

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**GRACIELLY SOARES NUNES**

**AVALIAÇÃO DE DOSE OCUPACIONAL E PARÂMETROS TÉCNICOS EM  
SERIOGRAFIAS DE ESÔFAGO, ESTÔMAGO E DUODENO PEDIÁTRICAS**

**DISSERTAÇÃO**

**CURITIBA  
2020**

GRACIELLY SOARES NUNES

**AVALIAÇÃO DE DOSE OCUPACIONAL E PARÂMETROS TÉCNICOS EM  
SERIOGRAFIAS DE ESÔFAGO, ESTÔMAGO E DUODENO PEDIÁTRICAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica, do Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Valeriy Denyak.  
Co-orientador: Prof. Dr. João Antônio Palma Setti.

CURITIBA

2020

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**

Nunes, Gracielly Soares

Avaliação de dose ocupacional e parâmetros técnicos em seriografias de esôfago, estômago e duodeno pediátricas [recurso eletrônico] / Gracielly Soares Nunes. -- 2020.

1 arquivo eletrônico (105 f.): PDF; 1,87 MB.

Modo de acesso: World Wide Web.

Texto em inglês com resumo em português.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. Área de Concentração: Engenharia Biomédica. Linha de Pesquisa: Física Médica e Radiologia, Curitiba, 2020.

Bibliografia: f. 80-82.

1. Engenharia biomédica - Dissertações. 2. Radiação ionizante - Medidas de segurança. 3. Radiação - Dosimetria - Testes. 4. Fluoroscopia. 5. Câmaras de ionização. 6. Pessoal da área médica - Avaliação de riscos. 7. Radiologia pediátrica. 8. Sistema gastrointestinal - Radiografia. 9. Esôfago. 10. Estômago. 11. Duodeno. 12. Física médica. I. Denyak, Valeriy, orient. II. Setti, João Antônio Palma, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

CDD: Ed. 23 -- 610.28



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

## **TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº143**

A Dissertação de Mestrado intitulada “Avaliação de Dose Ocupacional e Parâmetros Técnicos em Seriografias de Esôfago, Estômago e Duodeno Pediátricas”, defendida em sessão pública pela candidata Gracielly Soares Nunes, no dia 13 de março de 2020, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Ciências, área de concentração Engenharia Biomédica, linha de pesquisa Física Médica e Radiologia, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Valeriy Denyak – UTFPR

Profa. Dra. Danielle Filipov – UTFPR

Dr. Hugo Reuters Schelin – FPP/ Faculdades Pequeno Príncipe

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 13 de março de 2020.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

## AGRADECIMENTOS

Há três anos eu postei em minhas redes sociais sobre o primeiro dia depois da graduação que retornei para esta Universidade. Lembro que escrevi algo sobre iniciar um processo de resiliência. Resiliência: “propriedade que alguns corpos apresentam de retornar à forma original após terem sido submetidos a uma deformação elástica”; ou ainda “capacidade de se recobrar facilmente ou se adaptar à má sorte ou às mudanças”. Mal sabia eu que tinha achado o substantivo perfeito para a ocasião.

Árdua jornada de desafio, construção e amadurecimento. Durante esses anos de pesquisa, a vida pessoal e a profissional caminharam juntas. Afinal, o mundo não pára. E foram muitas as pessoas e um bichinho de estimação que estiveram comigo durante este período.

Agradeço ao Prof. Dr. João Antônio Palma Setti e à Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosangela Requi Jakubiak, pelo acolhimento. Em especial ao Prof. Dr. Valeriy Denyak, pela orientação tão cheia de domínio, solicitude e dedicação.

Ao físico médico Renato Bocamino Doro pelo suporte, instrução e ensinamentos.

Agradeço à minha família e aos meus amigos, seguramente são os que mais compartilham a minha alegria neste momento. Em especial à Karin Cristiane Ferreira, amiga para todas as horas e grande incentivadora.

À minha cocker Maya, que muitas vezes dormiu no sofá me vendo estudar. A única que conseguia me levar para tomar sol em vésperas decisivas.

Não posso deixar de agradecer a mim mesma. Muitas vezes somos tão gentis com os outros e esquecemos de ser gentis com a gente mesmo. Gratidão pela disposição em assumir esse compromisso e mais ainda por enfrentar e vencer as dificuldades em vez de simplesmente desistir.

Agora com um carinho mais que especial, à Laurinha, que carrego ainda no ventre. Com certeza me encorajou não só a finalizar este projeto, mas me impulsiona em todos os aspectos da vida.

“Dificuldades preparam pessoas comuns para destinos extraordinários”.

Clive Staples Lewis

## RESUMO

Nunes, G. S. **Avaliação de dose ocupacional e parâmetros técnicos em Seriografias de Esôfago, Estômago e Duodeno pediátricas**. 2020. 105 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2020.

Os estudos de séries gastrointestinais superiores pediátricas, executadas através de fluoroscopia, geralmente demandam a permanência de profissionais dentro da sala de exames, para posicionar e imobilizar o paciente. Conhecer e reduzir a exposição à radiação desses indivíduos é uma preocupação constantemente relatada. Desse modo, o presente estudo teve como principal objetivo estimar a dose efetiva recebida pela equipe envolvida em exames pediátricos de Seriografia do Esôfago, Estômago e Duodeno. Taxas de dose e doses acumuladas foram mensuradas através de uma câmara de ionização de placas paralelas (marca Radcal Corporation, modelo 10X5-6, com volume sensível de 180 cm<sup>3</sup>), para cada uma das cinco incidências do exame. Para simular o indivíduo ocupacionalmente exposto e o paciente pediátrico, foram usados dois manequins de polietileno preenchidos com água. Também foram avaliados alguns dos parâmetros técnicos que influenciam as distribuições de dose, como colimação, distância do isocentro, vestimenta plumbífera e filtração adicional. Os resultados foram confrontados com a literatura e com limites estipulados por normas internacionais. A estimativa mostrou valores ligeiramente inferiores, mas comparáveis, às doses médicas típicas de radiografias de tórax. A dose efetiva anual é capaz de exceder o limiar da Comissão Internacional de Proteção Radiológica se expandida para centenas de procedimentos. Para diferentes incidências do exame, a diferença na taxa de dose chega a 14% e as doses na radiografia diferem por um fator de até 3,4. A contribuição das imagens radiográficas no quesito dose total pode chegar a 30%, o que enfatiza a importância do conceito de retenção de última imagem também para a exposição ocupacional. O controle automático de brilho aumenta a taxa de dose para compensar o fechamento do colimador. Em relação à variável distância, a taxa de dose segue a lei do quadrado inverso, com precisão melhor que 1%. Para tensão de tubo de 83 kVp, o avental plumbífero diminui a taxa de dose da radiação espalhada semelhante à radiação monocromática de 49 keV. O emprego de filtração adicional sugerida pelas Comunidades Europeias reduz a taxa de dose em dezenas de por cento. Sendo assim, pode-se afirmar que a otimização e a padronização de parâmetros técnicos, seguindo recomendações internacionais, são suficientes para garantir qualidade diagnóstica e exposições ocupacionais reduzidas.

Palavras-chave: Dosimetria ocupacional. Fluoroscopia pediátrica. Seriografia de Esôfago, Estômago e Duodeno.

Nunes, G. S. **Occupational dose assessment and technical parameters in pediatric Esophagus, Stomach and Duodenum Seriography.** 2020. 105 p. Dissertation - Postgraduate Program in Biomedical Engineering, Federal Technological University of Paraná. Curitiba. 2020.

## **ABSTRACT**

Studies of pediatric upper gastrointestinal series performed by fluoroscopy usually require professionals to remain within the examination room to positioning and immobilizing the patient. Knowing and reducing radiation exposure of these individuals is a constantly reported concern. Thus, the present study aimed to estimate the effective dose received by the team involved in pediatric Esophagus, Stomach e Duodenum Seriography. Dose rates and cumulative doses were measured using a parallel plate ionization chamber (Radcal Corporation, model 10X5-6, with a sensitive volume of 180 cm<sup>3</sup>), for each of the five examination steps. To simulate the occupationally exposed individual and the pediatric patient, two polyethylene dummies filled with water were used. Were also evaluated some technical parameters that influence dose distributions, such as collimation, isocenter distance, lead apron and additional filtration. The results were compared with the literature and with limits set by international standards. The estimate showed values slightly lower, but comparable, to typical medical doses of chest X-rays. The annual effective dose is capable of exceeding the International Commission on Radiological Protection threshold if expanded to hundreds of procedures. For different exam positions, the difference in dose rate is up to 14% and doses in radiography differ by a factor of up to 3.4. The contribution of radiographic images in the total dose may reach 30%, which emphasizes the importance of the last image hold for occupational exposure. The automatic brightness control increases the dose rate to compensate for collimator close. Regarding the variable distance, the dose rate follows the inverse square law, with an accuracy of better than 1%. For tube voltage of 83 kVp, the lead apron decreases the scattered radiation dose rate similar to 49 keV monochrome radiation. The additional filtration suggested by the European Communities reduces the dose rate by tens of percent. Thus, the optimization and standardization of technical parameters, following international recommendations, are sufficient to guarantee diagnostic quality and to reduce occupational exposures.

**Keywords:** Occupational Dosimetry. Pediatric Fluoroscopy. Esophagus, Stomach and Duodenum Seriography.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – a) Câmara de ionização de placas paralelas; b) Eletrômetro.....	56
Figura 2 – a) Simulador do paciente pediátrico; b) Simulador do IOE.....	57
Figura 3 – Configuração experimental. 1) Simulador do paciente pediátrico. 2) Simulador do IOE. 3) Câmara de ionização. 4) Mesa articulada.....	58
Gráfico 1 – Equivalente de Dose Pessoal $H_p(10)$ .....	63
Figura 4 – Taxa de dose em função da distância entre a câmara de ionização e o simulador de paciente pediátrico.....	74
Figura 5 – Taxa de dose em função da espessura do avental.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dose média e DP por procedimento em $\mu\text{Sv}$ (Cateterismo Cardíaco).....	21
Tabela 2 – Dose equivalente média e DP por semana em $\mu\text{Sv}$ (TGI e Uretrocistografia Miccional).....	21
Tabela 3 – Dose absorvida média e DP por procedimento em $\mu\text{Gy}$ (Enema Opaco).....	22
Tabela 4 – Dose equivalente média por procedimento em $\text{mSv}$ (Estudo de Deglutição).....	22
Tabela 5 – Estimativa de dose anual (Estudo de Deglutição) e limites anuais em $\text{mSv}$ .....	23
Tabela 6 – Dose média por procedimento em $\mu\text{Gy}$ (Estudo de Deglutição).....	24
Tabela 7 – Taxas de exposição em $\mu\text{Gy}/\text{min}$ (Cirurgia Ortopédica).....	24
Tabela 8 – Número de procedimentos de 5 minutos necessários para exceder os limites anuais de dose ocupacional do <i>National Council on Radiation Protection and Measurements</i> (NCRP).....	25
Tabela 9 – Taxa de dose de radiação espalhada em $\mu\text{Gy}/\text{min}$ .....	25
Tabela 10 – Dose sobre o avental por exame e dose de radiação de fundo por dia (Estudo de Deglutição).....	26
Tabela 11 – Parâmetros técnicos e filtração adicional utilizados em cardiologia intervencionista pediátrica.....	27
Tabela 12 – Média e DP do número de Angiografias Coronarianas e ICPs executadas anualmente por cada profissional.....	27
Tabela 13 – Dose Efetiva/ano e Dose Equivalente/ano (Angiografia Coronariana e ICP).....	28
Tabela 14 – Dose por procedimento em $\mu\text{Sv}$ (Broncoscopia).....	29
Tabela 15 – Estimativa anual em $\mu\text{Sv}$ .....	29
Tabela 16 – Modalidades de imagem e filtração adicional (Cardiologia Intervencionista Pediátrica).....	30
Tabela 17 – Parâmetros técnicos (Cardiologia Intervencionista Pediátrica).....	30
Tabela 18 – Dose máxima anual em $\text{mSv}$ (Cardiologia Intervencionista Pediátrica).....	30
Tabela 19 – Parâmetros técnicos de acordo com a idade do paciente (SEED). Valores em média e DP.....	31
Tabela 20 – Doses equivalente média por procedimento e anual (SEED).....	31

Tabela 21 – Taxa de dose de radiação espalhada em $\mu\text{Sv/h}$ (Cardiologia Intervencionista Pediátrica).....	32
Tabela 22 – Hp (0,07) $\mu\text{Sv}$ por procedimento (Cardiologia Intervencionista Pediátrica)..	33
Tabela 23 – Parâmetros técnicos antes e depois da otimização da exposição ocupacional em exames de SEED pediátricos.....	34
Tabela 24 – Dose por procedimento (Ht) em $\mu\text{Sv}$ (SEED).....	34
Tabela 25 – Dose equivalente anual (Ht) em mSv (SEED).....	35
Tabela 26 – Parâmetros técnicos (Estudo de Deglutição).....	35
Tabela 27 – Eficiência do dispositivo de blindagem e filtração adicional (Estudo de Deglutição).....	36
Tabela 28 – Dose ocupacional por procedimento.....	37
Tabela 29 – Dose ocupacional anual.....	39
Tabela 30 – Parâmetros técnicos.....	41
Tabela 31 – Recomendações da <i>European Commission</i> (1996) – Fatores técnicos para fluoroscopia pediátrica.....	47
Tabela 32 – Fatores técnicos para redução de dose de entrada em fluoroscopia.....	49
Tabela 33 – Exames fluoroscópicos cujos DRLs devem ser estabelecidos.....	53
Tabela 34 – Descrição técnica dos principais componentes do sistema AXIOM ICONOS MD .....	54
Tabela 35 – Especificações técnicas da câmara 10X5-6.....	56
Tabela 36 – Razão entre número atômico e massa.....	57
Tabela 37 – Parâmetros técnicos para simulação de SEED pediátrico (primeira etapa do estudo).....	59
Tabela 38 – Configuração da coleta de dados na simulação de SEED pediátrico para estimar dose ocupacional a 50 cm do objeto espalhador.....	59
Tabela 39 – Taxa de dose na fluoroscopia e dose na produção de imagens radiográficas.....	62
Tabela 40 – Dose efetiva recebida pelo IOE em função do tempo, por procedimento.....	62
Tabela 41 – Dose efetiva anual durante exame de SEED pediátrico.....	63
Tabela 42 – Taxa de dose para diferentes tamanhos de campo.....	63
Tabela 43 – Taxa de dose em função da distância.....	64

Tabela 44 – Taxa de dose em função da espessura do avental plumbífero.....	64
Tabela 45 – Taxa de dose para diferentes filtrações adicionais. O erro estatístico (P = 68,3%) é igual a 0,093 µGy/min.....	64
Tabela 46 – Estimativa das doses recebidas pelas equipes em cada procedimento.....	65
Tabela 47 – Metodologia empregada nos estudos que realizaram estimativa de dose ocupacional em SEED pediátrico.....	67
Tabela 48 – Parâmetros técnicos empregados nos estudos que realizaram estimativa de dose ocupacional em SEED pediátrico.....	68
Tabela 49 – Estimativa de dose anual.....	71
Tabela 50 – Estudos que mencionaram o tamanho de campo.....	72
Tabela 51 – Parâmetros técnicos aplicados no presente estudo e no estudo de Morishima <i>et al</i> (2018).....	76

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
ANSI	Instituto Nacional Americano de Padrões ( <i>American National Standards Institute</i> )
AP	Ântero-posterior
BEIR	Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante ( <i>Biological Effects of Ionizing Radiation</i> )
CAB	Controle Automático de Brilho
CAE	Controle Automático de Exposição
CCD	Dispositivo de Carga Acoplada ( <i>Charge Coupled Device</i> )
CI	Modo cine de aquisição
Cu	Cobre
DHHS	Departamento de Saúde e Serviços Humanos ( <i>Department of Health and Human Services</i> )
DIN	Instituto Alemão para Normatização ( <i>Deutsches Institut für Normung</i> )
DP	Desvio Padrão
DRL	Níveis de Referência de Diagnóstico ( <i>Diagnostic Reference Levels</i> )
DQE	Eficiência Quântica de Detecção ( <i>Detective Quantum Efficiency</i> )
E	Dose Efetiva
FDA	Administração de Alimentos e Medicamentos ( <i>Food and Drug Administration</i> )
FL	Fluoroscopia
Hp(d)	Equivalente de Dose Pessoal
Ht	Dose Equivalente
HVL	Camada Semirredutora ( <i>Half Value Layer</i> )
Hx	Equivalente de dose para fótons
IAEA	Agência Internacional de Energia Atômica ( <i>International Atomic Energy Agency</i> )
ICP	Intervenção Coronária Percutânea
ICRP	Comissão Internacional de Proteção Radiológica ( <i>International Commission on Radiological Protection</i> )
IEC	Comissão Internacional Eletrotécnica ( <i>International Electrotechnical Commission</i> )

IOE	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto
KERMA	Energia Cinética Entregue por Unidade de Massa ( <i>Kinectic Energy Released per Unit of Mass</i> )
LET	Transferência de Energia Linear ( <i>Linear Energy Transfer</i> )
LF	Fluoroscopia de Baixa Taxa de Dose ( <i>Low Rate Fluoroscopy</i> )
LIH	Congelamento da Última Imagem ( <i>Last Image Hold</i> )
LNT	Linear Sem Limiar ( <i>Linear No Threshold</i> )
NCRP	Conselho Nacional de Proteção e Medições de Radiação ( <i>National Council on Radiation Protection and Measurements</i> )
NHMRC	Conselho Nacional de Saúde e Pesquisa Médica ( <i>National Health and Medical Research Council</i> )
NIST	Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia ( <i>National Institute of Standards and Technology</i> )
OPD	Oblíqua Posterior Direita
PA	Pósterio-anterior
Pb	Chumbo
PCI	Placa de Circuito Impresso
$P_{k,a}$	Produto kerma-área
PMMA	Polimetilmetacrilato
SEED	Seriografia de Esôfago, Estômago e Duodeno
SI	Sistema Internacional
SIH	Sistema de Informação Hospitalar
TGI	Trato Gastrointestinal
TLD	Dosímetro Termoluminescente ( <i>Thermoluminescence Dosimetry</i> )
UNSCEAR	Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica ( <i>United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i> )
X	Exposição
Z/A	Razão entre número atômico e massa

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo Geral .....	17
1.1.2	Objetivos Específicos .....	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1	GRANDEZAS RADIOLÓGICAS.....	18
2.1.1	Exposição, X.....	18
2.1.2	Dose Absorvida, D.....	18
2.1.3	Kerma, K .....	19
2.1.4	Equivalente de Dose para Fótons, HX .....	19
2.1.5	Equivalente de Dose Pessoal, Hp(d).....	19
2.1.6	Dose Equivalente, H <sub>T</sub> .....	20
2.1.7	Dose Efetiva, E.....	20
2.2	ARTIGOS CIENTÍFICOS COM RESULTADOS DE ESTUDO DA DOSE OCUPACIONAL EM FLUOROSCOPIA.....	20
2.3	REVISÃO DOS ESTUDOS QUE ABORDAM DIRETRIZES DE OTIMIZAÇÃO E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM FLUOROSCOPIA .....	45
2.3.1	<i>European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics – EUROPEAN COMMISSION (1996).</i> .....	45
2.3.2	<i>Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy - IAEA (2001).</i> .....	47
2.3.3	<i>Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR) VII: Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation - BEIR VII (2006)</i> .....	49
2.3.4	<i>Radiological Protection in Pediatric Diagnostic and Interventional Radiology - ICRP (2013)</i> .....	49
2.3.5	<i>European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Pediatric Imaging- EUROPEAN COMMISSION (2018)</i> .....	53
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>54</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS DO EXPERIMENTO .....	54
3.2	SIMULAÇÃO DO EXAME DE SEED PEDIÁTRICO – PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO.....	58

3.3	PARÂMETROS TÉCNICOS MODIFICADOS – SEGUNDA ETAPA DO ESTUDO	58
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>62</b>
4.1	SIMULAÇÃO DO EXAME DE SEED PEDIÁTRICO – PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO	62
4.2	PARÂMETROS TÉCNICOS MODIFICADOS – SEGUNDA ETAPA DO ESTUDO	63
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>65</b>
5.1	ESTIMATIVA DE DOSE RECEBIDA POR IOEs ENVOLVIDOS EM SEED PEDIÁTRICOS – PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO	65
5.2	AVALIAÇÃO DE TAXA DE DOSE E DOSE ACUMULADA PARA CADA INCIDÊNCIA DO SEED PEDIÁTRICO	70
5.3	ESTIMATIVA DA DOSE TOTAL EM SEED PEDIÁTRICO POR ANO	71
5.4	MODIFICAÇÃO DE PARÂMETROS TÉCNICOS - SEGUNDA ETAPA DO ESTUDO	72
5.4.1	Taxa de Dose em Função do Tamanho de Campo	72
5.4.2	Taxa de Dose em Função da Distância	73
5.4.3	Taxa de Dose em Função da Espessura do Avental	75
5.4.4	Taxa de Dose em Função de Filtrações Adicionais	76
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>78</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE 1 – PROTOCOLO DE PESQUISA</b>	<b>83</b>
	<b>APÊNDICE 2 – ARTIGO SUBMETIDO</b>	<b>99</b>



## 1. INTRODUÇÃO

A Seriografia de Esôfago, Estômago e Duodeno (SEED) é um exame executado com o emprego de radiação ionizante, através da fluoroscopia, para avaliar anatomia, fisiologia e possíveis patologias do Trato Gastrointestinal (TGI) alto. Este estudo permite o registro de uma série de radiografias, quando pertinente, possibilitando a comprovação ou descarte de afecções do tubo digestivo. É executado mediante a administração de um meio de contraste opacificador, geralmente o sulfato de bário, para diferenciar as densidades do TGI alto dos tecidos adjacentes (LAMPIGNANO; KENDRICK, 2018).

A SEED é realizada com grande frequência em pacientes pediátricos, para a investigação, principalmente, de refluxo gastroesofágico. Esse procedimento demanda a presença de pelo menos um profissional dentro da sala de exames para auxiliar, sobretudo, no posicionamento e imobilização do paciente. Essa exposição ocupacional pode ser bastante alta (DAMILAKIS *et al.*, 2006; FILIPOV *et al.*, 2017; KEMERINK *et al.*, 2001; MORISHIMA *et al.*, 2018), sendo portanto, motivo de constante preocupação, relatada por diversos estudos que abordam diretrizes de otimização e proteção radiológica em fluoroscopia (BEIR VII, 2006; *European Commission* 1996, 2018; IAEA, 2001; ICRP, 2013; UNSCEAR, 2008).

Recomendações internacionais (ICRP, 2007, 2011) que tratam dos princípios fundamentais de proteção radiológica (justificativa, otimização e aplicação de limites de dose) estabeleceram limites ocupacionais anuais, com o intuito de orientar os profissionais quanto às doses razoáveis e promover o monitoramento dessas exposições.

Apesar da magnitude dessa demanda, a quantidade de estudos que avaliaram dose ocupacional em exames pediátricos de SEED é limitado (COAKLEY *et al.*, 1997; DAMILAKIS *et al.*, 2006; FILIPOV *et al.*, 2015, 2017). Existem muitos relatos na literatura sobre exposições médicas, contudo, no Brasil, por exemplo, não eram encontradas referências para exposição ocupacional por volta de cinco anos atrás.

Sendo assim, o presente estudo vê como principal objetivo, estimar a dose efetiva recebida por profissionais envolvidos em exames pediátricos de SEED, com o intuito de verificar se as exposições se encontram dentro dos limites internacionais estipulados.

Alguns fatores que influenciam as distribuições de dose como colimação, distância da câmara de ionização ao isocentro, espessura de vestimenta plumbífera e filtração adicional, também foram avaliados.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Estimar a dose efetiva recebida pelos profissionais envolvidos em exames de SEED pediátricos, utilizando equipamento de fluoroscopia.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar a taxa de dose e a dose acumulada para cada incidência do exame: Ântero Posterior (AP), pré contraste; AP de esôfago; Perfil de esôfago; Oblíqua Posterior Direita (OPD) de junção esôfago-gástrica e AP de Treitz;
- Estimar a dose efetiva ocupacional por procedimento;
- Avaliar a taxa de dose em função da colimação;
- Avaliar a taxa de dose em função da distância do profissional ao isocentro;
- Avaliar a taxa de dose em função de diferentes espessuras de vestimenta plumbífera;
- Avaliar a taxa de dose em função de diferentes filtrações adicionais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 GRANDEZAS RADIOLÓGICAS

Com o intuito de quantificar a radiação ionizante, surgem as grandezas dosimétricas, limitantes e operacionais. As grandezas dosimétricas (Exposição, Kerma e Dose Absorvida) são definidas quando são avaliados os efeitos da interação da radiação com um material. Já as grandezas limitantes são definidas quando os efeitos das interações ocorrem em um organismo humano e podem ser deletérios (Dose equivalente no órgão, Dose equivalente efetiva, Dose equivalente comprometida, Dose efetiva, etc.). No caso das grandezas operacionais (Equivalente de dose ambiente e Equivalente de dose pessoal), leva-se em consideração as atividades de proteção radiológica (TAUHATA *et al.*, 2013).

#### 2.1.1 Exposição, X

É a razão entre ( $dQ$ ) e ( $dm$ ), onde  $dQ$  é o valor absoluto da carga total de íons, produzidos no ar, quando todos os elétrons e pósitrons liberados pelos fótons no ar, em uma massa  $dm$ , são completamente freados nesse meio, ou seja, está relacionada à capacidade dos fótons de ionizar o ar (equação 1) (TAUHATA *et al.*, 2013; PODGORŠAK, 2016).

$$X = dQ/dm \quad (1)$$

Definida apenas para o ar e apenas para fótons X ou gama, sua unidade, no Sistema Internacional (SI), é Coulomb por quilograma (C/kg) (TAUHATA *et al.*, 2013; PODGORŠAK, 2016).

#### 2.1.2 Dose Absorvida, D

É a relação entre a energia média ( $dE$ ) depositada pela radiação em um volume de massa ( $dm$ ) de um material qualquer, num ponto P específico (equação 2) (TAUHATA *et al.*, 2013; PODGORŠAK, 2016).

$$D = \bar{d}E/dm \quad (2)$$

A unidade de dose absorvida, no SI, é o joule por quilograma (J/kg) e o Gray (Gy), sendo que  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$  (PODGORŠAK, 2016).

### 2.1.3 Kerma, K

O *Kinectic Energy Released per Unit of Mass* (Kerma) é definido pela soma de todas as energias cinéticas iniciais de todas as partículas carregadas liberadas por partículas neutras ou fótons ( $dE_{tr}$ ) em um material de massa ( $dm$ ) dividido por  $dm$  (equação 3) (TAUHATA *et al.*, 2013).

$$K = dE_{tr}/dm \quad (3)$$

A unidade de kerma, no SI, é joule por quilograma (J/kg), mas seu nome usual é o gray (Gy), sendo que  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$  (PODGORŠAK, 2016).

### 2.1.4 Equivalente de Dose para Fótons, $H_x$

Para fótons com energia menor que 3 MeV,  $H_x$  é igual a Exposição X, multiplicada pelo fator  $C_1 = 38,76 \text{ Sv/C}$ . Para monitoração individual para fótons, o Equivalente de Dose  $H_p(10)$  pode ser provisoriamente substituído pela Dose Individual  $H_x$ , superfície do tórax, calibrado em Kerma no ar, multiplicado pelo fator  $f = 1,14 \text{ Sv/Gy}$  (equação 4) (TAUHATA *et al.*, 2013).

$$H_p(10) \equiv H_x = 1,14 \cdot K_{ar} \quad (4)$$

### 2.1.5 Equivalente de Dose Pessoal, $H_p(d)$

O Equivalente de dose pessoal  $H_p(d)$  é o equivalente de dose em tecido mole, numa profundidade  $d$ , abaixo de um ponto definido sobre o corpo. A unidade, no SI, é o Sievert (Sv). Para radiações fortemente penetrantes, tem-se:  $H_p(10)$ . O  $H_p(d)$  pode ser medido com um detector encostado na superfície do corpo, envolvido com uma espessura apropriada de material tecido equivalente (TAUHATA *et al.*, 2013).

### 2.1.6 Dose Equivalente, $H_T$

É a dose equivalente num tecido ou num órgão,  $H_T$ . Essa grandeza relaciona o valor médio da dose absorvida ( $D_{T,R}$ ) com um fator de peso da radiação ( $w_R$ ) (equação 5) (TAUHATA *et al.*, 2013).

$$H_T = D_{T,R} \cdot w_R \quad (5)$$

A unidade, no SI, é o Sievert (Sv). E o fator de peso da radiação ( $w_R$ ) para fótons, todas as energias é igual a 1.

### 2.1.7 Dose Efetiva, E

A Dose Efetiva, é a soma ponderada das doses equivalentes em todos os tecidos e órgãos do corpo (equação 6) (TAUHATA *et al.*, 2013).

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T \quad (6)$$

Onde ( $w_T$ ) é o fator de peso para o tecido T e ( $H_T$ ) é a dose equivalente a ele atribuída.

## 2.2 ARTIGOS CIENTÍFICOS COM RESULTADOS DE ESTUDO DA DOSE OCUPACIONAL EM FLUOROSCOPIA

Obter ciência sobre a quantidade de radiação ionizante que o Indivíduo Ocupacionalmente Exposto (IOE) é comumente submetido, nos mais diversos exames e procedimentos realizados com fluoroscopia, pode ser muito útil para fortalecer os princípios básicos de radioproteção e minimizar a dose ocupacional.

Na década de 90, alguns estudos iniciaram a busca desta estimativa de radiação, além de terem como objetivo alcançar domínio e familiaridade sobre os parâmetros técnicos, que se mostram heterogêneos e alteráveis, dependendo de quem os delibera.

Nesta seção serão apresentados os artigos científicos referentes à dose ocupacional.

Li *et al.* (1995) mensuraram a dose ocupacional em 18 procedimentos de cateterismo cardíaco em pacientes de 0 a 14 anos com peso de 2,3 a 55,7 kg. A unidade de fluoroscopia utilizada foi o equipamento Toshiba KX0-2050, cujo tubo de

raios X se encontra abaixo da mesa de exames, operando com uma filtração total de 2,2 mm de Alumínio (Al) equivalente. Para os registros foram empregados dosímetros termoluminescentes (TL) ou (TLDs), sigla do inglês, *Thermoluminescence Dosimeter*, ( $Mg_2SiO_4:Tb$ ) na região do tórax, cristalino, tireoide e mãos. Dentre os profissionais envolvidos estavam um médico, um médico assistente, um técnico em radiologia e uma enfermeira. Durante a fluoroscopia, a tensão variou entre 50 - 101 kVp, a corrente do tubo estava entre 0,2 - 3,0 mA e o tempo fluoroscópico variou de 6,7 - 40,9 min (média 18,2 min). A espessura do avental plumbífero utilizado pela equipe foi de 0,25 mm. As doses médias e desvio padrão (DP), por procedimento, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Dose média e DP por procedimento em  $\mu Sv$  (Cateterismo Cardíaco).

Profissionais	Tórax	Cristalino	Tireoide	Mão Esquerda	Mão Direita	Dose Efetiva
Médico	5 $\pm$ 4	88 $\pm$ 78	182 $\pm$ 138	-	-	8 $\pm$ 7
Médico assistente	3 $\pm$ 9	23 $\pm$ 15	51 $\pm$ 34	-	-	2 $\pm$ 1
Técnico em radiologia	1 $\pm$ 1	23 $\pm$ 34	27 $\pm$ 42	392 $\pm$ 522	261 $\pm$ 445	2 $\pm$ 3
Enfermeira	-	-	-	-	-	<1 $\pm$ <1

Fonte: LI *et al.*, 1995.

A estimativa do número de procedimentos que podem ser executados anualmente por médicos e médicos assistentes apontou 430 e 2.780 atuações, respectivamente (LI *et al.*, 1995).

Coakley, Ratcliffe e Masel (1997) analisaram a dose de radiação recebida em mãos e tireoides de radiologistas e enfermeiras que realizaram estudos do TGI ou uretrocistografia miccional em 132 crianças de 0 a 14 anos. Dos 132 exames, 66 foram SEED. O aparelho empregado foi o Toshiba DC1050F com tubo de raios X abaixo da mesa de exame e uma filtração total de 3,3 mm Al. A tensão variou de 60 a 70 kVp, de acordo com o tamanho do paciente e a corrente foi de aproximadamente 200 mA. O tempo médio de fluoroscopia foi de 3,3 min e foram realizadas em média 4 a 10 radiografias. A grade antidifusora não foi utilizada em nenhum estudo. TLDs de sulfato de cálcio indicaram as doses médias e os DP por semana (Tabela 2).

Tabela 2 – Dose equivalente média e DP por semana em  $\mu Sv$  (TGI e Uretrocistografia Miccional).

Profissionais	Tireoide	Mão Esquerda	Mão Direita
Radiologista	20 $\pm$ 5	40 $\pm$ 10	60 $\pm$ 15
Enfermeira	50 $\pm$ 13	170 $\pm$ 43	210 $\pm$ 53

Fonte: COAKLEY; RATCLIFFE; MASEL, 1997.

Kemerink *et al.* (2001) realizaram a dosimetria ocupacional em 50 exames de enema opaco com duplo contraste, através do sistema Siemens Pantoskop 5, cujo tubo de raios X se encontra abaixo da mesa de exames. A filtração total foi de 3,5 mm Al. A média da tensão para imagens AP e pósterio-anterior (PA) foi de 80 kVp e para imagens laterais, 90 kVp, com uma média de 12 radiografias por procedimento. Os médicos que executaram os procedimentos utilizaram avental plumbífero de 0,35 mm, no entanto, nem todos utilizaram o protetor de tireoide equivalente a 0,5 mm de chumbo (Pb). TLDs de fluoreto de lítio foram posicionados na glabela, tireoide, mão direita, braço direito, braço esquerdo, perna direita e perna esquerda, para determinar a dose absorvida (média e DP) (Tabela 3).

Tabela 3 – Dose absorvida média e DP por procedimento em  $\mu\text{Gy}$  (Enema Opaco).

Glabela	Tireoide	Mão Direita	Braço Direito	Braço Esquerdo	Perna Direita	Perna Esquerda
$6 \pm 8$	$5 \pm 9$	$28 \pm 23$	$30 \pm 25$	$4 \pm 10$	$2 \pm 7$	$6 \pm 8$

Fonte: KEMERINK *et al.*, 2001.

A maior dose absorvida foi de  $30 \pm 25 \mu\text{Gy}$ , no braço direito. A dose efetiva média por exame para o IOE que utilizou avental equivalente a 0,35 mm de Pb foi de  $0,52 \mu\text{Sv}$ . Dessa forma, Kemerink *et al.* (2001) consideraram improvável que os limites de dose ocupacionais fossem excedidos.

Crawley, Savage e Oakley (2004) estimaram a dose de radiação recebida por um radiologista e por um fonoaudiólogo ao executarem o exame de estudo de deglutição em 21 pacientes. Os exames foram realizados em uma unidade fluoroscópica Siemens Uroskop C2, cujo tubo de raios X se encontra acima da mesa de exames. Uma vez que as imagens foram gravadas em vídeo (tempo mediano de rastreio de 3,7 min) não houve a necessidade de registro de radiografias. O equipamento foi operado no modo de controle automático de dose e os TLDs foram dispostos na mão direita, testa e tronco, a fim de estimar doses de extremidade, cristalino e corpo inteiro (Tabela 4).

Tabela 4 – Dose equivalente média por procedimento em mSv (Estudo de Deglutição).

Extremidade	Cristalino	Corpo Inteiro
0,9	0,5	$< 0,3^a$

(a) Sob avental plumbífero.

Fonte: CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004.

Ao extrapolar os valores apresentados na Tabela 4 para uma carga de trabalho anual com 50 pacientes, Crawley, Savage e Oakley (2004) constataram que as doses anuais dos operadores permanecem inferiores aos limites estabelecidos legalmente (Tabela 5).

Tabela 5 – Estimativa de dose anual (Estudo de Deglutição) e limites anuais em mSv.

	<b>Extremidade</b>	<b>Cristalino</b>	<b>Corpo Inteiro</b>
Dose equivalente/Dose efetiva	1,8	1	< 0,6 <sup>a</sup>
Limites	500	20 <sup>b</sup>	20 <sup>b</sup>

(a) Sob avental plumbífero.

(b) Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

Fonte: CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004; ICRP, 2007, 2011.

Damilakis *et al.* (2006) estimaram a dose de radiação obtida por IOEs em 25 exames de SEED, realizados em 12 crianças de 0,5 a 5,9 meses (grupo 1) e 13 crianças de 6 a 15 meses (grupo 2). Todos os exames foram realizados em uma unidade fluoroscópica Siemens Siregraph C, com o tubo de raios X acima da mesa de exames com tensão de 75 kVp e filtração total de 4 mm Al. Dois TLDs de fluoreto de cálcio foram dispostos na mão direita dos operadores. O exame transcorreu com fluoroscopia intermitente (1,26 e 1,62 min (em média) para os grupos 1 e 2, respectivamente) e radiografias em duas projeções: AP (1,5 e 1,7 radiografias (em média) para os grupos 1 e 2, respectivamente) e lateral (1,7 e 2,1 radiografias (em média) para os grupos 1 e 2, respectivamente). As seriografias foram executadas sob Controle Automático de Exposição (CAE) e distância foco intensificador de 115 cm. A dose média de radiação absorvida pelas mãos dos operadores foi de 47  $\mu$ Gy por procedimento.

McLean *et al.* (2006) estudaram a dose ocupacional em exames de estudo de deglutição executados por radiologistas, fonoaudiólogos e enfermeiros em três hospitais. O gerador de raios X utilizado foi o Siemens Polyphos 30. TLDs de fluoreto de lítio foram posicionados em simuladores antropomórficos: na tireoide sem proteção, na cintura sob avental plumbífero e na axila. O número médio de procedimentos por semana variou de 2,0 a 3,9 e o tempo médio por procedimento foi de 3,0 a 3,6 min. As doses registradas para a equipe durante os exames de estudo de deglutição são apresentadas na tabela 6.



Tabela 6 – Dose média por procedimento em  $\mu\text{Gy}$  (Estudo de Deglutição).

Hospital	Fonoaudiólogo Tireoide <sup>a</sup>	Fonoaudiólogo Cintura	Fonoaudiólogo Axila <sup>b</sup>	Radiologista Tireoide <sup>a</sup>	Enfermeiro Tireoide <sup>a</sup>
1	17,0	Zero <sup>c</sup>	1,4	8,9	-
2	3,2	Zero	-	0,9	-
3	Zero	Zero	-	-	2,4

(a) Sem blindagem.

(b) Medida solicitada devido à preocupação com a falta de cobertura do avental plumbífero.

(c) Abaixo do limite de detecção de  $6 \mu\text{Gy}$  por período de monitoramento para todos os períodos.

Fonte: MCLEAN *et al.*, 2006.

McLean *et al.* (2006) concluíram que o uso de um protetor de tireoide reduz as doses em um fator de aproximadamente 40.

Mesbahi e Rouhani (2008) estudaram a exposição à radiação de profissionais durante cirurgias ortopédicas guiadas por uma miniunidade portátil de braço em C, Bojin. A distância da fonte de raios X à tela fluorescente foi de 35 cm e seu potencial de trabalho constante: 80 kVp com 0,5 mA. Para medir a dose de entrada na mão do operador (distância de 5 cm da tela fluorescente no eixo central do feixe de radiação) foi utilizado um dosímetro universal Diadose. O tempo de exposição foi de 1 min, sendo executado por cinco vezes. Já a dose de radiação em cristalino e tireoide foram medidas através de câmara de ionização Gamma-Scout. Um simulador de tornozelo foi aplicado (uma placa de Al de 2 mm pressionada por duas placas de polietileno de 2,5 cm) para que a medição da dose de radiação espalhada fosse realizada (5 min para cada local). As taxas de exposição para mão, cristalino e tireoide do cirurgião, por observação direta, são mostradas na Tabela 7.

Tabela 7 – Taxas de exposição em  $\mu\text{Gy}/\text{min}$  (Cirurgia Ortopédica).

Mão	Cristalino	Tireoide
8,036	0,85	0,9

Fonte: MESBAHI; ROUHANI, 2008.

O tempo total permitido para procedimentos cirúrgicos, considerando o limite de dose anual de 500 mGy para mão/pele foi de 62,5 min (12,5 procedimentos) (Tabela 8) (MESBAHI; ROUHANI, 2008).

Tabela 8 – Número de procedimentos de 5 minutos necessários para exceder os limites anuais de dose ocupacional do *National Council on Radiation Protection and Measurements* (NCRP).

IOEs	Corpo inteiro 50 mGy <sup>a</sup>	Corpo inteiro 20 mSv <sup>b</sup>	Mão/pele 500 mGy	Cristalino 150 mGy <sup>a</sup>	Cristalino 20 mSv <sup>b</sup>
Médico sem proteção plumbífera exposto durante a observação direta	820	328	12,5	3.300	440
Equipe sem proteção plumbífera a 20 cm do mini braço em C	2.500	1.000	27.000	8.300	1.106
Equipe sem proteção plumbífera a 40 cm do mini braço em C	13.000	5.200	13.000	40.000	5.333
Equipe sem proteção plumbífera a 60 cm do mini braço em C	25.000	10.000	270.000	83.000	11.066

(a) Limites anuais de dose ocupacional do NCRP.

(b) Média em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano (ICRP, 2007, 2011).

Fonte: MESBAHI; ROUHANI, 2008.

Os resultados da taxa de dose de radiação espalhada de acordo com a distância do isocentro são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 – Taxa de dose de radiação espalhada em  $\mu\text{Gy}/\text{min}$ .

Distância do feixe central (cm)	Taxa de Dose de radiação espalhada
20	3,68
40	0,75
60	0,36

Fonte: MESBAHI; ROUHANI, 2008.

Mesbahi e Rouhani (2008) concluíram que a mão do cirurgião foi o órgão mais limitador de dose, uma vez que a exposição ocorre com radiação primária. Constataram também que a exposição da equipe a uma distância de 80 cm foi comparável à radiação de fundo.

Hayes *et al.* (2009) monitoraram a radiação recebida por seis fonoaudiólogos e três radiologistas durante 130 exames de estudo de deglutição no período de dois meses. Os exames foram executados com um sistema fluoroscópico Siemens Polystar, cujo tubo de raios X se encontra acima da mesa de exames. Foi empregada uma filtragem adicional de 1 mm de Cobre (Cu). Os valores máximos dos fatores técnicos para a execução dos exames foram: 110 kVp e 4 mA em projeções que variaram de AP para lateral, com a mesa geralmente na posição vertical. Sempre que possível, os profissionais se posicionaram atrás de uma blindagem acrílica móvel. O tempo médio de fluoroscopia por procedimento foi de 2,45 min  $\pm$  74 s. Os TLDs foram

dispostos na região do tórax sobre o avental plumbífero e um dosímetro [MGP Instruments (Synodys, Smyrna, GA) DMC 200 XB] foi utilizado para medir a radiação de fundo (Tabela 10).

Tabela 10 – Dose sobre o avental por exame e dose de radiação de fundo por dia (Estudo de Deglutição).

IOEs	
TLDs sobre o avental	0,15 mR (0,0015 mGy) por exame (0,05 mR/min)
Dosímetro MGP	0,15 mR (0,0015 mGy) por dia

Fonte: HAYES *et al.*, 2009.

Hayes *et al.* (2009) realizaram 780 exames, extrapolando o número total de exames para o período de um ano. Logo, a dose de radiação total recebida pelo IOE foi  $780 \times 0,15$ , ou seja, 117 mR (1,17 mGy). O limite ocupacional permitido é de 5.000 mR (0,05 Gy) por ano. Assim, 117 mR representam um aumento em 2,3% do limite anual para todo o corpo.

Hayes *et al.* (2009) extrapolaram também o resultado da radiação de fundo para 365 dias e concordaram que 55 mR (0,55 mGy) por ano não seriam suficientes para afetar os níveis de radiação recebidos durante os procedimentos.

Steinfort, Einsiedel e Irving (2010) determinaram a exposição à radiação de médicos e auxiliares de enfermagem em 45 procedimentos de broncoscopia guiados por fluoroscopia. Os procedimentos foram executados em um sistema móvel de arco em C (GE/OEC 9600), cujo tubo de raios X se encontra abaixo do paciente. O potencial do tubo variou de 60 a 80 kVp, dependendo do tamanho do paciente. Dosímetros de filme pessoais foram dispostos em quatro locais: acima do protetor de tireoide, acima e abaixo do avental plumbífero na região de tórax e posterior da cintura sobre o avental plumbífero. Todos os profissionais envolvidos usaram aventais de Pb de 0,35 mm. O tempo médio de exposição fluoroscópica foi de  $96 \pm 55$  s. Somente os dosímetros de filme pessoais usados sobre os aventais plumbíferos registraram doses mensuráveis de radiação. A dose efetiva de radiação por procedimento para o médico foi de 0,4  $\mu$ Sv e para o auxiliar de enfermagem foi de 0,2  $\mu$ Sv.

Ubeda *et al.* (2010) utilizaram quatro unidades fluoroscópicas em três hospitais diferentes para realizar a estimativa de dose ocupacional em cardiologia intervencionista pediátrica. Os sistemas de raios X, cujos tubos se encontram abaixo da mesa de exames, foram: Siemens Axiom Artis biplano dBC, Philips Allura Xper

FD20, Toshiba reformada de outros sistemas e Siemens Axiom Artis BC. Lâminas de polimetilmetacrilato (PMMA) com espessuras de 4, 8, 12 e 16 cm foram utilizadas para simular os pacientes pediátricos. As taxas de dose de radiação espalhada foram medidas por dois sensores de estado sólido Unfors EED-30: um para a região do cristalino (1,6 m distante do chão e 0,77 m distante do isocentro) e outro para região das extremidades inferiores (0,10 m distante do chão e 113 m distante do isocentro). Nenhum tipo de barreira plumbífera foi empregada e todos os equipamentos operaram no modo CAE. Os parâmetros técnicos e a filtração adicional para os modos fluoroscopia e cine são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Parâmetros técnicos e filtração adicional utilizados em cardiologia intervencionista pediátrica.

	<b>Modo Fluoroscopia</b>	<b>Modo Cine</b>
Variabilidade de kVp	52 - 82	52 - 90
Variabilidade de mA	1,8 - 144	91 - 476
Variabilidade de filtração adicional (mm Cu)	0,3 - 0,9	0,1 - 0,3

Fonte: UBEDA *et al.*, 2010.

Os resultados máximos para o cristalino nos modos fluoroscopia e cine variaram de 0,8 a 12 mSv/h, gerando doses equivalentes de 0,5 a 1 mSv por exame. Nas extremidades inferiores os valores foram de 1,5 e 24 mSv/h (UBEDA *et al.*, 2010).

Chida *et al.* (2013) avaliaram a exposição ocupacional à radiação de 18 médicos, sete enfermeiros e oito tecnólogos durante 5.280 angiografias coronarianas e 1.326 procedimentos de Intervenção Coronária Percutânea (ICP) (Tabela 12).

Tabela 12 – Média e DP do número de Angiografias Coronarianas e ICPs executadas anualmente por cada profissional.

<b>Profissionais</b>	<b>Angiografias Coronarianas</b>	<b>ICP</b>
Médico	293,3 ± 144,8	73,7 ± 38,9
Enfermeiro	754,3 ± 352,3	189,4 ± 86,2

Fonte: CHIDA *et al.*, 2013.

Utilizou-se a unidade fluoroscópica Toshiba Celeve-i-INFX-8000, cujo tubo de raios X se encontra abaixo da mesa de exames. A fluoroscopia operou no modo pulsado com 7,5 pulsos/s e a aquisição no modo cine com 15 *frames/s*. A grade antidifusora foi empregada durante os procedimentos. Além da equipe estar paramentada com avental plumbífero de geralmente 0,35 mm, também foram utilizadas cortina plumbífera na mesa de exames com 0,5 mm e blindagens de acrílico suspensas no teto, equivalentes a 0,8 mm Pb. A dose efetiva e a dose equivalente

foram determinadas através de dois métodos. No primeiro método, dois dosímetros de vidro fosfato ativado por prata foram utilizados, um disposto na tireoide sem proteção plumbífera e o outro sob o avental na região de tórax ou cintura. No segundo método, o dosímetro foi aplicado apenas sob o avental de chumbo. As exposições foram comparadas (Tabela 13) (CHIDA et al., 2013).

Tabela 13 – Dose Efetiva/ano e Dose Equivalente/ano (Angiografia Coronariana e ICP).

Profissionais	Dose Efetiva (média e DP) mSv/ano		Dose Equivalente (média e DP) mSv/ano	
	Dois dosímetros	Um dosímetro	Dois dosímetros	Um dosímetro
	Médico	3,00 ± 1,50	1,02 ± 0,74	19,84 ± 12,45
Enfermeiro	1,34 ± 0,55	0,93 ± 0,56	4,73 ± 0,72	0,94 ± 0,57
Tecnólogo	0,60 ± 0,48	0,51 ± 0,46	1,30 ± 1,00	0,51 ± 0,46

Fonte: (CHIDA et al., 2013).

Chida *et al.* (2013) constataram que a exposição de médicos foi mais alta e demonstraram que o uso de apenas um dosímetro subestimou os dados, recomendando-se então a aplicação de dois dosímetros para uma dosimetria ocupacional mais confiável.

Lunelli *et al.* (2013) investigaram a dose ocupacional em médicos que realizaram 31 angiografias cerebrais. A unidade utilizada para estes procedimentos foi o Siemens Artis Zee, com tubo de raios X sob a mesa. Os TLDs com base de fluoreto de lítio foram dispostos aos pares em nove sítios corporais: olho direito (1), glabella (2), olho esquerdo (3), tireoide (sobre a proteção plumbífera) (4), tórax (sob a proteção plumbífera) (5), mão direita (sob a proteção plumbífera) (6), mão esquerda (sob a proteção plumbífera) (7), pé direito (8) e pé esquerdo (9). A dose efetiva média por procedimento foi de 2,6  $\mu$ Sv, sendo a máxima de 16  $\mu$ Sv. O valor máximo medido nos olhos dos médicos foi de 344  $\mu$ Sv, permitindo dessa forma 1,2 procedimentos por semana, a fim de não ultrapassar o limite anual de dose. Porém, efetivamente considerando o valor médio da dose nos olhos, o número de procedimentos por semana resultou em 4,8.

Lunelli *et al.* (2013) verificaram que o pé, a mão e o olho esquerdos receberam doses equivalentes superiores comparadas ao lado direito, devido à maior proximidade com o tubo de raios X. Concluíram também que os altos valores de dose equivalente na região dos pés são devido à ausência de proteção plumbífera, como cortinas.

Katsurada *et al.* (2014) mensuraram a dose ocupacional em ultrassonografia endobrônquica guiada por fluoroscopia em 132 casos de lesões pulmonares periféricas. Médicos operadores, médicos assistentes, enfermeiros e tecnólogos em radiologia foram os profissionais investigados, todos utilizaram avental plumbífero. A unidade fluoroscópica empregada foi o VersiFlex VISTA da Hitachi com tempo médio de 7,6 min por procedimento. Dosímetros de leitura direta MYDOSE mini PDM-127, foram posicionados sobre os aventais de chumbo e suas leituras foram gravadas imediatamente após cada procedimento (Tabela 14).

Tabela 14 – Dose por procedimento em  $\mu\text{Sv}$  (Broncoscopia).

<b>Profissionais</b>	<b>Mediana (intervalo)</b>
Médico Operador	12 (1- 99)
Médico Assistente	3 (0- 7)
Enfermeiro	0 (0- 9)
Tecnólogo em radiologia	0 (0- 1)

Fonte: KATSURADA *et al.*, 2014.

Katsurada *et al.* (2014) constataram que cada integrante da equipe realiza em média 360 broncoscopias por ano. Logo, estimaram a dose média anual para cada profissional (Tabela 15). Os autores entenderam que os valores podem estar superestimados devido ao dosímetro estar sobre a proteção plumbífera, mas que mesmo assim, os valores são um tanto quanto baixos.

Tabela 15 – Estimativa anual em  $\mu\text{Sv}$ .

<b>Profissionais</b>	<b>Dose média anual</b>
Médico Operador	4,3
Médico Assistente	1,08
Enfermeiro	$\approx 0$
Tecnólogo em radiologia	$\approx 0$

Fonte: KATSURADA *et al.*, 2014.

Alejo *et al.* (2015) estimaram a dose de radiação recebida no cristalino de cardiologistas intervencionistas pediátricos através da irradiação do simulador antropomórfico Rando e medindo a dose com dosímetros de luminescência opticamente estimulados ( $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ ). Foi utilizada a unidade fluoroscópica Siemens Artis Zee Biplane com filtração inerente de 2,5 mm Al, que possui quatro modalidades de imagem com filtrações adicionais (Tabela 16).

Tabela 16 – Modalidades de imagem e filtração adicional (Cardiologia Intervencionista Pediátrica).

<b>Modalidades de imagem</b>	<b>Filtro de Cobre (mm Cu)</b>
Fluoroscopia em baixa dose (FL -)	0,9
Fluoroscopia normal (FL)	0,6
Fluoroscopia em alta dose (FL+)	0,3
Aquisição Cine	0

Fonte: ALEJO *et al.*, 2015.

O simulador Rando foi disposto na posição de trabalho mais habitual do cardiologista intervencionista: ao lado da mesa de exames, de frente para a tela do monitor e na diagonal do material espalhador de radiação: PMMA de 10 cm, mantendo o cristalino a 160 cm do chão e a 60 cm do isocentro. As medidas foram executadas em uma única projeção PA, sem proteção plumbífera, utilizando os parâmetros técnicos apresentados na Tabela 17 (ALEJO *et al.*, 2015).

Tabela 17 – Parâmetros técnicos (Cardiologia Intervencionista Pediátrica).

<b>Modalidade</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Tensão (kVp)</b>	<b>Filtração adicional</b>	<b>Frame-pulso/s</b>	<b>Diâmetro de campo (cm)</b>
Aquisição Cine	3.683	73	Sem	30 f/s	32
FL +	10.926	66,4	0,3 mm Cu	15 p/s	32

Fonte: ALEJO *et al.*, 2015.

O tempo médio de fluoroscopia para os 804 procedimentos realizados por aproximadamente três anos, desde 2010 a 2012, foi de 19,68 min. A estimativa do Equivalente de Dose Individual superficial máxima: Hp (0,07) nas lentes oculares do cardiologista com maior carga de trabalho (313 procedimentos), durante os anos de 2011 e 2012 é apresentada na Tabela 18.

Tabela 18 – Dose máxima anual em mSv (Cardiologia Intervencionista Pediátrica).

<b>Olho</b>	<b>Ano</b>	<b>Hp (0,07)</b>
Esquerdo	2011	9,8 ± 1,9
	2012	12,0 ± 2,3
Direito	2011	8,7 ± 2,0
	2012	10,5 ± 2,5

Fonte: ALEJO *et al.*, 2015.

Alejo *et al.* (2015) concluíram que os valores de Hp (0,07) obtidos em 2011 e 2012 são inferiores ao limite anual de dose recomendado pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) de 2011: 20 mSv/ano.

Filipov *et al.* (2015) analisaram a dosimetria ocupacional em 41 exames de SEED pediátricos, através do sistema de fluoroscopia Philips Diagnost 93 com o tubo

de raios X acima da mesa de exames e TLDs do tipo LiF: Mg, Cu, P (MCP). Estes, por sua vez, foram posicionados próximos ao olho esquerdo, na tireoide e nas mãos dos dois profissionais executantes. A distância entre cada assistente e o isocentro foi de 45 e 55 cm, respectivamente. Parâmetros técnicos utilizados nos 41 pacientes pediátricos (0-16 anos) foram estratificados por faixa etária: (<1; 1-5; 5-10; > 10) conforme a Tabela 19.

Tabela 19 – Parâmetros técnicos de acordo com a idade do paciente (SEED). Valores em média e DP.

Idade (anos)	NR	FT (min)	kVp	mAs	Tempo de radiografia (ms)	Filtração total	Grade (sim ou não)	MF
<1	4,7 ± 0,4	1,6 ± 0,1	59,1 ± 0,1	9,3 ± 0,4	26,1 ± 1,1	2,5 mm Al	Sim	Contínuo
1-5	6,8 ± 0,2	1,35 ± 0,04	60,5 ± 0,1	9,5 ± 0,2	28,8 ± 0,6	2,5 mm Al	Sim	Contínuo
5-10	6,6 ± 0,4	1,2 ± 0,1	62,3 ± 0,4	12,2 ± 0,3	35,5 ± 1,2	2,5 mm Al	Sim	Contínuo
> 10	7,1 ± 0,4	1,6 ± 0,1	67,9 ± 0,8	16,1 ± 1,0	45,2 ± 3,5	2,5 mm Al	Sim	Contínuo

NR: número de radiografias. FT: tempo de fluoroscopia. MF: modo de fluoroscopia (contínuo ou pulsado).

Fonte: FILIPOV *et al.*, 2015.

A dose equivalente média por procedimento e a dose equivalente anual (número estimado de exames por ano: 720) são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Doses equivalente média por procedimento e anual (SEED).

	Mãos	Cristalino	Tireoide
Dose equivalente média (µSv) por procedimento	85 ± 7	49 ± 1	32 ± 2
Dose equivalente anual do profissional 1 (mSv)	61 ± 5	35 ± 1	23 ± 1
Dose equivalente anual do profissional 2 (mSv)	18 ± 1	14 ± 1	11 ± 1

Fonte: FILIPOV *et al.*, 2015.

Filipov *et al.* (2015) observaram que a dose equivalente anual do profissional 1 para o cristalino foi 75% superior ao limite anual estabelecido pela ICRP (2011): 20 mSv/ano. As outras doses são inferiores às recomendações, como por exemplo, o limite anual pelo *National Health and Medical Research Council* (NHMRC, 1980) para tireoide (300 mSv/ano) e da ICRP (2011) para extremidades de 500 mSv /ano.

Ubeda *et al.* (2016) realizaram a dosimetria ocular ocupacional em cardiologia intervencionista pediátrica, com a utilização de placas de PMMA (25 cm x 25 cm x 0,5 cm) em diferentes espessuras (4, 8, 12 e 16 cm), representando pacientes de (0 a <1, 1 a <5, 5 a <10 e 10 a <15 anos de idade), respectivamente. Seis sistemas de raios X



foram avaliados: Axiom Artis dBC, Biplano, Siemens (1), Allura Xper FD20 monoplano, Philips (2), Allura Xper FD20 biplano, Philips (3), Advantx biplano, General Electric (4), Axiom Artis BC biplano, Siemens (5) e Advantx monoplano, General Electric (6). Nenhuma colimação extra foi aplicada ao campo de radiação e os detectores de imagem estavam sempre em projeção AP a 5 cm do PMMA. O sensor de estado sólido Unfors EED-30 (77 cm do isocentro e 170 cm acima do piso) foi utilizado para estimar as doses em cristalino, através da quantidade dosimétrica expressa em Hp equivalente à dose pessoal (0,07). Todas as medidas foram executadas em modo fluoroscopia de baixa taxa de dose (LF) e modo cine de aquisição (CI) (Tabela 21).

Tabela 21 – Taxa de dose de radiação espalhada em  $\mu\text{Sv/h}$  (Cardiologia Intervencionista Pediátrica).

Sistema de raios X	Modo de aquisição	PMMA 4 cm 0 a <1	PMMA 8 cm 1 a <5	PMMA 12 cm 5 a <10	PMMA 16 cm 10 a <15
1	LF	<0,2	<0,2	36	93
	CI	30	75	225	520
2	LF	<0,2	27	45	93
	CI	36	115	200	740
3	LF	<0,2	50	48	96
	CI	28	125	340	670
4	LF	<0,2	33	71	170
	CI	160	290	840	2.030
5	LF	<0,2	22	50	102
	CI	330	920	1.450	3.100
6	LF	<0,2	37	130	210
	CI	510	165	380	1.000

Fonte: UBEDA *et al.*, 2016.

Dez procedimentos foram avaliados: diagnóstico normal (A), diagnóstico complexo (B), angioplastia aórtica (C), angioplastia pulmonar (D), angioplastia pulmonar com *stent* (E), fechamento do defeito do septo atrial (F), valvoplastia aórtica (G), valvoplastia pulmonar (H), fechamento do canal arterial patente com bobina (I), fechamento do canal arterial patente com dispositivo (J).

O tempo médio de fluoroscopia variou de 7,3 a 29,4 min dependendo do procedimento. Valores de Hp(0,07) estimados para os dez procedimentos (A – J) simulados com 4, 8, 12 e 16 cm de PMMA para todos os sistemas de raios X avaliados (1-6) são apresentados na Tabela 22 (UBEDA *et al.*, 2016).

Ubeda *et al.* (2016) verificaram que os valores de Hp(0,07) no cristalino do cardiologista para os dez tipos de procedimentos variaram de 0,20 a 116  $\mu\text{Sv}$ . Ao considerarem uma carga de trabalho mensal de 20 procedimentos para pacientes com idade de 0 a <1, a dose variou de 4 a 152  $\mu\text{Sv}$  por mês. No caso de pacientes com

idade entre 10 e <15 anos, a faixa mensal foi de 340 a 2320  $\mu\text{Sv}$ . Diante dos dados expostos, os autores concluíram que existem grandes diferenças entre os sistemas de raios X e que, por esse motivo, diretrizes padronizadas ou níveis de referência devem ser desenvolvidos.

Tabela 22 – Hp (0,07)  $\mu\text{Sv}$  por procedimento (Cardiologia Intervencionista Pediátrica).

Sistema de raios X	PMMA (cm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	4	0,40	0,60	0,60	0,50	0,70	0,30	0,30	0,30	0,20	0,30
	8	1,10	1,6	1,5	1,4	1,9	0,70	0,80	0,70	0,50	0,80
	12	7,6	15	13	18	23	14,5	9,2	11	6,8	10
	16	19	38	31	46	58	37	23	27	17	24
2	4	0,50	0,80	0,70	0,70	0,90	0,30	0,40	0,30	0,20	0,40
	8	5,0	11	8,5	13	16	11	6,4	7,5	4,8	6,6
	12	8,3	18	14	21	27	17	11	12,5	8	11
	16	22	43	36	50	64	39	26	29	19	27
3	4	0,40	0,60	0,50	0,50	0,70	0,20	0,30	0,30	0,20	0,30
	8	7,8	17	14	22	27	19	11	13	8,2	11
	12	11	21	18	25	32	20	13	15	9,4	13
	16	21	43	35	50	64	40	25	29	19	26
4	4	1,1	1,6	1,5	1,4	1,9	0,70	0,80	0,70	0,50	0,90
	8	6,0	13	10	15	20	13	7,8	9,1	5,8	8
	12	15	30	24	35	45	29	18	21	13	19
5	16	35	71	58	83	107	67	43	40	31	44
	4	2,4	3,4	3,2	3,0	4,1	1,5	1,7	1,6	1	1,9
	8	9,3	16	14	17	22	12	9,1	10	6,2	10
	12	16	30	26	33	43	24	17	19	12	18
6	16	35	62	54	68	88	49	36	39	25	37
	4	4,4	6,4	6,0	5,6	7,6	2,7	3,2	2,9	1,9	3,5
	8	5,9	13	10	16	20	14	8	10	6,1	8,2
	12	19	44	35	56	71	49	28	34	21	29
	16	34	74	59	92	116	78	46	55	35	47

Fonte: UBEDA *et al.*, 2016.

Filipov *et al.* (2017) otimizaram a exposição ocupacional em exames pediátricos (0 a 16 anos) de SEED. O estudo foi realizado em duas etapas: antes (A) (49 pacientes) e depois (D) (44 pacientes) da implementação da otimização. Os autores utilizaram o sistema Philips Diagnost 93, cujo tubo de raios X se encontra acima da mesa de exames e TLDs de fluoreto de lítio LiF: Mg, Cu, P, posicionados em região de cristalino, tireoide (com proteção plumbífera de 0,5 mm) e mãos. Os parâmetros técnicos modificados se encontram na Tabela 23.

Tabela 23 – Parâmetros técnicos antes e depois da otimização da exposição ocupacional em exames de SEED pediátricos.

	<1			1 a 5 anos			5 a 10 anos			>10 anos		
	A	D	%	A	D	%	A	D	%	A	D	%
NR	6,0 ± 1,1	5,5 ± 0,5	8	6,8 ± 0,7	6,4 ± 0,7	6	7,6 ± 0,5	6,3 ± 1,3	17	6,9 ± 0,6	5,7 ± 0,9	17
FI	6,2 ± 0,7	6,0 ± 1,5	3	5,0 ± 0,0	9,0 ± 0,0	-80	15 ± 3,0	8,8 ± 0,9	41	4,0 ± 0,0	10,0 ± 0,0	-150
FT (min)	1,6 ± 0,4	0,8 ± 0,1	50	1,4 ± 0,1	1,0 ± 0,1	29	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,2	8	1,6 ± 0,2	1,1 ± 0,1	31
FS (cm <sup>2</sup> )	278 ± 46	225 ± 12	19	341 ± 27	234 ± 17	31	426 ± 63	318 ± 25	25	705 ± 99	360 ± 45	49
kVp	59,1 ± 0,4	71,2 ± 0,5	-20	60,6 ± 0,5	71,9 ± 0,7	-19	62,7 ± 1,0	70,0 ± 0,0	-12	68,8 ± 2,3	78,8 ± 2,0	-15
mAs	9,3 ± 1,3	4,8 ± 0,6	48	9,5 ± 0,5	4,3 ± 0,4	55	12,1 ± 0,8	5,2 ± 0,2	57	16,0 ± 2,0	5,7 ± 0,8	64

A: antes da otimização. D: depois da otimização. NR: número de radiografias. FI: número de imagens de fluoroscopia. FT: tempo de fluoroscopia. FS: tamanho do campo no paciente. kVp: tensão. mAs: produto corrente tempo.

Fonte: FILIPOV *et al.*, 2017.

Na fase de otimização o tubo de raios X foi posicionado à distância máxima do intensificador de imagem (150 cm) e a tensão mínima utilizada passou a ser 70 kVp, conseqüentemente, o mAs pôde ser reduzido. O campo de radiação foi reduzido nos pacientes que puderam ser imobilizados com saco de areia (~ 5 kg); a distância da equipe (1) passou de 55 cm para 65 cm e da equipe (2) de 60 cm para 70 cm. Doses equivalentes recebidas pelos profissionais por procedimento são apresentadas na Tabela 24 e doses equivalentes anuais estimadas para as duas fases (antes e depois da otimização) são apresentadas na Tabela 25 (FILIPOV *et al.*, 2017).

Tabela 24 – Dose por procedimento (Ht) em  $\mu$ Sv (SEED).

Parâmetros técnicos	Tireoide		Mãos		Cristalino	
	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 1	Equipe 2
Antes TF: 2,5 mm Al FT: 1,0 min NR: 6,0	52 ± 12	38 ± 11	83 ± 39	45 ± 8	48 ± 9	32 ± 9
Depois TF: 2,5 mm Al FT: 1,4 min NR: 6,0	28 ± 9	13 ± 5	43 ± 7	19 ± 5	25 ± 6	13 ± 4

TF: filtração total. FT: tempo de fluoroscopia. NR: número de radiografias.

Fonte: FILIPOV *et al.*, 2017.

Filipov *et al.* (2017) salientaram que as doses foram obtidas por diferentes profissionais que permaneceram nas mesmas posições e que a equipe 2 participou apenas de 50% dos procedimentos em cada fase. Concluíram que antes da otimização, a dose equivalente anual da equipe 1 era 85% maior que o limite anual e a equipe 2 recebia 70% desse limite. Após a otimização, as doses equivalentes não excedem os limites da ICRP, 2011.

Tabela 25 – Dose equivalente anual (Ht) em mSv (SEED).

	Cristalino			Tireoide (0,5 mm Pb)			Mãos		
	Antes	Depois	%	Antes	Depois	%	Antes	Depois	%
Equipe 1	35,0 ± 0,3	18,2 ± 0,2	48	2,0 ± 0,0	1,1 ± 0,0	45	59,9 ± 1,1	32,5 ± 0,2	46
Equipe 2	11,0 ± 0,2	4,5 ± 0,1	59	0,8 ± 0,0	0,3 ± 0,0	63	15,2 ± 0,1	6,8 ± 0,1	55
Limite ICRP		20 <sup>a</sup>			300			500	

(a) Média em 5 anos, sem um único ano superior a 50 mSv.

Fonte: FILIPOV *et al.*, 2017.

Morishima *et al.* (2018) avaliaram o efeito de um novo dispositivo de proteção à radiação e filtros adicionais, além da filtração inerente 2,5 mm Al (filtros Al de 1,0, 2,0 e 3,0 mm e um filtro Cu de 0,5 mm) durante exames de estudo de deglutição. Os autores utilizaram um simulador antropomórfico, uma câmara de ionização ICS-321 Hitachi e um sistema digital Toshiba Zexira, cujo tubo de raio X se encontra acima da mesa de exames. As medições foram realizadas com os parâmetros apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Parâmetros técnicos (Estudo de Deglutição).

Distância fonte e intensificador	148 cm
Distância fonte e simulador antropomórfico	110 cm
Distância entre câmara de ionização e simulador antropomórfico	60 cm
Altura (gônadas) acima do piso	90 cm
Altura (cristalino) acima do piso	150 cm
kVp (CAE)	71 - 83
mAs (CAE)	1,1 - 1,7
Tempo de medição	5 min
Monitor SDM disposto no colo do simulador	-

Fonte: MORISHIMA *et al.*, 2018.

O novo dispositivo de proteção à radiação possui 1,0 mm de Pb equivalente, 40 cm de largura, aspecto de caixa e é acoplado à abertura do tubo de raios X. A combinação dos filtros com esse dispositivo propõe a redução das exposições ocupacionais (Tabela 27) (MORISHIMA *et al.*, 2018).

Tabela 27 – Eficiência do dispositivo de blindagem e filtração adicional (Estudo de Deglutição).

Dispositivo de blindagem		sem	com	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com
		sem	sem	1,0 mm Al	1,0 mm Al	2,0 mm Al	2,0 mm Al	3,0 mm Al	3,0 mm Al	0,5 mm Cu	0,5 mm Cu
90 cm acima do piso	Taxa de dose ( $\mu\text{Sv/h}$ )	300	273	280	266	246	225	224	194	182	167
	Redução (%)	-	9,0	6,7	11,3	18,0	25,0	25,3	35,3	39,3	44,3
150 cm acima do piso	Taxa de dose ( $\mu\text{Sv/h}$ )	255	235	235	199	210	170	184	142	160	141
	Redução (%)	-	7,8	7,8	22,0	17,6	33,3	27,8	44,3	37,3	44,7

Fonte: MORISHIMA *et al.*, 2018.

Morishima *et al.* (2018) demonstraram que a combinação do dispositivo de blindagem com filtração adicional reduziu a exposição ocupacional em até 44 %.

A Tabela 28 apresenta os principais resultados obtidos pelos estudos mencionados referente à dose ocupacional por procedimento.

Tabela 28 –Dose ocupacional por procedimento (continua).

Estudos	IOEs	Cristalino	Tireoide	Extremidades
LI <i>et al.</i> , 1995	Médico <sup>a</sup>	88 ± 78 µSv	182 ± 138 µSv	-
	Médico assistente <sup>a</sup>	23 ± 15 µSv	5 ± 34 µSv	-
	Técnico em radiologia <sup>a</sup>	23 ± 34 µSv	27 ± 42 µSv	Mão esq.: 392 ± 522 µSv Mão dir.: 261 ± 445 µSv
	Enfermeiro <sup>a</sup>	-	-	-
COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	Médico	-	20 ± 5 µSv/semana	Mão esq.: 40 ± 10 µSv/semana Mão dir.: 60 ± 15 µSv/semana
	Enfermeiro	-	50 ± 3 µSv/semana	Mão esq.: 170 ± 43 µSv/semana Mão dir.: 210 ± 53 µSv/semana Mão dir.: 28 ± 23 µGy Braço dir.: 30 ± 25 µGy Braço esq.: 4 ± 10 µGy Perna dir.: 2 ± 7 µGy Perna esq.: 6 ± 8 µGy
KEMERINK <i>et al.</i> , 2001	Médico <sup>b</sup>	-	5 ± 9 µGy	
CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004	Médico <sup>c</sup>	0,5 mSv	-	0,9 mSv
DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	Operador (sem mencionar categoria)	-	-	Mãos: 47 µGy
MCLEAN <i>et al.</i> , 2006	Médico		Hospital 1: 8,9 µGy <sup>d</sup> Hospital 2: 0,9 µGy <sup>d</sup>	
	Fonoaudiólogo	-	Hospital 1: 17,0 µGy <sup>d</sup> Hospital 2: 3,2 µGy <sup>d</sup>	-
	Enfermeiro		Hospital 3: 2,4 µGy <sup>d</sup>	
MESBAHI e ROUHANI, 2008	Médico	0,85 µGy/min	0,9 µGy/min	Mãos: 8036 µGy/min
HAYES <i>et al.</i> , 2009	Operador (Médico e fonoaudiólogo <sup>f</sup> )	-	-	-
STEINFORT; EINSIEDEL; IRVING, 2010	Médico <sup>g</sup> Enfermeiro <sup>g</sup>	-	-	-
UBEDA <i>et al.</i> , 2010	Médico <sup>d</sup>	Modo fluoroscopia: 0,5 mSv Modo cine: 1 mSv	-	Inferiores: Modo fluoroscopia: 1,5 mSv Modo cine: 24 mSv
LUNELLI <i>et al.</i> , 2013	Médico <sup>h</sup>	344 µSv (valor máximo)	-	-
KATSURADA <i>et al.</i> , 2014	Médico <sup>g</sup>			
	Médico assistente <sup>g</sup> Enfermeiro <sup>g</sup>	-	-	-
	Tecnólogo em radiologia <sup>g</sup>			
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	Operador (sem mencionar categoria)	49 ± 1 µSv	32 ± 2 µSv	Mãos: 85 ± 7 µSv
UBEDA <i>et al.</i> , 2016	Médico	0,20 a 116 µSv (6 equipamentos) (4, 8, 12 e 16 cm de (PMMA) e (10 procedimentos)	-	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	Operador 1 (Antes e Depois da otimização)	Antes: 32 ± 9 µSv Depois: 25 ± 6 µSv	Antes: 52 ± 12 µSv <sup>i</sup> Depois: 28 ± 9 µSv <sup>i</sup>	Mãos: Antes: 83 ± 39 µSv Mãos: Depois: 43 ± 7 µSv
	Operador 2 (Antes e Depois da otimização)	Antes: 32 ± 9 µSv Depois: 13 ± 4 µSv	Antes: 38 ± 11 µSv <sup>i</sup> Depois: 13 ± 5 µSv <sup>i</sup>	Maões: Antes: 45 ± 8 µSv Mãos: Depois: 19 ± 5 µSv
MORISHIMA <i>et al.</i> , 2018	Operador (sem mencionar categoria)	141 µSv <sup>j</sup> 255 µSv <sup>k</sup>	-	-

Tabela 28 –Dose ocupacional por procedimento (conclusão).

Estudos	Gônadas	Glabela	Tórax	Axila	Corpo Inteiro
LI <i>et al.</i> , 1995	-	-	5 ± 4 µSv 3 ± 9 µSv 1 ± 1 µSv -	-	8 ± 7 µSv 2 ± 1 µSv 2 ± 3 µSv <1 ± <1 µSv
COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	-	-	-	-	-
KEMERINK <i>et al.</i> , 2001	-	6 ± 8 µGy	-	-	0,52 µSv
CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004	-	-	-	-	< 0,3 mSv
DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	-	-	-	-	-
MCLEAN <i>et al.</i> , 2006	-	-	-	Hospital 1: 1,4 µGy <sup>e</sup>	-
MESBAHI e ROUHANI, 2008	-	-	-	-	-
HAYES <i>et al.</i> , 2009	-	-	-	-	0,0015 mGy
STEINFORT; EINSIEDEL; IRVING, 2010	-	-	-	-	0,4 µSv 0,2 µSv
UBEDA <i>et al.</i> , 2010	-	--	-	-	-
LUNELLI <i>et al.</i> , 2013	-	-	-	-	2,6 µSv
KATSURADA <i>et al.</i> , 2014	-	-	-	-	12 µSv 3 µSv 0 µSv 0 µSv
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	-	-	-	-	-
UBEDA <i>et al.</i> , 2016	-	-	-	-	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	-	-	-	-	-
MORISHIMA <i>et al.</i> , 2018	167 µSv <sup>l</sup> 300 µSv <sup>k</sup>	-	-	-	-

(a) A espessura do avental plumbífero utilizado pela equipe foi de 0,25 mm.

(b) Os médicos utilizaram avental plumbífero de 0,35 mm, no entanto, nem todos colocaram o protetor de tireoide equivalente à 0,5 mm de Pb.

(c) Sob avental plumbífero (não mencionada espessura).

(d) Sem blindagem.

(e) Medida solicitada devido à preocupação com a falta de cobertura do avental plumbífero.

(f) Sobre avental plumbífero (não mencionada espessura) e sempre que possível os profissionais se posicionaram atrás de uma blindagem acrílica móvel.

(g) Sobre avental plumbífero.

(h) Ausência de cortinas plumbíferas.

(i) Proteção plumbífera de 0,5 mm.

(j) Com dispositivo de blindagem e filtro Cu 5 mm.

(i) Sem dispositivo de blindagem e sem filtro.

Fonte: A AUTORA, 2019.

A Tabela 29 apresenta os principais resultados obtidos referente à dose ocupacional anual. Coakley *et al.* (1997), Kemerink *et al.* (2001), Damilakis *et al.* (2006), McLean *et al.* (2006), Steinfort, Einsiedel e Irving (2010), Ubeda *et al.* (2010), Lunelli *et al.* (2013) e Morishima *et al.* (2018) não realizaram essa estimativa.

Tabela 29 – Dose ocupacional anual (continua).

Estudos	IOE	Procedimento/ Exame	Dose efetiva/ano
LI <i>et al.</i> , 1995	Médico Médico assistente	Cateterismo cardíaco	-
CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004 MESBAHI e ROUHANI, 2008	Operador Médico e Fonoaudiólogo	Estudo de deglutição	< 0,6 mSv <sup>a</sup>
	Médico	Cirurgia ortopédica	-
HAYES <i>et al.</i> , 2009	Operador Médico e fonoaudiólogo	Estudo de deglutição	1,17 mGy <sup>d</sup>
CHIDA <i>et al.</i> , 2013	Médico Enfermeiro Tecnólogo em radiologia	Angiografia coronariana (AC) Intervenção coronária percutânea (ICP)	3,00 ± 1,50 mSv <sup>e</sup> 1,34 ± 0,55 mSv <sup>e</sup> 0,60 ± 0,48 mSv <sup>e</sup>
KATSURADA <i>et al.</i> , 2014	Médico Médico assistente Enfermeiro Tecnólogo em radiologia	Ultrassonografia endobrônquica guiada por fluoroscopia	4,3 µSv <sup>d</sup> 1,08 µSv <sup>d</sup> ≈ 0 µSv <sup>d</sup> ≈ 0 µSv <sup>d</sup>
ALEJO <i>et al.</i> , 2015	Médico	Cardiologia Intervencionista	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	Operador (sem mencionar categoria)	SEED pediátricos	-
UBEDA <i>et al.</i> , 2016	Médico	Cardiologia intervencionista	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	Operador (sem mencionar categoria)	SEED pediátrico	-



Tabela 29 – Dose ocupacional anual (conclusão).

Estudos	Dose equivalente (mSv/ano)	Procedimentos/ano	Limites de doses anuais (mSv/ano)
LI <i>et al.</i> , 1995	-	430 2.780	Extremidades: 500 Cristalino: 20 <sup>c</sup> Corpo inteiro: 20 <sup>c</sup> Tireoide: 300 <sup>f</sup>
CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004	Extremidade: 1,8 Cristalino: 1	-	Extremidades: 500 Cristalino: 20 <sup>c</sup> Corpo inteiro: 20 <sup>c</sup> Tireoide: 300 <sup>f</sup>
MESBAHI e ROUHANI, 2008	-	Corpo inteiro: 820/ 2.500/ 13.000/ 25.000 <sup>b</sup> Mão/pele: 12,5/ 27.000/ 13.000/ 270.000 <sup>b</sup> Cristalino: 3.300/ 8.300/ 40.000/83.000 <sup>b</sup>	Extremidades: 500 Cristalino: 150 Corpo inteiro: 50
HAYES <i>et al.</i> , 2009	-	780	Extremidades: 500 Cristalino: 20 <sup>c</sup> Corpo inteiro: 20 <sup>c</sup> Tireoide: 300 <sup>f</sup>
CHIDA <i>et al.</i> , 2013	Tireoide: 19,84 ± 12,45 Tireoide: 4,73 ± 0,72 Tireoide: 1,30 ± 1,00	293,3 ± 144,8 (AC) 73,7 ± 38,9 (ICP) 754,3 ± 352,3 (AC) 189,4 ± 86,2 (ICP) - (AC) e (ICP)	Extremidades: 500 Cristalino: 20 <sup>c</sup> Corpo inteiro: 20 <sup>c</sup> Tireoide: 300 <sup>f</sup>
KATSURADA <i>et al.</i> , 2014	-	360	Extremidades: 500 Cristalino: 20 <sup>c</sup> Corpo inteiro: 20 <sup>c</sup> Tireoide: 300 <sup>f</sup>
ALEJO <i>et al.</i> , 2015	Olho esq.: 9,8 ± 1,9 (2011) 12,0 ± 2,3 (2012) Olho dir.: 8,7 ± 2,0 (2011) 10,5 ± 2,5 (2012) Mãos: Equipe 1: 61 ± 5 Equipe 2: 218 ± 1 <sup>g</sup>	-	Extremidades: 500 Cristalino: 20 <sup>c</sup> Corpo inteiro: 20 <sup>c</sup> Tireoide: 300 <sup>f</sup>
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	Cristalino: Equipe 1: 35 ± 1 Equipe 2: 14 ± 1 <sup>g</sup> Tireoide: Equipe 1: 23 ± 1 Equipe 2: 11 ± 1 Cristalino:	720	Extremidades: 500 Cristalino: 20 <sup>c</sup> Corpo inteiro: 20 <sup>c</sup> Tireoide: 300 <sup>f</sup>
UBEDA <i>et al.</i> , 2016	0 a <1 anos: ≈ 48 μSv/ano a ≈ 1,8 mSv/ano 10 e <15 anos: ≈ 4mSv/ano a ≈ 27,8 mSv/ano Cristalino: Op 1: 35,0 ± 0,3 (A) 18,2 ± 0,2 (D) Op 2: 11,0 ± 0,2 (A) 4,5 ± 0,1 (D) <sup>g</sup>	-	Extremidades: 500 Cristalino: 20 <sup>c</sup> Corpo inteiro: 20 <sup>c</sup> Tireoide: 300 <sup>f</sup>
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	Tireoide Op 1: 2,0 ± 0,0 (A) 1,1 ± 0,0 (D) Op 2: 0,8 ± 0,0 (A) 0,3 ± 0,0 (D) <sup>g</sup> Mãos Op 1: 59,9 ± 1,1 (A) 32,5 ± 0,2 (D) Op 2: 15,2 ± 0,1 (A) 6,8 ± 0,1 (D) <sup>g</sup>	-	Extremidades: 500 Cristalino: 20 <sup>c</sup> Corpo inteiro: 20 <sup>c</sup> Tireoide: 300 <sup>f</sup>

a) Sob avental plumbífero.

(b) Número de procedimentos de 5 min. Médico exposto à observação direta/Equipe com 20 cm de distância/Equipe com 40 cm de distância/Equipe com 60 cm de distância, respectivamente. Todos sem proteção plumbífera.

(c) Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano (ICRP, 2011).

(d) Sobre o avental plumbífero.

(e) Método de quantificação com dois dosímetros. Um disposto na tireoide sem proteção plumbífera e o outro sob o avental (0,35 mm Pb) na região de tórax ou cintura.

(f) (NHMRC 1980).

(g) A equipe 2 participou apenas de 50% dos procedimentos em cada fase.

A: Antes da otimização. D: Depois da otimização

Fonte: A AUTORA, 2019.

A Tabela 30 apresenta os principais resultados obtidos referente aos parâmetros técnicos utilizados.

Tabela 30 – Parâmetros técnicos (continua).

Estudos	Unidade Fluoroscópica	Posição Tubo	DFI (cm)	Proteção (mm Pb)
LI <i>et al.</i> , 1995	Toshiba KX0-2050	Abaixo	-	Avental: 0,25
COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	Toshiba DC1050F	Abaixo	-	-
KEMERINK <i>et al.</i> , 2001	Siemens Pantoskop 5	Abaixo	-	Avental: 0,35 Tireoide: 0,5
CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004	Siemens Uroskop C2	Acima	-	-
DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	Siemens: Siregraph C	Acima	115	-
MCLEAN <i>et al.</i> , 2006	Siemens Polyphos 30	-	-	Com e sem blindagem (não especificada espessura)
MESBAHI e ROUHANI, 2008	Shanghai Bojin Electric Instrument (miniunidade de braço C)	-	35	Sem
HAYES <i>et al.</i> , 2009	Siemens Polystar	Acima	-	Avental plumbífero e blindagem acrílica móvel (não especificadas espessuras)
STEINFORT; EINSIEDEL; IRVING, 2010	GE móvel de arco em C (GE/OEC 9600)	Abaixo	-	Avental: 0,35
UBEDA <i>et al.</i> , 2010	Siemens Axiom Artis dBC, biplane Philips Allura Xper FD20 Toshiba reformada Siemens Axiom Artis BC, biplane	Abaixo	74 PMMA 4 cm 72 PMMA 8 cm 70 PMMA 12 cm 68 PMMA 16 cm	Sem
CHIDA <i>et al.</i> , 2013	Toshiba (Celeve-i-INFX-8000) monoplane	Abaixo	-	Avental: 0,35 Cortina plumbífera na mesa de exames: 0,5 Blindagens de acrílico suspensas no teto: 0,8
LUNELLI <i>et al.</i> , 2013	Siemens Artis Zee	Acima	-	Sem
KATSURADA <i>et al.</i> , 2014	Hitachi VersiFlex VISTA	-	-	Com avental plumbífero (não especificada espessura)
ALEJO <i>et al.</i> , 2015	Siemens Artis Zee Biplane	-	-	Sem
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	Philips Diagnost 93	Acima	-	-
UBEDA <i>et al.</i> , 2016	Siemens Axiom Artis dBC monoplane (1) Philips Allura Xper FD20 monoplane (2) Philips Allura Xper FD20 biplane (3) General Electric Advantx biplane (4) Siemens Axiom Artis BC biplane (5) General Electric Advantx monoplane (6)	-	74 PMMA 4 cm 72 PMMA 8 cm 70 PMMA 12 cm 68 PMMA 16 cm	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	Philips Diagnost 93	Acima	Depois otimização: 150	Tireoide: 0,5 mm
MORISHIMA <i>et al.</i> , 2018	Toshiba ZEXIRA	Acima	148	Com e sem dispositivo de proteção à radiação (1,0 mm de Pb, largura de 40 cm, aspecto de caixa e acoplada à abertura do tubo de raios X.

Tabela 30 – Parâmetros técnicos (continuação).

Estudos	Modo Fluoroscopia	Grade	Faixa etária (anos)	Filtração Total (mm)
LI <i>et al.</i> , 1995	-	-	0 a 14 (0-2, 3-5, 6-11 e 12-14)	2,2 mm Al
COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	-	Sem	0 a 14	3,3 mm Al
KEMERINK <i>et al.</i> , 2001	-	-	Masculino: 62 ± 15 Feminino: 64 ± 17	-
CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004	-	-	Simulador antropomórfico adulto de 70 kg	-
DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	-	-	Grupo 1: 0,5 a 5,9 meses Grupo 2: 6 a 15 meses	4 mm Al
MCLEAN <i>et al.</i> , 2006	-	-	-	-
MESBAHI e ROUHANI, 2008	-	-	Simulador (placa Al 2 mm pressionada por 2 placas polietileno 2,5 cm)	-
HAYES <i>et al.</i> , 2009	30 frames/s (gravação de vídeo)	Com	> 21 anos	Filtração inerente + 1 mm Cu
STEINFORT; EINSIEDEL; IRVING, 2010	-	-	-	-
UBEDA <i>et al.</i> , 2010	Modo fluoroscopia: 10 a 30 pulsos/s Modo cine: 30 pulsos/s	-	Lâminas PMMA de 4, 8, 12 e 16 cm simularam pacientes pediátricos	Modo fluoroscopia: 0,3 a 0,9 mm Cu Modo cine: 0,1 a 0,3 mm Cu
CHIDA <i>et al.</i> , 2013	Modo fluoroscopia: 7,5 pulsos/s Modo cine: 15 frames/s	Com	-	-
LUNELLI <i>et al.</i> , 2013	Pulsado	-	Adultos	-
KATSURADA <i>et al.</i> , 2014	-	-	32-89	-
ALEJO <i>et al.</i> , 2015	Pulsado	-	PMMA de 10 cm	Inerente: 2,5 mm Al Adicional: 0,3; 0,6; 0,9
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	Contínuo	Com	<1 ano 1-5 anos 5-10 anos > 10 anos	2,5 mm Al
UBEDA <i>et al.</i> , 2016	Modo fluoroscopia de baixa taxa de dose: 8 a 25 pulsos/s Modo cine: 15 a 30 frames/s	-	0 a <1 (PMMA 4 cm) 1 a <5 (PMMA 8 cm) 5 a <10 (PMMA 12 cm) 10 a <15 (PMMA 16 cm)	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	Contínuo	Com	<1 ano 1-5 anos 5-10 anos > 10 anos	2,5 mm Al
MORISHIMA <i>et al.</i> , 2018	-	-	Simulador antropomórfico	Filtração inerente Al 2,5 mm + filtros Al 1,0, 2,0 e 3,0 mm e um filtro Cu 0,5 mm

Tabela 30 – Parâmetros técnicos (conclusão).

Estudos	Tempo médio Fluoroscopia (min)	Número de Radiografias	Tensão do tubo (kVp)	CAE	Corrente / produto corrente tempo
LI <i>et al.</i> , 1995	18,2	-	50-101	-	0,2- 3,0 mA
COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	3,3	4 a 10	60 a 70	Com	200 mA
KEMERINK <i>et al.</i> , 2001	-	-	80 a 90	Com	-
CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004	3,7	0 (gravadas em vídeo)	-	Com	-
DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	Grupo 1: 1,26 min Grupo 2: 1,62 min	Grupo 1: 1,5 (AP) 1,7 (LAT) Grupo 2: 1,7 (AP) 2,1 (LAT)	Grupo 1: 74,1 ± 3,8 (AP) 73,4 ± 4,5 (LAT) Grupo 2: 79,4 ± 5,5 (AP) 77,3 ± 2,1 (LAT)	Com	Grupo 1: 2,1 ± 0,2 (AP) 2,1 ± 0,2 (LAT) mA Grupo 2: 2,4 ± 0,2 (AP) 2,3 ± 0,1 (LAT) mA 40 mAs
MCLEAN <i>et al.</i> , 2006	3,0 a 3,6 min	-	77	-	0,5 mA
MESBAHI e ROUHANI, 2008	Mão:1 min Tireoide e cristalino: 5 min	-	80	-	1,1 - 4 mA
HAYES <i>et al.</i> , 2009	2,45 min ± 74 s	-	50 - 110	-	-
STEINFORT; EINSIEDEL; IRVING, 2010	1,6 min ± 55 s	-	60 a 80	-	-
UBEDA <i>et al.</i> , 2010	-	-	Modo fluoroscopia: 52 – 82 Modo cine: 52 – 90	Com	Modo fluoroscopia: 1,8 – 144 mA Modo cine: 91 – 476 mA
CHIDA <i>et al.</i> , 2013	-	-	-	-	-
LUNELLI <i>et al.</i> , 2013	-	-	-	-	-
KATSURADA <i>et al.</i> , 2014	7,6 min (1,5–23,9)	-	-	-	-
ALEJO <i>et al.</i> , 2015	19,68 min	-	-	-	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	1,6 ± 0,1 min 1,35 ± 0,04 min 1,2 ± 0,1 min 1,6 ± 0,1 min	4,7 ± 0,4 6,8 ± 0,2 6,6 ± 0,4 7,1 ± 0,4	59,1 ± 0,1 kVp 60,5 ± 0,1 kVp 62,3 ± 0,4 kVp 67,9 ± 0,8 kVp	Com	9,3 ± 0,4 mAs 9,5 ± 0,2 mAs 12,2 ± 0,3 mAs 16,1 ± 1,0 mAs
UBEDA <i>et al.</i> , 2016	7,3 a 29,4 min (dependendo do procedimento)	-	-	-	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	<1 ano Antes: 1,6 ± 0,4 Depois: 0,8 ± 0,1 1-5 anos Antes: 1,4 ± 0,1 Depois: 1,0 ± 0,1 5-10 anos Antes: 1,2 ± 0,2 Depois: 1,1 ± 0,1 > 10 anos Antes: 1,6 ± 0,2 Depois: 1,1 ± 0,1	<1 ano Antes: 6,0 ± 1,1 Depois: 5,5 ± 0,5 1-5 anos Antes: 6,8 ± 0,7 Depois: 6,4 ± 0,7 5-10 anos – Antes: 7,6 ± 0,5 Depois: 6,3 ± 1,3 > 10 anos Antes: 0,9 ± 0,6 Depois: 5,7 ± 0,9	<1 ano Antes: 59,1 ± 0,4 Depois: 71,2 ± 0,5 1-5 anos Antes: 60,6 ± 0,5 Depois: 71,9 ± 0,7 5-10 anos Antes: 62,7 ± 1,0 Depois: 70,0 ± 0,0 > 10 anos Antes: 68,8 ± 2,3 Depois: 78,8 ± 2,0	Com	<1 ano Antes: 9,3 ± 1,3 Depois: ,8 ± 0,6 1-5 anos Antes: 9,8 ± 0,6 Depois: 4,3 ± 0,4 5-10 anos Antes: 12,1 ± 0,8 Depois: 5,2 ± 0,2 > 10 anos Antes: 16,0 ± 2,0 Depois: 5,7 ± 0,8
MORISHIMA <i>et al.</i> , 2018	5 min	-	71 – 83	Com	1,1 – 1,7 mAs

Fonte: A AUTORA, 2019.

Apesar da importância do monitoramento da exposição ocupacional em exames e procedimentos que operam com fluoroscopia, o número de estudos é limitado (ALEJO *et al.*; 2015; CHIDA *et al.*; 2013; COAKLEY; RATCLIFFE; MASEL, 1997; CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004; DAMILAKIS *et al.*, 2006; FILIPOV *et al.*, 2015, 2017; HAYES *et al.*, 2009; KATSURADA *et al.*, 2014; KEMERINK *et al.*, 2001; LI *et al.*, 1995; LUNELLI *et al.*, 2014; MCLEAN *et al.*, 2006; MESBAHI; ROUHANI, 2008; MORISHIMA *et al.*, 2018; STEINFORT; EINSIEDEL; IRVING, 2010; UBEDA *et al.*, 2010, 2016).

Por conseguinte, os estudos que estimam a dose ocupacional em exames de SEED pediátricos, objeto do presente estudo, são ainda mais escassos (COAKLEY; RATCLIFFE; MASEL, 1997; DAMILAKIS *et al.*, 2006; FILIPOV *et al.*, 2015, 2017).

No Brasil, há poucos anos, não eram encontrados dados para dosimetria ocupacional em SEED, e mesmo hoje, universalizando os resultados encontrados, geralmente não há muita contribuição sobre os parâmetros técnicos dos exames. Mesmo quando esses dados são publicados, apresentam limitações e heterogeneidade, dificultando a confrontação dos resultados.

Estudos que avaliem a dose ocupacional em exames de SEED pediátricos, seja através de simuladores antropomórficos ou de dados clínicos, são fundamentais para resolver esse déficit de conhecimento.

Seria de grande relevância que os estudos incluíssem informações antropométricas do paciente (sexo, idade, peso e espessura do tórax) ou do simulador antropomórfico (altura, largura, comprimento e espessura do tórax), assim como o tamanho do ponto focal nominal, a tensão mínima aplicada (kVp), o produto corrente tempo (mAs), a filtração adicional, o número de imagens (fluoroscopia e radiografia), o modo de fluoroscopia (pulsado ou contínuo), o tempo de triagem por fluoroscopia, o tamanho do campo na mesa, a distância fonte intensificador, a distância que os IOEs permanecem do isocentro, a colimação, a proteção plumbífera, a unidade fluoroscópica, o tubo de raios X acima ou abaixo da mesa de exames, a grade antiespalhamento e o CAE, como é o caso do presente estudo.

A compilação desses dados torna o resultado da quantificação da exposição de profissionais relevante. No caso desses dados serem otimizados, seguindo recomendações mundiais, com o intuito de estabelecer um padrão, doses que ultrapassam limites sugeridos por entidades internacionais não passariam de

referências pregressas, provocando a excelência não apenas da dosimetria ocupacional, como também da dosimetria médica.

## 2.3 REVISÃO DOS ESTUDOS QUE ABORDAM DIRETRIZES DE OTIMIZAÇÃO E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM FLUOROSCOPIA

### 2.3.1 *European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics – EUROPEAN COMMISSION (1996)*

Este relatório, publicado em 1996, resulta de uma extensa colaboração de diversos profissionais e autoridades comprometidos com a radiologia diagnóstica: radiologistas pediátricos, físicos, especialistas em proteção contra radiações, autoridades de saúde e organizações profissionais nacionais e internacionais.

Inicialmente, em 1984, a comissão estabeleceu requisitos legais de proteção radiológica para adultos, com a finalidade de fornecer qualidade e segurança às pessoas submetidas a exame ou tratamento médico. Posteriormente, foi observado que esses critérios de qualidade deveriam ser adaptados à radiologia pediátrica, uma vez que crianças apresentam maior expectativa de vida que adultos e, por conseguinte, o risco de manifestações tardias de efeitos de radiação prejudiciais é maior. Finalmente, a comissão declarou existir a necessidade de um esforço semelhante para fluoroscopia que emprega intensificação de imagem.

O relatório teve como objetivo descrever um nível de aceitabilidade das normas básicas radiográficas, a fim de proteger o paciente e a equipe de uma exposição desnecessária, evitando também o desgaste do equipamento e a produção de imagens insatisfatórias.

A *European Commission (1996)* afirmou que os critérios de qualidade podem viabilizar um padrão para programas de garantia de qualidade, servindo de base para o treinamento e o aperfeiçoamento em boas práticas de imagem.

As diretrizes apontam princípios gerais associados ao bom desempenho de imagem. Os mais relevantes para esta pesquisa são:

- Materiais de baixa atenuação: fibra de carbono e plástico são recomendáveis no uso de cassetes, grades, mesas, e trocadores frontais de filmes, pois permitem a redução de até 40% da dose em pacientes pediátricos.

- Posicionamento e imobilização do paciente: a exposição à radiação só deve ser permitida após exato posicionamento. Comumente, pacientes pediátricos cooperam muito menos em manter o posicionamento correto comparados aos pacientes adultos, sendo recomendado então o uso de dispositivos auxiliares e necessário uma equipe de imagem com agilidade e prática. O IOE deve conter o paciente apenas em circunstâncias em que os pais ou acompanhantes apresentem restrição física, devendo receber proteção contra radiação espalhada e estar fora do feixe primário. Mulheres grávidas não devem ser autorizadas a ajudar. A explicação do procedimento para todos os envolvidos (pais, acompanhantes e crianças) é essencial para melhorar a cooperação.

- Tamanho do campo e limitação do feixe: um campo muito colimado pode prejudicar o diagnóstico. Um campo muito grande degradará o contraste e a resolução, aumentando a radiação espalhada e irradiando áreas desnecessárias do corpo. A tolerância para o tamanho máximo de campo (para permitir que todo campo de interesse seja incluído) no período neonatal é de 1,0 cm em cada borda. Para o período além neonatal é de 2,0 cm.

Os fatores técnicos de exposição são os seguintes:

- Valor nominal do ponto focal: entre 0,6 e 1,3 mm é adequado para pacientes pediátricos.

- Filtração adicional: a maioria dos tubos possui filtração inerente mínima de 2,5 mm Al. A filtração adicional pode reduzir ainda mais a radiação de baixa energia (que só causa dose no paciente), permitindo o uso de tensão radiográfica mais alta e tempos de exposição mais curtos. Portanto é apropriado 0,2 mm Cu ou mais.

- Grade antiespalhamento: em lactentes e crianças mais jovens (produzem pouca radiação espalhada) o uso de grade é desnecessário. O não uso acarretará em doses menores de radiação. Grades removíveis são desejáveis para o exame com fluoroscopia.

- Distância objeto filme e distância do intensificador de imagem: devem ser a menor possível. Isso tem um significado particular ao usar controle automático de brilho (CAB).

- Distância fonte detector: geralmente é 115 cm quando o tubo está sobre a mesa e 150 cm quando a mesa está na posição vertical.

- Tensão radiográfica mínima: 70 kV, permitindo tempos de exposições mais curtos.
- CAE: bebês prematuros geralmente pesam menos de 1.000 g e adolescentes se aproximam de 70 kg. O CAE deve adaptar-se a esse intervalo.
- CAB: deve ser desligado durante exames fluoroscópicos onde existem áreas relativamente grandes de material de contraste positivo para evitar doses excessivas.
- Tempo de exposição: devem ser curtos, possíveis apenas com geradores poderosos, bem como retificação ideal e interruptores de tempo precisos.

Uma síntese das recomendações, assim como a incorporação de outras, é apresentada na Tabela 31:

Tabela 31 – Recomendações da *European Commission* (1996) – Fatores técnicos para fluoroscopia pediátrica.

<b>Fatores Técnicos</b>	
Tensão do tubo	≥ 70 kV
Valor nominal do ponto focal	0,6 mm
Filtração adicional	0,2 mm Cu ou mais
Grade antiespalhamento	Sem grade para crianças < 6 meses de idade
Distância objeto-detector	A menor possível
Taxa de dose na entrada do tubo intensificador de imagens padrão de 25 cm de diâmetro	0,1 mGy/s para bebês 0,2 mGy/s para crianças Máximo: 0,6 mGy/s
CAE	Sim
Modo Fluoroscopia	Pulsada
Uso de captura de imagem – <i>Last Image Hold</i> (LIH)	Sim
Colimador de multilâminas ajustáveis ( <i>multileaf</i> ) ou íris diafragmática	Sim
Tamanho de campo mínimo gravado	≤ 4x4 cm <sup>2</sup>

Fonte: EUROPEAN COMMISSION, 1996.

### 2.3.2 Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy – IAEA (2001)

Trata-se de uma publicação de dados apontados em uma conferência realizada na Espanha em 2001, organizada pela *International Atomic Energy Agency* (IAEA), em cooperação com outras instituições. Dentre os tópicos abordados na conferência e relevantes para esta pesquisa estão: proteção radiológica de pacientes pediátricos, proteção radiológica médica e ocupacional em radiologia intervencionista, incluindo fluoroscopia e ensinamentos obtidos em radiologia.

Em relação à proteção radiológica de pacientes pediátricos, a conferência apontou as seguintes considerações:



- Crianças e lactentes necessitam cautela específica devido: aos riscos de efeitos estocásticos serem maiores do que em adultos, à extensa variação de peso que prejudica a padronização do procedimento e, por fim, ao grande número de procedimentos executados anualmente (acima de 250 milhões) em todo o mundo.
- Irregularidades consideradas: insuficiente colimação, dispositivos impróprios para imobilização, controles de qualidade ineficientes, ausência de fatores técnicos apropriados às diferentes faixas etárias. Cita-se também as incertezas em relação ao princípio da justificação e as dificuldades na otimização da proteção radiológica. Considera-se que em condições ideais, as doses poderiam ser reduzidas em 35 a 75% sem interferir na qualidade diagnóstica.
- Recomendações: desenvolvimento de protocolos para a solicitação do exame com indicações clínicas precisas, seguindo acertadamente o princípio da justificação; otimização de parâmetros técnicos apropriados para pediatria, incluindo aprimoramento de equipamento e equipe, elaboração de diretrizes que atendam o preparo do paciente, fatores de exposição e critérios de qualidade da imagem.

Em relação à proteção radiológica, médica e ocupacional em radiologia intervencionista, a publicação apresentou as seguintes ponderações:

- As doses em radiologia intervencionista são relativamente altas, capazes de provocar efeitos determinísticos em pacientes, ocasionando maior preocupação com a pele dos mesmos. Em relação à dosimetria ocupacional, a maior preocupação ocorre com o cristalino e as mãos.
- Programas de educação e treinamento devem abordar também profissionais não radiologistas (cardiologistas, cirurgiões, urologistas, etc.), que executam doses mais altas.
- Níveis de referência em radiologia intervencionista podem colaborar com o domínio dos efeitos estocásticos. Quanto aos efeitos determinísticos, as doses devem ser acompanhadas continuamente, a fim de observar se estas alcançam os limiares.

Em relação ao tópico ensinamentos obtidos em radiologia, a conferência apontou métodos para reduzir a dose de entrada durante fluoroscopia com alta taxa de dose (Tabela 32).

Tabela 32 - Fatores técnicos para redução de dose de entrada em fluoroscopia.

<b>Métodos de redução da dose de entrada</b>	<b>Dose de entrada relativa (%)</b>
Colimação	60
Remoção da grade	50
Potencial aplicado aumentado	60- 90
Filtragem adicional	40- 80
Fluoroscopia pulsada	10- 80

Fonte: *INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY*, 2001.

A publicação reiterou ainda que esses dados devem favorecer o intervencionista a restringir doses desnecessárias não apenas para o paciente, mas também para a equipe ocupacionalmente exposta.

### 2.3.3 *Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR) VII: Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation - BEIR VII (2006)*

Este relatório, publicado em 2006 pelas Academias Nacionais sobre os efeitos da radiação na saúde, é o sétimo de uma série de publicações que desenvolvem estimativas de risco para câncer e outros efeitos na saúde, decorrentes da exposição à radiação ionizante com baixas doses (próxima à zero até 100 mSv) e de baixa Transferência de Energia Linear (LET).

Dentre três modelos existentes, o modelo de risco defendido por BEIR VII é o *linear-no-threshold* (LNT). Este modelo assume que não existe um limiar, ou seja, que a menor dose de radiação possua um potencial linear para causar um aumento no risco de câncer e outros efeitos para seres humanos.

### 2.3.4 *Radiological Protection in Pediatric Diagnostic and Interventional Radiology – ICRP (2013)*

A ICRP publicou em 2013 o relatório 121: “*Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology*”, com o intuito de viabilizar princípios orientadores de radioproteção para a equipe de diagnóstico por imagem e procedimentos intervencionistas em pacientes pediátricos.

A publicação reitera o risco médio mais alto de pacientes pediátricos desenvolverem câncer em comparação aos adultos expostos à mesma dose, devido à expectativa de vida mais longa, possibilitando que haja mais tempo para que

qualquer efeito prejudicial da radiação se manifeste, além de apresentarem órgãos e tecidos mais sensíveis.

O relatório evidencia que o princípio da justificação deve ser rigorosamente aplicado para todos os procedimentos que utilizem radiação ionizante e ressalta que o uso de modalidades de imagem não ionizantes deve sempre ser ponderado.

Outro princípio abordado é o da otimização, cujo objetivo é equilibrar os parâmetros de imagem e estabelecer medidas de proteção, resultando em um diagnóstico de qualidade com a menor dose praticável de radiação.

Por conseguinte, a publicação apresenta algumas recomendações em proteção radiológica direcionadas para equipe ocupacionalmente exposta em modalidades específicas, dentre elas, fluoroscopia e radiologia intervencionista.

As principais orientações estão listadas a seguir:

- Posicionamento preciso do paciente: mesmo que este não seja colaborativo, mantendo assim a centralização do feixe, projeção e colimação adequadas. As ferramentas de imobilização devem ser de fácil manuseio e não devem causar traumas para os envolvidos (paciente, acompanhantes, IOEs). O procedimento e a aplicação dessas ferramentas devem ser explicados ao acompanhante e à criança, incluindo o que será exigido deles e onde é preferível se posicionar. O paciente pediátrico só deve ser mantido por IOEs em cenários excepcionais, como restrições físicas por parte dos pais ou acompanhantes. Caso contrário, eles devem receber proteção plumbífera à radiação espalhada, ou seja, não devem permanecer em feixe primário.
- Tamanho do campo e limitação do feixe de raios X: é importante usar a colimação para expor apenas a área de interesse para o exame. Um certo grau de flexibilidade pode ser necessário, mas campos muito grandes são inapropriados. A falta de colimação entrega radiação fora da região de diagnóstico, aumentando a radiação espalhada, o que danifica o contraste e a resolução da imagem. Em contrapartida, campos muito pequenos podem gerar erro diagnóstico ou exigir uma segunda exposição. A limitação do feixe apropriada para todas as faixas etárias e patologias é motivada, contudo, exige conhecimento de anatomia e de distúrbios específicos da idade. Exige-se cuidado em radiografia digital/computadorizada, pois as técnicas de pós-processamento utilizadas para cortar a imagem podem mascarar a falta de colimação.

- Blindagem no paciente: a proteção plumbífera ou equivalente depende da qualidade da radiação, ou seja, a efetividade da proteção decorre da energia. A blindagem deve ser posicionada na proximidade do campo de diagnóstico, protegendo da radiação espalhada. Caso mal posicionada, prejudicará a informação diagnóstica e aumentará a dose devido ao CAE (o sistema aumenta inadequadamente a corrente do tubo na área de blindagem). De tal maneira, alguns autores e instituições citados pelo relatório (apud COLOMBO *et al.*, 2004; GELEIJNS *et al.*, 2006; KALRA *et al.*, 2009) recomendam o não emprego da proteção.
- Tamanho nominal do ponto focal: indica o detalhe da imagem. Pequeno ponto focal e curto tempo de exposição devem estar em equilíbrio. Em casos de tubos bifocais, a opção mais adequada pode não ser o menor tamanho. Um ponto focal entre 0,6 e 1,3 frequentemente é adequado para pacientes pediátricos.
- Filtração adicional: a radiação de baixa energia, que ocasiona dose para o paciente, é reduzida com a aplicação de filtros. A maioria dos tubos possui filtração inerente de 2,5 mm Al. Filtros adicionais podem restringir ainda mais essa radiação improdutiva. A ressalva ocorre em neonatos ou bebês muito pequenos, pois as energias do feixe são relativamente baixas. Os equipamentos para fins pediátricos devem ter a capacidade e a facilidade de adicionar e trocar filtros quando conveniente. Como filtração adicional, até 1 mm Al mais 0,1 ou 0,2 mm Cu são apropriados na maioria das vezes.
- Grade antiespalhamento: o emprego dessa ferramenta resulta em maior contraste e maior dose para o paciente. Neonatos e crianças menores de 8 anos não necessitam de grade antiespalhamento devido à radiação espalhada ser relativamente baixa. Por conseguinte, a não aplicabilidade da grade restringe doses excessivas. Grades removíveis são desejáveis não apenas para unidades fluoroscópicas mas para todos os equipamentos utilizados em pacientes pediátricos.
- Distância Foco Imagem: uma possibilidade de reduzir a dose de entrada na pele é manter a mesa de exames o mais distante possível do tubo de raios X. Já o intensificador de imagem deve estar o mais próximo possível do paciente para potencializar a captura de raios X.
- CAE: é dependente da energia e deriva de acordo com a câmara selecionada. Pacientes pediátricos apresentam uma faixa de tamanho extremamente variável, por

isso a otimização do CAE torna-se necessária. Portanto, radiologistas e tecnólogos treinados em radiologia pediátrica são mais aptos a operar o equipamento.

- CAB: deve ser desligado durante a fluoroscopia, principalmente em áreas com grande atenuação a fim de evitar doses excessivas.
- Tempo de exposição: em pediatria geralmente a colaboração do paciente é mais difícil, logo, os tempos de exposição devem ser curtos.
- Fluoroscopia pulsada: seu uso é extremamente motivado pois reduz o tempo de exposição e, conseqüentemente, a dose de radiação, sem deteriorar contraste ou resolução espacial de forma significativa. São adequados, para orientação e monitoramento, 3 a 8 pulsos por segundo.
- Equipamento de proteção coletivo: o uso de cortina de chumbo instalada na mesa de exames pode preservar as pernas dos IOEs da radiação espalhada.
- *Last Image Hold* (LIH): a retenção da última imagem deve ser usada para discutir achados radiográficos, nunca em tempo real.
- Posicionamento do intensificador de imagem: deve estar corretamente posicionado sobre a área de interesse antes do início da fluoroscopia, através da colimação virtual.
- Alarme sonoro: em determinados períodos o alerta sonoro é emitido para auxiliar na limitação do tempo de fluoroscopia.
- Produto kerma área ( $P_{k,a}$ ) deve ser registrado e comparado aos valores de referência.
- Experiência dos IOEs: os procedimentos, principalmente os aplicados em neonatos, devem ser executados por operadores intervencionistas pediátricos experientes, por razões de radioproteção.
- Treinamento dos IOEs: toda a equipe exposta ocupacionalmente deve receber treinamento em física e proteção radiológica. Em alguns países, um segundo nível de treinamento para pediatria é obrigatório.

### 2.3.5 *European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Pediatric Imaging – EUROPEAN COMMISSION (2018)*

O relatório 185 publicado em 2018 aborda principalmente a relevância dos Níveis de Referência de Diagnóstico (DRLs), recomendados inicialmente pela ICRP em 1991.

Essa ferramenta é aplicada na radioproteção do paciente, pois aponta as doses excepcionalmente altas, oportunizando a otimização e a ação corretiva quando necessárias.

O documento defende que se deve ter cautela ao estabelecer e usar DRLs em radiologia pediátrica, uma vez que crianças apresentam maiores riscos aos efeitos prejudiciais da exposição à radiação, comparadas aos adultos.

As principais intenções do relatório são recomendar uma metodologia para instituir e empregar os DRLs em radiologia pediátrica diagnóstica e intervencionista, atualizar e expandir os DRLs europeus e estabelecer o uso de DRLs, além de apresentar uma revisão dos DRLs existentes, assim como suas vantagens e limitações.

Os exames com fluoroscopia que apresentam contribuição importante na dosimetria coletiva encontram-se na lista de recomendação do documento e devem ter seus DRLs estabelecidos (Tabela 33).

Tabela 33 – Exames fluoroscópicos cujos DRLs devem ser estabelecidos.

<b>Região anatômica</b>	<b>Procedimento</b>
Trato Urinário	Uretrocistografia miccional
TGI	SEED Enema opaco

Fonte: *EUROPEAN COMMISSION*, 2018.

Os DRLs devem ser estabelecidos através da grandeza  $P_{k,a}$ , acompanhados de informações como tempo de exposição e número de radiografias executadas.

Ainda que as recomendações para o estabelecimento de DRLs pediátricos seja contundente, existem poucos DRLs disponíveis. Isso ocorre devido ao menor quantitativo de exames nesta faixa etária que em adultos, às variações de dose em razão da diversidade antropométrica, à falta de metodização dos procedimentos, às diferenças de DRLs entre instituições, dentre outros.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DO EXPERIMENTO

O estudo foi desenvolvido em Hospital Universitário na cidade de Curitiba, no setor de radiologia, em junho de 2018.

O equipamento utilizado para realizar fluoroscopia e radiografias foi o telecomandado modelo AXIOM ICONOS MD, SIEMENS, com conjunto da ampola de raios X sobre a mesa articulável (Tabela 34).

Tabela 34 – Descrição técnica dos principais componentes do sistema AXIOM ICONOS MD (continua).

<b>Topo da mesa e paciente</b>	
Inclinação da mesa	Motorizada, + 90° a - 17°; velocidade de inclinação 4°/s; parada automática na posição horizontal do sistema (0°)
Altura da mesa	89 cm
Topo da mesa	Superfície resistente a riscos; valor equivalente de 0,6 mm Al a 100 kV/2,7 mm Al de camada semirredutora (HVL) (DHHS de acordo com FDA); 0,65 mm Al a 100 kV/3,7 mm Al HVL (IEC 601-1-3). Dimensões 210 x 80 cm, trilhos de acessórios planos rádio translúcidos de 193 x 55 cm
Peso do paciente	Até 150 kg sem limitações; de 150 a 200 kg com limitações
Altura da mesa	89 cm
Distância do topo da mesa ao filme	7,8 cm
Distância do topo da mesa à tela de entrada do intensificador de imagem	12 cm
<b>Suporte do tubo de raios X</b>	
Distância da fonte à imagem	115 e 150 cm com ajuste motorizado, velocidade aproximada de 4 cm/s
<b>Transportador do receptor de imagem/Dispositivo do filme local</b>	
Cassetes	Transporte frontal para cassetes de acordo com normas IEC, ANSI e DIN e formatos de 18 x 24 cm a 35 x 43 cm ou de 8" x 10" a 14" x 17"; carregamento, centralização e sensibilidade automáticos ao formato
Sensibilidade automática ao tamanho do cassete	Selecionável para exposições com cassete/dispositivo do filme local
Grade de radiação espalhada	Oscilante para cassetes de radiografia (configuráveis pelo serviço de atualização), Pb 17:1; 70 linhas, f0 = 125 cm, grade pode ser movida dentro e fora em 4 s
<b>Conjunto do tubo de raios X</b>	
OPTILIX	150/30/50HC-100
Voltagem nominal	150 kV (IEC 613)
Filtragem inerente	1,5 mm Al a 80 kV
Valor nominal do ponto focal	0,6/1 (IEC 336)
<b>Colimador primário</b>	
Filtragem inerente	1,0 mm Al a 70 kV

Tabela 34 – Descrição técnica dos principais componentes do sistema AXIOM ICONOS MD (continuação).

Filtros adicionais acionados manualmente no colimador	0,1 mm de Cu correspondente a 3,5 mm de Al temperado equivalente a 80 kV; 0,2 mm de Cu correspondente a 7,1 mm de Al temperado equivalente a 80 kV; 0,3 mm de Cu correspondente a 10,8 mm de Al temperado equivalente a 80 kV;
<b>Intensificador de imagem SIRECON 33-3MD/GD</b>	
Diâmetro nominal	33 cm (IEC 1262-1)
Diâmetros utilizáveis de entrada	30,3 cm/ 21,5 cm/ 16 cm (IEC 1261-1)
Resolução visual	Valor mínimo: 3,4/4,4/5 LP/mm Valor médio: 4/5/5,6 LP/mm
Fator de conversão	≥ 30 (cd/m <sup>2</sup> ) – (s/μGy) (IEC 1262-2)
Relação de contraste	≥ 25:1 (a 10% da área) (IEC 1262-6)
Eficiência quântica de detecção (DQE)	65% (IEC 1262-5)
<b>Sistema de TV</b>	
Sistema de TV VIDEOMED DHC	Câmara de TV de alta resolução com sensor sem manutenção 1 K dispositivo de carga acoplada (CCD) para fluoroscopia digital e fluororadiografia
Sistema dinâmico	Tipo de 62 dB de relação sinal/ruído
Matriz da TV	Matriz 1 K x 1 K em escalas de cinza de 10 bits
Taxa de quadros na TV	Máximo de 30 imagens por segundo
Controle de brilho	Brilho constante de imagem por meio de controle automático de ganho
<b>Display</b>	
Tela diagonal	Tela plana do monitor de 17"/43 cm
<b>Sistema de imagem digital FLUOROSPOT Compact</b>	
Sistema de aquisição de imagem	Microprocessador compatível ao Intel ® com arquitetura da linha de transmissão em placa de circuito impressos (PCI); mínimo de 2 GHz; RAM de 1 GB e cartões de interface para a câmera/sistema de raios-X; baseado no sistema operacional Windows 2000 ®
Modos de operação	Contínuo com 30 imagens por segundo. Matriz de 1.024 x 512/10 bits e filtração digital, armazenamento de imagens de fluoroscopia, média deslizante de peso Técnica digital de filme local com matriz de 1.024 x 1.024/10 bits; filtragem digital; imagem individual e exposições seriais com 0,5/1/2/3 ou 4 imagens por segundo
	– Fluoroscopia digital
	– Radiografia digital
Taxas de quadros de imagem	Fluoroscopia contínua de 30 imagens por segundo; matriz de 1.024 x 512/10 bits. Aquisição serial de 1.024 x 1.024 de 0,5/1/2/3 ou 4 imagens por segundo
<b>CARE</b>	
Carematic	Sistema automático de controle de raios X para otimização e cálculo completamente automáticos dos dados de exposição baseados nos valores de fluoroscopia
<b>Gerador de raios X</b>	
POLYDOROS LX 50	Gerador de alta frequência com controle de fluoroscopia e controle automático de exposição IONTOMAT
Saída	50 kW (500 mA a 100 kW/50 kW de acordo com IEC 60601)
Voltagem de exposição	40 a 150 kV



Tabela 34 – Descrição técnica dos principais componentes do sistema AXIOM ICONOS MD (conclusão).

<b>Acionamento da fluoroscopia</b>	
Acionamento	Comutador de pé. Após soltar o comutador, a última imagem é retida e visualizada no monitor, LIH.

Fonte: SIEMENS, 2011.

O equipamento utilizado para quantificar a radiação ionizante foi a câmara de ionização de placas paralelas da marca Radcal Corporation, modelo 10X5-6, com volume sensível de 180 cm<sup>3</sup> (Tabela 35).

Tabela 35 – Especificações técnicas da câmara 10X5-6.

Taxa	100 nR/s - 0,6 R/s	1 nGy/s - 4,9 mGy/s
Exposição	200 nR - 2,0 kR	2 nGy - 17 Gy
Limite automático de dose	72 µR/s	1 µGy/s
Precisão da calibração	± 4% usando raios X a 150 kVp e 10,2 mm Al HVL	
Dependência da taxa de exposição	+ 5%, 20 mR/h a 2000 R/h	
Dependência de energia	± 5%, 30 keV a 1,33 keV (com material de construção)	
Construção	Paredes e eletrodo de policarbonato; revestimento externo em grafite condutor; 180 cm <sup>3</sup> volume ativo; 0,11 kg	
Área ativa	100 cm <sup>2</sup>	
Tempo de resposta	Modo de onda ativado: <5 ms	
	Modo de onda desativado: 100ms	

Fonte: RADCAL CORPORATION, 2016.

O certificado de calibração da câmara, realizada pelo Laboratório de Ensaio de Produtos para a Saúde (LABPROSAUD), é CI27-18 (de 15/05/2018), o qual forneceu um fator de calibração, para 70 kVp, de 1,021 com 1,8% de incerteza.

A câmara de ionização foi conectada ao eletrômetro de mesma marca, modelo 9010 (Figura 1), que por sua vez, fez a correção automática da sua medida pela temperatura e pressão do ambiente no momento do experimento.

Figura 1 – a) Câmara de ionização de placas paralelas. b) Eletrômetro.



Fonte: A AUTORA, 2019.

Dois manequins fabricados com polietileno foram utilizados para simular o paciente pediátrico e o IOE feminino (Figura 2). Suas dimensões, comprimento x largura x altura, são: 20 cm x 18 cm x 44 cm e 20 cm x 19 cm x 50 cm, respectivamente. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2020), as medidas do simulador pediátrico correspondem a crianças de 1 ano de idade, tornando-se relevante, portanto, a replicação do presente estudo para as outras faixas etárias. Ambos simuladores foram preenchidos com água, servindo de espalhadores da radiação.

Figura 2 – a) Simulador do paciente pediátrico; b) Simulador do IOE.



Fonte: A AUTORA, 2019.

A água foi selecionada como substituto de tecido pois seu coeficiente de atenuação é semelhante ao do tecido humano. Esse coeficiente depende primeiramente da razão entre número atômico e massa ( $Z/A$ ) (Tabela 36) (NIST, 2004).

Tabela 36 – Razão entre número atômico e massa.

<b>Material</b>	<b>Z/A</b>
Água	0,55508
Músculo Esquelético	0,55000
Tecido Adiposo	0,55579
Polietileno	0,57033

Fonte: NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, 2004.

Os fatores determinadores para a escolha do polietileno como substituto de tecido foram seu coeficiente de atenuação e seu formato humano.

### 3.2 SIMULAÇÃO DO EXAME DE SEED PEDIÁTRICO – PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO

A primeira etapa teve como objetivo simular o exame completo de SEED. O simulador pediátrico foi colocado sobre a mesa de exames, que estava na posição horizontal, com distância foco isocentro de 95 cm. O simulador feminino (IOE) foi disposto na posição típica de trabalho para conter os membros inferiores com distância até o isocentro de 50 cm, servindo apenas de espalhador de radiação. A câmara de ionização também foi disposta a 50 cm do isocentro, representando o IOE que geralmente contém os membros superiores e/ou administra o contraste via oral. Tanto o simulador feminino quanto a câmara de ionização distam do chão 115 cm, representando a região torácica em que o dosímetro é posicionado (Figura 3).

Figura 3 – Configuração experimental. 1) Simulador do paciente pediátrico. 2) Simulador do IOE. 3) Câmara de ionização. 4) Mesa articulada.



Fonte: A AUTORA, 2019.

Os parâmetros técnicos empregados no experimento, assim como a técnica (fluoroscópica e radiográfica) comumente utilizada pela instituição, podem ser observados na Tabela 37.

Tabela 37 – Parâmetros técnicos para simulação de SEED pediátrico (primeira etapa do estudo).

<b>Parâmetros técnicos para SEED pediátrico</b>		
Distância do IOE ao isocentro	50 cm	
Distância da câmara de ionização ao isocentro	50 cm	
Distância foco imagem	115 cm	
Distância foco - isocentro	95 cm	
Distância da câmara de ionização até o chão	115 cm	
Tamanho de campo totalmente aberto sobre a mesa	28 cm x 28 cm	
Tamanho de campo dividido em três partes sobre a mesa	15 cm x 28 cm	
Filtro adicional	0,3 mm (Cu)	
Valor nominal do ponto focal	0,6 mm	
Tempo total de fluoroscopia	2,30 min	
Dimensões do simulador de paciente (idade – 1 ano): comprimento x largura x altura	20 cm x 18 cm x 44 cm	
Espessura torácica do simulador de paciente (idade – 1 ano)	16 cm	
Dimensões do simulador IOE: comprimento x largura x altura	20 cm x 19 cm x 50 cm	
Técnica para fluoroscopia (idade – 1 ano)	83 kVp	2 mAs
Técnica para radiografia (idade – 1 ano)	68 kVp	28 mAs

Fonte: A AUTORA, 2019; WHO, 2020.

Foram realizadas três medições da taxa de dose (fluoroscopia) para cada uma das cinco incidências do exame (AP, pré contraste; AP de esôfago; Perfil de esôfago; OPD de junção esôfago-gástrica e AP de Treitz). Além disso, foram mensuradas as doses nas radiografias também realizadas em cada incidência (Tabela 38).

Tabela 38 – Configuração da coleta de dados na simulação de SEED pediátrico para estimar dose ocupacional a 50 cm do objeto espalhador.

<b>Disposição da coleta de dados</b>					
<b>Incidência</b>	<b>Cassete</b>	<b>Técnica fluoroscópica</b>	<b>Modo taxa de dose (µGy/min)</b>	<b>Técnica radiográfica</b>	<b>Modo acumulado de dose (µGy)</b>
1 – AP, pré contraste	18 x 24 cm panorâmico	83 kVp 2 mAs	Medida 1	68 kVp 28 mAs	Medida 1
			Medida 2		Medida 2
			Medida 3		Medida 3
2 – AP de esôfago	35 x 43 cm seriado em 3	83 kVp 2 mAs	Medida 1	68 kVp 28 mAs	Medida 1
			Medida 2		Medida 2
			Medida 3		Medida 3
3 – Perfil de esôfago	35 x 43 cm seriado em 3	83 kVp 2 mAs	Medida 1	68 kVp 28 mAs	Medida 1
			Medida 2		Medida 2
			Medida 3		Medida 3
4 – OPD de junção esôfago-gástrica	35 x 43 cm seriado em 3	83 kVp 2 mAs	Medida 1	68 kVp 28 mAs	Medida 1
			Medida 2		Medida 2
			Medida 3		Medida 3
5 – AP de Treitz	18 x 24 cm panorâmico	83 kVp 2 mAs	Medida 1	68 kVp 28 mAs	Medida 1
			Medida 2		Medida 2
			Medida 3		Medida 3

Fonte: A AUTORA, 2019.

A média, DP e o erro estatístico da medição, tanto para modo taxa de dose quanto para modo dose acumulada, foram calculados levando em consideração o coeficiente t de *Student*.

Uma vez conhecido o número de incidências (cinco), o presente estudo registrou:

- Taxa de dose para cada incidência.
- Tempo total de exame.
- Dose acumulada para cada incidência.

Sendo assim, o método de cálculo, escolhido para a avaliação da dose efetiva por procedimento, considerou:

- Média das taxas de dose para cada incidência.
- Tempo total de exame.
- Soma da dose acumulada para cada incidência.

Entendendo que a dose cresce ou decresce mediante o fator tempo, a dose por procedimento foi avaliada também, para o tempo médio mencionado pela IAEA (2017) de um estudo com bário: 3 a 6 min por paciente.

Para possibilitar a comparação dos resultados com outros estudos, foi necessário levar em consideração além do erro estatístico, o erro da calibração. O método utilizado para este cálculo foi o de propagação de incertezas.

Para inferir o Equivalente de Dose Pessoal  $H_p(10)$ , foi realizada a multiplicação da dose em kerma por coeficiente 1,14 (TAUHATA *et al.*, 2013).

Um levantamento da quantidade de seriografias pediátricas de 0 a 16 anos foi realizado através do Sistema de Informação Hospitalar (SIH), compreendendo o período de 01/01/2017 a 31/12/2017.

Esse levantamento foi executado para avaliar a dose efetiva que os profissionais receberam anualmente. Portanto, foi procedida a multiplicação do valor do Equivalente de Dose Pessoal  $H_p(10)$  do experimento pela quantidade de exames realizados dentro do ano de 2017, nos quais os IOEs permaneceram dentro da sala de exames.

### 3.3 PARÂMETROS TÉCNICOS MODIFICADOS – SEGUNDA ETAPA DO ESTUDO

A segunda etapa teve como objetivo adquirir a taxa de dose ao serem modificados determinados fatores que influenciam as distribuições de dose ocupacionais: colimação, distância do IOE ao isocentro, espessura da vestimenta plumbífera do IOE e filtração adicional.

Cada fator foi analisado de forma independente, utilizando-se o posicionamento AP, pré contraste, da primeira etapa do estudo.

Todos os outros fatores técnicos, com exceção do analisado, foram mantidos de acordo com a primeira etapa do estudo (Tabela 37).

O primeiro parâmetro investigado foi a colimação. A taxa de dose foi adquirida tanto para o tamanho de campo de 15 cm x 28 cm sobre a mesa, quanto para 28 cm x 28 cm sobre a mesa.

A distância do IOE ao isocentro foi analisada com 50, 100, 150 e 250 cm .

Em relação à vestimenta plumbífera, foram estudadas as taxas de dose para: sem avental, 0,25 e 0,50 mm de equivalência em Pb. Um suporte semelhante a um cabide foi utilizado para sustentar os aventais durante as medições.

Por fim, as taxas de dose foram adquiridas para exposições realizadas sem filtração adicional e com filtros de com 0,1 e 0,3 mm Cu.

A média, DP e o erro estatístico da medição, para os quatro fatores mencionados acima, foram calculados.

A pesquisa não foi submetida à apreciação do Comitê de Ética por não envolver seres humanos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 SIMULAÇÃO DO EXAME DE SEED PEDIÁTRICO – PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO

A Tabela 39 apresenta a taxa de dose na fluoroscopia e dose na produção de imagens radiográficas para cada uma das cinco incidências do exame. O erro estatístico ( $P = 68,3\%$ ) foi de  $0,05 \mu\text{Gy}/\text{min}$  e  $0,03 \mu\text{Gy}$ , respectivamente.

Tabela 39 - Taxa de dose na fluoroscopia e dose na produção de imagens radiográficas.

Posição do exame	Fluoroscopia ( $\mu\text{Gy}/\text{min}$ )	Radiografia ( $\mu\text{Gy}$ )
1 – AP, pré contraste	15,87	1,50
2 – AP de esôfago	16,83	3,20
3 – Perfil de esôfago	18,33	5,03
4 – OPD de junção esôfago-gástrica	17,07	4,03
5 – AP de Treitz	15,77	1,80

Fonte: A AUTORA, 2019.

O valor médio da taxa de dose na fluoroscopia ( $16,77 \mu\text{Gy}/\text{min}$ ) foi utilizado para calcular a dose total recebida pelo IOE (Tabela 40). A variável tempo (2,3 min) não corresponde à duração média das 32 séries TGI pediátricas, que exigiram profissionais dentro da sala de exames, realizadas em 2017, mas à duração do experimento do estudo. É uma variável que influencia a dose ocupacional e a dose do paciente e, de acordo com a IAEA (2017), está abaixo da média dos estudos com bário (3 a 6 min por paciente).

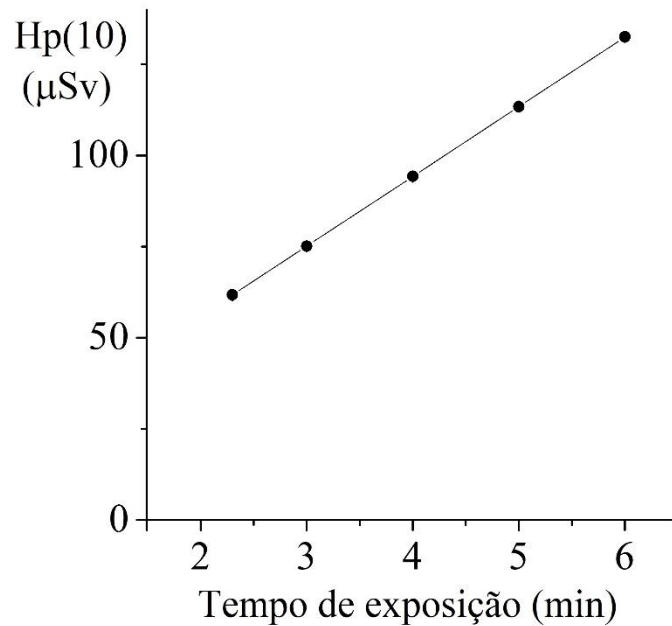
Tabela 40 – Dose recebida pelo IOE em função do tempo, por procedimento.

Tempo de fluoroscopia (min)	Dose na fluoroscopia ( $\mu\text{Gy}$ )	Dose na radiografia ( $\mu\text{Gy}$ )	Dose efetiva total ( $\mu\text{Gy}$ )	$H_p(10)$ ( $\mu\text{Sv}$ )
2,3	$38,58 \pm 0,42$	$15,567 \pm 0,068$	$54,15 \pm 0,43$	$61,73 \pm 0,49$
3,0	$50,32 \pm 0,43$	$15,567 \pm 0,068$	$65,89 \pm 0,43$	$75,11 \pm 0,49$
4,0	$67,09 \pm 0,43$	$15,567 \pm 0,068$	$82,66 \pm 0,44$	$94,23 \pm 0,50$
5,0	$83,87 \pm 0,44$	$15,567 \pm 0,068$	$99,43 \pm 0,44$	$113,35 \pm 0,50$
6,0	$100,64 \pm 0,44$	$15,567 \pm 0,068$	$116,21 \pm 0,45$	$132,48 \pm 0,51$

Fonte: A AUTORA, 2019.

O Equivalente de Dose Pessoal  $H_p(10)$  por procedimento, considerando dose total em kerma e o coeficiente 1,14, é apresentada no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Equivalente de Dose Pessoal Hp(10).



Fonte: A AUTORA, 2019.

A estimativa da dose efetiva à qual o profissional foi exposto anualmente, devido ao exame pediátrico de SEED, considerando os 32 procedimentos realizados durante o ano de 2017, é apresentada na Tabela 41.

Tabela 41 - Dose efetiva anual durante exame de SEED pediátrico.

Tempo de fluoroscopia	2,3 min	3,0 min	4,0 min	5,0 min	6,0 min
Dose efetiva anual (mSv)	1,98 ± 0,05	2,40 ± 0,06	3,02 ± 0,07	3,63 ± 0,08	4,24 ± 0,10

Fonte: A AUTORA, 2019.

## 4.2 PARÂMETROS TÉCNICOS MODIFICADOS – SEGUNDA ETAPA DO ESTUDO

As taxas de dose na fluoroscopia para o campo aberto e colimado são apresentadas na Tabela 42.

Tabela 42 - Taxa de dose para diferentes tamanhos de campo.

Tamanho de campo	Taxa de dose (µGy/min)
28 cm x 28 cm sobre a mesa (campo aberto)	13,40 ± 0,08
15 cm x 28 cm sobre a mesa (campo colimado)	16,47 ± 0,08

Fonte: A AUTORA, 2019.



Com relação à distância da câmara de ionização ao isocentro, foram realizados quatro ensaios (Tabela 43).

Tabela 43 - Taxa de dose em função da distância.

<b>Distância da câmara de ionização ao isocentro (cm)</b>	<b>Taxa de dose (<math>\mu\text{Gy}/\text{min}</math>)</b>
50	$16,47 \pm 0,03$
100	$4,03 \pm 0,03$
150	$1,90 \pm 0,03$
250	$0,47 \pm 0,03$

Fonte: A AUTORA, 2019.

As taxas de dose foram medidas para espessuras de dois aventais plumbíferos: 0,25 mm e 0,50 mm (Tabela 44).

Tabela 44 – Taxa de dose em função da espessura do avental plumbífero.

<b>Espessura do avental plumbífero (mm)</b>	<b>Taxa de dose (<math>\mu\text{Gy}/\text{min}</math>)</b>
Sem	$13,40 \pm 0,07$
0,25	$1,07 \pm 0,07$
0,50	$0,33 \pm 0,07$

Fonte: A AUTORA, 2019.

Em relação às filtrações adicionais, inseridas manualmente no colimador, as taxas de dose foram mensuradas para: 0,1 mm Cu e 0,3 mm Cu (Tabela 45).

Tabela 45 – Taxa de dose para diferentes filtrações adicionais. O erro estatístico ( $P = 68,3\%$ ) é igual a  $0,093 \mu\text{Gy}/\text{min}$ .

	<b>Sem filtração adicional</b>	<b>0,1 mm Cu</b>	<b>0,3 mm Cu</b>
<b>Taxa de dose (<math>\mu\text{Gy}/\text{min}</math>)</b>	21,167	16,133	12,100

Fonte: A AUTORA, 2019.

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 ESTIMATIVA DE DOSE RECEBIDA POR IOEs ENVOLVIDOS EM SEED PEDIÁTRICOS – PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO

São poucos os estudos sobre dosimetria ocupacional em exames pediátricos de SEED (COAKLEY *et al.*, 1997; DAMILAKIS *et al.*, 2006; FILIPOV *et al.*, 2015, 2017). A Tabela 46 apresenta os resultados da dose total por procedimento recebida pelos IOEs em exames de SEED pediátricos. O valor da dose efetiva por procedimento obtida no presente estudo ( $62 \pm 2 \mu\text{Sv}$ ) corresponde em ordem de grandeza com os resultados obtidos na literatura anteriormente (DAMILAKIS *et al.*, 2006; FILIPOV *et al.*, 2015, 2017).

Tabela 46 - Estimativa das doses recebidas pelos profissionais por procedimento.

Referência	Dose equivalente Ht ( $\mu\text{Sv}$ )			Equivalente de dose para fótons Hp(10) ( $\mu\text{Sv}$ )
	Tireoide	Extremidades	Cristalino	Corpo Inteiro
Presente estudo	-	-	-	$62 \pm 2$
COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	$1,5 \pm 0,4$	$5,8 \pm 1,0$	-	-
DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	-	47	-	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	$32 \pm 2$	$85 \pm 7$	$49 \pm 1$	-
	$52 \pm 12^a$	$83 \pm 39^a$	$48 \pm 9^a$	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	$28 \pm 9^b$	$43 \pm 7^b$	$25 \pm 6^b$	-
	$38 \pm 11^c$	$45 \pm 8^c$	$32 \pm 9^c$	-
	$13 \pm 5^d$	$43 \pm 7^d$	$13 \pm 4^d$	-

(a) Operador 1 (antes da otimização).

(b) Operador 1 (depois da otimização).

(c) Operador 2 (antes da otimização).

(d) Operador 2 (depois da otimização).

Fonte: A AUTORA, 2019.

O primeiro estudo desenvolvido nessa área, Coakley *et al.* (1997), indicou doses médias semanais para as mãos de 40 a 210  $\mu\text{Sv}$  e para tireoide de 20 a 50  $\mu\text{Sv}$ , considerando radiologistas e enfermeiros respectivamente. Observando a quantidade de exames, o valor da dose por procedimento não ultrapassa 13  $\mu\text{Sv}$ , que é significativamente menor do que o resultado obtido no presente estudo. Coakley *et al.* (1997) são os únicos que realizaram a estimativa sem a grade antiespalhamento. O não uso desse dispositivo ocasiona menores doses de radiação, por essa razão, normas e diretrizes recomendam sua descontinuidade em pediatria (European Commission, 1996; IAEA, 2001; ICRP, 2013).

Os demais autores, que por sua vez indicaram doses mais altas, executaram suas estimativas com aparelhos cujos tubos de raios X se encontram acima da mesa de exames. Esta geometria oferece algumas vantagens em termos de qualidade de imagem, mas as exposições ocupacionais são mais elevadas porque os níveis de radiação espalhada são mais altos (BUSHONG, 2017).

Filipov *et al.* (2015) investigaram a dose ocupacional por procedimento em mãos ( $85 \pm 7 \mu\text{Sv}$ ), cristalinos ( $49 \pm 1 \mu\text{Sv}$ ) e tireoides ( $32 \pm 2 \mu\text{Sv}$ ). Considerando que IOEs presentes dentro da sala de exames auxiliam principalmente no posicionamento e imobilização do paciente, é compreensível que as extremidades superiores estejam mais próximas do isocentro que qualquer outro sítio corporal, justificando os valores mais altos.

Mesmo assim, Damilakis *et al.* (2006), mensuraram doses médias de  $47 \mu\text{Gy}$  por procedimento em mãos de IOEs. A estimativa mais baixa pode estar associada a diversos fatores, dentre eles: menor número de radiografias e maior tensão do tubo.

No presente estudo, a contribuição das imagens radiográficas referente à dose efetiva total é de aproximadamente 30%, o que enfatiza a importância do conceito de *Last Image Hold* também para a exposição ocupacional.

Em relação à tensão do tubo, 70 kVp é a mínima recomendada pela *European Commission* (1996). Apenas Damilakis *et al.* (2006) executaram todo o exame com a tensão acima dos 70 kVp. O presente estudo foi executado com uma tensão um pouco abaixo do sugerido pela comissão, 68 kVp, no modo acumulado. Já o CAB operou com 83 kVp no modo fluoroscopia.

Filipov *et al.* (2017) indicaram doses médias por procedimento quase duas vezes menores após a otimização. Um dos fatores otimizados foi a tensão do tubo, de acordo com a recomendação da *European Commission* (1996), o que proporcionou redução de mAs.

Dos poucos estudos mencionados, percebe-se que existe uma variedade sobre os equipamentos empregados, grandeza para medição, profissionais avaliados, sítios corporais monitorados (Tabela 47), assim como parâmetros técnicos executados (Tabela 48), o que dificulta a confrontação dos resultados.

Tabela 47 – Metodologia empregada nos estudos que realizaram estimativa de dose ocupacional em SEED pediátrico.

Estudos	Equipamento para medições	Grandeza para medição	Profissional	Sítios corporais				
				Tireoide	Extremidades	Cristalino	Corpo Inteiro	
Presente	Câmara de ionização 10X5-6-180	Equivalente de dose para fótons Hp(10)	Tecnólogo/ Técnico em radiologia	-	-	-	X	
COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	TLDs (CaSO <sub>4</sub> )	Dose equivalente Ht	Radiologista	X	X	-	-	
			Enfermeiro	X	X	-	-	
DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	TLDs (CaF <sub>2</sub> )	Dose equivalente Ht	Operador <sup>a</sup>	-	X	-	-	
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	TLDs LiF: Mg, Cu, P (MCP)	Dose equivalente Ht	Operador <sup>a</sup>	X	X	X	-	
			Antes <sup>b</sup>	X	X	X	-	
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	TLDs LiF: Mg, Cu, P (MCP)	Dose equivalente Ht	Operador 1 <sup>a</sup>	Depois <sup>b</sup>	X	X	X	-
			Operador 2 <sup>a</sup>	Antes <sup>b</sup>	X	X	X	-
			Operador 2 <sup>a</sup>	Depois <sup>b</sup>	X	X	X	-
			Operador 2 <sup>a</sup>	Antes <sup>b</sup>	X	X	X	-

(a) Sem mencionar a categoria.

(b) Antes e depois da otimização.

Fonte: A AUTORA, 2019.

Diferentemente do presente estudo que utilizou câmara de ionização, o método imperante para as medições ocorreu através de dosímetros termoluminescentes. Mesmo assim, cada dosímetro apresenta um material com sensibilidade e grau de incerteza diferentes.

A grandeza dominante para medição foi a dose equivalente Ht, valor médio da dose absorvida num tecido ou órgão, apresentando relação com os sítios corporais estudados: tireoide, extremidades e cristalino.

Uma vez que o objetivo do presente estudo foi estimar a dose efetiva, a grandeza operacional utilizada foi o Equivalente de Dose Pessoal H<sub>p</sub>(10), leitura do dosímetro individual na superfície do tórax, calibrado em Kerma no ar, multiplicado pelo fator 1,14.

Em relação aos profissionais avaliados, não houve uma categoria dominante. Essa classificação é importante quando relacionada à distância em que cada profissional se encontra do isocentro. Este tópico será discutido na seção 5.4.2

Tabela 48 – Parâmetros técnicos empregados nos estudos que realizaram estimativa de dose ocupacional em SEED pediátrico.

Estudos	Unidade Fluoroscópica	Posição do Tubo	DFI (cm)	Proteção (mm Pb)	Modo Fluoroscopia	Grade	Faixa etária (anos)
Presente estudo	SIEMENS Axiom Iconos MD	Acima	115	Sem 0,25 0,50	Contínuo	Com	0 a 16
COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	Toshiba DC1050F	Abaixo	-	-	-	Sem	0 a 14
DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	Siemens: Siregraph C	Acima	115	-	-	-	0,04 a 0,5 0,5 a 1,25 <1
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	Philips Diagnost 93	Acima	-	-	Contínuo	Com	1-5 5-10 > 10 <1
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	Philips Diagnost 93	Acima	150 Após a otimização	0,5 Tiroide	Contínuo	Com	1 a 5 5 a 10 > 10

Tabela 48 (Continuação)

Estudos	Filtração Total (mm)	Tempo de Fluoroscopia (min)	Número de Radiografias	Tensão do tubo (kVp)	Corrente/produto corrente tempo
Presente estudo	1 Al 1 Al + 0,1 Cu 1 Al + 0,3 Cu	2,3	5	Fluor.: 83 Rad.: 68	Fluor.: 2 mAs Rad.: 28 mAs
COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	3,3 Al	3,3	4 a 10	60 a 70	200 mA
DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	4 Al	1,26 1,62	1,5 (AP) 1,7 (LAT) 1,7 (AP) 2,1 (LAT)	74,1 ± 3,8 (AP) 73,4 ± 4,5 (LAT)	2,1 ± 0,2 (AP) 2,1 ± 0,2 (LAT) mA
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	2,5 Al	1,6 ± 0,1 1,35 ± 0,04 1,2 ± 0,1 1,6 ± 0,1 Ant.:1,6 ± 0,4 Dep.:0,8 ± 0,1	4,7 ± 0,4 6,8 ± 0,2 6,6 ± 0,4 7,1 ± 0,4 Ant.:6,0 ± 1,1 Dep.:5,5 ± 0,5	59,1 ± 0,1 60,5 ± 0,1 62,3 ± 0,4 67,9 ± 0,8 Ant.:59,1 ± 0,4 Dep.:71,2 ± 0,5	2,3 ± 0,1 (LAT) mA 9,3 ± 0,4 mAs 9,5 ± 0,2 mAs 12,2 ± 0,3 mAs 16,1 ± 1,0 mAs Ant.:9,3 ± 1,3 Dep.:4,8 ± 0,6
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	2,5 Al	Ant.:1,4 ± 0,1 Dep.:1,0 ± 0,1 Ant.:1,2 ± 0,2 Dep.:1,1 ± 0,2 Ant.:1,6 ± 0,2 Dep.:1,1 ± 0,1	Ant.:6,8 ± 0,7 Dep.:6,4 ± 0,7 Ant.:7,6 ± 0,5 Dep.:6,3 ± 1,3 Ant.:6,9 ± 0,6 Dep.:5,7 ± 0,91	Ant.:60,6 ± 0,5 Dep.:71,9 ± 0,7 Ant.:62,7 ± 1,0 Dep.:70,0 ± 0,0 Ant.:68,8 ± 2,3 Dep.:78,8 ± 2,0	Ant.:9,5 ± 0,5 Dep.:4,3 ± 0,4 Ant.:12,1 ± 0,8 Dep.:5,2 ± 0,2 Ant.:16,0 ± 2,0 Dep.:5,7 ± 0,8

DFI: distancia fonte intensificador. AP: Ântero-posterior. LAT: lateral. Ant: antes. Dep: depois.

Fonte: A AUTORA, 2019.

O CAE foi utilizado por todos os estudos citados na Tabela 48. A *European Commission* (1996) refere que o CAE deve adaptar-se ao intervalo pediátrico de peso que pode variar entre menos de 1.000 gramas à 70 kg. A ICRP (2013) relata que à medida que pacientes pediátricos apresentam uma faixa de tamanho extremamente variável, a otimização do CAE torna-se necessária.

Em relação às distâncias da fonte ao intensificador, 115 ou 150 cm, apenas Filipov *et al.* (2017) mencionaram o uso de uma distância de 150 cm. Essa distância

maior pode reduzir a dose de entrada na pele do paciente (ICRP, 2013), reduzindo também a dose ocupacional.

Sobre o modo fluoroscopia, contínuo ou pulsado, nenhum estudo menciona o modo pulsado. A *European Commission* (1996) e a ICRP (2013) motivam o uso deste modo, uma vez que reduz o tempo de exposição e, conseqüentemente, a dose de radiação, sem deteriorar contraste ou resolução espacial de forma significativa. A ICRP (2013) sugere ainda como adequado para orientação e monitoramento 3 a 8 pulsos por segundo.

As doses dos pacientes pediátricos, para o mesmo tipo de exame, variam significativamente para todas as faixas etárias devido à diversidade antropométrica (*EUROPEAN COMMISSION*, 1996). A IAEA (2001) declarou que uma das irregularidades que ocorrem em proteção radiológica pediátrica é a ausência de fatores técnicos apropriados às diferentes faixas etárias e motiva o seu aprimoramento.

Damilakis *et.al.* (2006) analisaram o grupo 1 (0,5 a 5,9 meses) e o grupo 2 (6 a 15 meses). O tempo médio de fluoroscopia e a dose média foram superiores para o grupo 2.

Filipov *et al.*, (2015, 2017) analisaram pacientes classificados em: <1 ano; 1-5 anos; 5–10 anos e > 10 anos. Estes perceberam que além de algumas características dos pacientes que influenciam a exposição médica e a ocupacional (idade, sexo, massa corporal e espessura do corpo), a cooperação também é relevante. Entenderam que a dificuldade em realizar o procedimento com crianças não colaborativas resulta em altos valores de dose.

O presente estudo mencionou as dimensões do simulador de paciente (comprimento x largura x altura: 20 cm x 18 cm x 44 cm e espessura torácica: 16 cm), sendo possível, portanto, utilizar esses dados para contribuir com níveis de dose de referência específicos para uma determinada faixa etária.

A *European Commission* (1996) menciona que a derivação dos valores da dose de referência para pacientes pediátricos não é tão direta quanto para pacientes adultos, devido à grande variação no tamanho de acordo com a faixa etária, e reitera a importância de que um sistema seja desenvolvido para estimar ou medir doses pediátricas e compará-las à alguns valores de dose de referência.

Como pode ser observado na Tabela 47, o tempo de fluoroscopia dos estudos variaram de 0,8 a 3,3 min. Essa faixa se encontra abaixo do tempo médio mencionado

pela IAEA (2017) de um estudo com bário: 3 a 6 min por paciente. A dose acumulada por um IOE é diretamente proporcional ao tempo em que este permanece na área de exposição, por este motivo, tempos de exposição curtos são sugeridos pela *European Commission* (1996) e ICRP (2013).

Em relação ao parâmetro técnico corrente ou produto corrente x tempo, o presente estudo foi o único a diferenciar técnica automática de técnica operador dependente. Em fluoroscopia, o CAB operou com 2 mAs, já na radiografia, o operador trabalhou com 28 mAs. Os outros estudos mencionaram esse parâmetro de forma única sem distinção de modo, com variação de 4,3 a 16,1 mAs. Filipov *et al.* (2017) conseguiram reduzir esse parâmetro, estipulando uma tensão fixa mínima.

Diante do exposto, é notório que, geralmente, os estudos de dosimetria ocupacional enfrentam dificuldades para fornecer informações padronizadas sobre os parâmetros técnicos dos exames, prejudicando a confrontação dos resultados.

## 5.2 AVALIAÇÃO DE TAXA DE DOSE E DOSE ACUMULADA PARA CADA INCIDÊNCIA DO SEED PEDIÁTRICO

Os resultados do presente estudo (Tabela 39) referentes à dose acumulada (radiografias), divergiram por um fator de até 3,4. Essa diferença além de ser operador dependente, também está associada ao modo panorâmico ou sequencial de exposição. Percebe-se que as taxas de doses são mais altas nas incidências 2, 3 e 4, justamente as que utilizaram modo sequencial, com três exposições seriadas cada.

De acordo com a Tabela 39, o presente estudo executou cinco radiografias. Essa contribuição das imagens radiográficas, neste quesito dose total, pode chegar à 30%, conforme já mencionado. Já, o número médio de radiografias executadas nos estudos (COAKLEY *et al.*, 1997; DAMILAKIS *et al.*, 2006; FILIPOV *et al.*, 2015, 2017) variaram de 1,5 a 7,6. Esses dados enfatizam a importância do conceito de LIH também para a exposição ocupacional. A ICRP (2013) menciona justamente que a retenção da última imagem deve ser usada para discutir achados radiográficos. Filipov *et al.* (2017) entenderam que o número de radiografias poderia ser menor se mais médicos aceitassem as imagens de fluoroscopia, mesmo com sua relativa baixa qualidade.

### 5.3 ESTIMATIVA DA DOSE TOTAL EM SEED PEDIÁTRICO POR ANO

Coakley *et al.* (1997) e Damilakis *et al.* (2006) não executaram essa avaliação. A estimativa de dose anual do presente estudo, de Filipov *et al.* (2015, 2017) e os limites das diretrizes ICRP e NHMRC encontram-se na Tabela 49. Embora sejam grandezas radiológicas diferentes, a ordem de grandeza dos resultados pode ser relacionada.

Tabela 49 – Estimativa de dose anual.

Referência		Dose Anual <sup>a</sup> (mSv)			Dose Efetiva E Corpo Inteiro
		Tireoide	Extremidades	Cristalino	
	Presente estudo	-	-	-	1,98 ± 0,05
FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	Equipe 1	23 ± 1	61 ± 5	35 ± 1	-
	Equipe 2	11 ± 1	18 ± 1	14 ± 1	-
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	Equipe 1 <sup>b</sup>	2,0 ± 0,0 <sup>d</sup>	59,9 ± 1,1	35,0 ± 0,3	-
	Equipe 1 <sup>c</sup>	1,1 ± 0,0 <sup>d</sup>	32,5 ± 0,2	18,2 ± 0,2	-
	Equipe 2 <sup>b</sup>	0,8 ± 0,0 <sup>d</sup>	15,2 ± 0,1	11,0 ± 0,2	-
	Equipe 2 <sup>c</sup>	0,3 ± 0,0 <sup>d</sup>	6,8 ± 0,1	4,5 ± 0,1	-
Limite ICRP (2007 e 2011)		-	500	20 <sup>e</sup>	20 <sup>e</sup>
NHMRC (1980)		300	-	-	-

(a) O termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro à dezembro de cada ano.

(b) Antes da otimização.

(c) Depois da otimização.

(d) Sob protetor de chumbo.

(e) Média de períodos definidos de 5 anos, sem um único ano superior à 50 mSv.

Fonte: A AUTORA, 2019.

Como pode ser observado na Tabela 49, os valores de dose efetiva anual durante exames de SEED pediátrico, são significativamente inferiores ao limite de 20 mSv/ano (ICRP, 2007), principalmente devido ao pequeno número de procedimentos. No entanto, a dose efetiva anual excederá o limite no caso de 720 procedimentos, o valor típico para o hospital pediátrico da mesma cidade (FILIPOV *et al.*, 2015).

As outras estimativas são muito inferiores às recomendações da ICRP e do NHMRC.



## 5.4 MODIFICAÇÃO DE PARÂMETROS TÉCNICOS - SEGUNDA ETAPA DO ESTUDO

### 5.4.1 Taxa de Dose em Função do Tamanho de Campo

Percebe-se na Tabela 42, que a taxa de dose aumenta cerca de 19% com o tamanho do campo diminuindo aproximadamente 46%. A principal razão para essa mudança desproporcional pode estar relacionada ao uso do CAB. Equipamentos de fluoroscopia permitem aos operadores selecionar o nível de brilho de uma imagem que é subsequentemente mantida, de modo automático, mesmo com a variação do kVp, do mA, ou de ambos. Logo, quando o colimador é fechado e menos fótons alcançam o intensificador, automaticamente o CAB envia um sinal ao gerador de raios X, aumentando a taxa de exposição (BUSHONG, 2017).

Poucos estudos mencionam os diferentes tamanhos de campo utilizados durante suas aferições (Tabela 50).

Tabela 50 – Estudos que mencionaram o tamanho de campo.

Referência	Faixa etária ou dimensões	Região de aferição	Posicionamento	Tamanho de campo
Presente estudo	20 cm x 18 cm x 44 cm. Espessura torácica: 16 cm.	Na superfície da mesa de exames	Ântero Posterior	15 cm x 28 cm
			Ântero Posterior	28 cm x 28 cm
DAMILAKIS <i>et.al.</i> , 2006	0,5 a 5,9 meses	Na superfície do paciente	Perfil	7,5 cm x 7,7 cm 4,2 cm x 15,6 cm
			Ântero Posterior	11,8 cm x 10,9 cm
	Perfil		6,4 cm x 21,8 cm	
	<1 ano		-	278 ± 46 <sup>a</sup> ; 225 ± 12 <sup>b</sup> cm <sup>2</sup>
FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	1-5 anos	Na superfície do paciente	-	341 ± 27 <sup>a</sup> ; 234 ± 17 <sup>b</sup> cm <sup>2</sup>
	5-10 anos		-	426 ± 63 <sup>a</sup> ; 318 ± 25 <sup>b</sup> cm <sup>2</sup>
	> 10 anos		-	705 ± 99 <sup>a</sup> ; 360 ± 45 <sup>b</sup> cm <sup>2</sup>

(a) Antes da otimização.

(b) Depois da otimização.

Fonte: A AUTORA, 2019.

Damilakis *et.al.* (2006) discutiram sobre a relação entre o tamanho de campo e a dosimetria médica, através da avaliação da dose de entrada na pele e do produto dose área. Constataram que as doses de entrada na pele foram maiores com o

aumento do tamanho do campo. Já os valores do produto dose área, diminuíram com o aumento do tamanho do campo, porém, concluíram que isso não significa que a dose efetiva do paciente tenha diminuído. Essa ponderação torna-se interessante, uma vez que a dosimetria médica está parcialmente ligada à dosimetria ocupacional (IAEA, 2017).

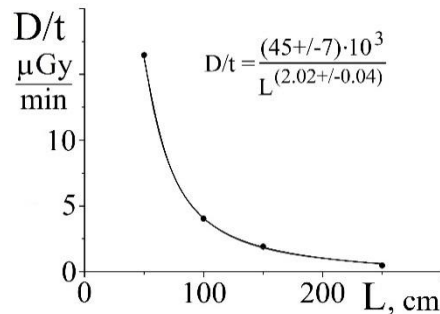
Alguns estudos relatam que a exposição médica e a ocupacional diminuem com a colimação apropriada do feixe (FILIPOV *et al.*, 2017; HAYES *et al.*, 2009; MESBAHI; ROUHANI, 2008; UBEDA *et al.*, 2010). Algumas normas internacionais também mencionam de forma similar que a exposição apenas da área de interesse, com colimação apropriada, reduz a dose de entrada na pele do paciente, reduzindo a radiação espalhada. A IAEA, 2001 refere que a utilização da colimação reduz a dose de entrada na pele em 60% para fluoroscopia. ICRP, 2013 recomenda que é importante usar a colimação para expor apenas a área de interesse ao exame. A falta de colimação entrega radiação fora da região de diagnóstico, aumentando a radiação espalhada.

Assim sendo, fica evidenciado que uma colimação apropriada apenas na região de interesse deve ser aplicada como forma de radioproteção. Contudo, nenhum estudo relata esse efeito que o CAB provoca na taxa de dose, com o fechamento do colimador. Em contrapartida, a *European Commission* (1996) declara que o CAB deve ser desligado durante exames fluoroscópicos onde existem áreas relativamente grandes de material de contraste positivo para evitar doses excessivas.

#### 5.4.2. Taxa de Dose em Função da Distância

A redução da taxa de dose é significativa (Tabela 43) e condiz com a lei do inverso do quadrado da distância (Figura 4) com precisão melhor que 1%. Ao dobrar a distância de 50 cm para 100 cm, ocorre uma redução de aproximadamente 75%, o que indica uma atenuação de quatro vezes. Triplicando-se a distância de 50 cm para 150 cm, ocorre redução por um fator próximo de 9.

Figura 4 - Taxa de dose em função da distância entre a câmara de ionização e o simulador de paciente pediátrico.



Fonte: A AUTORA, 2019.

O estudo de dosimetria ocupacional de Li *et al.* (1995) verificou que as doses para os médicos foram as mais altas de todos os funcionários do grupo. Essa discrepância foi justificada devido à proximidade do paciente durante todo o procedimento.

Coakley *et al.* (1997) constataram que em casos de pacientes pediátricos menores, a dose para as mãos dos operadores foi maior do que em casos de pacientes pediátricos maiores, devido à proximidade com o feixe direto.

Kemerink *et al.* (2001) declaram que a dose devido à radiação espalhada geralmente não é muito alta, pois diminui rapidamente com a distância do feixe primário.

McLean *et al.* (2006), constataram que as doses mais altas, dos três hospitais analisados, ocorreram onde os pacientes eram frequentemente idosos e altamente dependentes, exigindo que o fonoaudiólogo estivesse mais próximo do feixe direto para uma conclusão bem-sucedida do procedimento.

Mesbahi e Rouhani 2008, avaliaram dose de radiação espalhada em função da distância. As distâncias consideradas foram: observação em feixe direto, 20, 40 e 60  $\text{cm}$  do feixe central. O estudo concluiu que à medida que a distância aumenta, a exposição à radiação da equipe diminui.

Filipov *et al.* (2015) constataram que as doses equivalentes dos IOEs dependem fortemente da distância do feixe primário. Relataram em sua investigação que uma distância de 55  $\text{cm}$  pode ser considerada satisfatória, contudo, uma diminuição da distância de aproximadamente 20% leva à pelo menos duas vezes mais doses equivalentes.

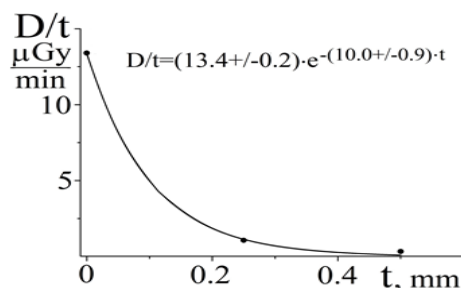
Filipov *et al.* (2017) ao otimizarem a exposição ocupacional, aumentaram a distância da equipe 1 ao isocentro, de 55 cm para 65 cm e da equipe 2 de 60 cm para 70 cm.

#### 5.4.3 Taxa de Dose em Função da Espessura do Avental

Ao observar a Tabela 44, verifica-se que as taxas de doses obtidas pelo presente estudo diminuem com a otimização da radioproteção por blindagem. Confrontando os valores sem avental e com avental de 0,25 mm de equivalência em chumbo, percebe-se a redução da taxa da dose em 92%. Resultado semelhante foi encontrado em De Souza e Soares (2008) que apresentaram uma redução de 96%. Sem avental e com 0,50 mm Pb a redução é ainda maior, 98%, igual ao referido por esse estudo.

A absorção de um feixe monocromático de raios X segue a lei exponencial com respeito à espessura. A função exponencial descreve bem os dados experimentais (Figura 5) com expoente  $10,0 \pm 0,9$  que, segundo o banco de dados do NIST, corresponde à energia de raios X monocromáticos de  $(49 \pm 1)$  keV, considerando chumbo como material absorvente.

Figura 5 - Taxa de dose em função da espessura do avental.



Fonte: A AUTORA, 2019.

McLean *et al* (2006) mencionam que a realização de procedimentos fluoroscópicos com o uso de aventais de chumbo, protetores de tireoide e óculos plumbíferos são meios eficazes de proteção radiológica para a equipe ocupacionalmente exposta. Concluíram que o uso de um protetor de tireoide reduz as doses em um fator de aproximadamente 40. Fator igual ao do presente estudo, quando analisada a taxa de dose sem avental plumbífero ( $13,40 \mu\text{Gy}/\text{min}$ ) e com avental plumbífero de 0,50 mm ( $0,33 \mu\text{Gy}/\text{min}$ ).

Hayes *et al.* (2009) observaram que se os profissionais não utilizassem avental plumbífero, a medição do dosímetro seria pelo menos 10 vezes maior.

Steinfott, Einsiedel e Irving (2010) mencionaram que todos os profissionais que entraram na sala de procedimentos usaram aventais com 0,35 mm de equivalência em chumbo. Concluíram que, na faixa de energia de diagnóstico, essa espessura de vestimenta plumbífera resulta em radiação desprezível para o IOE.

Katsurada *et al.* (2014) declaram que suas estimativas de dose ocupacional podem ser menores devido à vestimenta plumbífera. Ubeda *et al.* (2010), afirmam que o uso de blindagem de proteção pessoal é necessário em procedimentos pediátricos.

#### 5.4.4 Taxa de Dose em Função de Filtrações Adicionais

Observa-se expressiva redução da dose à medida que se acrescenta filtro de Cu ao feixe. Relacionando os valores obtidos no ensaio sem filtro adicional com filtro de 0,3 mm Cu, percebe-se a redução de 43% da dose (Tabela 45). O erro estatístico ( $P = 68,3\%$ ) é igual a (0,4%).

Morishima *et al.* (2018) avaliaram filtros adicionais anexados separadamente de 1,0 mm Al, 2,0 mm Al, 3,0 mm Al e 0,5 mm de Cu durante estudo de deglutição. Apesar de existir diferença nos parâmetros técnicos aplicados entre os estudos (Tabela 51), constataram a redução de dose de entrada na pele do paciente de aproximadamente 55%. Importante reiterar que quando a dose de superfície do paciente é reduzida pelo adicional de filtros, a radiação espalhada também diminui, reduzindo conseqüentemente a dose ocupacional (MORISHIMA *et al.*, 2018).

Tabela 51 – Parâmetros técnicos aplicados no presente estudo e no estudo de Morishima *et al.* (2018).

	Parâmetros técnicos aplicados	
	Presente estudo	MORISHIMA <i>et al.</i> , 2018
Distância do IOE até o isocentro	50 cm	60 cm
Distância da câmara de ionização até o isocentro	50 cm	60 cm
Distância foco paciente	95 cm	110 cm
Distância da câmara de ionização até o chão	115 cm	90 cm e 150 cm
Tempo total de fluoroscopia	2,30 min	5 min
Técnica para fluoroscopia	83 kVp	71 kVp a 83 kVp
	2 mAs	1,1 mAs a 1,7 mAs
Sem filtro adicional	100 % de dose	100% de dose
1 mm Al	-	85% de dose
2 mm Al	-	70% de dose
3 mm Al	-	56% de dose
0,1 mm Cu	75% de dose	-
0,3 mm Cu	57% de dose	-
0,5 mm Cu	-	45% de dose

Fonte: A AUTORA, 2019; MORISHIMA *et al.*, 2018.

A *European Commission* (1996) e ICRP (2013) relatam que a filtração adicional reduz a radiação de baixa energia, permitindo o uso de tensão radiográfica mais alta e tempos de exposição mais curtos. A *European Commission* (1996) indica como apropriado 0,2 mm Cu ou mais.

A IAEA (2001) menciona que a filtração adicional diminui a dose de entrada entre 40 a 80%. Esse conhecimento favorece a restrição de doses desnecessárias não apenas para o paciente, mas também para a equipe ocupacionalmente exposta.

Excepcionalmente, a ICRP (2013) apresenta uma ressalva. Filtros adicionais restringem radiação improdutiva, porém, em neonatos ou bebês muito pequenos, essa radiação pode colaborar com a produção da imagem, pois as energias do feixe são relativamente baixas. Portanto, equipamentos utilizados em pediatria devem ter a capacidade e a facilidade de adicionar e trocar filtros, quando conveniente. Como filtração adicional, até 1 mm Al mais 0,1 ou 0,2 mm Cu são apropriados, na maioria das vezes.

Damilakis *et al.* (2006) relatam que os dados de dose dependem linearmente do potencial do tubo e da filtração adicional. As doses normalizadas para recém-nascidos foram calculadas para 70, 75 e 80 kVp com três valores de filtração total (4, 5 e 6 mm Al respectivamente). Para pacientes de 1 ano de idade, foram feitas estimativas de dose para 75, 80 e 85 kVp com filtrações de 4, 5 e 6 mm Al. Concluíram que um aumento 1 mm na espessura do alumínio aumenta os dados da dose efetiva normalizada em cerca de 5%. Justificando, neste caso, a ressalva apresentada pelo ICRP (2013) para neonatos e bebês pequenos.

## 6. CONCLUSÃO

Uma vez identificado que o exame do TGI Alto demanda a presença de pelo menos um profissional dentro da sala de exames, exposto à radiação ionizante, conhecer os dados dessa exposição é substancial para promover o seu monitoramento e a orientação dos IOEs quanto às doses razoáveis. Desenvolvido mediante um equipamento de fluoroscopia, uma câmara de ionização e dois manequins de polietileno preenchidos com água, o estudo pediátrico do Esôfago, Estômago e Duodeno, simulado no presente estudo, proporcionou a avaliação de dose efetiva ocupacional e de fatores que influenciam as distribuições de dose como colimação, distância do isocentro, espessura de vestimenta plumbífera e filtração adicional.

Considerando as cinco incidências do exame (AP, pré contraste; AP de esôfago; Perfil de esôfago; OPD de junção esôfago-gástrica e AP de Treitz), a diferença na taxa de dose chega a 14% e as doses na radiografia diferem por um fator de até 3,4.

Em relação a dose efetiva por procedimento (54,15  $\mu\text{Gy}$ ), a contribuição das imagens radiográficas é de aproximadamente 30% da dose, o que enfatiza a importância do conceito de LIH também para a exposição ocupacional.

Levando em conta os 32 procedimentos realizados durante o ano de 2017, que exigiram profissionais dentro da sala de exames, a dose efetiva anual (1,98 mSv) não ultrapassa os limites estabelecidos pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica. Contudo, pode exceder o limite no caso de centenas de procedimentos, valor típico para um hospital pediátrico.

A taxa de dose aumentou cerca de 19% com a redução do tamanho de campo em aproximadamente 46%. Essa correlação, possivelmente ocorreu devido ao Controle Automático de Brilho.

A dependência da taxa de dose em relação a distância entre o profissional e o paciente, seguiu a lei do quadrado inverso com precisão melhor que 1%.

As taxas de doses diminuíram com a otimização da radioproteção por blindagem em até 98%, quando comparadas sem avental e com avental plumbífero de 0,50 mm.

Comparando os valores sem filtração adicional com filtração de 0,3 mm Cu, percebe-se uma redução de 43% na taxa de dose.

Entende-se, portanto, que a otimização dos parâmetros técnicos, seguindo recomendações internacionais, é ferramenta satisfatória para assegurar, tanto a qualidade diagnóstica, quanto as exposições ocupacionais reduzidas.



## REFERÊNCIAS

- ALEJO, L. *et al.* Estimation of eye lens doses received by pediatric interventional cardiologists. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 103, p. 43–47, 2015.
- BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION (BEIR) VII: **Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation**. The National Academies Press, Washington, DC, 2006.
- BUSHONG, S. C. **Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection**. Eleventh Edition. Houston, Texas: Mosby, 2017.
- CHIDA, K. *et al.* Occupational dose in interventional radiology procedures. **American Journal of Roentgenology**, v. 200, n. 1, p. 138–141, 2013.
- COAKLEY, K. S.; RATCLIFFE, J.; MASEL, J. Measurement of radiation dose received by the hands and thyroid of staff performing gridless fluoroscopic procedures in children. **British Journal of Radiology**, v. 70, n. Sept., p. 933–936, 1997.
- CRAWLEY, M. T.; SAVAGE, P.; OAKLEY, F. Patient and operator dose during fluoroscopic examination of swallow mechanism. **British Journal of Radiology**, v. 77, n. 920, p. 654–656, 2004.
- DAMILAKIS, J. *et al.* Normalized dose data for upper gastrointestinal tract contrast studies performed to infants. **Medical Physics**, v. 33, n. 4, p. 1033–1040, 2006.
- De SOUZA, E.; SOARES, J. P. M. Correlações Técnicas e Ocupacionais da Radiologia Intervencionista. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 7, n. 4, p. 341-350, 2008.
- EUROPEAN COMMISSION. **European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images**. Luxembourg, 1996.
- EUROPEAN COMMISSION. **European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging**. European Union, 2018.
- FILIPOV, D. *et al.* Pediatric patient and staff dose measurements in barium meal fluoroscopic procedures. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 116, p. 267–272, 2015.
- FILIPOV, D. *et al.* Medical and occupational dose reduction in pediatric barium meal procedures. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 140, n. Jan., p. 271–274, 2017.
- HAYES, A. *et al.* Radiation safety for the speech-language pathologist. **Dysphagia**, v. 24, n. 3, p. 274–279, 2009.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy**. Proceedings of an international conference held in Málaga, Spain, 26-30 Mar. 2001, n. Mar., p. 26–30, 2001.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Training-radiology**. 2017. Disponível em: <https://www.iaea.org/file/2017/training-radiologyalllectureszip>. Acesso em: 10 nov. 2018.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Users Edition)**. ICRP Publication 103 (Users Edition). Ann. ICRP 37 (2-4), 2007.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Statement on Tissue Reactions**. Approved by the Commission on April 21, 2011.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Publication 121: Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology**. Annals of ICRP, v.42, n.2, p. 1-63, 2013.

KATSURADA, M. *et al.* The dose and risk factors for radiation exposure to medical staff during endobronchial ultrasonography with a guide sheath for peripheral pulmonary lesions under X-ray fluoroscopy. **Japanese Journal of Clinical Oncology**, v. 44, n. 3, p. 257–262, 2014.

KEMERINK, G. J. *et al.* Patient and occupational dosimetry in double contrast barium enema examinations. **British Journal of Radiology**, v. 74, n. 881, p. 420–428, 2001.

LAMPIGNANO, J. P.; KENDRICK, L. E. **Bontrager's Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy**. Ninth Edition. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2018.

LI, L. B. *et al.* Occupational Exposure in Pediatric Cardiac Catheterization. **Health Physics**, v. 69, n. 2, p. 261–264, 1995.

LUNELLI, N. A. *et al.* Evaluation of occupational and patient dose in cerebral angiography procedures. **Radiologia Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 351–357, 2013.

MCLEAN, D. *et al.* Thyroid dose measurements for staff involved in modified barium swallow exams. **Health Physics**, v. 90, n. 1, p. 38–41, 2006.

MESBAHI, A.; ROUHANI, A. A study on the radiation dose of the orthopaedic surgeon and staff from a mini c-arm fluoroscopy unit. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 132, n. 1, p. 98–101, 2008.

MORISHIMA, Y. *et al.* Effectiveness of a New Lead-Shielding Device and Additional Filter for Reducing Staff and Patient Radiation Exposure During Videofluoroscopic Swallowing Study Using a Human Phantom. **Dysphagia**, v. 33, n. 1, p. 109–114, 2018.

National Health and Medical Research Council. **Recommended Radiation Protection Standards for Individuals Exposed to Ionizing Radiation**. Government Publishing Service, Canberra, 1980.

---

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **X-Ray Mass Attenuation Coefficients**. NIST Standard Reference Database 126. 2004. Disponível em: <https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/tab2.html>. Acesso em: 1 set. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (WHO). **Child growth standards**. Disponível em: [https://www.who.int/childgrowth/standards/chts\\_lhfa\\_boys\\_z/en/](https://www.who.int/childgrowth/standards/chts_lhfa_boys_z/en/). Acesso em: 15 mar. 2020.

PODGORŠAK, E. B. **Radiation Physics for Medical Physicists**. Third Edition. Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

RADCAL CORPORATION. **10X6-180. The Leakage and Low Level Measurements Chamber**. 2016. Disponível em: <http://radcal.com/rdclwp/wp-content/uploads/2016/12/radcal-10x6-180-chamber-spec-sheet.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2018.

SIEMENS. **Sistema Fluoroscópico de Raios-X, AXIOM Iconos MD**. Instruções de uso. 2011.

STEINFORT, D. P. ; EINSIEDEL, P. ; IRVING, L. B. **Radiation Dose to Patients and Clinicians During Fluoroscopically-Guided Biopsy of Peripheral Pulmonary Lesions**. *Respiratory Care*, v. 55, n. 11, p. 1469–1474, 2010.

UBEDA, C. *et al.* **Scatter and staff dose levels in paediatric interventional cardiology: A multicentre study**. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 140, n. 1, p. 67–74, 2010.

UBEDA, C. *et al.* **Patient and staff doses in paediatric interventional cardiology derived from experimental measurements with phantoms**. *Physica Medica*, v. 32, n. 1, p. 176–181, 2016.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. UNSCEAR 2008 Report Vol. I. **Sources and Effects of Ionizing Radiation**, 2008.

---

## APÊNDICE 1

### PROTOCOLO DE PESQUISA

#### PLANEJAMENTO DO RASTREIO E CONSTRUÇÃO DO PORTFÓLIO DE ARTIGOS

Com o propósito de cobrir uma literatura que de fato consiga representar o estado da arte, o presente trabalho estruturou uma metodologia para eleger de forma fundamentada os artigos mais relevantes.

#### DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS PRINCIPAIS PARA O RASTREIO

Para definir os conceitos-base que deveriam ser investigados pela pesquisa, o presente estudo determinou algumas premissas como: problema de pesquisa, objetivo geral da pesquisa e objetivos específicos do rastreio.

#### PROBLEMA DE PESQUISA

- Carência de estudos sobre dosimetria ocupacional em exames de SEED pediátrico.

#### OBJETIVO GERAL DA PESQUISA

- Estimar a dose de radiação recebida pelos profissionais envolvidos em exames contrastados de SEED pediátricos.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO RASTREIO

- Conhecer quem quantificou as doses de radiação que os IOEs recebem durante os exames de SEED pediátricos.
- Rastrear o país de origem dos estudos e perceber se existe referência nacional.
- Identificar se os estudos são realizados em humanos ou em simuladores.
- Computar o número de amostras de cada estudo.
- Analisar os métodos de quantificação executados.

- Mapear os sítios corporais que cada estudo avaliou.
- Registrar e comparar os parâmetros técnicos de aquisição.
- Catalogar e relacionar doses de radiação por procedimento e por ano.

## MOTORES DE BUSCA

Os motores de busca mais acertados ao tema de pesquisa, de acordo com a sua relevância e a facilidade de aquisição e tratamento dos dados foram:

- *Scopus*
- *Web of Science*
- *Science Direct*

## ALGORITMO DE BUSCA PRIMITIVO

Uma vez determinada a área de conhecimento da pesquisa e após a leitura de alguns artigos, foram constatadas algumas palavras que se repetiam: *occupational dose, staff dose, occupational exposure, occupational dosimetry, barium meal, barium swallow, fluoroscopy, fluoroscopy barium swallow, fluoroscopy upper gi, fluoroscopy swallow, fluoroscopy ugi, upper gastrointestinal, tract, upper gastrointestinal, pediatric, paediatric e gastrointestinal fluoroscopy.*

Com o intuito de entender qual base seria a mais robusta, uma pesquisa inicial apenas com a palavra-chave “*fluoroscopy*” foi executada em todas as bases.

## CRITÉRIOS DE INCLUSÃO: PRIMITIVO

A seleção foi efetuada através da busca avançada, levando em consideração a palavra-chave, com o refinamento de título, somente artigos, com janela temporal de cinco anos e em todos os idiomas.

## RESULTADOS DAS BASES: PRIMITIVO

Os resultados para o algoritmo primitivo “*fluoroscopy*” são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do algoritmo primitivo “fluoroscopy”.

Base	Resultados
<i>Scopus</i>	929
<i>Web of Science</i>	701
<i>Science Direct</i>	173
Total	1.803

Fonte: A AUTORA, 2019.

Com 929 resultados, a base de dados *Scopus* é a base de maior abrangência para o algoritmo primitivo “fluoroscopy”, podendo este padrão se repetir para os demais algoritmos desenvolvidos na sequência.

#### ALGORITMO DE BUSCA: 1

Para facilitar a aquisição e o tratamento dos dados, foi associado ao algoritmo primitivo a palavra-chave: “*occupational dose*”, através do operador booleano AND.

Seus sinônimos: *staff dose*, *occupational exposure*, *occupational dosimetry* e *dose* foram aplicados com o apoio do operador booleano OR.

Desse modo, originou-se o algoritmo de busca 1: (“fluoroscopy”) AND (“occupational dose” OR “staff dose” OR “occupational exposure” OR “occupational dosimetry” OR “dose”).

#### CRITÉRIOS DE INCLUSÃO: 1

A seleção foi efetuada na busca avançada, levando em consideração a árvore de palavras-chave, com o refinamento de título, somente artigos, janela temporal de cinco anos e todos os idiomas.

#### RESULTADOS DAS BASES: 1

As bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*, retornaram 161 resultados (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados do algoritmo de busca 1.

<b>Base</b>	<b>Resultados</b>
<i>Scopus</i>	85
<i>Web of Science</i>	57
<i>Science Direct</i>	19
Total	161

Fonte: A AUTORA, 2019.

Os 161 artigos foram selecionados através da leitura de títulos, resumos e textos completos, respectivamente. Convertendo-se na quantidade de artigos úteis (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados úteis para o algoritmo de busca 1.

<b>Base</b>	<b>Resultados</b>
<i>Scopus</i>	2
<i>Web of Science</i>	1
<i>Science Direct</i>	0
Total	3

Fonte: A AUTORA, 2019.

## ALGORITMO DE BUSCA: 2

Diante do número ordinário de resultados (três), o algoritmo de busca sofreu algumas mudanças.

A palavra *fluoroscopia* e *dose* foram excluídas do algoritmo. E com o propósito de rastrear exclusivamente a literatura que descreve exames pediátricos com sulfato de bário, as seguintes palavras-chave foram inseridas no algoritmo de busca 1: *barium* e *pediatric*, com o auxílio do operador booleano AND.

Visto que *paediatric* também foi encontrado na literatura, o mesmo foi aplicado com o operador booleano OR, originando o algoritmo 2: (“occupational dose” OR “staff dose” OR “occupational exposure” OR “occupational dosimetry”) AND (“barium” OR “pediatric” OR “paediatric”). Este algoritmo foi aceito em todas as bases sem a necessidade de adaptações.

## CRITÉRIOS DE INCLUSÃO: 2

Com o intuito de ampliar os resultados úteis, a janela temporal sofreu alteração de cinco anos para todos os anos. Desse modo, a seleção foi efetuada na busca avançada, levando em consideração a árvore de palavras-chave, com o refinamento de título, janela temporal para todos os anos e todos os idiomas.

## RESULTADOS DAS BASES: 2

As bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*, retornaram 33 resultados (Tabela 4).

Tabela 4 – Resultados das bases de dados.

<b>Base</b>	<b>Resultados</b>
<i>Scopus</i>	18
<i>Web of Science</i>	11
<i>Science Direct</i>	04
Total	33

Fonte: A AUTORA, 2019.

## CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Os 33 artigos foram selecionados através da leitura de títulos, resumos e textos completos, respectivamente. Foram excluídos os artigos que não possuíam concordância com a pesquisa, permanecendo apenas os resultados úteis (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados úteis para o algoritmo de busca 2.

<b>Base</b>	<b>Resultados</b>
<i>Scopus</i>	6
<i>Web of Science</i>	5
<i>Science Direct</i>	3
Total	14

Fonte: A AUTORA, 2019.

Foram excluídos também os artigos duplicados, aqueles que se repetiram nas bases de dados, resultando em seis artigos, classificados por ordem mais antiga (Tabela 6).



Tabela 6 – Artigos em processo de seleção para a construção do portfólio.

	<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>DOI</b>
1	LI <i>et al.</i> , 1995	<i>Occupational Exposure in Pediatric Cardiac Catheterization.</i>	10.1097/00004032-199508000-0001
2	KEMERINK <i>et al.</i> , 2001	<i>Patient and occupational dosimetry in double contrast barium enema examinations.</i>	10.1259/bjr.74.881.740420
3	UBEDA <i>et al.</i> , 2010	<i>Scatter and staff dose levels in paediatric interventional cardiology: A multicentre study.</i>	10.1093/rpd/ncq039
4	FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	<i>Pediatric patient and staff dose measurements in barium meal fluoroscopic procedures.</i>	10.1016/j.radphyschem.2015.05.036
5	UBEDA <i>et al.</i> , 2016	<i>Patient and staff doses in paediatric interventional cardiology derived from experimental measurements with phantoms.</i>	10.1016/j.ejmp.2015.11.009
6	FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	<i>Medical and occupational dose reduction in pediatric barium meal procedures.</i>	10.1016/j.radphyschem.2017.01.034

Fonte: A AUTORA, 2019.

### CROSS REFERENCE

Uma vez que o número de artigos úteis (seis), foi considerado modesto para uma dissertação de mestrado, a possibilidade de buscar referências cruzadas, *cross reference*, foi explorada. Essa alternativa, é uma busca complementar executada de forma manual, alicerçada nos seis artigos úteis: artigos das citações, autores relevantes e artigos mais citados, e acabou por expandir o número de artigos úteis de seis para 18, e estão apresentados na Tabela 7 por ordem cronológica.

Tabela 7 – Artigos eleitos para a construção do portfólio (continua).

	<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>DOI</b>
1	LI <i>et al.</i> , 1995	<i>Occupational Exposure in Pediatric Cardiac Catheterization.</i>	10.1097/00004032-199508000-00011
2	COAKLEY <i>et al.</i> , 1997	<i>Measurement of radiation dose received by the hands and thyroid of staff performing gridless fluoroscopic procedures in children.</i>	10.1259/bjr.70.837.9486070
3	KEMERINK <i>et al.</i> , 2001	<i>Patient and occupational dosimetry in double contrast barium enema examinations.</i>	10.1259/bjr.74.881.740420
4	CRAWLEY; SAVAGE; OAKLEY, 2004	<i>Patient and operator dose during fluoroscopic examination of swallow mechanism.</i>	10.1259 / bjr / 22832251
5	DAMILAKIS <i>et al.</i> , 2006	<i>Normalized dose data for upper gastrointestinal tract contrast studies performed to infants.</i>	10.1118/1.2181297
6	MCLEAN <i>et al.</i> , 2006	<i>Thyroid dose measurements for staff involved in modified barium swallow exams.</i>	10.1097 / 01.HP.0000174812.97049.0e
7	MESBAHI; ROUHANI, 2008	<i>A study on the radiation dose of the orthopaedic surgeon and staff from a mini c-arm fluoroscopy unit.</i>	10.1093/rpd/ncn227
8	HAYES <i>et al.</i> , 2009	<i>Radiation Safety for the Speech-Language Pathologist.</i>	10.1007/s00455-008-9201-0
9	STEINFORT; EINSIEDEL; IRVING, 2010	<i>Radiation Dose to Patients and Clinicians During Fluoroscopically-Guided Biopsy of Peripheral Pulmonary Lesions.</i>	PUBMED ID 20979674
10	UBEDA <i>et al.</i> , 2010	<i>Scatter and staff dose levels in paediatric interventional cardiology: A multicentre study.</i>	10.1093/rpd/ncq039
11	CHIDA <i>et al.</i> , 2013	<i>Occupational Dose in Interventional Radiology Procedures.</i>	10.2214/AJR.11.8455
12	LUNELLI <i>et al.</i> , 2013	<i>Evaluation of occupational and patient dose in cerebral angiography procedures.</i>	10.1590/s0100- 39842013000600007
13	KATSURADA <i>et al.</i> , 2014	<i>The dose and risk factors for radiation exposure to medical staff during endobronchial ultrasonography with a guide sheath for peripheral pulmonary lesions under X-ray fluoroscopy.</i>	10.1093/jjco/hyt224
14	ALEJO <i>et al.</i> , 2015	<i>Estimation of eye lens doses received by pediatric interventional cardiologists.</i>	10.1016/j.apradiso.2015.05.008
15	FILIPOV <i>et al.</i> , 2015	<i>Pediatric patient and staff dose measurements in barium meal fluoroscopic procedures.</i>	10.1016/j.radphyschem.2015.05.036

Tabela 7 – Artigos eleitos para a construção do portfólio (conclusão).

16	UBEDA <i>et al.</i> , 2016	<i>Patient and staff doses in paediatric interventional cardiology derived from experimental measurements with phantoms</i>	10.1016/j.ejmp.2015.11.009
17	FILIPOV <i>et al.</i> , 2017	<i>Medical and occupational dose reduction in pediatric barium meal procedures.</i>	10.1016/j.radphyschem.2017.01.034
18	MORISHIMA <i>et al.</i> , 2018	<i>Effectiveness of a New Lead-Shielding Device and Additional Filter for Reducing Staff and Patient Radiation Exposure During Videofluoroscopic Swallowing Study Using a Human Phantom.</i>	10.1007/s00455-017-9839-6

Fonte: A AUTORA, 2019.

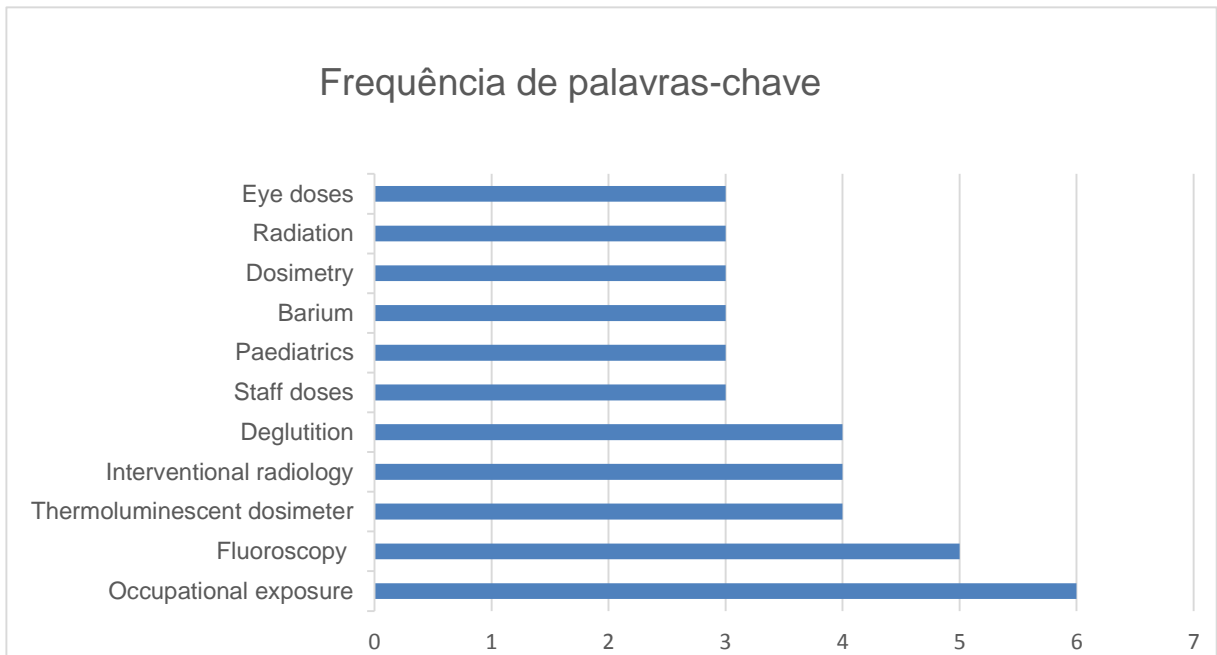
## GERENCIAMENTO DOS ARTIGOS

O gerenciamento dos documentos científicos foi realizado, formando um banco de dados inicial, através do software *Mendeley* e da elaboração de planilhas no Excel.

## ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA: 18 RESULTADOS ÚTEIS

Das 74 palavras-chave presentes nos 18 artigos, a empregada com maior frequência nos artigos foi “*occupational exposure*”, seguida de “*fluoroscopy*”, “*thermoluminescent dosimeter*”, “*interventional radiology*”, “*deglutition*”, “*staff doses*”, “*paediatric*”, “*barium*”, “*dosimetry*”, “*radiation*” e “*eye doses*” (Gráfico 1).

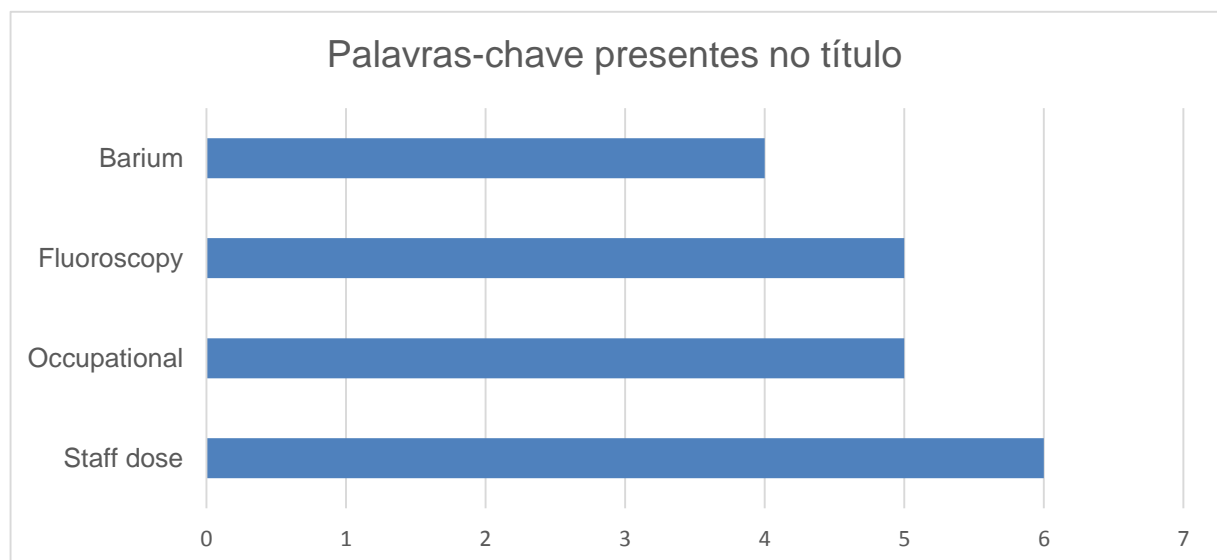
Gráfico 1 – Frequência de palavras-chave.



Fonte: A AUTORA, 2019.

As palavras-chave mais utilizadas nos títulos dos artigos foram: “*staff dose*”, “*occupational*”, “*fluoroscopy*” e “*barium*” (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Frequência das palavras-chave no título dos artigos.

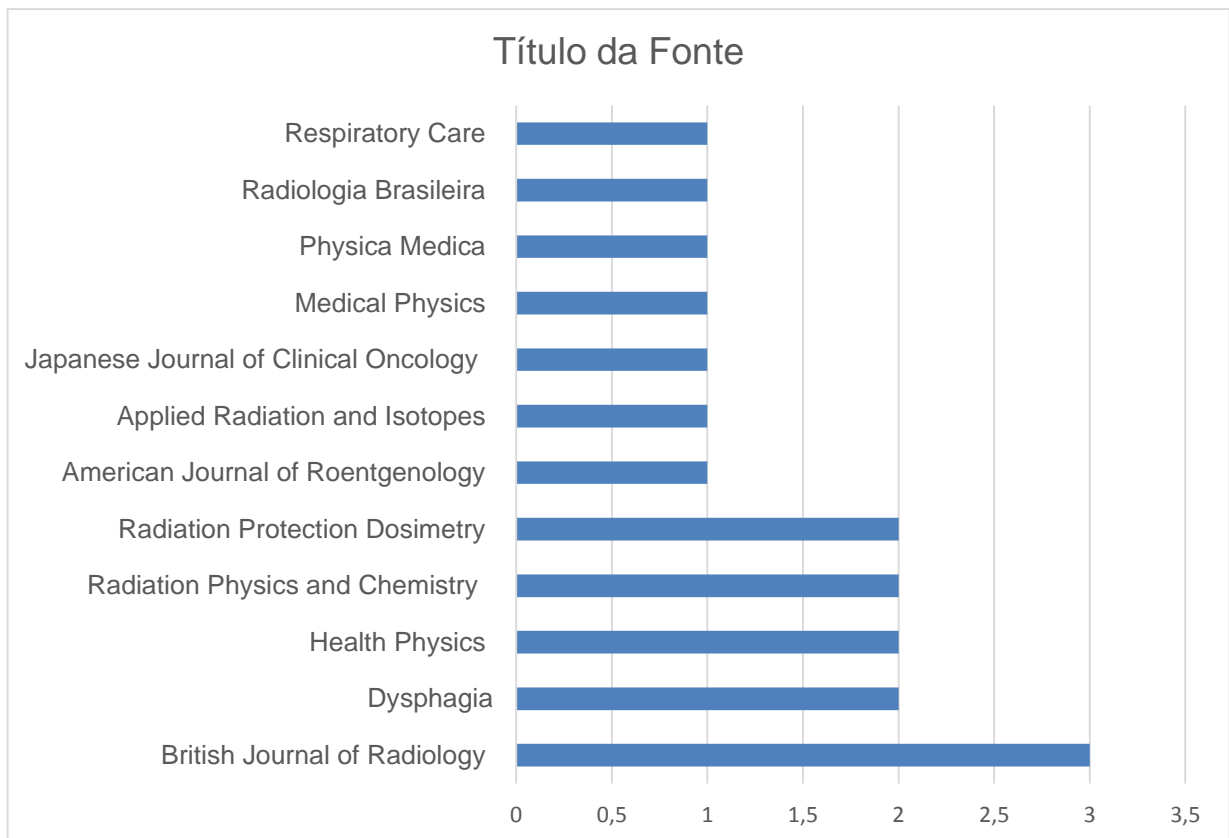


Fonte: A AUTORA, 2019.

Nota-se que as palavras “*occupational exposure*”, “*staff dose*” e “*barium*” prevalecem no conteúdo buscado, demonstrando que o uso de palavras-chave e expressões foi empregado acertadamente.

Os *Journals*, títulos da fonte, apresentaram pouca convergência. O *British Journal of Radiology* se destacou com três resultados, *Radiation Physics and Chemistry*, *Health Physics*, *Radiation Protection Dosimetry* e *Dysphagia* proporcionaram dois resultados cada e os demais retornaram apenas um resultado (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Frequência de *Journals*.



Fonte: A AUTORA, 2019.

O mapeamento dos sítios corporais apontou que a maioria dos estudos (13) analisaram mais de uma região anatômica, dentre elas: axila, cristalino, cintura, extremidades, tireoide e tórax (Gráfico 4).

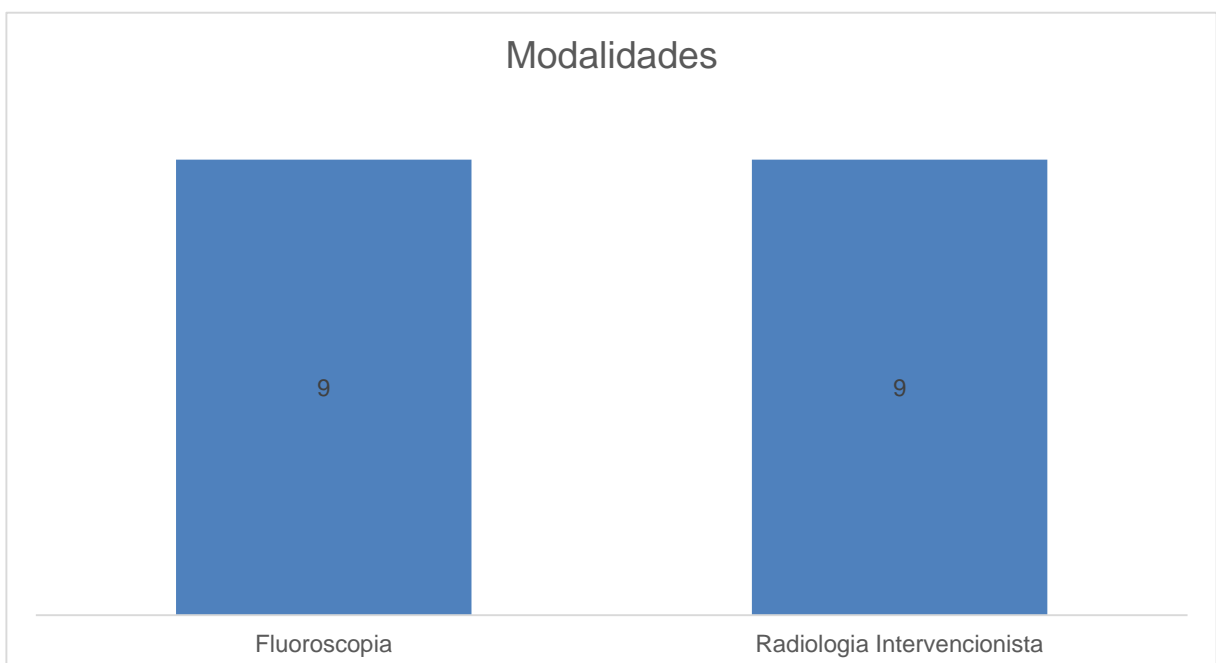
Gráfico 4 – Mapeamento dos sítios corporais.



Fonte: A AUTORA, 2019.

Existem duas modalidades que trabalham com radiação ionizante em tempo real: Radiologia Intervencionista e Fluoroscopia. O Gráfico 5 demonstra que os estudos estão equiparados.

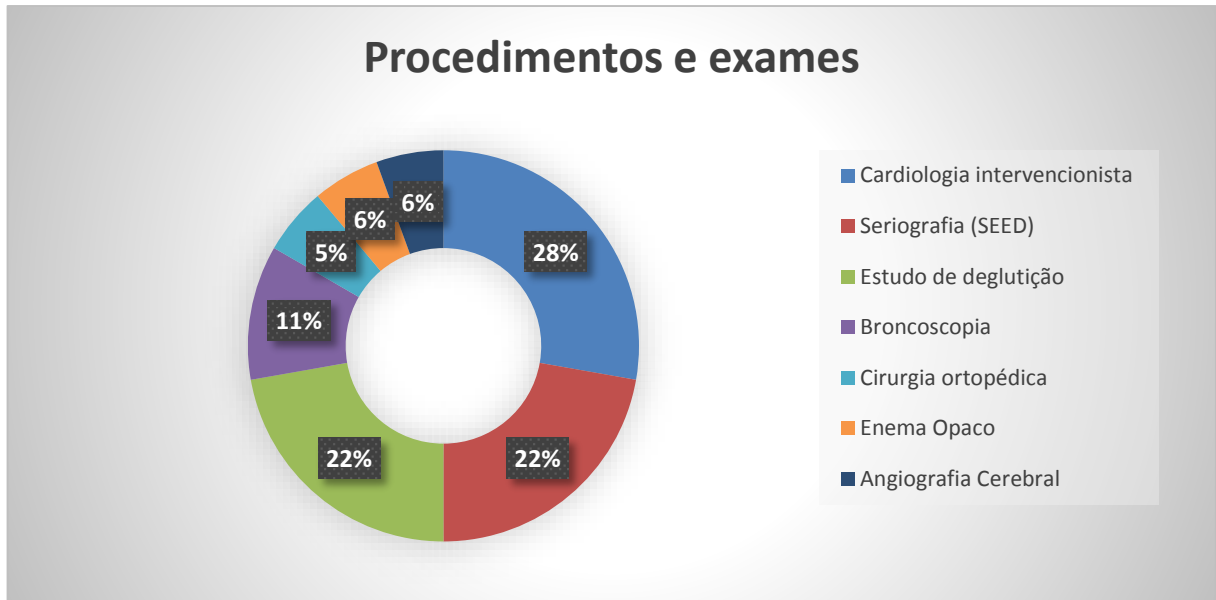
Gráfico 5 – Radiologia Intervencionista X Fluoroscopia.



Fonte: A AUTORA, 2019.

O mapeamento dos procedimentos e exames executados (Gráfico 6), apontou como imperantes: cardiologia intervencionista e seriografia.

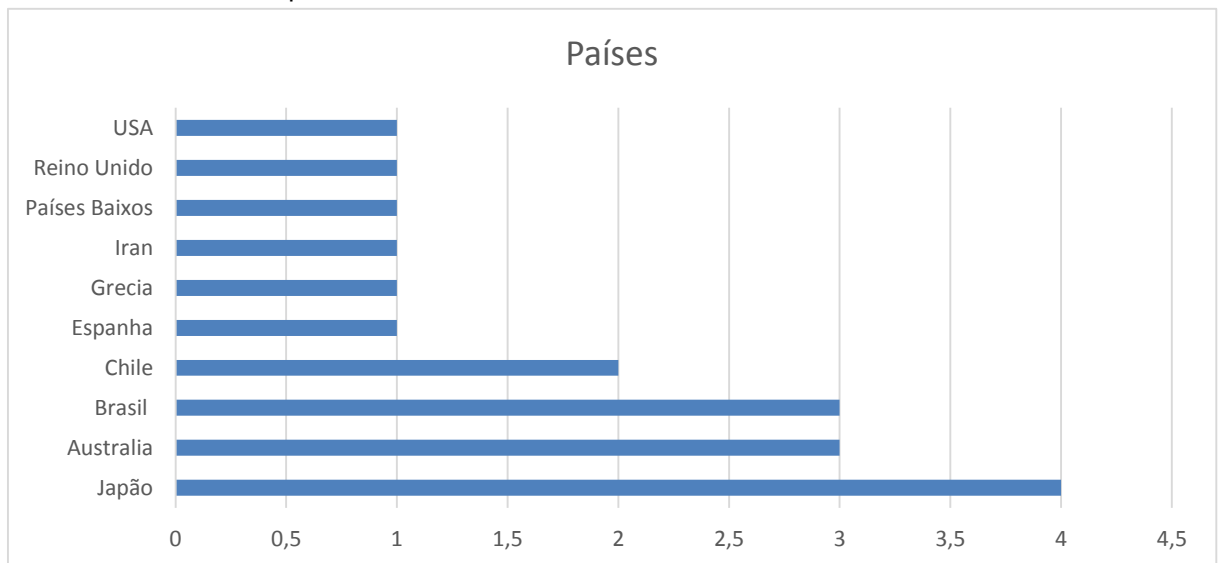
Gráfico 6 – Procedimentos X Exames.



Fonte: A AUTORA, 2019.

Analisando os países em que os estudos foram executados, percebe-se que o Japão atinge a posição máxima com quatro estudos, seguido de Austrália e Brasil, com três estudos cada.

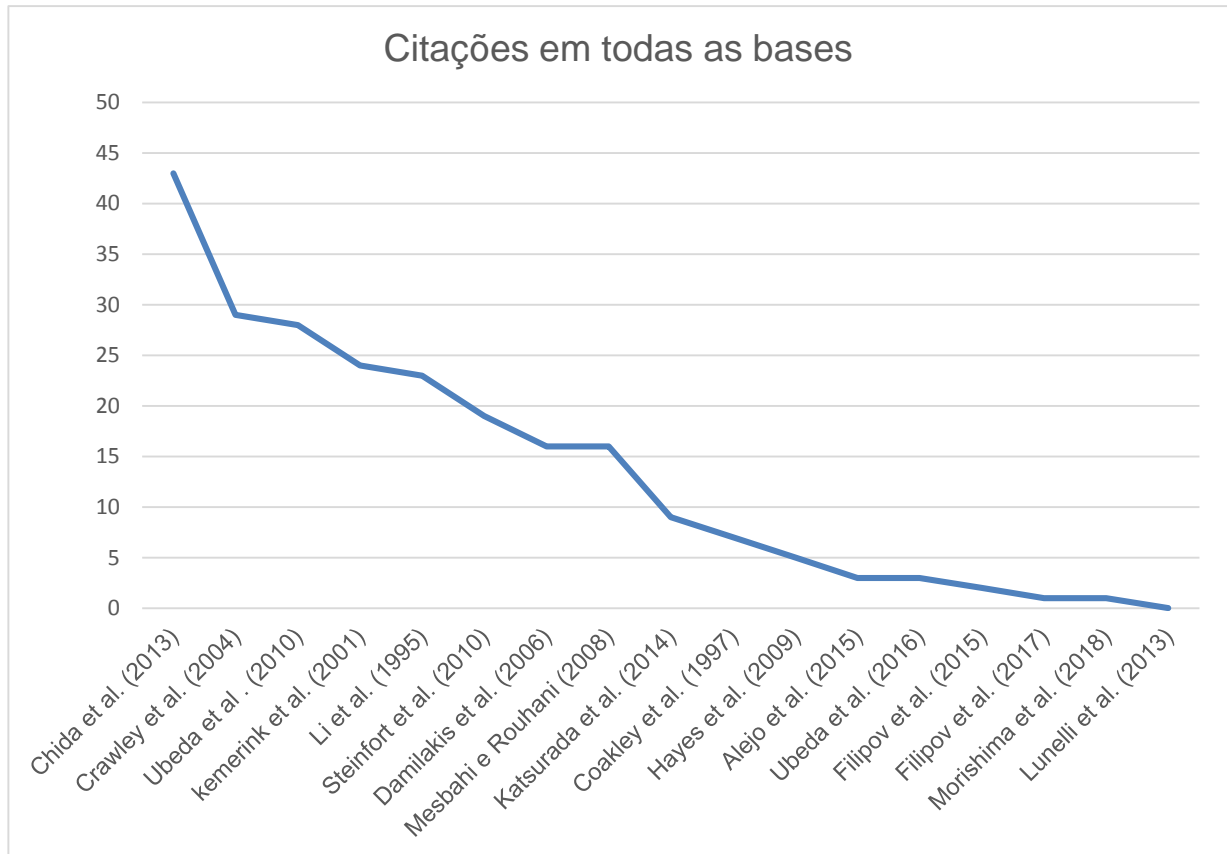
Gráfico 7 – Países em que os estudos foram executados.



Fonte: A AUTORA, 2019.

Chida *et al.* (2013) é o autor mais relevante com 43 citações em todas as bases (Gráfico 8).

Gráfico 8 – Citações dos autores em todas as bases de dados.

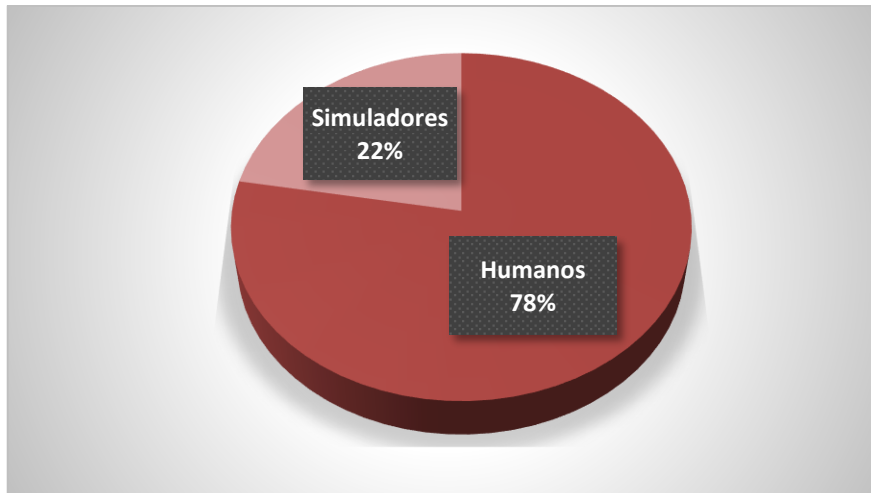


Fonte: A AUTORA, 2019.

A maior parte dos estudos, 78%, realizou a dosimetria ocupacional em seres humanos (Gráfico 9).



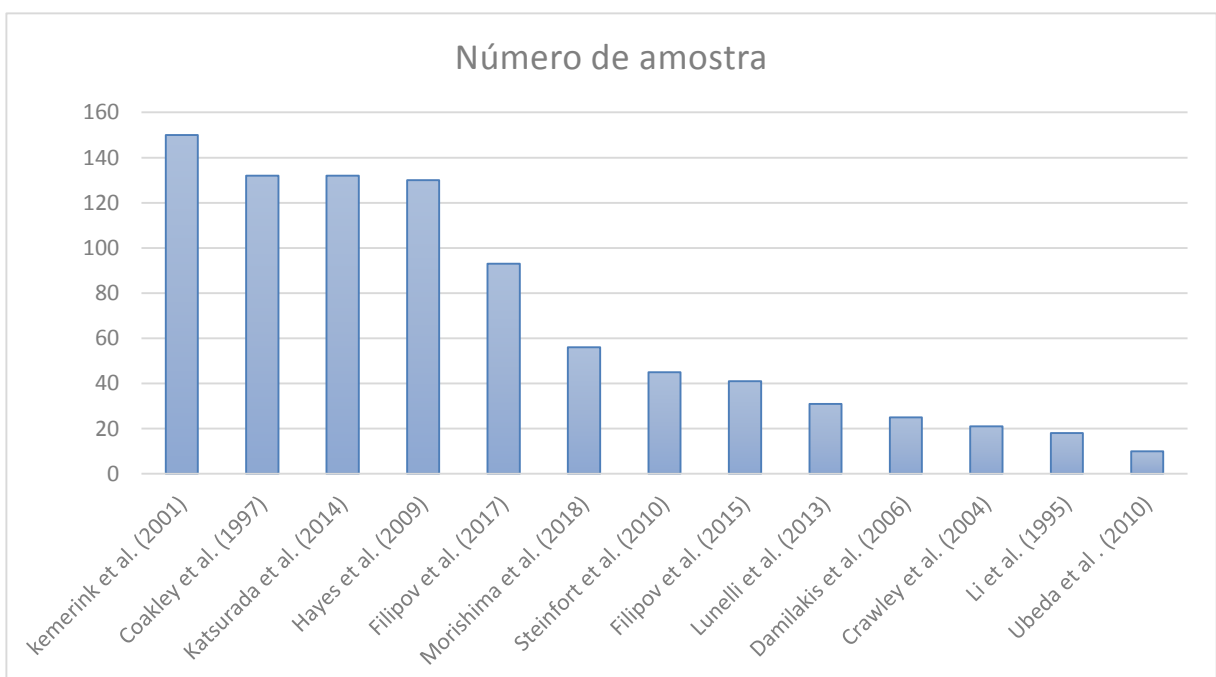
Gráfico 9 – Estudos realizados em humanos e simuladores.



Fonte: A AUTORA, 2019.

Em relação ao número de amostras dos estudos, foram considerados *outliers*: Chida *et al.* (2013) e Alejo *et al.* (2015), pois os mesmos apresentaram amostras desproporcionais em relação ao demais: 6.606 e 804 respectivamente. Já Ubeda *et al.* (2016), Mesbahi e Rouhani (2008) e McLean *et al.* (2006) não revelaram o tamanho da amostra, sendo portanto, retirados da análise (Gráfico 10).

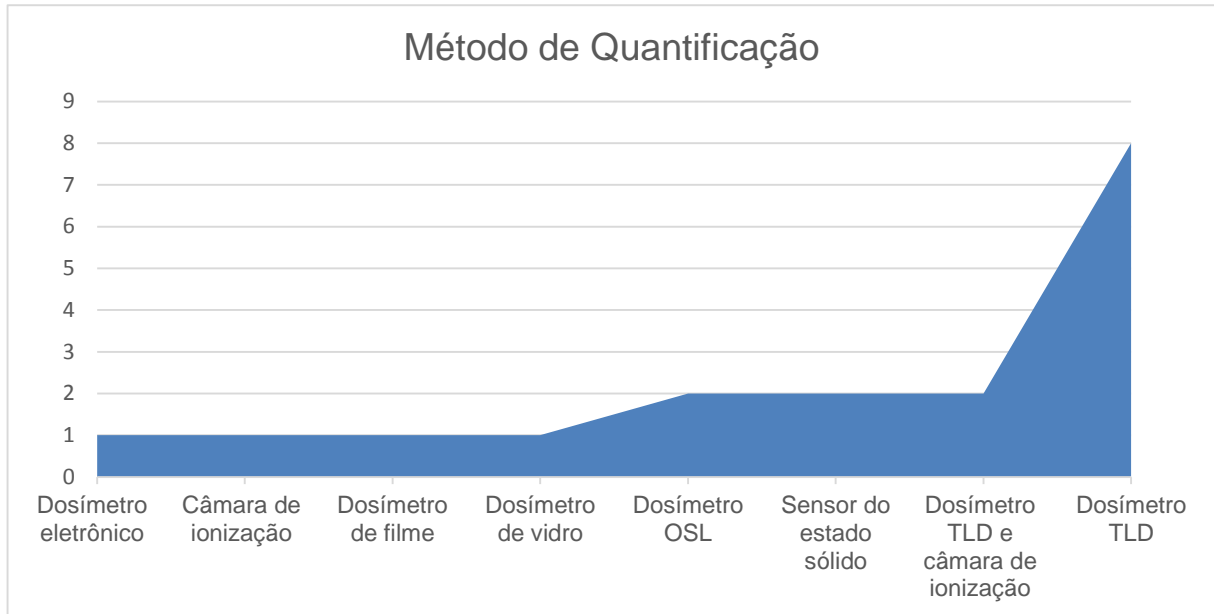
Gráfico 10 – Tamanho da amostra dos estudos.



Fonte: A AUTORA, 2019.

O método de quantificação mais aplicado foi através de dosímetro termoluminescente (oito estudos).

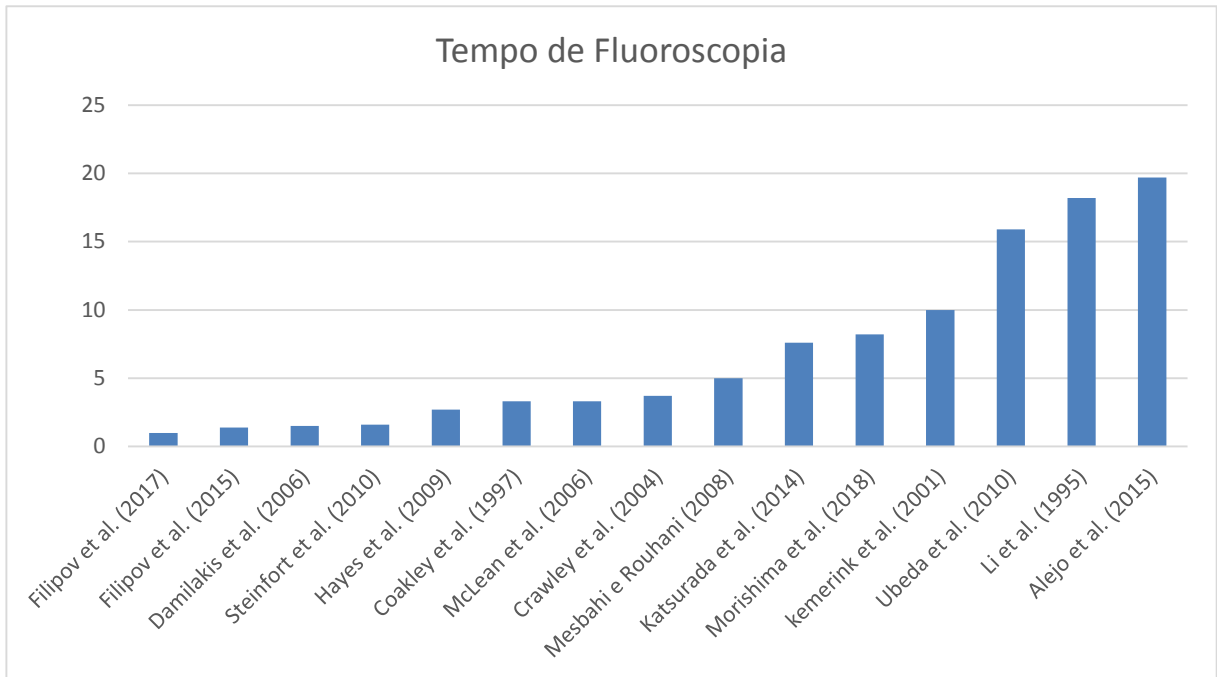
Gráfico 11 – Método de quantificação.



Fonte: A AUTORA, 2019.

O tempo de fluoroscopia por procedimento variou de 1 até 19,7 min, sendo que Chida *et al.* (2013), Lunelli *et al.* (2013) e Ubeda *et al.* (2016) não relataram seus tempos de fluoroscopia.

Gráfico 12 – Tempo de Fluoroscopia por procedimento.



Fonte: A AUTORA, 2019.

A comparação dos estudos referente à dosimetria ocupacional por procedimento, dosimetria ocupacional anual e parâmetros técnicos utilizados constam nas tabelas 28, 29 e 30 do referencial teórico.




## APÊNDICE 2

### ARTIGO SUBMETIDO

---

#### Dose Ocupacional em Seriografia Pediátrica do Esôfago, Estômago e Duodeno

#### Occupational Dose in Pediatric Seriography of the Esophagus, Stomach and Duodene

Gracielly Soares Nunes<sup>1</sup>, Rosangela Requi Jakubiak<sup>1</sup>, Renato Bocamino Doro<sup>2</sup>, João Antônio Palma Setti<sup>1</sup>, Valeriy Denyak<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Brasil.

<sup>2</sup> BrasilRad - Inovação e Qualidade em Física Médica, Florianópolis, Brasil.

<sup>3</sup> Centro Nacional de Ciência 'Instituto de Física e Tecnologia de Kharkov' (NSC KIPT), Kharkiv, Ucrânia.

---

#### Resumo

Exames pediátricos de Seriografia do Esôfago, Estômago e Duodeno, executados através de fluoroscopia, comumente necessitam do auxílio de Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) para posicionamento e imobilização do paciente. O objetivo do presente estudo é estimar a dose recebida por estes profissionais que permanecem na sala de exames durante a exposição à radiação. Para esta finalidade, foi utilizada uma câmara de ionização de placas paralelas marca Radcal Corporation, modelo 10X5-6 com volume sensível de 180 cm<sup>3</sup>, posicionada a 50 cm do isocentro, representando o primeiro IOE que auxilia contendo membros superiores. Dois manequins de polietileno foram preenchidos com água para representar o segundo IOE que contem membros inferiores (também posicionado a 50 cm do isocentro) e o paciente pediátrico, disposto sobre a mesa em feixe primário. Fatores técnicos como espessura de vestimenta plumbífera e distância do isocentro, também foram avaliados. Os valores de dose por procedimento são comparáveis com a dose típica do paciente em radiografia de tórax. A dose efetiva anual, 1,98 mSv, é significativamente inferior ao limite de 20 mSv/ano da Comissão Internacional de Proteção Radiológica. Porém, ela pode ultrapassar o limite no caso de centenas de procedimentos por ano.

**Palavras-chave:** fluoroscopia pediátrica; trato gastro intestinal alto; dosimetria ocupacional; procedimento com bário.

#### Abstract

*Pediatric examinations of the esophagus, stomach and duodenum, performed by fluoroscopy, commonly require the assistance of Occupationally Exposed Individuals (OEI) for patient positioning and immobilization. The objective of the present study is to estimate the dose received by these professionals who remain in the exams room during radiation exposure. For this purpose, a Radcal Corporation parallel plate ionization chamber, model 10X5-6, with a sensitive volume of 180 cm<sup>3</sup>, was placed 50 cm from the isocenter, representing the first OEI which helps holding upper limbs. Two polyethylene mannequins were filled with water to represent the second OEI which holds lower limbs (also positioned 50 cm from the isocenter) and the pediatric patient, placed on the primary beam, over table. Technical factors such as lead apron thickness and distance from isocenter were also evaluated. Dose values per procedure are comparable to the typical patient dose in chest radiography. The annual effective dose, 1.98 mSv, is significantly below the 20 mSv/year limit of the International Commission on Radiation Protection. However, it can exceed the limit in the case of hundreds of procedures per year.*

**Keywords:** *pediatric fluoroscopy; upper gastrointestinal tract; occupational dosimetry; barium meal procedure.*

## 1. Introdução

Executado através da fluoroscopia, o estudo de Seriografia do Esôfago, Estômago e Duodeno (SEED) permite a avaliação em tempo real da anatomia, fisiologia e possíveis patologias dos órgãos em questão, assim como o registro de radiografias quando pertinente<sup>1</sup>. Um contraste opacificador, geralmente o Sulfato de Bário, é empregado para diferenciar as densidades do Trato Gastro Intestinal (TGI) Alto, dos tecidos adjacentes.

A SEED é realizada com muita frequência em crianças para investigação, principalmente, de refluxo gastroesofágico. Durante o estudo pediátrico, é fundamental a presença na sala de exames de pelo menos um Indivíduo Ocupacionalmente Exposto (IOE), para auxiliar no posicionamento e imobilização do neonato ou criança. Esse profissional se expõe principalmente à radiação espalhada, que provém, em maior parte, da interação do feixe primário com o paciente. Por conseguinte, é dever do IOE portar vestimenta plumbífera de no mínimo 0,5 mm equivalente de chumbo para feixe primário, e proteger-se da radiação espalhada com atenuação não inferior a 0,25 mm equivalente de chumbo, seguindo assim, as normas de proteção radiológica<sup>2</sup>.

No caso de uma única fonte, a dose da radiação obedece à lei do inverso do quadrado da distância, de acordo com a diminuição do ângulo sólido. Um fator que poderia alterar essa dependência é a absorção dos raios X pelo ar, normalmente desprezível. Mas no caso da radiação espalhada, não há garantia de que a fonte seja única. Mesa do equipamento, detector do feixe primário e o outro IOE podem contribuir na formação da dose de radiação espalhada. Portanto, essa dependência é um objeto de estudo interessante, já que o afastamento do isocentro, também otimiza a radioproteção<sup>3</sup>.

Limites ocupacionais anuais foram estabelecidos por normas internacionais<sup>4,5</sup>, a fim de orientar os profissionais quanto às doses razoáveis e estimular o monitoramento dessas exposições.

Apesar da importância dessa questão, o número de estudos que estimaram dose

ocupacional em exames pediátricos do TGI Alto é limitado<sup>6,7,8,9,10</sup>. Vale ressaltar que apesar de todos os estudos usarem as metodologias parecidas, os resultados do trabalho de COAKLEY et al (1997) diferem significativamente dos posteriores.

Sendo assim, o presente estudo tem como principal objetivo, estimar a dose efetiva recebida por profissionais envolvidos em exames pediátricos de SEED utilizando outra metodologia, com o intuito de verificar se as exposições se encontram dentro dos limites internacionais estipulados. Espessuras de vestimenta plumbífera e distância do isocentro também foram avaliados.

## 2. Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido em Hospital Universitário na cidade de Curitiba, no setor de radiologia, em junho de 2018. A pesquisa não foi submetida à apreciação do Comitê de Ética por não envolver seres humanos.

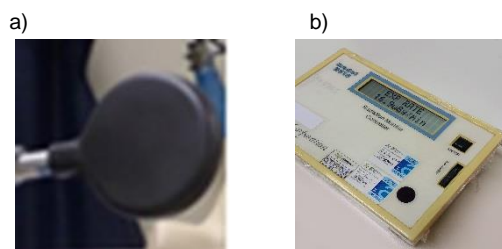
O equipamento de fluoroscopia utilizado foi o telecomandado modelo AXIOM ICONOS MD da marca SIEMENS, cujo tubo de raios X se encontra acima da mesa articulável, e esta, por sua vez, se encontra na posição horizontal (Figura 1).



**Figura 1.** Equipamento de fluoroscopia. Distância foco – isocentro: 95 cm; Distância foco imagem: 115 cm.

O equipamento empregado para estimar a dose ocupacional foi a câmara de ionização de placas paralelas marca Radcal Corporation, modelo 10X5-6 com volume

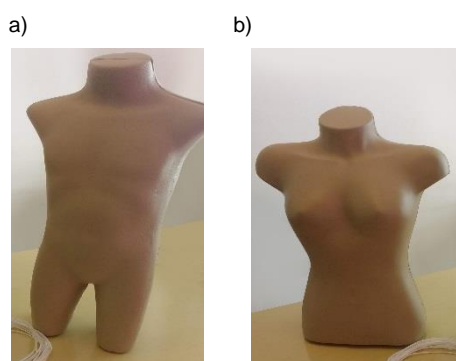
sensível de 180 cm<sup>3</sup> acoplada ao eletrômetro de mesma marca, modelo 9010 (Figura 2).



**Figura 2.** a) Câmara de ionização de placas paralelas; b) eletrômetro.

A câmara foi disposta a 50 cm do isocentro e 115 cm acima do piso, representando o primeiro IOE que auxilia principalmente na imobilização de membros superiores.

Dois manequins de polietileno preenchidos com água, foram preparados para representar o paciente pediátrico e o segundo IOE que auxilia na imobilização dos membros inferiores, com as seguintes dimensões de comprimento, largura e altura: (20 cm x 18 cm x 44 cm) e (20 cm x 19 cm x 50 cm), respectivamente (Figura 3).



**Figura 3.** a) Simulador do paciente pediátrico (disposto sobre a mesa, sob feixe primário); b) Simulador do segundo assistente (disposto a 50 cm do isocentro).

Os parâmetros técnicos comumente executados pela instituição, também foram respeitados: a) Filtração adicional: 0,3 mm de cobre; b) Valor nominal do ponto focal: 0,6; c) Tempo total de fluoroscopia: 2,30 min; d)

Técnica para fluoroscopia: 83 kVp / 2 mAs; e) Técnica para radiografia: 68 kVp / 28 mAs.

Durante o experimento, três exposições, tanto para fluoroscopia quanto para radiografias, foram executadas. Taxa de dose em fluoroscopia e dose recebida durante as radiografias foram medidas para cada exposição. Valores médios foram calculados.

Equivalente de dose Hp(10) foi calculado usando um fator de conversão (Equação 1)<sup>11</sup>:

$$Hp(10) = 1,14 \times K_{ar} \text{ (Sv)} \quad (1)$$

Para estimar a dose efetiva que os profissionais recebem anualmente durante os estudos de SEED pediátricos, o valor de Hp (10) do experimento foi avaliado tomando em conta o número de exames, que exigiram profissionais dentro da sala, realizados durante o ano de 2017. Para atingir esse objetivo, foi realizado um levantamento da quantidade de séries pediátricas do TGI Alto, através do Sistema de Informação Hospitalar entre 1 de janeiro e 31 de dezembro de 2017.

Como uma segunda etapa do estudo, taxas de dose foram adquiridas ao modificar-se espessura de vestimenta plumbífera e distância da câmara de ionização ao isocentro. Cada parâmetro foi analisado de forma independente, para o posicionamento ântero posterior, pré contraste, do simulador pediátrico. Mantendo a câmara de ionização a 50 cm do isocentro e 115 cm acima do piso, três situações em relação a vestimenta plumbífera foram simuladas: sem avental, com avental 0,25 mm de equivalência em chumbo e com avental 0,50 mm de equivalência em chumbo. Em relação à distância da câmara de ionização ao isocentro, quatro situações foram estudadas: 50, 100, 150 e 250 cm. Para as duas circunstâncias, os outros parâmetros técnicos foram os comumente executados pela instituição: a) Filtração adicional: 0,3 mm de cobre; b) Valor nominal do ponto focal: 0,6; c) Técnica para fluoroscopia: 83 kVp / 2 mAs.

### 3. Resultados

A tabela 1 mostra a dose na fluoroscopia, dose na produção de imagens radiográficas e a dose total recebida pelo IOE durante exame pediátrico de SEED.

**Tabela 1.** Dose recebida por IOE ( $\mu\text{Gy}$ )

Fluoroscopia	Radiografias	Total
38,58 $\pm$ 0,42	15,57 $\pm$ 0,07	54,15 $\pm$ 0,43

Fonte: A autora (2019).

A estimativa de dose efetiva anual para os 32 exames de SEED pediátricos, realizados durante o ano de 2017, foi de 1,98 $\pm$ 0,04 mSv.

A taxa de dose em função da distância da câmara de ionização ao isocentro é apresentada na tabela 2. O erro é igual 0,03  $\mu\text{Gy}/\text{min}$ .

**Tabela 2.** Taxa de dose em função da distância entre câmara de ionização e simulador do paciente pediátrico.

Distância (cm)	Taxa de dose ( $\mu\text{Gy}/\text{min}$ )
50	16,47
100	4,03
150	1,90
250	0,47

Fonte: A autora (2019).

A taxa de dose em função da espessura do avental plumbífero é mostrada na tabela 3. O erro é igual 0,07  $\mu\text{Gy}/\text{min}$ .

**Tabela 3.** Taxa de dose em função da espessura do avental plumbífero.

Espessura do avental (mm de chumbo)	Taxa de dose ( $\mu\text{Gy}/\text{min}$ )
0	13,40

0,25	1,07
0,50	0,33

Fonte: A autora (2019).

### 4. Discussão

O valor da dose total (Tabela 1) condiz com os dados obtidos anteriormente<sup>10</sup>. Ele é um pouco menor, mas comparável com a dose típica do paciente em radiografia de tórax. A contribuição das imagens radiográficas é ~30%, o que enfatiza a importância do conceito de *Last Image Hold* também para a exposição ocupacional.

No primeiro estudo desenvolvido nessa área, COAKLEY et al (1997), analisaram a dose de radiação recebida em mãos e tireoides de IOEs durante 66 estudos pediátricos de SEED. Dosímetros termoluminescentes (TLDs) de Sulfato de Cálcio indicaram doses médias por semana para mãos que variaram de 40 a 210  $\mu\text{Sv}$  e para tireoide que variaram de 20 a 50  $\mu\text{Sv}$ . Levando em consideração a quantidade de seriografias, o valor da dose por exame não ultrapassa 13  $\mu\text{Sv}$ , que é significativamente menor do que o resultado do presente estudo. Os autores mencionados na sequência indicaram doses mais altas.

DAMILAKIS et al (2006), ao estimarem a dose de radiação obtida em mãos de IOEs em 25 exames pediátricos de SEED através de TLDs de Fluoreto de Cálcio, mensuraram doses médias de 47  $\mu\text{Gy}$  por procedimento.

FILIPOV et al (2015), determinaram dose equivalente na tireoide de IOEs durante 48 estudos pediátricos de SEED. TLDs de Fluoreto de Lítio indicaram uma variação de 20 a 54  $\mu\text{Sv}$  por procedimento.

FILIPOV et al (2015(1)), investigaram dose ocupacional em mãos, cristalinos e tireoides de IOEs em 41 exames pediátricos de SEED. TLDs de Fluoreto de Lítio aferiram doses médias de 85, 49 e 32  $\mu\text{Sv}$  por procedimento, respectivamente.

FILIPOV et al (2017), otimizaram exposição ocupacional em mãos, cristalinos e tireoides durante exames pediátricos de SEED.

O estudo foi realizado em duas etapas: antes (49 pacientes) e após (44 pacientes) a implementação da otimização. TLDs de Fluoreto de Lítio indicaram doses médias antes da otimização de 83, 48 e 52  $\mu\text{Sv}$  por procedimento, respectivamente. Após a otimização, os resultados foram de 43, 25 e 28  $\mu\text{Sv}$  por procedimento, respectivamente.

A estimativa de dose efetiva anual (1,98 $\pm$ 0,04 mSv) é significativamente inferior ao limite de 20 mSv/ano<sup>4</sup>, principalmente devido ao pequeno número de procedimentos. No entanto, a dose efetiva anual excederá o limite no caso de 720 procedimentos, valor típico para o hospital pediátrico da mesma cidade<sup>8</sup>.

Em relação a taxa de dose em função da distância, a redução é significativa e condiz com a lei do quadrado inverso. Ao dobrar a distância de 50 cm para 100 cm, ocorre uma redução de ~75%, o que significa uma redução de quatro vezes. Triplicando-se a distância de 50 cm para 150 cm, ocorre redução por um fator próximo de 9.

No que diz respeito a taxa de dose em função da espessura do avental plumbífero, a vestimenta de 0,25 mm reduz a taxa de dose em 92%. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de DE SOUZA; SOARES (2008), que encontraram uma redução de 96%. No caso do avental de 0,50 mm de equivalência em chumbo, a redução é ainda maior, 98%, igual ao referido por DE SOUZA; SOARES (2008) e um pouco maior que 94,4 $\pm$ 1,3% no caso dos protetores tireoidianos<sup>8</sup>.

## 5. Conclusões

A dose de radiação ocupacional estimada para os operadores que realizaram os estudos de SEED pediátrico no presente estudo, não ultrapassa os limites estabelecidos pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica, estando abaixo do limiar de dano. Contudo, a dose efetiva anual pode exceder o limite no caso de centenas de procedimentos, valor típico para um hospital pediátrico.

A redução significativa nas taxas de doses, para o mesmo tipo de procedimento, ao otimizar parâmetros técnicos como vestimenta plumbífera e distância do isocentro, reitera que o uso de medidas de proteção reduzem substancialmente as doses de radiação ocupacional.

## Referências

1. Bontrager, K.L., Lampignano J. Bontrager's Handbook of Radiographic Positioning and Techniques. eighth. ed. Mosby Elsevier, editor. Journal of Chemical Information and Modeling. St. Louis, MO (USA); 2013.
2. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. RESOLUÇÃO - RDC Nº 330, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2019 [Internet]. 2019. p. 92. Available from: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-330-de-20-de-dezembro-de-2019-235414748?inheritRedirect=true>
3. IAEA. International Atomic Energy Agency. Diagnostic and Interventional Radiology [Internet]. 2018. Available from: <https://www.iaea.org/file/2017/training-radiologyalllectureszip>
4. ICRP, 2007. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 Ann, vol. 37, pp. 1–332.
5. ICRP, 2011. Statement on Tissue Reactions. Ref. 4825-3093-1464, approved on April 21, 2011. Accepted in the documents of EU (Council Directive 2013/59/ EURATOM)
6. Coakley, KS, Ratcliffe, J, Masel, J. Measurement of Radiation Dose Received by the Hands and Thyroid of Staff Performing Gridless Fluoroscopic Procedures in Children. The British Journal of Radiology. 1997. Vol. 70, 933-936.
7. Damilakis J, Stratakis J, Raissaki M, Perisinakis K, Kourbetis N, Gourtsoyiannis N. Normalized dose data for upper gastrointestinal tract contrast studies performed to infants. Med Phys. 2006;33(4):1033–40.
8. Filipov D, Sauzen J, Schelin HR, Paschuk SA, Legnani A. Dose Equivalente na Tireoide dos Profissionais que Utilizam o Protetor Plumbífero nos Exames de SEED Pediátrico. Rev Bras Física Médica. 2015;23–6.
9. Filipov D, Schelin HR, Denyak V, Paschuk SA, Porto LE, Ledesma JA, et al. Pediatric patient and staff dose measurements in barium meal fluoroscopic procedures. Radiat Phys Chem [Internet]. 2015(1);116:267–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2015.05.036>



10. Filipov D, Schelin HR, Denyak V, Paschuk SA, Ledesma JA, Legnani A, et al. Medical and occupational dose reduction in pediatric barium meal procedures. *Radiat Phys Chem* [Internet]. 2017;140(January):271–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2017.01.034>
11. Mattos O.R M, Tauhata L, Di Prinzio M. Grandezas e Unidades para Radiação Ionizante. *Laboratório Nac Metrol das Radiações Ioniz.* 2011;27.
12. De Souza E, Soares, JPM. Correlações Técnicas e Ocupacionais da Radiologia Intervencionista. *J. Vasc. Bras.*, 2008, vol. 7, n. 4, pp 341-350.

**Contato:**

Autor Correspondente:

*Gracielly Soares Nunes*

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

*Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, Curitiba - PR, 80230-901, Brasil*

*gracielly.2018@alunos.utfpr.edu.br*

Co-Autores:

*Rosangela Requi Jakubiak*

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

*Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, Curitiba - PR, 80230-901, Brasil*

*requi@utfpr.edu.br*

*Renato Bocamino Doro*

*BrasilRad - Inovação e Qualidade em Física Médica*

*Rod. SC 401, Km 01, 600, João Paulo, Florianópolis, SC, 88030-000, Brasil*

*renato.doro@brasilrad.com.br*

*João Antônio Palma Setti*

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

*Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, Curitiba - PR, 80230-901, Brasil*

*setti@utfpr.edu.br*

*Valeriy Denyak*

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

*Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, Curitiba - PR, 80230-901, Brasil*

*National Science Center 'Kharkov Institute of Physics and Technology' (NSC KIPT)*

*Akademicheskaya, 1, Kharkiv, 61108, Ukraine*

*denyak@utfpr.edu.br*