

# Doses Absorvidas em Órgãos Internos em Fantoma de Tórax Feminino em Radiologia Diagnóstica

## Absorbed Doses in Internal Organs in Female Thorax Phantom in Diagnostic Radiology

Juliane Alves<sup>1</sup>, Luciana B. Nogueira<sup>2</sup>, Críssia C. P. Fontainha<sup>2</sup>, Tarcísio P. R. Campos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Curso Superior de Tecnologia em Radiologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Anatomia e Imagem, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Nuclear, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

### Resumo

Os exames radiológicos no qual os pacientes são submetidos tem aumentado de forma considerável, tornando crescente a exposição às radiações ionizantes. As doses na entrada na pele são conhecidas em diversas técnicas radiológicas, entretanto as doses em órgãos sensíveis do corpo na maioria dos estudos são medidas a partir de simulações e fantasmas virtuais, avaliados a partir de medições externas. Dessa maneira, foi proposto neste trabalho mensurar doses absorvidas em órgãos internos de um fantoma de tórax feminino, através de exposições de raios X diagnóstico. Para o estudo foram utilizados dois equipamentos de raios X e um fantoma de tórax do grupo de pesquisa Núcleo de Radiações Ionizantes NRI/UFMG. Filmes radiocrômicos XR-QA2, empregados como dosímetros, foram posicionados dentro do fantoma de tórax, localizados no coração, pulmão direito e esquerdo, mama e pele. Foram realizadas duas exposições, em posicionamento anteroposterior (AP) e lateral de tórax. Após as exposições, os filmes radiocrômicos foram digitalizados e mapas de suas intensidades em RGB (*red, green e blue*) foram gerados. Os dados dos filmes irradiados foram convertidos em densidade óptica e posteriormente em dose, de acordo com a curva de calibração construída. Valores médios de dose e seus desvios padrões foram gerados para análise e para avaliação das doses absorvidas nos tecidos equivalentes (TE) de órgãos internos. Após análise, foi observado que as doses médias encontradas nos TE de órgãos internos estão correlacionadas aos níveis de referência da Instrução Normativa (IN) N°52 e IN ° 54 da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) N°330, preconizados para dose de entrada na pele em pacientes adultos e dose média glandular. O estudo demonstra a possibilidade de monitorar as doses absorvidas em órgãos internos utilizando fantasmas antropomórficos e antropométricos, estabelecendo assim novas metodologias de otimização para minimizar danos biológicos e clínicos induzidos pela exposição à radiação no radiodiagnóstico.

**Palavras-chave:** raios X diagnóstico; dosimetria; filmes radiocrômicos.

### Abstract

*Radiological examinations in which patients are submitted have increased considerably, increasing exposure to ionizing radiation. Much is known about the entrance surface dose in various radiological techniques, however doses in sensitive organs of the body in most studies are measured from simulations and virtual phantoms, evaluated from external measurements. Thus, it was proposed in this work to measure absorbed doses in internal organs of a female thorax phantom, through X-ray exposures. Two X-ray equipment and a thorax phantom from the Research Group NRI/UFMG were used for the study. XR-QA2 radiochromic films, used as dosimeters, were positioned inside the of the phantom, located in the heart, right and left lung, breast, and skin. Two exposures were performed, in anteroposterior (AP) and lateral thorax positioning. After the exposures, the radiochromic films were digitized and maps of their intensities were generated in RGB (*red, green, and blue*). The data of the irradiated films were converted into optical density and then into dose, according to the calibration curve constructed. Average dose values and their standard deviations were generated for analysis and for evaluation of the absorbed doses in the tissue equivalent (TE) of internal organs. After analysis, it was observed that the average doses found in the internal organs TE are correlated with the reference levels of Normative Instruction (NI) N° 52 and N° 54 of the Collegiate Board Resolution (CBR) N° 330, recommended for entrance surface dose in adult patients and average glandular dose. The study demonstrates the possibility of monitoring the absorbed doses in internal organs using anthropomorphic and anthropometric phantoms. Thus, new optimization methodologies can be developed to minimize biological and clinical damage induced by radiation exposure in radiodiagnosis.*

**Keywords:** *diagnostic X-rays; dosimetry, radiochromic films.*

### 1. Introdução

A radiação para fins médicos é a principal fonte de exposição humana às radiações ionizantes. Segundo o Relatório do Comitê Científico das Nações Unidas sobre os efeitos da radiação atômica, de 2016, o uso da radiação para medicina contribuiu em 98 % da exposição à radiação de todas as fontes artificiais (1).

O radiodiagnóstico traz a desvantagem da exposição do paciente à radiação ionizante. Apesar da evolução tecnológica ter possibilitado uma redução dos níveis de dose de radiação, o número de

procedimentos e número de indivíduos expostos aumentou consideravelmente, e conseqüentemente a dose coletiva tem aumentado (2,3).

É importante quantificar a radiação recebida pelo paciente, com o objetivo de estabelecer valores de referência a serem seguidos pelos serviços de radiodiagnóstico. Este primeiro passo poderia ajudar na otimização das exposições médicas de maneira que a dose seja a menor possível para a realização dos procedimentos radiológicos sem prejuízo da qualidade da imagem para o diagnóstico médico (4).

Para tanto é necessário estabelecer estudos dosimétricos, ou seja, é preciso determinar a dose absorvida pelos órgãos ou tecidos de um paciente. O quantitativo dos efeitos provocados pela radiação ionizante pode ser realizado de maneira indireta através do uso de simuladores físicos ou computacionais (4). O uso dos filmes radiocrômicos tem sido empregado para o mapeamento de dose na pele de pacientes, sendo uma opção prática, por não necessitar de revelação e ser de fácil manuseio (5).

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Posicionamento e irradiação dos filmes radiocrômicos.

Para o experimento foi utilizado um fantoma de tórax feminino, simulador do paciente, desenvolvido pelo grupo de pesquisa NRI/UFMG, que possui o mesmo tamanho e forma de um tórax adulto feminino típico <sup>6</sup>. Esse fantoma é constituído de tecidos equivalentes (TE's): glandular, adiposo e pele. Foram utilizados filmes radiocrômicos da marca GAFCHROMIC, do tipo XR-QA2. Estes foram posicionados no interior do TE glandular de mama, TE dos pulmões direito e esquerdo, no TE do coração, na região anterior da fáscia do músculo peitoral maior, denominado de TE do leito da mama, e no TE de pele da mama.

Para a região da mama foram utilizados 10 filmes radiocrômicos, sendo 5 filmes posicionados no TE glandular de mama, nomeados de mama-1, mama-2, mama-3, mama-4 e mama-5. Cada um desses filmes foi cortado de modo a se adaptar ao formato da mama e posicionados na orientação sagital no TE glandular da mama, com distância entre os filmes aproximada de 2 cm. Um filme foi posicionado no TE do leito da mama, em sentido coronal, com dimensão aproximada de 11 cm de diâmetro. No TE de pele da mama foram posicionados 4 filmes com 2 cm x 3 cm, sendo nos quadrantes: superior interno (QSI), denominado pele-1, superior externo (QSE) denominado pele-2, inferior interno (QII) denominado pele-3 e inferior externo (QIE) denominado pele-4, em sentido coronal. Nos TE dos pulmões foram posicionados 01 filme no TE do pulmão direito, denominado PD, e 01 filme no TE do pulmão esquerdo, denominado PE com dimensões de 5 cm x 7 cm cada um, em sentido coronal, na região mais superior, próxima a mama. No TE de coração foi posicionado 1 filme com 7 cm x 11 cm, em sentido coronal, na parte anterior do coração.

Foi utilizado o equipamento de raios X móvel da marca MEDITRONIX, modelo BR100 para as exposições no Laboratório do Departamento de Engenharia Nuclear/UFMG. Duas exposições do fantoma, nas incidências anteroposterior (AP) do tórax e lateral direito do tórax foram realizadas. Os parâmetros radiográficos utilizados na incidência AP foram 75 kV e 10 mAs, com a distância foco-filme (DFOFI) de 1,0 m. Para incidência lateral, os parâmetros radiográficos foram de 70 kV e 20 mAs, com DFOFI de 1,40 m, Figura 1. Devido a sensibilidade de resposta do filme radiocrômico foi

necessário realizar 30 irradiações com os mesmos fatores técnicos de exposição para cada posicionamento do fantoma.



Figura 1. Posicionamento do fantoma de tórax para incidência lateral, filmes pele-2 (QSE) e pele-4 (QIE).

### 2.2. Calibração e Leitura dos filmes radiocrômicos.

No processo de calibração foi utilizado o equipamento de raios X diagnóstico Pantak Seifert 320 kV, e os filmes GAFCHROMIC, do tipo XR-QA2. Este processo foi realizado no Laboratório de Calibração de Dosímetros do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN/CNEN. A câmara de ionização utilizada no processo de calibração dos feixes foi a câmara padrão do Laboratório de Raios X, da fabricante Radcal Corporation, modelo RC6, S/N 16951, acoplada em um eletrômetro da Keithley, modelo 6517, S/N 1138780. A calibração da câmara de ionização seguiu-se os protocolos da qualidade estabelecidos pela ISO Nº 4037 (7). Para as irradiações com raios X, foram utilizadas as energias efetivas relativas aos espectros da ISO da série N, por serem mais filtrados, sendo eles: N40 (33 keV), N60 (48 keV), N80 (65 keV) e N120 (100 keV). Os filmes XR-QA2 foram expostos à dose absorvida de 100 mGy a cada energia, depois foram armazenados por 24 h à temperatura ambiente para que fizesse a leitura estável.

Os filmes radiocrômicos tanto dos experimentos quanto da calibração foram digitalizados no *scanner* HP *Scanjet* G4050, após 24 h das exposições, para que sua densidade ótica (D.O) se estabilizasse. As imagens digitalizadas foram lidas pelo software *ImageJ* (7) que permitiu identificar e quantificar o grau de intensidade das componentes RGB (*red*, *green*, *blue*). Cada conjunto dos filmes irradiados foram digitalizado três vezes e feito a leitura em RBG, e obtidas as médias e desvio padrão da intensidade das componentes R, B e G.

### 2.3. Dosimetria dos filmes radiocrômicos.

As imagens digitalizadas foram decompostas em suas componentes RGB através do programa *ImageJ* <sup>8</sup> e arquivos ASCII foram gerados, representativo da componente vermelho. Os dados foram convertidos em densidade ótica, aplicada a cada pixel da imagem decomposta, preservando a distribuição

espacial de dose, conforme equação (1), e calculado o desvio padrão, conforme equação (2). A curva de resposta densidade óptica versus dose em cGy, equação (3), foi empregada para avaliação das doses. Os valores de densidade óptica foram então convertidos para dose em mGy.

Os cálculos de densidade óptica associada à intensidade da componente no vermelho, gerados da imagem decomposta em RGB, foram avaliadas, como segue:

$$DO = \log_{10} \frac{I_0}{I} \quad (1)$$

onde  $DO$  é a densidade óptica do filme;  $I_0$  representa a intensidade da escala da componente vermelha em RGB no filme não irradiado;  $I$  representa a intensidade de escala em RGB no filme irradiado. O desvio padrão das densidades ópticas dos filmes radiocrômicos sensibilizados e não sensibilizados, foi calculado como segue:

$$\sigma_{DO}(RGB) = \frac{1}{\ln(10)} \sqrt{\frac{\sigma_I(RGB)^2 + \sigma_o^2}{m_I(RGB)^2 - m(FO)^2} + \frac{\sigma_n(RGB)^2 + \sigma_o^2}{m_n(RGB)^2 - m(FO)^2}} \quad (2)$$

onde  $\sigma_{DO}$  é o desvio padrão da densidade óptica obtida das intensidades de R, G ou B dos filmes;  $\sigma_I$  é o desvio padrão das médias das componentes R, G ou B do filme irradiado;  $\sigma_o$  é o desvio padrão do filme opaco digitalizado;  $\sigma_n$  é o desvio padrão das médias das componentes RGB do filme não irradiado;  $m_I$  é a média das componentes RGB do filme irradiado;  $m_n$  é a média das componentes RGB do filme não irradiado;  $m(FO)$  é a média das componentes RGB do filme opaco. A relação entre densidade óptica e dose, em mGy, foi obtida através de ajuste entre os valores de  $DO$ , gerados na calibração, com as doses em mGy, através da expressão:

$$D = \exp(a + b1 \cdot DO + DO^2) \quad (3)$$

onde  $D$  representa a dose mensurada;  $a$ ,  $b1$  e  $b2$  parâmetros de ajuste da curva; e  $DO$  representa a densidade óptica.

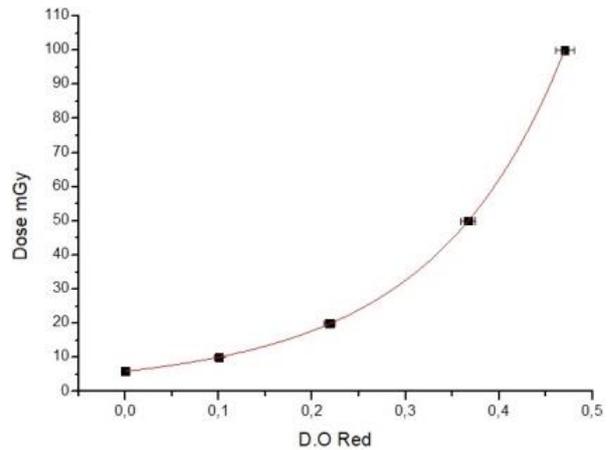
### 3. Resultados

#### 3.1. Calibração

A Figura 2 mostra a curva de calibração construída dos filmes radiocrômicos XR-QA2 com dados de dose versus densidade óptica. A correlação entre dose versus densidade óptica satisfaz a seguinte relação exponencial.

$$D = \exp(1,78687 + 5,06721 \cdot DO + 1,97043 \cdot DO^2) \quad (4)$$

onde  $D$  representa a dose em mGy e  $DO$  a densidade óptica, com qualidade da regressão de 0,99982 (R2).



**Figura 2.** Curva de calibração, dose mGy versus densidade óptica na componente vermelho, obtida do filme XR-QA2, em exposição à dose absorvida de 100 mGy.

#### 3.2. Dosimetria dos filmes radiocrômicos TE glandular de mama e TE leito da mama.

A Tabela 1 mostra os dados gerados das doses absorvidas no interior do TE de mama, nas incidências AP e Lateral.

**Tabela 1** - Média de Dose em órgãos Internos (mGy) e desvio padrão - Incidência AP e Lateral

Órgão	AP (30Exp)	AP (1Exp)	Lateral (30Exp).	Lat. (1Exp)
	Desvio Padrão	Valor Médio. Desvio Padrão	Desvio Padrão	Valor médio. Desvio Padrão
Leito da mama	4,17±0,87	0,14±0,03	3,98±0,82	0,13±0,03
Mama-1	4,01±0,42	0,13±0,01	4,05±0,69	0,14±0,02
Mama-2	4,17±0,27	0,14±0,01	3,85±0,51	0,13±0,02
Mama-3	3,97±0,45	0,13±0,01	3,97±0,69	0,13±0,02
Mama-4	4,06±0,62	0,14±0,02	3,78±0,67	0,13±0,02
Mama-5	4,19±0,47	0,14±0,01	3,78±0,56	0,13±0,02

Pode se observar na Tabela 1 que os filmes radiocrômicos posicionados no interior TE glandular de mama mediram dose glandular na média de 4,07 mGy na incidência AP e 3,90 mGy na incidência Lateral para as 30 exposições. As doses médias para uma exposição foram de 0,14 mGy em AP e 0,13 mGy em lateral. Este resultado se deve a diferença de espessura do fantoma nas posições AP (25 cm) e Lateral (30 cm). Na incidência AP o feixe de raios X interage de forma direta sobre os filmes ultrapassando menor espessura. Enquanto, na incidência Lateral, o feixe precisa ultrapassar uma maior espessura de tecido para sensibilizar os filmes. Dessa maneira, as doses nos filmes nas incidências laterais foram relativamente menores, cerca de 3,7% menor, em relação nas incidências em AP.

Não se tem estabelecido Níveis de Referência de Radiodiagnóstico para dose absorvida em tecido glandular no interior mamário em radiografia de tórax. A Instrução Normativa (IN) Nº 54 da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) Nº330 de 2019, estabelece as referências de dose glandular média

para mamografia, com uso de simuladores de PMMA que simulam a espessura da mama comprimida (9). As doses glandulares média variam de 0,6 mGy para simuladores de 2 cm a 3,6 mGy para simuladores com 6 cm.

Na Tab. 1, os valores médios de dose glandular correspondentes as incidências AP e Lateral para os filmes no TE glandular de mama foram de 0,14 mGy e 0,13 mGy, respectivamente. Pode-se notar, que estes valores estão abaixo dos valores de referência estabelecidos para dose glandular média em mamografia, conforme IN N°54 da RDC N°330 de 2019 (9). Mesmo estes resultados de doses não sendo para uma mama comprimida, conforme IN N°54, acreditamos que uma análise entre o resultado do estudo e as doses de referência preconizadas, mostram a relevância de se estabelecer doses de referências para órgãos internos em exames de radiografia médica.

### 3.3. Dosimetria dos filmes radiocrômicos TE de pele.

A Tabela 2 apresenta as doses absorvidas nos filmes posicionados no TE de pele. Esses filmes foram posicionados na mama esquerda, em sentido horário.

**Tabela 2** - Média de Dose de Entrada na Pele (mGy) e desvio padrão. Incidência AP e Lateral

Órgão (Dep)	AP (30Exp). Desvio Padrão	AP (1Exp) Valor médio. Desvio Padrão	Lateral (30Exp). Desvio Padrão	Lat. (1Exp) Valor médio. Desvio Padrão
Pele 1	4,92±0,10	0,16±0,00	4,73±0,11	0,16±0,00
Pele 2	5,06±0,24	0,17±0,01	3,89±0,28	0,13±0,01
Pele 3	5,17±0,16	0,17±0,01	4,74±0,10	0,16±0,00
Pele 4	4,94±0,16	0,16±0,01	3,76±0,23	0,13±0,01

O TE de pele é a região que apresentou maior dose absorvida. Este é devido à proximidade com o feixe de radiação e a ausência de tecidos que poderiam atenuar o feixe. A média de dose obtidas na incidência AP foi de 0,17 mGy e na incidência lateral foi de 0,15 mGy. Os valores encontrados para dose de entrada na pele (DEP) em AP foram relativamente maiores que na incidência em Lateral, devido a diferença de espessura do fantoma nestas posições.

Os valores demonstrados na Tabela 2 atendem os valores de referência de DEP para exames de tórax estabelecidos pela Instrução Normativa (IN) N° 52 da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) N°330 de 2019 (10). Os valores de referências correspondem a 0,4 mGy para PA (pósterio-anterior) e 1,4 mGy para lateral, dessa maneira os valores de doses absorvidas do estudo estão bem abaixo da referência.

### 3.4. Dosimetria dos filmes radiocrômicos TE pulmão e TE coração

Os resultados obtidos de dose absorvida no TE de pulmão e no TE de coração são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Média de Dose em órgãos Interno (mGy) e desvio padrão- Incidência AP e Lateral.

Órgão	AP (30Exp) Desvio Padrão	AP (1Exp) Valor médio. Desvio Padrão	Lateral (30Exp). Desvio Padrão	Lat.(1Exp) Valor médio. Desvio Padrão
Pulmão Direito	3,73±0,09	0,12±0,00	3,85±0,29	0,13±0,01
Pulmão Esquerdo	3,80±0,09	0,13±0,00	3,49±0,16	0,12±0,01
Coração	3,94±0,16	0,13±0,01	3,77±0,40	0,13±0,01

De acordo com a Tabela 3 nota-se que os filmes utilizados no posicionamento em AP apresentaram uma pequena diferença no valor de dose absorvida em relação aos filmes utilizados no posicionamento em Lateral. O TE do coração recebeu relativamente maior dose na incidência em AP do que no TE de pulmão, devido a sua posição na parte anterior do coração, enquanto os filmes no TE dos pulmões estavam posicionados em seu interior. O TE do pulmão direito recebeu relativamente maior dose do que o TE de pulmão esquerdo, devido a condição de entrada do feixe de raios X pelo lado direito do fantoma de tórax.

## 4. Discussão

Estudos realizados por FREITAS e YOSHIMURA (11,12) com metodologia semelhante a este trabalho, apresentaram valores médios de DEP maiores para exames de tórax, em torno de 0,30 mGy para incidências em PA e 0,80 mGy para incidências em Perfil. Pesquisas realizadas por Oliveira (4), com simuladores antropomórficos concluíram que as doses recebidas pelos órgãos internos, pulmão esquerdo, pulmão direito e coração também foram maiores na incidência em Perfil.

A diferença dos resultados dos estudos acima citados e dos apresentados no Gráfico 2, estão relacionadas aos parâmetros técnicos utilizados neste estudo. Na incidência AP foi utilizada menor tensão kV, maior carga mAs (75 kV, 10 mAs), devido as exposições serem feitas em um aparelho de raios X móvel, no qual o rendimento é menor em comparação a um aparelho de raios X fixo. Foi utilizado menor DFOFI de 1,0 m, nos outros trabalhos foi adotado a DFOFI de 1,80 m. Esta distância foi adotada, devido a posição da estativa do equipamento só atingir tal distância. No perfil foi possível posicionar o tubo de modo que fosse possível a chegar a uma distância de 1,40 m.

## 5. Conclusões

Foi possível analisar as doses absorvidas em TE de órgãos internos de um fantoma de tórax bem como no TE de pele, utilizando filmes radiocrômicos, confirmando assim a eficiência da metodologia dosimétrica com uso destes dosímetros em fantasmas antropomórficos e antropométricos. As doses médias obtidas nos TE de órgãos internos e TE pele mostraram está de acordo com as Níveis de Referência de Radiodiagnóstico, podendo ser comparadas. Assim, este estudo pode contribuir para

a elaboração de novas metodologias de monitoração e otimização da radiação com a finalidade de minimizar os danos causados pela radiação durante as exposições médicas.

## Agradecimentos

Ao Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Minas Gerais, pelo suporte na realização dos experimentos. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pela bolsa de pesquisa, através do Programa de Bolsas Institucionais de Iniciação Científica e Tecnológica – PROBIC.

## Referências

1. United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation – UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation. United Nation Environment Programme. Viena, Austria. 2016.
2. M. A. S. Lacerda, “Dosimetria e Aspectos de Proteção Radiológica em Exames Radiográficos Convencionais Pediátricos Realizados em Belo Horizonte”, Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco. Brasil. 2007.
3. E. Okuno. “Radiação: Efeitos, riscos e benefícios”. Oficina dos Textos. São Paulo. Brasil. 2018.
4. P. M. C. de Oliveira. “Avaliação de Parâmetros de Qualidade de Imagem e Dosimetria de Pacientes Submetidos a Exames Radiológicos de Tórax”. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil. 2012.
5. M. S. R. Silva et al. “Calibração do Filme Radiocrômico GAFCHROMIC XR-RV2 para Radiologia”. Revista Brasileira de Física Médica. 2010. Pp 45-48.
6. T.P.R. Campos., L. Thompson, L. B. Nogueira, I. L. Duarte, A.S. Matos, C. H. Teixeira, M. Maia, M. P. Schettini, J. M. Toledo, inventors. “Anthropomorphic and anthropometric Simulators of the structures, tissues, and organs of the human body”. patente BR P11004465-5. Brazil. 2012.
7. ISO 4037-1. Radiological protection- X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photons energy- Part1: Radiation characteristics and production methods, 2019.
8. C. T. Rueden; J. Schindelin; M. C. Hiner, et al. "ImageJ: ImageJ for the next generation of scientific image data", BMC Bioinformatics. 2016.
9. Brasil, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 330. Instrução Normativa Nº 54. Dispõe sobre requisitos sanitários para a garantia da qualidade e da segurança de sistemas de mamografia, e dá outras providências, dezembro de 2019.
10. Ministério Brasil, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 330. Instrução Normativa Nº 52. Dispõe sobre requisitos sanitários para a garantia da qualidade e da segurança em sistemas de radiografia médica convencional, e dá outras providências, dezembro de 2019.
11. M. B. Freitas e E. M. Yoshimura “Dose Measurements in Chest Diagnostic X Rays: Adult and Pediatric Patients.” Radiation Protection. Vol 111. Nº1. São Paulo. Brazil. 2004.
12. M. B. Freitas e E. M. Yoshimura “Diagnostic Reference Levels for the most frequent radiological examination carried out in Brazil.” Panam Salud Publica. Vol 25. Nº2. São Paulo. Brasil. 2009.

## Contato:

Juliane Alves  
Universidade Federal de Minas Gerais.  
Alfredo Av. Prof. Balena, 190. 30130-100 Belo Horizonte, MG.  
alves\_juliane@hotmail.com