide no teste de avaliação de integridade (a) Lado externo do protetor de tireoide e (b) Sobreposição do material visto na fluoroscopia.  
Fonte: Próprio Autor.

### 5.2. Determinação dos valores de $CC[H_T]$ e $CC[E]$

Os valores obtidos de  $CC[E]_{MASCULINO}$  são apresentados nas Tabelas 3 e 4. É possível observar um aumento dos valores quando a tensão no tubo aumenta. Pode-se observar, também, que a máxima variação percentual (Equação 5.1) entre os valores de  $CC[E]$ , considerando o avental com e sem fissura, foi de 12,3% para o médico, em um tamanho de campo de  $15 \times 15 \text{ cm}^2$  e tensão no tubo de 100 kV.

$$\text{Variação percentual} = \frac{(\text{Avental com fissura} - \text{Avental sem fissura})}{\text{Avental sem fissura}} \times 100 \quad (\text{Equação 5.1})$$

**Tabela 3** - Valores de  $CC[E]_{MASCULINO}$  para uma tensão no tubo de 80 kV. As incertezas percentuais são apresentadas entre parênteses.

$CC[E]_{MASCULINO}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ )				
Tamanho de Campo	Médico		Enfermeiro	
	Com Fissura	Sem Fissura	Com Fissura	Sem Fissura
15 x 15 cm <sup>2</sup>	2,78E-01 (4,13%)	2,71E-01 (4,85%)	2,49E-01 (4,68%)	2,43E-01 (6,81%)
22 x 22 cm <sup>2</sup>	7,41E-01 (2,40%)	6,89E-01 (2,66%)	6,89E-01 (2,59%)	6,74E-01 (2,74%)
31x 31 cm <sup>2</sup>	1,45E+00 (1,56%)	1,44E+00 (1,71%)	1,37E+00 (1,64%)	1,33E+00 (1,75%)

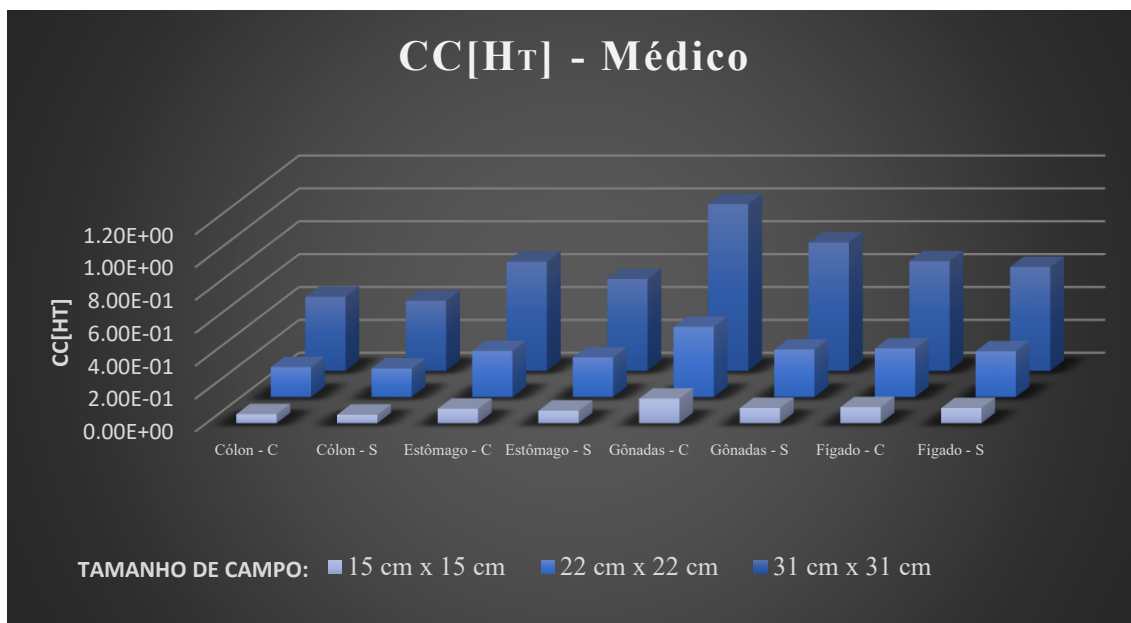
**Tabela 4** - Valores  $CC[E]_{MASCULINO}$  para uma tensão no tubo de 100 kV. As incertezas percentuais são apresentadas entre parênteses.

$CC[E]_{MASCULINO}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ )				
Tamanho de Campo	Médico		Enfermeiro	
	Com Fissura	Sem Fissura	Com Fissura	Sem Fissura
15 x 15 cm <sup>2</sup>	4,1E-01 (2,49%)	3,66E-01 (2,63%)	3,66E-01 (3,21%)	3,57E-01 (3,97%)
22 x 22 cm <sup>2</sup>	1,13E+00 (1,43%)	1,11E+00 (1,50%)	1,03E+00 (1,77%)	1,00E+00 (1,85%)
31 x 31 cm <sup>2</sup>	2,19E+00 (0,95%)	2,17E+00 (0,99%)	2,05E+00 (1,06%)	1,99E+00 (1,11%)

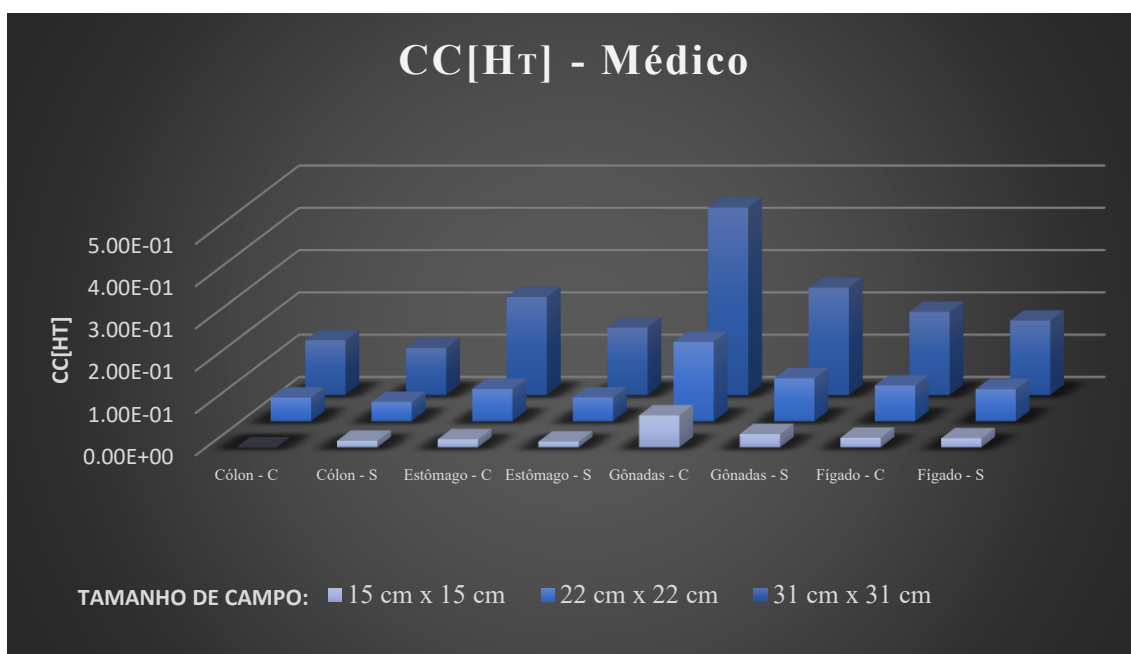
Os valores de  $CC[H_T]$  são apresentados nas Tabelas 5 a 10 no Apêndice A.

Os órgãos com os maiores valores de  $CC[H_T]$  tanto para o médico como para o enfermeiro foram: Cólon, Estômago, Gônadas e Fígado. O aumento entre os órgãos avaliados é devido ao posicionamento anatômico próximo a distribuição das fissuras e dos buracos colocados no avental plumbífero de modo aleatório.

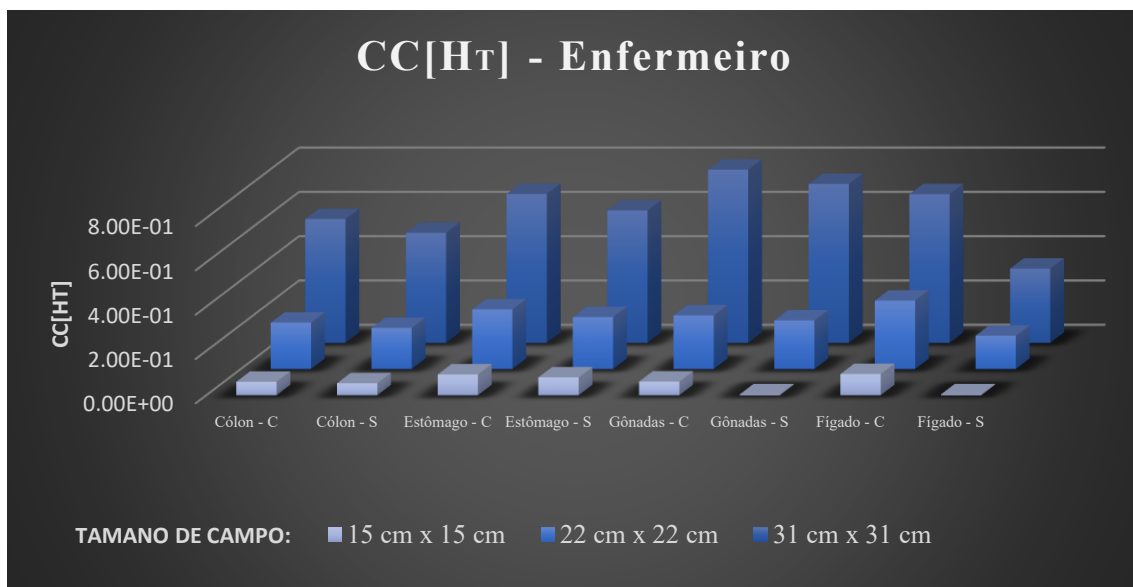
Conforme as Figuras 3 e 4 pode-se observar que os valores de  $CC[H_T]$  para as gônadas do médico obtiveram a maior diferença, quando comparou-se o avental com e sem fissuras. Para o tamanho de campo de 31 x 31 cm<sup>2</sup>, o aumento percentual foi de 74,8% (80 kV) e 30,4% (100 kV).



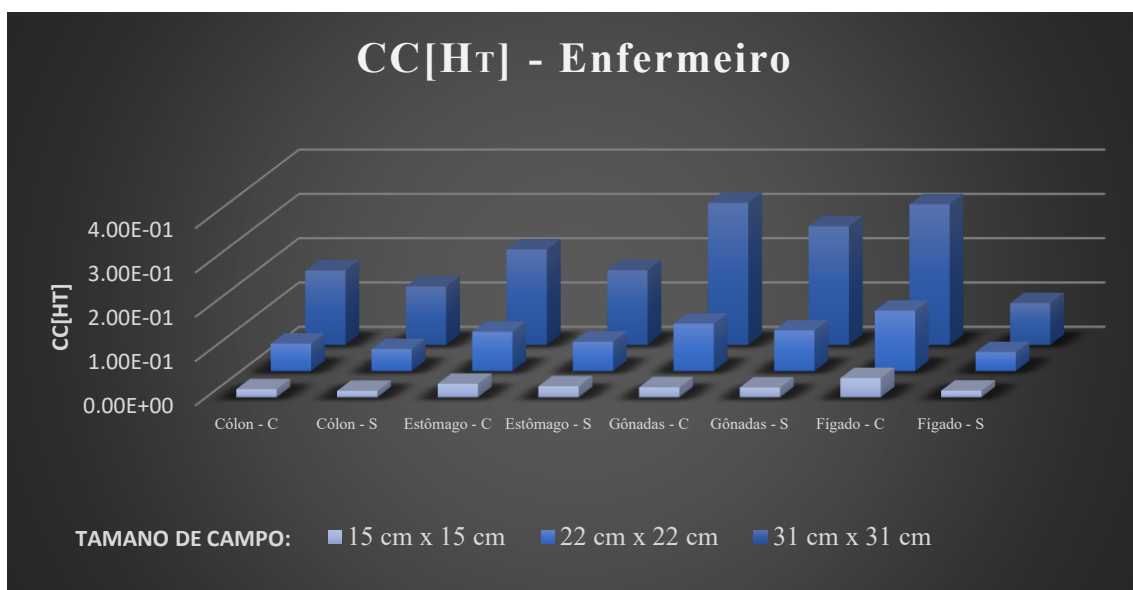
**Figura 3** - Valores de  $CC[H_T]_{MASCULINO}$  em órgãos mais afetados no médico, considerando uma tensão no tubo de 100 kV. “C” significa avental com fissura e “S” sem fissura.



**Figura 4** - Valores de  $CC[H_T]_{MASCULINO}$  em órgãos mais afetados no médico, considerando uma tensão no tubo de 80 kV. “C” significa avental com fissura e “S” sem fissura.



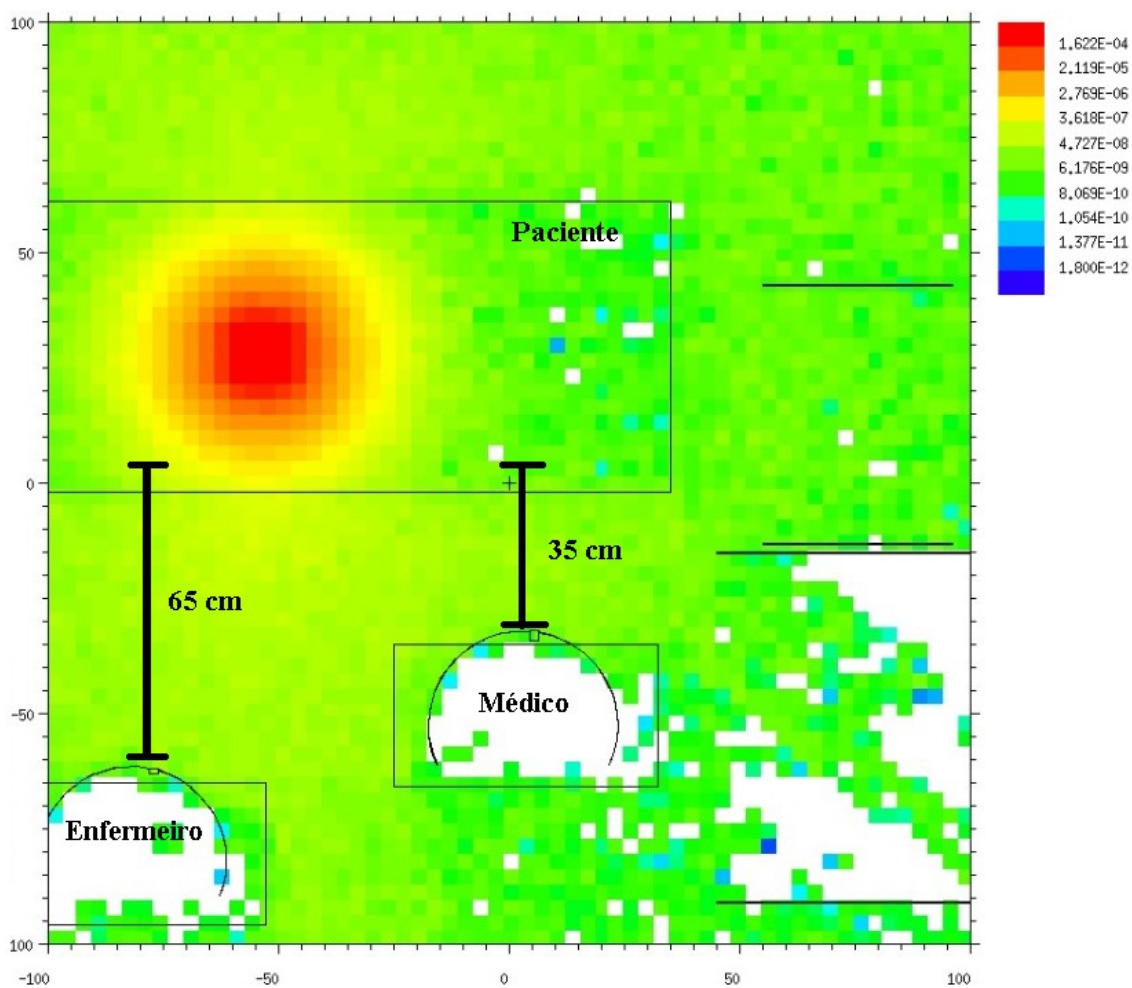
**Figura 5** - Valores de  $CC[H_T]_{MASCULINO}$  em 6rg6es mais afetados no enfermeiro, considerando uma tens6o no tubo de 100 kV. “C” significa avental com fissura e “S” sem fissura.



**Figura 6**- Valores de  $CC[H_T]_{MASCULINO}$  em 6rg6es mais afetados no enfermeiro, considerando uma tens6o no tubo de 80 kV. “C” significa avental com fissura e “S” sem fissura.

As Figuras 5 e 6 mostram que os valores de  $CC[H_T]$  para o fgado do enfermeiro sofreram maior aumento com os aventais com fissuras, em compara66o com os outros 6rg6es avaliados. Para o tamanho de campo de 31 x 31 cm, este aumento foi de 238% para uma tens6o de 80 kV e 100% para uma tens6o de 100 kV.

A Figura 7 representa uma curva de fluxo de radiação dentro da sala de fluoroscopia em um corte no plano Z a uma altura de 100 cm do chão. Pode-se notar que o posicionamento do enfermeiro em relação ao paciente é maior (65 cm) em relação ao médico. Portanto, os valores de  $CC[H_T]$  do enfermeiro são menores em relação aos valores obtidos para o médico, que estava posicionado mais próximo.



**Figura 7** - Mapa do fluxo de radiação dentro de uma de um procedimento de CPRE, em um corte no plano Z com altura de 100 cm do chão.

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho de conclusão de curso foi avaliada a integridade de aventais plumbíferos e protetores de tireoide de um Hospital Público, onde todos apresentaram o elemento interno avaliado como íntegro. Garantindo, assim, a proteção dos profissionais durante os procedimentos gerais de radiologia intervencionista.

Além disso, foi realizado um estudo para avaliar os valores de  $CC[H_T]$  e  $CC[E]$  dos profissionais, utilizando simulação de Monte Carlo, em um procedimento de CPRE, a fim de retratar a importância da conservação dos aventais plumbíferos. Foi possível notar que os órgãos presentes abaixo das fissuras, apresentaram um aumento nos valores de  $CC[H_T]$ , chegando em até 74,8% no médico e 238% no enfermeiro. Também, foi avaliada a distância entre os profissionais e o paciente, sendo verificado um aumento de até 11,5% entre os valores de  $CC[E]$  do médico em relação ao enfermeiro.

Portanto, conclui-se que deve ser realizada periodicamente uma avaliação das vestimentas de proteção radiológica, pois, se a mesma apresentar fissuras, não estará protegendo os profissionais de maneira adequada. Além disso, os profissionais que não necessitam estar próximo ao paciente, durante o procedimento de CPRE, devem se afastar do paciente e do tubo de raios X para diminuir a dose recebida por eles.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Dispositivos de proteção contra radiação X para fins de diagnóstico médico. ABNT NBR IEC 61331. Rio de Janeiro, RJ: **Associação Brasileira de Normas Técnicas**; 2004

AUGUSTO, F. P. S., GARCIA, A. P., CÁSSIA, R. F., Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose adsorvida: uma revisão integrative da literatura. **Radiol Bras**, vol.44, n.2, pp.97-103. 2011.

AZEVEDO, A. C. P. Radioproteção em serviços de saúde. Disponível em:<<http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2019.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. **Física das radiações**. Oficina de Textos, 2016.

BAHREYNI, T., ZARE, H., BATANI, S., ESMAILI, S; Organ and effective doses of patients arising from coronary angiography and percutaneous transluminal coronary angioplasty at two hospitals in Mashhad-Iran. **Radiat Prot Dosim**, 128(3): 363-6; 2009.

CANAVARO, L; Aspectos físicos e técnicos da Radiologia Intervencionista. **Revista Brasileira de Física Médica**, 3(1): 101-115; 2009.

CANEVARO, L. Radiologia intervencionista. Disponível em:<[http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Radiologia\\_intervencionista.pdf](http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Radiologia_intervencionista.pdf)>. Acesso em: 10 de abril de 2019.

CASSOLA, V. F., DE LIMA, V.J., KRAMER, R., KHOURY, H. J. FASH and MASH: Female and male Adult human phantoms based on polygon meSH surfaces. Part II. Dosimetric calculations. *Physics in Medicine and Biology*. 2010; 55: 163-189.

COSTA, M. M. B., NOVA, J. L. L., CANEVARO, L.V. Efeitos da filtração adicional nas doses de radiação e na qualidade das imagens nos exames videofluoroscópicos. **Radiologia Brasileira**, v.42, n.6, p.379-387, 2009.

CRANLEY, K. Catalogue of diagnostic x-ray spectra and other data. The Institute of Physics and Engineering in Medicine Report, 1997.

ICRP; Internacional Commission on Radiological Protection. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. Publication 85, **Annals of the ICRP**. v.30, n.2, Vienna; 2000.

LUNELLI, A. N. Estimativa da Dose no Paciente e na Equipe Médica em Procedimentos Intervencionistas de Neurorradiologia. 2012. 141 f. Tese (Obtenção do título de Doutor em Ciências Nucleares. Área de concentração: Dosimetria e Instrumentação Nuclear.) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco, 2012.

LUZ, E. S., CANEVARO, L. V., FERREIRA, N. M. P. D., CAMPOS, J. E. A importância do controle e qualidade em serviços de hemodinâmica e cardiologia intervencionista. **Radiologia Brasileira**. v.40, n.1, p. 27-32, 2007.



MARÇAL, M. V. L., THULER, F. P. B. M., FERRARI, A. P. A colangiopancreatografia retrógrada endoscópica pode ser realizada com segurança em caráter ambulatorial. **Arquivos de gastroenterologia**, v. 42, n. 1, p. 4-8, 2005.

MCCONN, R. et al. **Compendium of material composition data for radiation transport modeling**. Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (United States), 2011.

MIGUEL, C., BARROS, F. S., LENDZION, R. S., TILLY JR, J.G., KMIECIK, C., ROCHA, A. S. P. S., SCHELIN, H.R; Avaliação do elemento interno de vestimentas de proteção radiológica utilizadas em hemodinâmica. **Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. 2014.

NEVES, L. P. et al. Computational dosimetry in a pediatric i-CAT procedure using virtual anthropomorphic phantoms. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 167, 2020.

RESOLUÇÃO - RDC Nº 330, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2019. **Brasil**. Disponível em:<<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-330-de-20-de-dezembro-de-2019-235414748?inheritRedirect=true>>. Acesso em: 21 de setembro de 2019.

OLIVEIRA, M. D., MATOS, R. L., HOFF G; Avaliação da integridade de Vestimentas de Proteção Individual utilizadas na área da Radiologia Diagnóstica. **XI Salão de Iniciação Científica PUCRS**. 2010.

TAUHATA, L., SALATI, I., PRINZIO, R., PRINZIO, A., Radioproteção e Dosimetria. Disponível em:<[https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/45/073/45073465.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/073/45073465.pdf)>. Acesso em: 10 de abril de 2019.

SOARES, F. A. P., PEREIRA, A. G., FLÔR, R. C; Utilização de Vestimentas de Proteção Radiológica para Redução de Dose Absorvida: Uma Revisão Integrativa da Literatura. **Radiologia Brasileira**, v.44, n.2, p. 97-103. 2011.

WERNER, C. J. MCNP Users Manual-Code Version 6.2. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, 2017.

## APÊNDICE A

**Tabela 5** – Valores de  $CC[H_T]$  ( $\mu Sv/Gy.cm^2$ ) para uma tensão do tubo de 80 kV e tamanho de campo de 15 x 15  $cm^2$ .

<b>CC[H<sub>T</sub>]<sub>MASCULINO</sub> (<math>\mu Sv/Gy.cm^2</math>)</b>								
<b>Avental plumbífero</b>								
	<b>Com Fissura</b>				<b>Sem Fissura</b>			
<b>Órgãos</b>	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>
Medula óssea	2,81E-01	0,63%	3,13E-01	0,60%	2,81E-01	0,63%	3,12E-01	0,57%
Cólon	1,98E-02	11,25%	1,85E-02	11,57%	1,57E-02	12,20%	1,45E-02	34,37%
Pulmão	1,39E-01	3,09%	1,27E-01	3,28%	1,39E-01	3,09%	1,19E-01	42,28%
Estômago	1,91E-02	16,15%	3,05E-02	15,34%	1,37E-02	18,76%	2,50E-02	9,13%
Mamas	5,67E-02	22,58%	5,07E-02	22,08%	5,67E-02	22,58%	4,83E-02	12,17%
Demais Tecidos*	1,75E-02	0,58%	1,79E-02	0,57%	1,34E-03	0,58%	1,35E-03	3,57%
Gônadas	7,56E-02	20,77%	2,27E-02	33,53%	3,15E-02	34,40%	2,20E-02	0,60%
Bexiga	1,39E-02	24,68%	1,84E-02	34,71%	1,36E-02	25,17%	9,84E-03	1,64%
Esôfago	2,93E-01	7,02%	2,31E-01	9,13%	2,93E-01	7,02%	2,31E-01	1,62%
Fígado	2,26E-02	9,71%	4,35E-02	7,26%	2,15E-02	10,08%	1,50E-02	0,46%
Tireoide	4,18E+00	3,23%	3,41E+00	3,57%	4,18E+00	3,23%	3,41E+00	6,81%
Superfície óssea	2,77E-01	0,64%	3,08E-01	0,60%	2,76E-01	0,64%	3,07E-01	3,27%
Cérebro	7,52E-01	1,87%	1,01E+00	1,64%	7,52E-01	1,87%	1,01E+00	0,03%
Glândulas salivares	1,13E+00	1,90%	1,27E+00	1,62%	1,13E+00	1,90%	1,27E+00	0,05%
Pele	6,15E-01	0,47%	6,22E-01	0,46%	6,13E-01	0,48%	6,17E-01	1,81%
Olhos	7,26E+00	6,48%	7,74E+00	6,81%	7,26E+00	6,48%	7,74E+00	1,45%
Lente dos olhos	6,30E+00	3,03%	5,25E+00	3,27%	6,30E+00	3,03%	5,25E+00	7,93%

\*Inclui glândula suprarrenal, tecido extratorácico, vesícula biliar, paredes do coração, rins, linfonodos, músculo, mucosa oral, pâncreas, próstata (homens), intestino delgado, baço e timo

**Tabela 6** - Valores de  $CC[H_T]$  ( $\mu Sv/Gy.cm^2$ ) para uma tensão do tubo de 80 kV e tamanho de campo de 22 x 22  $cm^2$ .

<b><math>CC[H_T]_{MASCULINO}</math> (<math>\mu Sv/Gy.cm^2</math>)</b>								
<b>Avental plumbífero</b>								
<b>Órgãos</b>	<b>Com Fissura</b>				<b>Sem Fissura</b>			
	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>
Medula óssea	7,62E-01	0,38%	8,69E-01	0,36%	7,61E-01	0,38%	7,61E-01	0,36%
Cólon	5,58E-02	6,42%	6,24E-02	6,52%	4,58E-02	6,97%	4,58E-02	7,31%
Pulmão	3,57E-01	1,94%	3,42E-01	1,94%	3,57E-01	1,94%	3,57E-01	2,03%
Estômago	7,58E-02	8,96%	8,91E-02	8,38%	5,65E-02	10,05%	5,65E-02	9,72%
Mamas	1,83E-01	13,25%	1,49E-01	14,21%	1,83E-01	13,25%	1,83E-01	14,67%
Demais Tecidos*	4,89E-02	0,35%	5,06E-02	0,33%	4,86E-02	0,35%	4,86E-02	0,34%
Gônadas	1,88E-01	12,31%	1,07E-01	15,56%	1,02E-01	17,12%	1,02E-01	15,59%
Bexiga	4,39E-02	15,54%	5,02E-02	17,26%	4,37E-02	15,59%	4,37E-02	17,89%
Esôfago	7,72E-01	4,44%	5,46E-01	5,50%	7,72E-01	4,44%	7,72E-01	5,53%
Fígado	8,45E-02	5,13%	1,37E-01	4,07%	7,55E-02	5,39%	7,55E-02	7,20%
Tireoide	1,10E+01	2,00%	9,41E+00	2,19%	1,10E+01	2,00%	1,10E+01	2,19%
Superfície óssea	7,48E-01	0,39%	8,53E-01	0,36%	7,48E-01	0,39%	7,48E-01	0,36%
Cérebro	1,97E+00	1,17%	2,67E+00	1,00%	1,97E+00	1,17%	1,97E+00	1,00%
Glândulas salivares	2,97E+00	1,16%	3,41E+00	0,97%	2,97E+00	1,16%	2,97E+00	0,97%
Pele	1,71E+00	0,28%	1,78E+00	0,27%	1,70E+00	0,28%	1,70E+00	0,27%
Olhos	1,95E+01	3,83%	1,88E+01	4,23%	1,95E+01	3,83%	1,95E+01	4,23%
Lente dos olhos	1,63E+01	1,88%	1,40E+01	1,99%	1,63E+01	1,88%	1,63E+01	1,99%

\*Inclui glândula suprarrenal, tecido extratorácico, vesícula biliar, paredes do coração, rins, linfonodos, músculo, mucosa oral, pâncreas, próstata (homens), intestino delgado, baço e timo

**Tabela 7** - Valores de  $CC[H_T]$  ( $\mu Sv/Gy.cm^2$ ) para uma tensão do tubo de 80 kV e tamanho de campo de 31 x 31  $cm^2$ .

<b><math>CC[H_T]_{MASCULINO}</math> (<math>\mu Sv/Gy.cm^2</math>)</b>								
<b>Avental plumbífero</b>								
<b>Órgãos</b>	<b>Com Fissura</b>				<b>Sem Fissura</b>			
	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>
Medula óssea	1,58E+00	0,26%	1,86E+00	0,24%	1,58E+00	0,26%	1,85E+00	0,24%
Cólon	1,30E-01	4,19%	1,68E-01	3,79%	1,11E-01	4,43%	1,32E-01	4,26%
Pulmão	6,69E-01	1,40%	6,57E-01	1,39%	6,69E-01	1,40%	6,00E-01	1,46%
Estômago	2,32E-01	5,25%	2,16E-01	5,18%	1,60E-01	6,20%	1,69E-01	5,86%
Mamas	4,03E-01	8,98%	3,57E-01	9,50%	4,03E-01	8,98%	3,35E-01	9,80%
Demais Tecidos*	7,89E-03	0,24%	1,09E-01	0,23%	1,02E-01	0,24%	1,06E-01	0,23%
Gônadas	4,44E-01	7,94%	3,22E-01	9,42%	2,54E-01	10,58%	2,68E-01	9,85%
Bexiga	1,26E-01	9,21%	1,17E-01	10,29%	1,25E-01	9,28%	8,56E-02	11,17%
Esôfago	1,40E+00	3,30%	1,00E+00	4,06%	1,40E+00	3,30%	9,89E-01	4,09%
Fígado	1,97E-01	3,26%	3,19E-01	2,69%	1,76E-01	3,45%	9,44E-02	4,87%
Tireoide	2,09E+01	1,46%	1,75E+01	1,61%	2,09E+01	1,46%	1,75E+01	1,61%
Superfície óssea	1,55E+00	0,27%	1,82E+00	0,24%	1,55E+00	0,27%	1,81E+00	0,24%
Cérebro	3,75E+00	0,85%	5,22E+00	0,72%	3,75E+00	0,85%	5,22E+00	0,72%
Glândulas salivares	5,85E+00	0,83%	6,86E+00	0,69%	5,85E+00	0,83%	6,86E+00	0,69%
Pele	3,70E+00	0,19%	3,99E+00	0,18%	3,68E+00	0,19%	3,95E+00	0,18%
Olhos	3,70E+01	2,83%	3,71E+01	3,01%	3,70E+01	2,83%	3,71E+01	3,01%
Lente dos olhos	3,08E+01	1,36%	2,79E+01	1,43%	3,08E+01	1,36%	2,79E+01	1,43%

\*Inclui glândula suprarrenal, tecido extratorácico, vesícula biliar, paredes do coração, rins, linfonodos, músculo, mucosa oral, pâncreas, próstata (homens), intestino delgado, baço e timo

**Tabela 8** - Valores de  $CC[H_T]$  ( $\mu Sv/Gy.cm^2$ ) para uma tensão do tubo de 100 kV e tamanho de campo de 15 x 15  $cm^2$ .

<b><math>CC[H_T]_{MASCULINO}</math> (<math>\mu Sv/Gy.cm^2</math>)</b>								
<b>Avental plumbífero</b>								
<b>Órgãos</b>	<b>Com Fissura</b>				<b>Sem Fissura</b>			
	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>
Medula óssea	4,30E-01	0,55%	4,66E-01	0,53%	4,30E-01	0,56%	4,64E-01	0,51%
Cólon	5,56E-02	6,80%	6,13E-02	6,39%	5,20E-02	6,93%	5,46E-02	24,48%
Pulmão	2,47E-01	2,38%	2,28E-01	2,44%	2,47E-01	2,38%	2,15E-01	18,97%
Estômago	8,84E-02	8,27%	9,44E-02	8,19%	7,68E-02	8,90%	8,09E-02	8,59%
Mamas	1,58E-01	13,32%	2,06E-01	17,71%	1,58E-01	13,32%	1,97E-01	6,95%
Demais Tecidos*	1,99E-03	0,52%	1,97E-03	0,51%	1,98E-03	0,52%	1,93E-03	3,22%
Gônadas	1,50E-01	13,75%	6,21E-02	23,17%	9,29E-02	16,52%	4,53E-02	0,53%
Bexiga	3,34E-02	19,42%	3,97E-02	17,88%	3,34E-02	19,42%	3,51E-02	1,36%
Esôfago	4,82E-01	5,94%	2,90E-01	8,51%	4,82E-01	5,94%	2,87E-01	1,45%
Fígado	9,84E-02	4,97%	9,62E-02	5,19%	9,27E-02	5,13%	4,84E-02	0,41%
Tireoide	5,44E+00	3,04%	4,30E+00	3,22%	5,44E+00	3,04%	4,30E+00	5,81%
Superfície óssea	4,05E-01	0,56%	4,39E-01	0,53%	4,05E-01	0,56%	4,37E-01	2,87%
Cérebro	1,25E+00	1,54%	1,64E+00	1,36%	1,25E+00	1,54%	1,64E+00	0,03%
Glândulas salivares	1,47E+00	1,67%	1,64E+00	1,45%	1,47E+00	1,67%	1,64E+00	0,04%
Pele	8,14E-01	0,42%	8,15E-01	0,41%	8,11E-01	0,42%	8,08E-01	1,39%
Olhos	8,79E+00	6,00%	8,11E+00	5,81%	8,79E+00	6,00%	8,11E+00	1,07%
Lente dos olhos	7,96E+00	2,73%	7,02E+00	2,87%	7,96E+00	2,73%	7,02E+00	5,41%

\*Inclui glândula suprarrenal, tecido extratorácico, vesícula biliar, paredes do coração, rins, linfonodos, músculo, mucosa oral, pâncreas, próstata (homens), intestino delgado, baço e timo

**Tabela 9** - Valores de  $CC[H_T]$  ( $\mu Sv/Gy.cm^2$ ) para uma tensão do tubo de 100 kV e tamanho de campo de 22 x 22  $cm^2$ .

<b><math>CC[H_T]_{MASCULINO}</math> (<math>\mu Sv/Gy.cm^2</math>)</b>								
<b>Avental plumbífero</b>								
<b>Órgãos</b>	<b>Com Fissura</b>				<b>Sem Fissura</b>			
	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>
Medula óssea	1,15E+00	0,34%	1,30E+00	0,31%	1,15E+00	0,34%	1,29E+00	0,32%
Cólon	1,83E-01	3,60%	2,10E-01	3,44%	1,74E-01	3,67%	1,86E-01	3,68%
Pulmão	6,31E-01	1,47%	6,18E-01	1,49%	6,31E-01	1,47%	5,78E-01	1,54%
Estômago	2,81E-01	4,73%	2,70E-01	4,73%	2,42E-01	5,12%	2,36E-01	4,97%
Mamas	4,85E-01	8,00%	4,42E-01	9,98%	4,87E-01	7,97%	4,15E-01	10,38%
Demais Tecidos*	7,13E-02	0,31%	7,29E-02	0,30%	7,08E-02	0,31%	7,13E-02	0,30%
Gônadas	4,28E-01	7,66%	2,43E-01	12,31%	2,90E-01	9,08%	2,20E-01	12,86%
Bexiga	1,28E-01	10,08%	1,49E-01	9,55%	1,28E-01	10,08%	1,29E-01	10,46%
Esôfago	1,18E+00	3,74%	8,18E-01	4,69%	1,18E+00	3,74%	7,96E-01	4,77%
Fígado	2,96E-01	2,86%	3,10E-01	2,91%	2,79E-01	2,95%	1,51E-01	3,94%
Tireoide	1,47E+01	1,83%	1,21E+01	1,96%	1,47E+01	1,83%	1,21E+01	1,96%
Superfície óssea	1,08E+00	0,34%	1,22E+00	0,32%	1,08E+00	0,34%	1,21E+00	0,32%
Cérebro	3,22E+00	0,96%	4,32E+00	0,83%	3,22E+00	0,96%	4,32E+00	0,83%
Glândulas salivares	3,90E+00	1,03%	4,50E+00	0,87%	3,90E+00	1,03%	4,50E+00	0,87%
Pele	2,25E+00	0,25%	2,33E+00	0,24%	2,24E+00	0,25%	2,30E+00	0,24%
Olhos	2,14E+01	3,75%	2,23E+01	3,73%	2,14E+01	3,75%	2,23E+01	3,73%
Lente dos olhos	2,00E+01	1,70%	1,80E+01	1,77%	2,00E+01	1,70%	1,80E+01	1,77%

\*Inclui glândula suprarrenal, tecido extratorácico, vesícula biliar, paredes do coração, rins, linfonodos, músculo, mucosa oral, pâncreas, próstata (homens), intestino delgado, baço e timo

**Tabela 10** - Valores de  $CC[H_T]$  ( $\mu Sv/Gy.cm^2$ ) para uma tensão do tubo de 100 kV e tamanho de campo de 31 x 31  $cm^2$ .

<b>CC[H<sub>T</sub>]<sub>MASCULINO</sub> (<math>\mu Sv/Gy.cm^2</math>)</b>								
<b>Avental plumbífero</b>								
<b>Órgãos</b>	<b>Com Fissura</b>				<b>Sem Fissura</b>			
	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Médico</b>	<b>Incerteza</b>	<b>Enfermeiro</b>	<b>Incerteza</b>
Medula óssea	2,34E+00	0,23%	2,71E+00	0,22%	2,34E+00	0,23%	2,70E+00	0,22%
Cólon	4,52E-01	2,32%	5,60E-01	2,19%	4,28E-01	2,37%	4,98E-01	2,33%
Pulmão	1,18E+00	1,07%	1,20E+00	1,07%	1,18E+00	1,07%	1,10E+00	1,11%
Estômago	6,65E-01	3,11%	6,73E-01	3,03%	5,60E-01	3,39%	5,98E-01	3,15%
Mamas	9,49E-01	5,38%	8,27E-01	6,38%	9,42E-01	5,36%	7,77E-01	6,63%
Demais Tecidos*	1,15E-02	0,21%	1,56E-01	0,21%	1,48E-01	0,22%	1,52E-01	0,21%
Gônadas	1,02E+00	5,08%	7,83E-01	6,22%	7,82E-01	5,83%	7,19E-01	6,45%
Bexiga	3,49E-01	6,06%	4,50E-01	5,54%	3,47E-01	6,08%	4,07E-01	5,88%
Esôfago	2,13E+00	2,80%	1,59E+00	3,48%	2,13E+00	2,80%	1,55E+00	3,54%
Fígado	6,69E-01	1,91%	6,72E-01	1,95%	6,34E-01	1,96%	3,35E-01	2,65%
Tireoide	2,76E+01	1,34%	2,23E+01	1,46%	2,76E+01	1,34%	2,23E+01	1,46%
Superfície óssea	2,20E+00	0,24%	2,54E+00	0,22%	2,19E+00	0,24%	2,53E+00	0,22%
Cérebro	6,05E+00	0,70%	8,31E+00	0,60%	6,05E+00	0,70%	8,31E+00	0,60%
Glândulas salivares	7,64E+00	0,74%	8,84E+00	0,62%	7,64E+00	0,74%	8,84E+00	0,62%
Pele	4,78E+00	0,17%	5,10E+00	0,16%	4,74E+00	0,18%	5,04E+00	0,16%
Olhos	4,26E+01	2,67%	4,29E+01	2,71%	4,26E+01	2,67%	4,29E+01	2,71%
Lente dos olhos	3,86E+01	1,23%	3,50E+01	1,28%	3,86E+01	1,23%	3,50E+01	1,28%

\*Inclui glândula suprarrenal, tecido extratorácico, vesícula biliar, paredes do coração, rins, linfonodos, músculo, mucosa oral, pâncreas, próstata (homens), intestino delgado, baço e timo