



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

Avaliação da exposição ocupacional às radiações ionizantes no serviço de ortopedia do Hospital Regional de Araguaína (HRA)

ALACID ALVES NUNES

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientadora:
Profa. Dra. Leticia L. C. Rodrigues

São Paulo
2022

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

Avaliação da exposição ocupacional às radiações ionizantes no serviço
de ortopedia do Hospital Regional de Araguaína (HRA)

Versão Corrigida
Versão Original disponível no IPEN

ALACID ALVES NUNES

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Mestre em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientadora:
Profa. Dra. Letícia L. C. Rodrigues

São Paulo
2022

Fonte de Financiamento: Próprio

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Como citar:

ALVES NUNES, A. ***Avaliação da exposição ocupacional às radiações ionizantes no serviço de ortopedia do Hospital Regional de Araguaína (HRA)***. 2022. 83 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

<p>Alves Nunes, Alacid Avaliação da exposição ocupacional às radiações ionizantes no serviço de ortopedia do Hospital Regional de Araguaína (HRA) / Alacid Alves Nunes; orientador LETÍCIA L. C. RODRIGUES. -- São Paulo, 2022. 83 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear (Aplicações) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2022.</p> <p>1. Radiação Ionizante. 2. Exposição Ocupacional. 3. Cirurgias ortopédicas.. I. L. C. RODRIGUES, LETÍCIA, orient. II. Título.</p>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Alacid Alves Nunes

Orientadora: Profa. Dra. Leticia L. C. Rodrigues

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações.

DATA: ___/___/___

**Prof(a). Dr(a)
Intituição: _____ Julgamento _____**

**Prof(a). Dr(a)
Intituição: _____ Julgamento _____**

**Prof(a). Dr(a)
Intituição: _____ Julgamento _____**

**Prof(a). Dr(a)
Intituição: _____ Julgamento _____**

**Prof(a). Dr(a)
Intituição: _____ Julgamento _____**

Dedico essa dissertação a todas as pessoas que eu conheci nesse tempo, pois cada uma me mostrou algo novo e importante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me mostrar o caminho certo.

Sou grato aos meus pais pelo dom da vida.

Agradeço à minha esposa Diana, por estar ao meu lado sempre.

Gratidão pela participação do Vicente de Paulo de Campos, cuja dedicação e atenção foram essenciais para que este trabalho fosse concluído satisfatoriamente.

Grato pela confiança depositada pela minha orientadora Prof^a. Dra. Letícia L. C. Rodrigues, que dedicou inúmeras horas para sanar as minhas questões e me colocar na direção correta.

*O impossível não é um fato,
impossível é uma opinião.*
Muhammad Ali

RESUMO

NUNES, Alacid A. ***Avaliação da exposição ocupacional às radiações ionizantes no serviço de ortopedia do Hospital Regional de Araguaína (HRA)***

Dissertação (Mestrado em Medicina – Radiações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CENEN/SP. São Paulo.

Introdução: A exposição às radiações ionizantes pode gerar efeitos indesejados e prejudiciais à saúde. Este estudo tem propôs como objetivos: analisar o grau de exposição da equipe cirúrgica ortopédica do Hospital Regional de Araguaína (HRA) à radiação ionizante fluoroscópica; identificar as doses de radiação ionizante dos profissionais que integram as equipes médicas da sala de cirurgia ortopédica do Serviço de Ortopedia do HRA - TO selecionados para este estudo, utilizando dosímetros termoluminescentes; verificar e discutir as medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes adotadas pelos serviços de ortopedia desse hospital selecionado; discutir e comparar os resultados obtidos com os dados de dose citados na literatura. Materiais e métodos: Foram utilizados os métodos de observação, valores da taxa de dose do feixe primário e aferição dos procedimentos metodológicos da equipe cirúrgica ortopédica em processos conduzidos por fluoroscopia. Os princípios primordiais de proteção radiológica relacionados a esses trabalhadores foram observados (15 médicos ortopedistas e 04 instrumentadores). Conclusão: Embora as doses avaliadas, na maioria, estejam abaixo do nível de registro, conforme esperado, uma vez que o dosímetro foi posicionado abaixo do avental, pode ser observada uma dose de 0,50mSv, o que mostra que esses valores podem variar de uma situação para outra. No que se refere aos equipamentos de radioproteção, o hospital possui apenas avental de chumbo e protetor de tireoide, porém, não tem óculos plumbíferos e não possui um programa educacional permanente sobre o uso dos equipamentos de radioproteção.

Palavras-chave: Radiação Ionizante; Exposição Ocupacional; Cirurgias ortopédicas.

ABSTRACT

NUNES, Alacid A. ***Evaluation of occupational exposure to ionizing radiation at the orthopedics service of the Regional Hospital of Araguaína (HRA)*** Dissertação (Mestrado em Medicina – Radiações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – CENEN/SP. São Paulo.

Introduction: Exposure to ionizing radiation can generate unwanted and harmful health effects. This study aims: to smooth out the degree of exposure of the orthopedic surgical team of the Regional Hospital of Araguaína (HRA) to fluoroscopic ionizing radiation; identify the doses of ionizing radiation of professionals who are part of the medical teams of the orthopedic surgery room of the Orthopedic Service of HRA - TO, selected for this study, using thermoluminescent dosimeters; verify and discuss the measures to control occupational exposure to ionizing radiation adopted by the orthopedic services of this selected hospital; compare the results obtained with the dose data cited in the literature. Materials and methods: The methods of observation, values of the primary beam dose rate and measurement of the methodological procedures of the orthopedic surgical team in processes conducted by fluoroscopy were used. The primary principles of radiological protection were observed, related to these workers (15 orthopedist physicians and 04 instrumentalists). Conclusion: Although the doses evaluated, in the majority, are below the level of registration, as expected, since the dosimeter was positioned below the apron, a dose of 0.50mSv can be observed, which shows that these values may vary from one situation to another. Regarding radioprotection equipment, the hospital has only lead apron and thyroid protector, but does not have plumbiferous glasses and does not have a permanent educational program on the use of radioprotection equipment. Even existing equipment, it is not widely used, which reveals that professionals do not give much importance to the use of complete equipment, for surgical procedures with fluoroscopy.

Keywords: Ionizing Radiation; Occupational Exposure; Orthopedic surgeries.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAE	Controle Automático de Exposição
CaF ₂	Fluoreto de Cálcio - Fluorita
CaSO ₄ :Dy	Sulfato de Cálcio Dopado com Disprósio
CaSO ₄ :Mn	Sulfato de Cálcio Dopado com Manganês
CIPR	Comissão Internacional de Proteção Radiológica
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
DTL	Detectores Termoluminescentes
Gy	Gray
HRA	Hospital Regional de Araguaína – TO
ICRP	<i>International Commission on Radiological Protection</i>
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
kV	Quilovolts
LiFMg,Ti	Fluoreto de Lítio Dopado com Magnésio e Titânio
mAs	Miliamper-segundos
REM	Röntgen Equivalent Man
RX	Raio X
SBN	Sistema Brasileiro de Normatização
Sv	Sievert
TL	Termoluminescência
TLD- 100	LiF:Mg,Ti
μGy	Microgray
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
PMMA	Polimetilmetacrilato

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Tipos de radiação e poder de penetração 25
Figura 2	Opacidade no cristalino radio induzida em um especialista em Radiologia Intervencionista submetido a altos níveis de radiação 34
Figura 3	Diagrama esquemático de excitação e estimulação térmica em um fósforo TL 39
Figura 4	Curva típica de Resposta TL de um material em função da exposição à radiação 40
Figura 5	Esquema simplificado do sistema leitor termoluminescente 42
Figura 6	Pastilhas dosimétricas de CaSO ₄ :Dy 44
Figura 7	Porta-dosímetro do IPEN 44
Figura 8	Objeto simulador de poliestireno expandido - Isopor e posicionamento para irradiação 45
Figura 9	Objeto Simulador de polimetilmetacrilato – PMMA e posicionamento para irradiação 45
Figura 10	Forno Mufla, marca Heatech Furnace Eurotherm, modelo 4814-1 46
Figura 11	Leitor termoluminescente marca <i>Harshaw</i> , modelo TDL 5500. 47
Figura 12	Arco Cirúrgico marca GE , modelo OEC Fluorostar, 7900 48
Figura 13	Avental de chumbo 50
Figura 14	Localização anterior e posterior outros dosímetros posicionados acima e abaixo do protetor de chumbo 50
Figura 15	Curva de resposta TL em função da dose para radiação do ¹³⁷ Cs 56
Figura 16	Avaliação da dose e da energia efetiva média do fluoroscópio empregando objeto simulador de PMMA, preenchido com água 58
Figura 17	Resposta TL dos detectores sob os diferentes filtros em função do tempo de irradiação empregando objeto simulador de PMMA preenchido com água 59

Figura 18	Dose em função do tempo de irradiação do fluoroscópio – procedimento empregando objeto simulador de PMMA preenchido com água	60
Figura 19	Avaliação de dose do fluoroscópio empregando objeto simulador de isopor	62
Figura 20	Resposta TL dos detectores sob os diferentes filtros m função do tempo de irradiação empregando objeto simulador de isopor	63
Figura 21	Dose em função do tempo de irradiação – procedimento empregando objeto simulador de isopor.....	64
Figura 22	Doses individuais nas avaliações dos médicos ortopedistas	65
Figura 23	Doses individual nas avaliações dos instrumentadores	66
Figura 24	Médico Ortopedista 01: doses nas 03 primeiras avaliações	66
Figura 25	Médico Ortopedista 02: doses nas 03 primeiras avaliações	66
Figura 26	Médico Ortopedista 03: doses nas 03 primeiras avaliações	67
Figura 27	Médico Ortopedista 04: doses nas 03 primeiras avaliações	67
Figura 28	Médico Ortopedista 05: doses nas 03 primeiras avaliações	67
Figura 29	Médico Ortopedista 06: doses nas 03 primeiras avaliações	67
Figura 30	Médico Ortopedista 07: doses nas 03 primeiras avaliações	67
Figura 31	Médico Ortopedista 08: doses nas 03 primeiras avaliações	67
Figura 32	Médico Ortopedista 09: doses nas 03 primeiras avaliações	68
Figura 33	Médico Ortopedista 10: doses nas 03 primeiras avaliações	68
Figura 34	Médico Ortopedista 11: doses nas 03 primeiras avaliações	68
Figura 35	Instrumentador 12: doses nas 03 primeiras avaliações	68
Figura 36	Instrumentador 13: doses nas 03 primeiras avaliações	68
Figura 37	Instrumentador 14: doses nas 03 primeiras avaliações	68
Figura 38	Instrumentador 15: doses nas 03 primeiras avaliações	69

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 Limites de dose estabelecidos pela norma CNEN – NN 3.01...	31
Tabela 2 Propriedades físico-químicas e dosimétricas do CaSO ₄ :Dy	40
Tabela 3 Resposta TL média do lote de detectores em função da dose de radiação com ¹³⁷ Cs e desvio padrão da média e sensibilidade média	54
Tabela 4 Fator de calibração do lote para radiação gama do ¹³⁷ Cs	54

LISTA DE QUADROS

		Pág.
Quadro 1	Resumo das principais grandezas de radioproteção	26
Quadro 2	Número de equipamentos de Raios X para hemodinâmica no Brasil / Tocantins / Araguaína - abril/2022	36
Quadro 3	Determinação da Energia efetiva média e dose efetiva média – Radiação gama do ^{137}Cs	51
Quadro 4	Resposta TL em função da dose de radiação gama do ^{137}Cs dos detectores do lote selecionado	54
Quadro 5	Distribuição dos grupos de dosímetros em função do tempo de irradiação com arco cirúrgico	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	19
2.1	Geral	20
2.2	Específicos	20
2.3	Justificativa	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
3.1	Radiações Ionizantes	22
3.1.1	História.....	22
3.1.2	Conceitos e definições	23
3.2	Legislação referente ao uso de Radiações Ionizantes	27
3.2.1	Princípio ALARA – Otimização em Radioterapia	31
3.2.2	Limites de dose para indivíduos ocupacionalmente expostos e indivíduos do público	32
3.3	Efeitos biológicos das Radiações Ionizantes em profissionais de saúde	33
3.4	Radiologia Intervencionista	36
3.4.1	Cirurgias ortopédicas e as Radiações Ionizantes	37
3.4.2	Fluoroscopia	38
3.5	Termoluminescência	38
3.5.1	Dosímetro termoluminescente	40
3.5.1.1	Sulfato de Cálcio Dopado com Disprósio - CaSO ₄ :Dy	41
3.5.1.2	Sistema de dosimetria termoluminescente	41
3.5.2	Procedimentos térmicos de reutilização	42
4	MATERIAIS E MÉTODOS	43
4.1	Materiais	43
4.1.1	Materiais de consumo	43
4.1.2	Materiais permanentes	46
4.2	Métodos	48
4.2.1	Dosímetros termoluminescentes	49
4.2.2	Irradiações	49
4.2.3	Avaliação da dose individual dos participantes	50

		15
4.2.4	Cálculo da dose	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5.1	Determinação do fator de calibração do lote de pastilhas para radiação gama do ¹³⁷Cs	53
5.2	Curva de resposta TL em função da dose para radiação gama do ¹³⁷Cs	55
5.3	Curva de calibração do fluoroscópio do HRA em 03/12/18 ...	56
6	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS	72
	ANEXO	79
	Anexo 1 – Parecer Consubstanciado do CEP	80
	APÊNDICE	83
	Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE	84

1 INTRODUÇÃO

Dentre as aplicações da Radiologia Intervencionista, tais como a punção (aspirativa, toracocentese, paracentese etc.), biópsia, angiografia (arteriografia, flebografia, etc.), colangiografia, entre outras, destaca-se a utilização da fluoroscopia no centro cirúrgico, em complemento às cirurgias ortopédicas. Nas cirurgias ortopédicas, a fluoroscopia é aplicada em procedimentos que requerem a visualização, em tempo real, de estruturas ósseas, possibilitando maior precisão na colocação de próteses, inserção de hastes e fixação intramedulares (SOUZA; ALMEIDA JUNIOR, 2018). A aplicação da fluoroscopia durante as intervenções médicas torna os procedimentos minimamente invasivos e benéficos ao paciente, por fornecer ao médico uma imagem, em tempo real, de onde está sendo feita a intervenção e, o local exato para o posicionamento de uma prótese ou pino, por exemplo. Assim, uma cirurgia de três horas de duração pode ser feita em duas horas, diminuindo o tempo cirúrgico e os riscos operatórios (MENDONÇA; BARROS; JÚNIOR, 2019; LUZ et al., 2007). De acordo com informações colhidas no Hospital Regional de Araguaína – TO (HRA), o mesmo realiza, em média, cem cirurgias ortopédicas por mês, sendo apontado como o hospital que mais realiza cirurgia desse gênero no estado do Tocantins.

Porém, alguns complexos e longos procedimentos guiados fluoroscopicamente, podem resultar em altos níveis de exposição ocupacional às radiações ionizantes para a equipe de cirurgia ortopédica e, induzir sérios danos à saúde dos membros desta equipe (ISHIGUCHI, 2002; THEOCHAROPOULOS et al., 2003). Para controlar, automaticamente, (diminuir) a radiação emitida, os equipamentos mais recentes dispõem, quase sempre, de um sistema de Controle Automático de Exposição (CAE), que permite uma variação automática dos valores de tensão (quilovolts - kV), corrente e tempo de exposição (milamperagem-segundos - mAs), compensando variações da espessura e densidade do tecido a observar, a partir de valores previamente determinados (LEITE; UVA; SERRANHEIRA, 2006).

Os procedimentos inerentes à cirurgia ortopédica colocam exigências ao nível da carga física (por exemplo, posições ortostáticas, frequentes aplicações de força na manipulação dos diversos equipamentos) para os cirurgiões e instrumentistas que estão, por vezes, na origem da fraca adesão às medidas de proteção individual, à utilização correta do dosímetro individual e a uma desvalorização do risco, por parte daqueles profissionais (CURY et al., 2021).

A despeito de todo o aparato disponível, relativamente à biossegurança da equipe médica, como aventais de chumbo, colares protetores de tireoide e óculos com películas de chumbo, os efeitos cumulativos e deletérios radioativos não devem ser negligenciados (MEHLMAN; DIPASQUALE, 1997; RILEY, 1989).

A dosimetria é uma técnica que permite avaliar uma grandeza radiológica ou operacional, empregando detectores específicos, com resultados relacionados à dose recebida pelo corpo inteiro, órgão ou tecido humano. Sendo um fator de proteção radiológica importante, pois nos permite avaliar o limiar de dose, e assim, evitar os efeitos determinísticos e minimizar as probabilidades de ocorrência de efeitos estocásticos a níveis considerados seguros (TAUHATA et al., 2014).

Um dos métodos de dosimetria mais utilizados é a termoluminescência (TL), que é um fenômeno observado em cristais iônicos, e consiste na emissão de luz, quando este é aquecido após ter sido previamente irradiado. Os principais materiais utilizados como dosímetros termoluminescentes são o Sulfato de Cálcio Dopado com Disprósio ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$), o Sulfato de Cálcio Dopado com Manganês ($\text{CaSO}_4:\text{Mn}$); o Fluoreto de Lítio Dopado com Magnésio e Titânio ($\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$) e a Fluorita (CaF_2). No Brasil, o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ e o $\text{LiF}:\text{Mg,Ti}$ (TLD- 100), são os mais utilizados (TAUHATA et al., 2014).

O $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ tem sido intensamente empregado em medições de dose em nível de radioproteção, devido à sua alta sensibilidade. Este material apresenta um extenso intervalo de linearidade da resposta com a radiação, que vai de microGray (μGy) a Gray (Gy), e mais, tem sido avaliado para aplicações relacionadas à radioterapia, principalmente envolvendo feixes de elétrons. O $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ é fabricado e comercializado pelo Laboratório de Materiais Dosimétricos da Gerência de Metrologia das Radiações/IPEN (NUNES; CAMPOS, 2008).

A alta sensibilidade dos Detectores Termoluminescentes (DTL) permite a construção de pequenos dosímetros que podem ser utilizados em regiões de

gradientes agudos e em dosimetria “*in vivo*”. Os dosímetros são resistentes e aplicáveis em várias formas e tamanhos.

2 JUSTIFICATIVA

O tema sobre avaliação da exposição ocupacional às radiações ionizantes no serviço de ortopedia do HRA, surgiu, principalmente, pelo motivo de que, apesar das vantagens ocasionadas pela aplicação das radiações ionizantes em intervenções cirúrgicas, entende-se que a sua interação com o material biológico pode provocar graves prejuízos à saúde. SOUZA e ALMEIDA JUNIOR (2018), citam que isto ocorre por causa dos Raios X serem radiações de caráter ionizante, que demonstram facilidade de ionizar o ambiente por onde percorrem.

As intervenções cirúrgicas ortopédicas, dentre outras espécies de operações (geral, vascular, torácica, cardíaca), demonstram uma maior exposição a radiações ionizantes para as pessoas que trabalham neste setor. Isso ocorre por causa da grande quantidade de intervenções realizadas, bem como o longo período de exposição, além da imaturidade e ignorância dos profissionais quanto aos métodos e procedimentos para se protegerem das radiações (OKUNO, 2018).

Ainda que existam Normas no campo de Proteção Radiológica, ainda se nota a falta de regulamentação voltada para aplicação e uso de radiações ionizantes em intervenções cirúrgicas. A Portaria Nº 453, de 1º de junho de 1998, (BRASIL, 1998), estabelece um limite de dose anual para profissionais que ficam expostos às radiações ionizantes, porém profissionais dos Centros Cirúrgicos, por vezes, não fazem parte do programa de acompanhamento e supervisão, e muito menos, normatizados como profissionais que lidam com Radiação X (RX), ao passo que, constantemente, estão expostos às radiações.

A Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 611 da ANVISA, publicada em 9/03/2022, trouxe mudanças importantes na garantia da qualidade do diagnóstico e eficácia de procedimentos e equipamentos de tecnologias radiológicas diagnósticas ou intervencionistas, com o máximo de proteção.

A RDC Nº 330 (BRASIL, 2019), de 20 de dezembro de 2019), de uma maneira prática e concreta, sucedeu a portaria Nº 453, que de acordo com SALES et al. (2021) se tornou arcaica e desusada com o passar do tempo, após inúmeras melhorias tecnológicas. Ante o exposto, o processo de implementação foi guiado

pelo campo de gestão em saúde e de radiologia, doutrina que é acrescentado nas funções de radiodiagnóstico, controlados e monitorados pela ANVISA.

A equipe de cirurgia ortopédica, diariamente, é exposta a altos índices de contato com as radiações ionizantes, no decorrer das intervenções pautadas em fluoroscopia. Portanto, é necessário evitar esse tipo de exposição. Por isso, é primordial que toda equipe tenha consciência dos iminentes riscos da utilização de radiações ionizantes, para, deste modo, planejarem sua aplicação de maneira segura e otimizada, entendendo a magnitude de aplicar estratégias de preservação radiológica durante os procedimentos que incluem a utilização de RX.

A equipe de ortopedia utiliza, no decorrer das operações cirúrgicas, um aparelho de RX para aprimorar os métodos e estratégias, e desta forma, permanece sujeita à radiação, permanecendo exposta às consequências insalubres. Existem declarações que os procedimentos cirúrgicos ortopédicos, quando comparados com outros tipos de operações como a vascular, torácica, cardíaca e geral, indicam uma maior proporção de manifestação radioativa ionizante para os profissionais que trabalham neste setor, por causa da alta quantidade de operações realizadas, bem como o longo tempo de contato com a radiação e o desconhecimento e a inexperiência dos profissionais quanto aos métodos e técnicas de proteção radiológica (TAUHATA et al., 2014).

2.1 Objetivos

2.1.1 Geral

Analisar o grau de exposição da equipe cirúrgica ortopédica do Hospital Regional de Araguaína (HRA) à radiação ionizante fluoroscópica.

2.1.2 Específicos

- Identificar as doses de radiação ionizante dos profissionais que integram as equipes médicas da sala de cirurgia ortopédica do Serviço de

Ortopedia do HRA - TO, selecionados para este estudo, utilizando dosímetros termoluminescentes.

- Verificar e discutir as medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes adotadas pelos serviços de ortopedia desse hospital selecionado.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Radiações Ionizantes

3.1.1 História

Os primeiros relatos a respeito das radiações ionizantes ocorreram no final do século XIX, quando teve início a pesquisa sobre este fenômeno. No ano de 1895, o estudioso e físico alemão, chamado Wilhelm Conrad Roentgen, analisava os elétrons (na época, conhecidos como raios catódicos), através de um tubo de crookes alterado. Os raios transpassavam um orifício fino, feito de alumínio, na ponta do tubo, e causavam uma luminosidade em um anteparo de proteção. Roentgen percebeu que distanciando o anteparo, a luminosidade continuava sendo vista a uma distância de dois quilômetros do tubo. Devido às suas características, ainda inexploradas, o físico denominou esse efeito como Raios X. Entretanto, seis anos após sua descoberta, no ano de 1901, Roentgen foi agraciado com o prêmio Nobel de Física (SALVADOR et al. 2018).

Um ano após o descobrimento dos Raios X, em 1896, o físico francês Antoine Henri Becquerel analisava o sal de sulfato de urânio e a sua fosforescência. A experiência resumia-se em colocar o composto exposto ao sol, junto com um filme fotográfico, coberto por uma folha escura, e logo após, revelar o filme. Em um dia ensolarado, Henri guardou um pouco deste composto preparado em uma gaveta. Quando ele retirou, e revelou o filme, ele percebeu que havia uma mancha muito escura no lugar em que o sal tinha sido colocado. Imediatamente, ele entrou em contato com a Academia de Ciências de Paris e comunicou o ocorrido. Ele relata que o acontecimento se deu por causa dos raios emitidos, de maneira natural, pelo material, com especificidades parecidas com a do RX, tendo, desta forma, desvendado o enigma da radioatividade natural (SILVA N, 2019).

No ano de 1891, a polonesa Maria Salomea Sklodowska, muda-se para Paris para estudar física na Universidade de Sorbone. No ano de 1897, começa a investigar os raios de *Becquerel*. Ela percebe que o elemento químico tório também

emitia raios parecidos com o do urânio, e sugere a expressão “radioatividade”. No ano de 1898, ela e seu esposo, Pierre Curie (também físico), resolvem isolar dois elementos radioativos novos (polônio e rádio), encontrados no mineral de pechblenda. E, no ano de 1903, o prêmio Nobel da Física teve que ser dividido em três: Maria Salomea (denominada de Marie Curie – após o seu casamento), Pierre Curie e Becquerel (FARIAS, 2018).

3.1.2 Conceitos e definições

Radiação ionizante é toda forma de radiação que carrega energia suficiente para arrancar os elétrons dos átomos. Ela pode ser produzida de forma natural ou artificial, bem como pode ter natureza eletromagnética ou corpuscular, ou seja, ser formada por partículas como elétrons, núcleos atômicos etc. Apesar de perigosas para o organismo, tem um vasto número de aplicações tecnológicas (SANTOS, 2018).

A radiação ionizante de origem natural é encontrada nos raios cósmicos, vindos de todas as direções do espaço, e nos radionuclídeos, presentes na Terra, no ar e na água. A radiação ionizante artificial, produzida pelo ser humano, está presente nos exames de imagem e em alguns tipos de terapia: raios-x, tomografia, radioterapia etc. Além disso, a radiação artificial também é abundante nas proximidades dos reatores das usinas nucleares.

Os tipos de radiação ionizante são (OKUNO; YOSHIMURA, 2016):

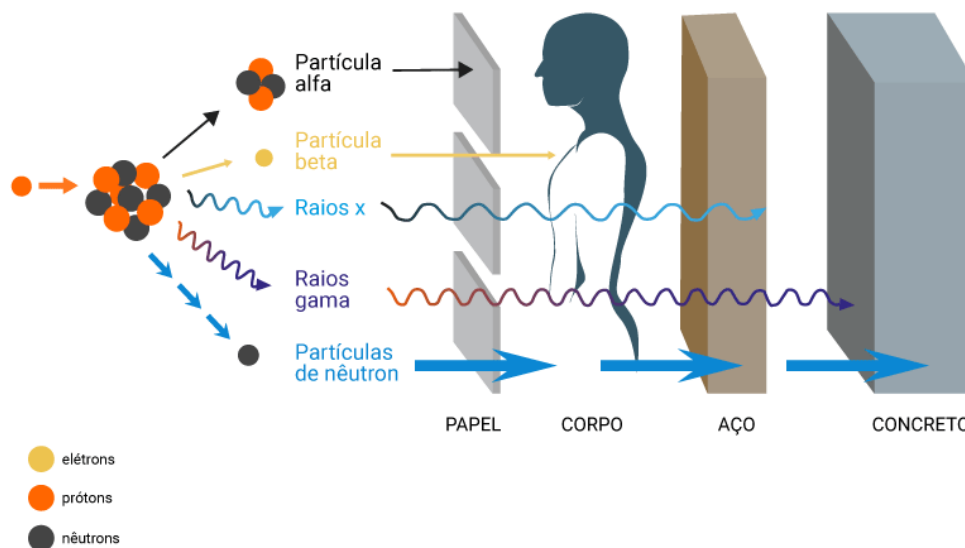
- Raios X: é uma radiação eletromagnética produzida em aparelhos de raios-X, que tem alta capacidade de penetração no corpo humano;
- Raios gama: radiação eletromagnética de maior frequência. É emitida por radioisótopos e por reatores nucleares. Extremamente penetrante, é capaz de atravessar alguns centímetros de chumbo e concreto;
- Nêutrons: são partículas que não apresentam carga elétrica e que, de acordo com a sua velocidade, podem danificar as células. São geralmente obtidos em reatores nucleares e aceleradores de partículas;
- Partículas beta: elétrons livres emitidos em altas velocidades. Esse tipo de radiação não é capaz de atravessar longas distâncias e é absorvido facilmente pelas roupas, mas pode causar mutações em células;

- Partícula alfa: é uma partícula composta por dois prótons e dois nêutrons, tendo a mesma estrutura do núcleo do átomo de hélio e sendo denotada pela letra grega α . É emitida espontaneamente por núcleos de elementos radioativos, com número atômico maior que 82, como urânio, tório, polônio e rádio, no processo de desintegração nuclear conhecido como emissão alfa;
- Ultravioleta: é a radiação eletromagnética de menor frequência capaz de ionizar os átomos. Esse tipo de radiação é abundante na luz solar e pode causar câncer de pele.

As vantagens do emprego das radiações ionizantes são evidenciadas por BRUM et al. (2020). Segundo o autor, a mais relevante é a recuperação de neoplasias, através do tratamento após a constatação prévia da enfermidade, por meio de análise e investigação, pois a radiação ionizante é mais eficaz em lesar o tecido canceroso do que o tecido sem anomalia.

A dose de radiação é tão importante, bem como o tipo de radiação a qual o ser humano está exposto. A Figura 01 apresenta o poder de penetração dos diferentes tipos de radiação. Ainda conforme BRUM et al. (2020), é apropriado que a pessoa não se exponha apenas dentro do limite de segurança, porque há uma relação contínua entre a exposição e o perigo dos efeitos da exposição. Destarte, quando uma pessoa é exposta, ainda que em pequenas doses de radiação, e quando há reincidências, isso se torna uma ameaça.

Figura 1 – Tipos de radiação e poder de penetração



Fonte: <https://radioprotecaonapratica.com.br/efeitos-da-radiacao-no-corpo-humano>.

As principais grandezas empregadas na física das radiações são as seguintes (CNEN, 2014; OKUNO; YOSHIMURA, 2016; OKUNO, 2018):

- **Atividade - A** - (de uma quantidade de radionuclídeo em um determinado estado de energia em um instante de tempo) – grandeza definida por $A = dN/dt$, onde dN é o valor esperado do número de transições nucleares espontâneas daquele estado de energia no intervalo de tempo dt . A unidade no sistema internacional é o recíproco do segundo (s^{-1}), denominada becquerel (Bq).

- **Dose absorvida - D** - grandeza dosimétrica fundamental expressa por $D = dE / dm$, onde dE é a energia média depositada pela *radiação* em um volume elementar de matéria de massa dm . A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma (J/kg), denominada Gray (Gy).

- **Kerma - K** - expressa por $K = dE_{tr} / dm$ sendo E_{tr} = a soma das energias cinéticas iniciais de todas as partículas liberadas por partículas não carregadas (radiação indiretamente ionizante) em um material de massa dm . Apesar de ser muito utilizado para medidas no ar, o Kerma pode ser utilizado para qualquer material. A unidade de Kerma é o J / kg e recebe o nome de Gray (Gy)

- **Exposição - X** - expressa por $X = dQ/dm$, onde dQ é a soma de todas as cargas de mesmo sinal criadas no ar quando todos os elétrons (de ambos os sinais) liberados por fótons em um volume dV de ar de massa dm , são

completamente freados nesse volume. A unidade de medida antiga: “Roentgen” (R). $1R = 1,61 \cdot 10^{12}$ íon/g = $1,61 \cdot 10^{15}$ íon/kg $\times 1,6 \times 10^{-19}$ C = $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg.

- **Dose equivalente - H_T** - grandeza expressa por $H_T = D_T w_R$, onde D_T é dose absorvida média no órgão ou tecido e w_R é o fator de ponderação da radiação. A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma (J/kg), denominada Sievert (Sv).

- **Dose efetiva - E** - expressa por $E = \sum_T W_T \cdot H_T$, onde H_T é a dose equivalente média no tecido ou órgão e W_T é o fator de peso do tecido. Esses fatores são independentes do tipo e da energia da radiação existente ou incidente no corpo.

- **Equivalente de dose pessoal - $H_P(d)$** - expressa como $H_P(d) = Q \cdot D$ é uma grandeza para monitoração individual externa. A grandeza $H_P(d)$ é obtida pelo produto da dose absorvida em um ponto, na profundidade d do corpo humano, pelo fator de qualidade Q da radiação neste ponto. Deve-se medir $H_P(10 \text{ mm})$ na monitoração individual, $H_P(3 \text{ mm})$ dose equivalente no cristalino e $H_P(0,07 \text{ mm})$ na pele e nas extremidades. A unidade de $H_P(d)$ é o Sievert (Sv) (OKUNO; YOSHINURA, 2010).

O Quadro 01 apresenta um resumo dessas grandezas.

Quadro 1 - Resumo das principais grandezas de radioproteção

Grandeza	Equação	Meio	Tipo	Unidade (SI)	Unidade original	Conversão
Atividade	$A = \lambda \cdot N$	---	---	Bq = s ⁻¹	Ci	1 Ci = 37GBq
Dose absorvida	$D = \frac{dE}{dm}$	qualquer	qualquer	Gy (J/kg)	rad	1 Gy = 100 rad
Kerma	$K = \frac{dE_{tr}}{dm}$	qualquer	X, γ , n	Gy (J/kg)	rad	1 Gy = 100 rad
Exposição	$X = \frac{dQ}{dm}$	ar	X, γ	C/kg	R	1 R = $2,58 \times 10^{-4}$ C/kg
Dose equivalente	$H_T = w_R \cdot D_{T,R}$	Órgão ou tecido	qualquer	Sv (J/kg)	rem	1 Sv = 100rem
Dose efetiva	$E = \sum_T w_T \cdot H_T$	Corpo todo	qualquer	Sv (J/kg)	rem	1 Sv = 100rem
Equivalente de dose pessoal	$H = Q \cdot D$	Corpo todo	qualquer	---	rem	1 Sv = 100rem

Fonte: Okuno e Yoshinura (2016).

O dispositivo que quantifica, de forma individual, a dose de radiação do indivíduo é o dosímetro, que pode determinar a quantidade e a qualidade da dose

recebida. NASCIMENTO (2020), cita que as especificidades que tornam um dosímetro adequado são: uma resposta linear em função da dose em um amplo intervalo de dose, uma resposta que independe da energia da radiação incidente, capacidade de detectar pequenas doses (entre 5 μ Sv e 0,2 mSv), resposta estável em situações climáticas desfavoráveis, baixo decaimento térmico e óptico da resposta, além da reprodutibilidade e da repetibilidade da resposta.

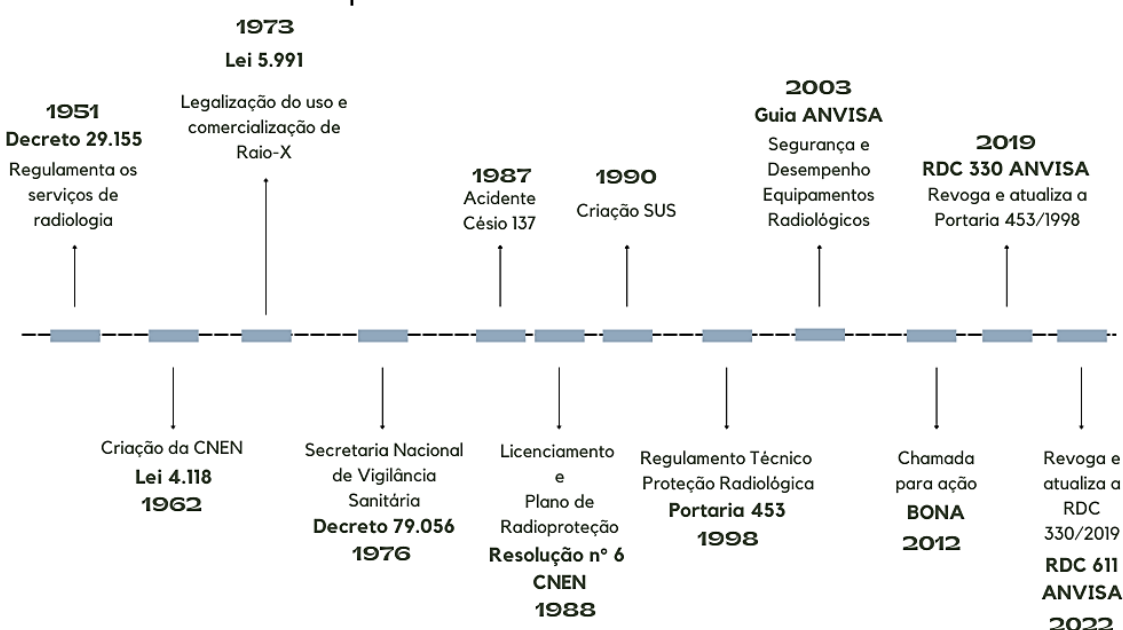
Em conformidade com AQUINO (2018), com as radiações não ionizantes, as transformações que ocorrem no tecido são devidas ao calor da infiltração da radiação. Descreve que:

As radiações não ionizantes podem ser classificadas em: microondas, radiofrequência, infravermelho, ultravioleta, radiação visível, baixa frequência. E podem causar danos de origem térmica ou não. Dessas, as únicas que não apresentam riscos significativos são as radiofrequências, que são muito utilizadas em radionavegação, secagem de tabaco, diatermia médica e radioamadorismo (AQUINO, 2018. p. 49).

3.2 Legislação referente ao uso de Radiações Ionizantes

Em 2022, a RDC 330/2019 e a RDC 440/2020 foram revogadas pela RDC 611/2022 (Linha do tempo), que uniu as duas resoluções, mantendo em essência o texto da RDC 330/2019 (BRASIL, 2022).

Linha do Tempo até a RDC 611/2022:



Fonte: Higawa (2023).

De forma geral, a RDC 611/2022 busca estabelecer uma cultura de segurança nos serviços de saúde, com foco na capacitação dos profissionais e na proteção radiológica, com ênfase no controle da qualidade da imagem, complementada por Instruções Normativas (IN) (BRASIL, 2022).

As IN no 90 a no 97, de 27 de maio de 2021, da ANVISA, estabelecem os requisitos sanitários para a Garantia da Qualidade e da Segurança em Sistemas de “Radiografia Médica Convencional, Fluoroscopia e Radiologia Intervencionista, Mamografia, Tomografia Computadorizada, Radiologia Odontológica Extraoral e Intraoral, Ultrassonografia e Ressonância Magnética,” bem como uma lista mínima de testes de aceitação e controle de qualidade que os serviços de saúde devem realizar, especificando a periodicidade adequada, tolerâncias e níveis de restrição. Caso o parâmetro avaliado esteja fora do limite estabelecido pela norma, a legislação impõe restrições ao funcionamento ou uso do dispositivo médico.

A RDC 611/2022 aborda conceitos de gestão em saúde visando a melhoria contínua dos serviços de radiologia, além de questões técnicas. Essa preocupação é evidenciada pela demanda dentro do Programa de Garantia da Qualidade pela gestão dos processos de trabalho, riscos e tecnologias, sendo esta última o foco do trabalho por incluir testes de controle de qualidade dos equipamentos.

Em geral, a gestão do fluxo de trabalho exige que os procedimentos sejam realizados por profissionais legalmente habilitados e que as técnicas e protocolos sujeitem o paciente à dose mínima, porém suficiente para uma imagem de qualidade (BRASIL, 2022).

Em termos de gestão de riscos, a norma menciona a estrutura de comitês, núcleos ou comissões para analisar e solucionar falhas humanas e tecnológicas e informar a autoridade competente quando for necessário. Outro requisito importante é a definição clara da cadeia hierárquica e das responsabilidades de cada profissional, tanto nos fluxos de trabalho da organização como um todo quanto na sala de procedimentos (BRASIL, 2022).

As regras e normas da CNEN, baseadas no Sistema Brasileiro de Normatização (SBN), estabelecem dispositivos científicos específicos, certidões e documentos expedidos por departamentos governamentais, com conhecimentos específicos para adicioná-los em diversos departamentos, como saúde, meio

ambiente, defesa do consumidor e segurança. Essas regras são intituladas por uma insígnia líter numérico ou por uma denominação. A zona textual aponta o órgão regulamentador - CNEN, e o estado da Norma Experimental (NE) ou Norma Nuclear (NN). A fração numérica demonstra a série, na qual a regra se refere, e o número da ordem dentro da série (SOUZA et al., 2019). Desta maneira, o campo de interesse desta pesquisa, ao que diz respeito ao uso e aplicação de radiações ionizantes, tem-se:

A norma CNEN NN 3.01, “Norma mãe”, determina as orientações fundamentais de radioproteção, abarcando os controles básicos, obrigações, limites e princípios para proteger o ser-humano e o meio ambiente, em oposição a improváveis resultados inadequados (SOUZA et al., 2019).

A norma CNEN NN 3.05 determina as cláusulas de radioproteção e segurança de serviços relacionados à medicina nuclear, e demonstra, em seus objetivos, as demandas fundamentais relativas a maquinários, equipamentos e instrumentos de radioproteção, exame de instrumentalização, e as conexões imprescindíveis para implantar uma atividade de medicina nuclear [...] e referencia os métodos e técnicas a serem empregados para a proteção individual, receber e manipular o material radioativo, monitorar os espaço e os profissionais, e à precauções necessárias para preparar e administrar as doses terapêuticas, bem como internar e dar alta aos enfermos (SOUZA et al., 2019).

A norma CNEN NE 3.06, revogada e substituída pela CNEN 130/12 - DOU 04.06.2012, trata das normas referentes à radioproteção e segurança, relacionadas com a utilização de radiação ionizante, com propósitos terapêuticos, por meio de princípios radioativo, unidos a atividades de radioterapia. Mostra, em seu projeto, as regras gerais de radioproteção, quanto ao escopo e procedimentos específicos aos instrumentos de RX, catalisador de átomos, teleterapia, com origens oclusas, instrumentos para geradores e a braquiterapia. Além disso, indica os itens a serem mencionados quanto à criação e execução do planejamento de radioproteção, bem como as obrigações de administração dos serviços e radioproteção (SOUZA et al., 2019).

A Portaria nº 453, datada em 1º de julho de 1998, do MS, determinava as “diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico”. Esta portaria instrui as atividades com os RX, com finalidades diagnósticas e intervencionistas, aspirando a proteção de todas as pessoas do país, em relação à

saúde. Esta portaria, mostra, as regras básicas de proteção radiológica, como justificativa, melhoria, controle das doses individuais e precaução de acidentes (BRASIL, 1998; DE SOUZA, 2022).

Em 11 de novembro de 2005, foi criada uma Norma Reguladora (NR) Nº 32, aprovada pela Portaria nº 485, que confere métodos e procedimentos de saúde e segurança no trabalho. O Ministério do Trabalho (MT), estabelece, em seu item 32.4, o cumprimento dos requisitos desta NR, relacionadas às radiações ionizantes, não isentando o patrão de verificar os acondicionamentos estabelecidos pelas normas próprias da ANVISA, MS e CNEN (VILAS BOAS, 2021).

Em 20 de dezembro de 2019 a RDC Nº 330 (BRASIL, 2019), revoga a Portaria 453 e em oposição a ela, prevalentemente técnica na área da radiologia, inclui pareceres sobre gestão de saúde, orienta os gestores na direção dos procedimentos, com análises, alinhamento e aperfeiçoamento contínuos. Isto acontece devido a implantação de programas de saúde, que envolvem todas as práticas anteriores registradas na portaria 453, com algum desenvolvimento técnico, contudo, com promissoras alterações relacionadas à gestão, pois é sabido que programas voltados para a área da saúde são formados diante de normas e procedimentos básicos e mudanças contínuas, por meio da execução real do trabalho. Isto não existia na portaria anterior.

Inclusive, segundo SALES et al. (2021), as alterações expandem, de maneira geral, a potência e a práxis das formas de avaliação, execução de tarefas e treinamento. A divisão dos serviços de atendimento e cuidado são feitos por complexidade (atenção primária, secundária e terciária), o fracionamento das responsabilidades legais e técnicas dos profissionais adequadamente preparados e licenciados e o estabelecimento de quatro programas de execução ((Garantia de Qualidade; Educação Permanente; Proteção Radiológica e Gerenciamento de Riscos)

[...] foi determinado os valores de dose anuais e mensais limites, apesar de que outros ficaram a cargo da CNEN. No entanto, ampliou-se essas determinações, quando comparado à portaria 453. Somado a isso, aumentou-se o número de máquinas que estão inclusas no serviço de radiodiagnóstico, um avanço, pois muitas máquinas de imagem que estão intimamente presentes no serviço não faziam parte da normativa [...] (SALES et al., 2021, p. 07)

3.2.1 Princípio ALARA - Otimização em Radioterapia

As normas que regulamentam a Proteção Radiológica Ocupacional determinam que qualquer tipo de exposição deve permanecer com baixíssimos índices de radiação (FERNANDES, 2019). Essa norma é denominada Princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), ou seja, leva em conta que, em relação ao uso de radiação, deve-se utilizar a menor dose possível para alcançar determinado resultado.

De acordo com o ICRP (publicação 103), o Sistema de Proteção Radiológica é baseado nos três princípios a seguir:

1. **Justificação.** *“Qualquer decisão que altere a situação de exposição à radiação deve fazer mais bem do que mal”.*
2. **Otimização da proteção.** *“Todas as doses devem ser mantidas o mais baixo possível, levando em consideração os fatores econômicos e sociais”. (conhecido como ALARA ou ALARP)*
3. **Limitação de dose.** *“A dose total para qualquer indivíduo ... não deve exceder os limites apropriados.”*

O princípio relacionado a “Otimização da Proteção”, regulamenta que é necessário aumentar o grau de proteção, chegando a um ponto que melhorias consecutivas gerariam limitações menos significativas do que a dosagem necessária.

BRASIL (1998), através da ANVISA, define que a melhoria na proteção deve ser utilizada em dois níveis. O primeiro diz respeito ao planejamento e criação e montagem de aparelhos. O Segundo nas metodologias de trabalho, refere-se às exposições médicas em relação aos enfermos, que devem ser aprimoradas, de modo que a pessoa receba a quantidade mínima possível aceitável para alcançar o objetivo radiológico conciliável com a medida permitida para se ter qualidade na imagem. Portanto, esclarece que em procedimentos que visem melhorar a exposição médica, deve-se levar em conta algumas especificações, como:

- 1) Escolha específica de equipamentos, instrumentos e ferramentas;
- 2) Métodos de trabalho;
- 3) Programa de garantia de qualidade;
- 4) Medida de referência para os enfermos;

- 5) Restrição dosagem para as pessoas que coopera, de forma consciente e por vontade própria, fora do exercício das funções profissionais, ajudando e apoiando um indivíduo, no decorrer da realização de procedimentos radiológicos.

Para SOUSA JUNIOR (2021), nos procedimentos onde ocorre a exposição médica, quase não se atentam para a otimização, uma vez que as metodologias utilizadas são visivelmente legitimadas e se correlatem, de maneira direta, beneficiando as pessoas. Portanto, há inúmeros métodos e técnicas que contribuem com a diminuição das dosagens em radiologia diagnóstica, que podem ser aplicadas sem ocasionar danos na qualidade da imagem e de informações.

3.2.2 Limites de dose para indivíduos ocupacionalmente expostos e indivíduos do público

A exposição normal dos indivíduos deve ser reduzida, de tal forma que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas, ultrapassem o limite de dose especificado na Tabela 1, salvo em circunstâncias especiais, autorizadas pela CNEN. Esses limites de dose não se aplicam às exposições médicas (CNEN, 2014).

Tabela 1 - Limites de dose estabelecidos pela norma CNEN – NN 3.01

Limite de dose anuais [a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo público
Dose efetiva	Corpo Inteiro	20 mSv [b]	1 mSv [c]
	Cristalino	20 mSv [b]	15 mSv
Dose equivalente	Pele [d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	-

[a] para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

[b] média ponderada em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

[c] em circunstâncias especiais a CNEN, poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda

Fonte: CNEN NN3.01 (2014).

As mulheres grávidas ocupacionalmente expostas, devem ter suas atividades controladas de modo que seja pouco provável que, a partir da notificação

da gravidez, o feto receba dose efetiva superior a 1 mSv, durante o restante do período gestacional. Indivíduos com idade inferior a 18 anos não podem estar sujeitos a exposições ocupacionais. Os limites de dose estabelecidos não se aplicam a exposições médicas de acompanhantes e voluntários, que eventualmente assistem pacientes. As doses devem ser limitadas, de maneira que seja impossível que qualquer voluntário receba mais de 5 mSv no decorrer do espaço de tempo entre os exames que irão diagnosticar a doença e o tratamento do enfermo. A dose em criança deve ser ainda menor (não pode ultrapassar 1 mSv), uma vez que foram utilizados procedimentos radioativos (LEITE, 2020).

No que diz respeito às doses originadas de uma fonte específica, concomitante a uma prática, a segurança radiológica deve ser desenvolvida de maneira que a amplitude das doses individuais, o quantitativo de pessoas submetidas a ela, e a possibilidade de ocorrer exposições, permaneçam mínimas, apenas para garantir a exequibilidade do tratamento, considerando, também, os fatores econômicos e sociais. No que se refere a estas técnicas de aprimoramento, deve ser verificada a dose nos indivíduos, resultante da exposição à fonte. Na hipótese de sujeição médicas de pacientes, o planejamento de proteção radiológica deve ser compreendido como o emprego de doses de radiação básica e aceitável para alcançar os objetivos a que se confere (ENDLICH, 2018).

3.3 Efeitos biológicos das Radiações Ionizantes em profissionais de saúde

A exposição às radiações ionizantes pode gerar efeitos indesejados e prejudiciais à saúde. Essas implicações se dividem em duas categorias:

a) Efeitos estocásticos: refere-se ao resultado, cuja exequibilidade de ocorrência de incidente equivale à dose de radiação recebida, sem a presença de um limite inicial. O progresso de células cancerígenas nas pessoas que ficam expostas às radiações, por causa das mudanças das células somáticas, ou por uma comorbidade hereditária de seus antecessores, por exemplo.

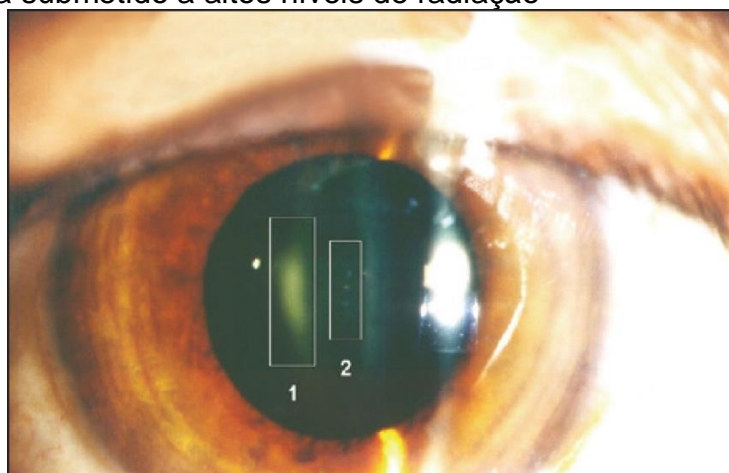
...decorrem de exposições a baixas doses de radiação, que não são aparentes e podem se manifestar de forma imprevisível após meses ou anos da exposição à radiação, sem que haja evidente relação de causa e efeito, tendo como consequências relevantes a mutação celular e a carcinogênese. (SAMPAIO, 2019. p. 36).

b) Efeitos determinísticos: refere-se aos efeitos provocados por irradiação total, ou posicionada em um tecido, ocasionando um estado de morte celular, não contrabalanceado através da reposição ou reparo, ocasionando danos identificáveis no funcionamento do órgão ou tecido. Há, no entanto, um limite de dose, que mostra que a perda de células é incapaz de danificar o órgão ou tecido de forma evidente.

...decorrem de exposições a doses elevadas de radiação e dependem diretamente dessa exposição. São observáveis quando a dose é superior a um determinado limiar e com um grau de severidade proporcional. São efeitos tecidulares, pois provocam danos celulares ou a sua morte, prejudicando a função do tecido ou órgão. (SAMPAIO, 2019. p. 36).

A ICRP em sua publicação de Nº 103, esclarece que alguns danos, ligados à radiação, distintos de câncer, ainda não tem estudos e entendimentos suficientes para serem classificados em qualquer um dos grupos referenciados (HARRISON et al., 2021). No entanto, a catarata (Figura 2), que acomete principalmente os médicos, e lesões na pele (enfermos), são os exemplos mais comuns das reações tissulares (efeito determinísticos).

Figura 2 – Opacidade no cristalino radio induzida em um especialista em Radiologia Intervencionista submetido a altos níveis de radiação



Fonte: LEYTON et al. (2014)

A análise dos efeitos determinísticos se fundamenta no estudo do compartilhamento temporal e espacial das doses, em relação ao tecido. Com uma porção única de 6 a 8 Gy, em um campo de 5 cm², aparece uma vermelhidão na

pele (eritema), que se espalha na 1ª semana, mas desaparece, de forma progressiva, após 10 dias. Com o aumento da dosagem, a resposta eritematosa, aparece, no máximo, em duas semanas, e permanece entre 20 e 30 dias. Em hipótese de dose maiores, ainda, é provável que aconteça a descamação úmida ou seca, podendo chegar, até a gangrena (CÁSCON, 2009).

A amplitude para expor os pacientes, de acordo com as análises do risco-benefício, é de acordo com a dose equivalente ou absorvida nos tecidos irradiados (unidades: Sv e Gy). A dose eficaz pode ser imprescindível para conferir a dosagem de diversos procedimentos diagnósticos, afora, equiparar o uso de tecnologias e técnicas parecidas, em diversos hospitais, em todo país (ICPR, 2007).

As verificações das informações biológicas e clínicas, praticada pela ICRP 103, tem considerado que, para uma dosagem recebida de até 100mGy, nenhum tecido demonstra prejuízo clínico considerável (ICPR, 2007). Este pressuposto se adequa a dosagens agudas únicas ou em circunstâncias em que as dosagens são aplicadas de forma contínua e prolongada, chegando a exposições anuais. Com relação ao câncer, pesquisas evidenciaram indícios do perigo da radiação para dosagem, em torno de 10mSy, ou provavelmente, menores.

Quando se refere a comorbidades hereditárias, ainda não há indicativos seguros de que a exposição à radiação nos pais levou a uma maior preponderância de doenças hereditárias nos descendentes, apesar da *International Commission on Radiological Protection* (ICPR) 103 considerar que a radiação causa efeitos hereditários nos animais usados nas experimentações. Estas análises empíricas foram consideradas suficientes para incluir as futuras gerações, nos sistemas de proteção radiológica (PICANO; VANO, 2011).

3.4 Radiologia Intervencionista

Muitas tarefas de hemodinâmica usam máquinas de raios X planejados para esse objetivo, como por exemplo, o angiógrafo, com o método de fluoroscopia. A fluoroscopia é usada para controlar os processos e identificar algum trauma ou local do tratamento, pois possibilita a obtenção de imagens simultaneamente de qualquer lugar do corpo humano. Segundo PAZ e BOLOGNESI (2017), em exames

cardiovasculares, neurovasculares e assistência em intervenções cirúrgicas menos hostis, esse tipo de maquinário é primordial.

De maneira geral, segundo SOUZA (2018), a utilização das principais técnicas de hemodinâmica tem como finalidade tratar doenças e verificar o metabolismo de órgãos e estruturas do corpo humano. ARRUDA et al. (2020), esclarece que esses procedimentos são a angioplastia para introduzir um *stent* e dilatar os vasos, angiografia vascular, implantação de marca-passo, cirurgia coronária percutânea, arteriografia, obstrução de aneurisma cerebral, colangiografia percutânea, dentre outros.

Porém, quando se refere a radiologia intervencionista, os métodos utilizados na hemodinâmica favorecem uma alta dose de radiação aos pacientes e pessoas que trabalham expostas, causando, de acordo com CANEVARO (2009), algumas ocorrências importantes, danos radioinduzidos nas pessoas por causa do grande tempo em que ficam expostos, elevados índices de dose, dentre outros motivos.

A heterogeneidade dos procedimentos ampliou, consideravelmente, nas últimas décadas, por isso é possível perceber que as doses de radiação usadas nas estratégias intervencionistas e, como parâmetro de manuseio, as ações devem inspecionar a dosagem dos procedimentos, documentando e arquivando a quantidade de doses de cada paciente, para futuras consultas. (ARRUDA et al. 2020).

Segundo o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNESNet, 2022), do Ministério da Saúde do Brasil (Quadro 2), regulamentada em abril de 2022, O Brasil tem 1027 máquinas de Raios X para procedimentos hemodinâmicos disponíveis. Destas, 988 estão funcionando corretamente. No estado do Tocantins encontra-se 13 aparelhos, com 11 funcionando. Na cidade de Araguaína – TO, tem-se 02 máquinas, que estão sendo usadas.

Quadro 2 – Número de equipamentos de Raios X para hemodinâmica no Brasil / Tocantins / Araguaína - abril/2022

Região	Existentes	Em Uso	Existentes - SUS	Em Uso - SUS
Brasil	1027	988	498	474
Tocantins	13	11	4	3
Araguaína	2	2	1	1

Fonte: http://cnes2.datasus.gov.br/Mod_Ind_Equipamento.asp

3.4.1 Cirurgias Ortopédicas e Radiações Ionizantes

Essencialmente, a sala cirúrgica ortopédica possui um aparelho intensificador de imagem com fluoroscopia, formado por um gerador; um tubo de RX, em forma de arco, posicionado sob a mesa cirúrgica do enfermo; uma ferramenta estruturada com fluoroscopia, configurado em C, que pode circular em até 360° ao redor do cliente; um intensificador de imagem, disposto sobre a mesa do paciente. No decorrer da operação, a equipe médica fica perto do paciente e do tubo de RX (NAVARRO et al., 2013; ENDLICH, 2018).

Segundo a Portaria 453/98 da Secretaria de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1998), a respeito das regras de conduta de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológicos, os limites da dose individual são padrões baseados na dose efetiva ou equivalente, determinada pelo desenvolvimento ocupacional e pública, resultante das ações controladas.

De acordo com o ICPR (2007), os limites de dose são primordiais para controlar o desenvolvimento ocupacional. O propósito do comitê que elaborou o guia ICPR 60, foi assessorar os setores nacionais, regionais e internacionais em relação ao cumprimento das normas de Proteção Radiológica. Por este ângulo, o comitê propõe, para o desenvolvimento ocupacional, o máximo de dosagem efetiva de 20 mSv, por ano, permeado durante 5 anos (100 mSv, em um único ano). O intervalo, referente ao calendário, não deve ser incluído, retrocessivamente.

Referente ao cristalino, este comitê sugere uma dose máxima anual de 20 mSv, para bloquear consequências determinísticas. Para exposições encontradas na epiderme, a dose máxima recomendada é de 500 mSv, interposto sobre 1 cm² de pele, independente da área atingida. Essa dose é recomendada, também, para os tecidos dos pés e das mãos (MARQUES, 2018).

Em circunstâncias onde o profissional de saúde pode estar exposto de forma contínua a uma dose elevada, perto do limite máximo individual, o ICPR (2007), orienta a definição de diretrizes de doses próximas de uma prática de otimização. Essas diretrizes não podem ser maiores que o limite ocupacional, determinado pelo órgão regulador, e produz um desenvolvimento ou a utilização de um valor de busca, que demanda uma inspeção séria dos métodos para melhorar

a proteção. Precisam ser definidas, devido a fonte de radiação, e por espécie de cirurgia, com base nos resultados de otimização.

3.4.2 Fluoroscopia

A Fluoroscopia é usada em diversos diagnósticos, com imagens em movimento e em tempo real. Alguns dos empregos englobam a colocação de implantes ortopédicos, marca passos, cateteres no decorrer do procedimento cirúrgico, contemplando a movimentação dos operadores de contraste, como por exemplo, o bário, ao longo do corpo, e analisando a movimentação de suas partes (GUARACY; CAMILO, 2021).

Da mesma forma que em uma radiologia convencional, a cintilação do RX passa através do corpo, mas em vez de ser protocolado em um filme, a imagem é exibida em um monitor fluorescente. Os aparelhos modernos escaneiam a imagem, usando métodos de constatação de tela plana, o que diminui a dosagem necessária de radiação. A imagem, é, então, aumentada e evidenciada, digitalmente, e exibida em um monitor, ou gravada para uma investigação posterior mais aprofundada (GUARACY; CAMILO, 2021).

3.5 Termoluminescência

Qualitativamente, o fenômeno da Termoluminescência é explicado com a utilização do modelo de bandas para os níveis de energia dos elétrons nos sólidos. Os materiais termoluminescentes são, em geral, cristais iônicos, nos quais a banda de valência encontra-se repleta de elétron, e a banda de condução vazia, ambas separadas por uma faixa larga de estados energéticos, não permitidos aos elétrons e denominados, portanto, banda proibida (FORNER, 2019).

Nesse sentido, JUNIOR (2020. p.17), expõe que:

... quando o cristal é exposto à radiação ionizante, são produzidos pares de elétrons e buracos, que migram através do mesmo, até se recombinarem ou serem capturados em estados metaestáveis de energia, localizados na banda proibida, denominados armadilhas.

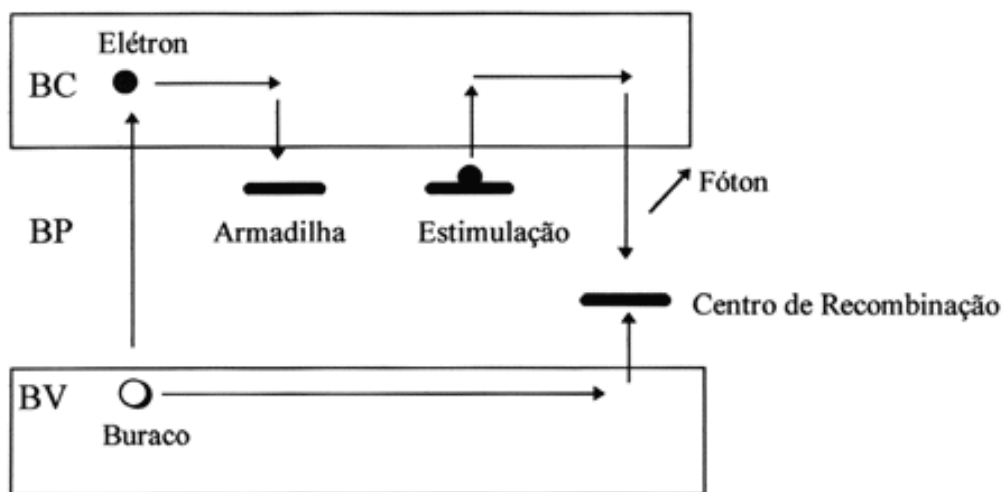
Aquecendo-se posteriormente a amostra, os elétrons ou buracos absorvem energia térmica, e fogem das armadilhas, indo os elétrons para a banda de condução, e os buracos para a de valência. Sendo as armadilhas de elétrons

mais rasas, os elétrons escapam das mesmas, antes que os buracos adquiram energia suficiente para se libertarem das suas armadilhas (JUNIOR, 2020).

Os elétrons migram para a banda de condução e são capazes de se mover livres no cristal, inclusive na recombinação com os buracos armadilhados, casualmente ocorrendo a irradiação de luz. Se as armadilhas de buracos forem rasas, estes ficam livres primeiro que os elétrons, e se direcionam para a banda de valência e conseguem se mover livremente pelo cristal até se rearranjarem com os elétrons armadilhados, conseguindo, do mesmo modo, emitir luz. A liberação síncrona de elétrons e buracos é até então provável, ocorrendo rearranjo em centros de recombinação, ou centros de luminescência, quando, então, ocorre a emissão de luz (LIMA, 2019).

Um modelo simplificado do fenômeno é apresentado na Figura 3. (RODRIGUES; VENEZIANI; MATSUSHIMA, 2013)

Figura 3 – Diagrama esquemático de excitação e estimulação térmica em um fósforo TL

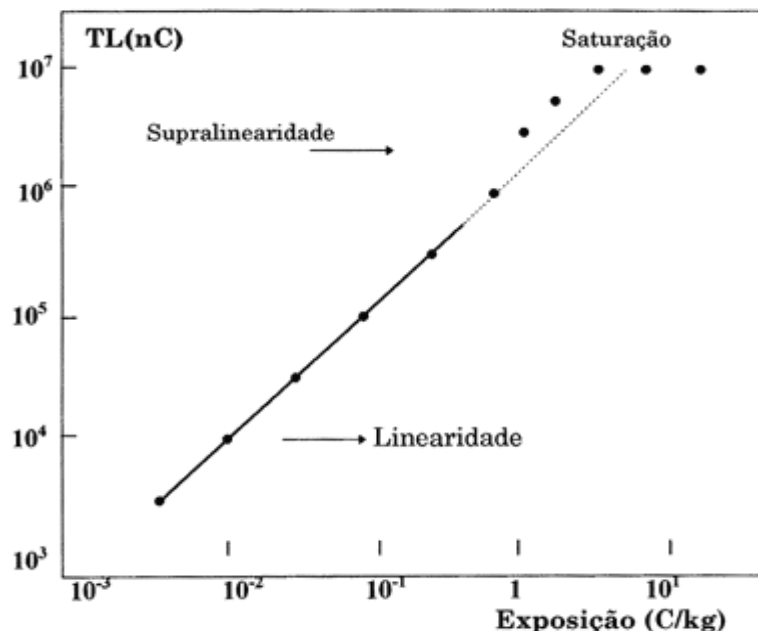


Fonte: RODRIGUES, VENEZIANI e MATSUSHIMA (2013).

A quantidade de luz emitida é mensurável, aumentando a sua intensidade com a população de elétrons ou buracos armadilhados, conforme o tipo de armadilha. Ela cresce com a dose absorvida pelo cristal até atingir um grau máximo. Desta forma, a luz medida na emissão termoluminescente depende da população de elétrons, ou buracos, que, por sua vez, depende da dose absorvida pelo cristal. Em alguns materiais termoluminescentes, a quantidade de luz emitida cresce, de início, linearmente com a dose absorvida de radiação, observando-se posteriormente um crescimento mais rápido do que o linear. A este último

comportamento, dá-se o nome de supralinearidade, que é representado na Figura 4.

Figura 4 – Curva típica de Resposta TL de um material em função da exposição à radiação



Fonte: www.edisciplinas.usp.br

3.5.1 Dosímetro termoluminescente

Vários compostos têm características termoluminescentes. Ainda assim, um elemento termoluminescente só pode ser utilizado como dosímetro, se tiver determinadas especificidades, o que reduz em muito, a quantidade de materiais termoluminescentes capazes de serem aplicados na dosimetria das radiações (SANTOS, 2018).

A natureza nos fornece alguns materiais isolantes adequados para aplicação em TL, o óxido de berílio (BeO); o óxido de alumínio (Al_2O_3); o CaF_2 , mas, muitos materiais requerem a adição de impurezas para a criação de armadilhas e centros luminescentes. Isso faz com que o número de materiais TL aumente, uma vez que podem ser utilizados diferentes tipos de dopantes. Os materiais mais populares produzidos em laboratório são: LiF:Mg,Ti ; LiF:Mg,P,Cu ; $\text{CaF}_2\text{:Mn}$; $\text{CaF}_2\text{:Dy}$; $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$; $\text{CaSO}_4\text{:Mn}$; $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Mn}$; $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$; $\text{MgB}_4\text{O}_7\text{:Dy}$ (SANTOS 2018).

3.5.1.1 Sulfato de Cálcio Dopado com Disprósio - CaSO₄:Dy

Embora pouco explorado na dosimetria em radioterapia, o CaSO₄:Dy, desenvolvido pelo LMD/IPEN, é comercializado na forma de pó e pastilhas de 6 mm de diâmetro e 0,2 e 0,8 mm de espessura, pesando 10 e 50 mg, respectivamente, para utilização em monitoração das radiações de fótons e beta, sendo amplamente utilizado em medidas de doses no nível da radioproteção (SOUZA, 2018).

Nessa perspectiva, o número atômico equivalente do CaSO₄:Dy é 104% a 118% superior ao do tecido humano, conforme se considere este 7,0 ou 7,5; mas, suas dependências energéticas, com a taxa de dose e com a temperatura de utilização e armazenamento, são pequenas no intervalo de doses da radioterapia, características que fazem deste DTL uma boa alternativa para as aplicações da dosimetria na área médica. Ademais, as propriedades físico-químicas e dosimétricas do CaSO₄:Dy são apresentadas na Tabela 2 (CAMPOS; LIMA, 1987).

Tabela 2 – Propriedades físico-químicas e dosimétricas do CaSO₄:Dy

Propriedade	CaSO ₄ :Dy
Material ativador	Dy
Número atômico efetivo	15,3
Densidade [g.cm ⁻³]	4,93
Decaimento térmico do pico principal à temperatura ambiente	5% ao ano
Supralinearidade da resposta (radiação de fótons)	100 Gy
Tratamento térmico pré-irradiação (ciclo seguido de resfriamento rápido)	300°C / 3 h
Tempo decorrido após irradiação para realização da leitura	24 h

Fonte: Adaptado de CAMPOS (1987) e de CAMPOS e LIMA (1986).

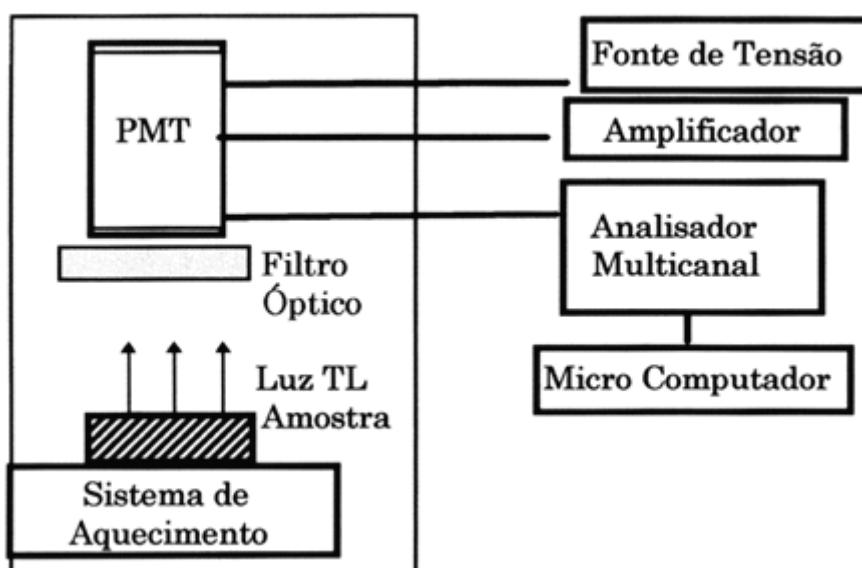
3.5.1.2 Sistema de dosimetria termoluminescente

Um sistema dosimétrico termoluminescente é constituído dos dosímetros (detectores), do porta-dosímetro e dos sistemas de aquecimento e leitura. Os dosímetros termoluminescentes podem ser utilizados sob formas físicas variadas, dependendo do tipo de medida a que se destinam. Nesse sentido, a instrumentação necessária para se observar a termoluminescência emitida por estes materiais é, basicamente, muito simples. Constitui-se de um dispositivo para aquecer o dosímetro, e um fotomultiplicador para captar a luz por ele emitida. A adoção de filtros permite a discriminação da influência de sinais espúrios, e da

emissão de luz infravermelha por parte dos elementos submetidos a temperaturas elevadas (MATSUSHIMA et al., 2014; RODRIGUES; VENEZIANI; MATSUSHIMA, 2013).

Dois métodos são, normalmente, utilizados no aquecimento de um dosímetro TL. O primeiro, consiste em colocar o material sobre uma prancheta metálica e fazer o aquecimento através da passagem de uma corrente elétrica. No segundo, a temperatura da amostra é aumentada, submetendo-a a um fluxo de gás inerte aquecido. A maioria dos leitores TL comerciais utilizam o aquecimento em prancheta, como demonstrado na Figura 5 (SILVA A., 2019).

Figura 5 – Esquema simplificado do sistema leitor termoluminescente



Fonte: DE OLIVEIRA CANGUSSU et al.(2020).

3.5.2 Procedimentos térmicos de reutilização

Um dos mais significativos benefícios e possibilidade dos materiais termoluminescentes é o motivo dos mesmos serem capazes de reaproveitamento várias vezes, sem perder suas propriedades dosimétricas. Para esse fim são recomendados procedimentos térmicos, próprios para cada material, que recupera suas características originais, isto é, excluem indícios residuais, possibilitando a sua reutilização. Há tratamentos distintos como práticas pré-irradiação, com ou sem resfriamento rápido; práticas pós-irradiação, com ou sem resfriamento rápido; ou a associação de tratamentos térmicos distintos (ALVES, 2018).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no HRA. Esta instituição foi escolhida por ser o maior hospital de Araguaína em realizar cirurgias ortopédicas mensais, considerando a exposição ocupacional aos níveis de radiação ionizante da equipe de cirúrgica de ortopedia, além da experiência do pesquisador, em intervenções guiadas por fluoroscopia, como uma forma de colaborar para a preservação de uma prática mais segura no decorrer do prosseguimento das cirurgias.

O HRA se encontra localizado na Av. Tocantins, s/n – Centro. Araguaína, TO. CEP 65907-230. Telefone: (63) 3411-2801. As especialidades são Cirurgia Geral; Clínica Geral; Neurocirurgia; Oncologia; Ortopedia e Traumatologia; Obstetrícia Clínica e Pediatria. É, pois, um hospital de referência na região de Araguaína.

4.1 Materiais

4.1.1 Materiais de consumo

- Dosímetros de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$

Foram utilizados 179 dosímetros de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, fabricados pelo IPEN, de 6 mm de diâmetro e 0,8 mm de espessura (Figura 6).

Os dosímetros foram selecionados de acordo com a sua repetibilidade e sensibilidade da resposta TL à radiação gama do ^{137}Cs . As sensibilidades individuais dos dosímetros selecionados variaram de acordo com as pastilhas que foram selecionadas, com resposta TL entre 7 e 17 nc dentro de 30% em relação à sensibilidade média do lote.

Figura 6 – Pastilhas dosimétricas de CaSO₄:Dy

Fonte: Autor do estudo.

- Porta-dosímetro

O porta dosímetro do IPEN é confeccionado em polipropileno de alto impacto, consta de um recipiente retangular medindo 6,0 x 3,8 cm². A parte frontal acomoda 4 filtros: uma janela aberta, para a dosimetria de radiação beta, um filtro de plástico, com 2,8mm, do próprio material do dosímetro, que proporciona condição de equilíbrio eletrônico para a radiação gama do ¹³⁷Cs, um filtro de chumbo de 1mm, que barra radiação X de energia baixa e um filtro de chumbo de 0,8mm, com furo central de 2mm, que oferece uma resposta independente da energia da radiação incidente. A parte posterior possui os mesmos filtros, com exceção da janela aberta (Figura 7).

Figura 7 - Porta-dosímetro do IPEN



Fonte: Autor do estudo.

Objeto Simulador de Isopor

O objeto simulador de isopor (poliestireno expandido) foi utilizado na caracterização do feixe de raios X e avaliação da dose de entrada na pele. É constituído por um bloco de isopor medindo $25 \times 25 \times 15 \text{ cm}^3$ (Figura 8).

Figura 8 – Objeto simulador de poliestireno expandido - Isopor e posicionamento para irradiação

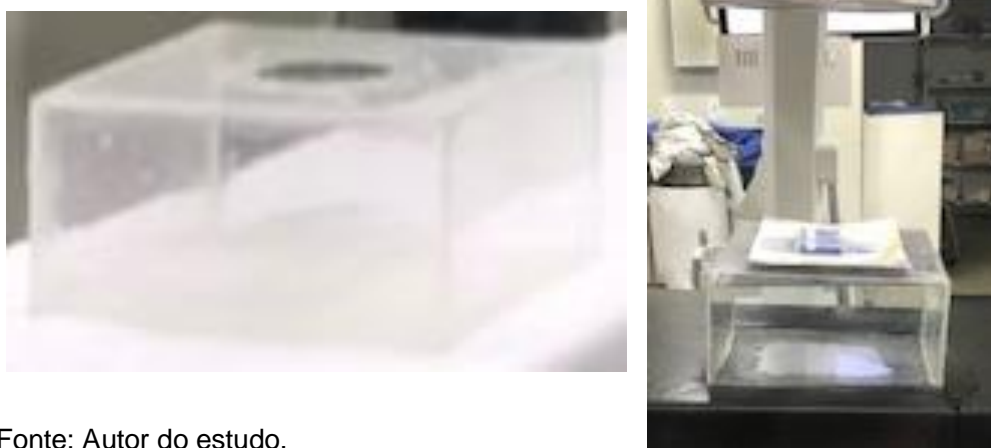


Fonte: Autor do estudo.

Objeto Simulador de Polimetilmetacrilato – PMMA

O objeto Simulador de Polimetilmetacrilato – PMMA foi utilizado na caracterização do feixe de raios X e avaliação da dose individual. É um recipiente confeccionado em PMMA, de dimensões $30 \times 30 \times 15 \text{ cm}^3$ (Figura 9) preenchido com água.

Figura 9 – Objeto Simulador de polimetilmetacrilato – PMMA e posicionamento para irradiação



Fonte: Autor do estudo.

4.1.2 Materiais permanentes

Foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Forno Mufla marca *Heatech Furnace Eurotherm*, modelo 4814-1 (Figura 10), pertencente ao Laboratório de Materiais Dosimétricos do IPEN.

Figura 10 – Forno Mufla, marca Heatech Furnace Eurotherm, modelo 4814-1



Fonte: Autor do estudo.

- Leitor termoluminescente marca *Harshaw*, modelo TDL 5500 (Figura 11), pertencente ao Laboratório de Dosimetria Termoluminescente do IPEN. O Leitor Manual HARSHAW TLD, Modelo 5500, inclui um disco transportador para até 50 DTL, um sistema linear de aquecimento, linha de nitrogênio para resfriamento das amostras, sem contato, programável, e um tubo fotomultiplicador resfriado, com componentes eletrônicos, associados para medir a saída de luz TL. O software operacional, *Thermo Scientific™ WinREMS™*, que roda em um computador separado, fornece a interface do usuário, o controle do leitor e o software de aplicativos.

Figura 11 – Leitor termoluminescente marca *Harshaw*, modelo TDL 5500



Fonte: Autor do estudo.

- Sistemas de irradiação

1- Arco cirúrgico, marca GE, modelo OEC Fluorostar 7900, pertencente ao HRA.

Arco cirúrgico de RX, tipo Arco C, é um aparelho com emissão de radiações ionizantes do tipo RX, capacitado para radiografia e fluoroscopia, composto por arco C, montado sobre rodízios, gerador de RX, tubo de RX, colimador, unidade de comando, intensificador de imagem e sistema de TV, com suporte móvel, com Subtração digital de imagens (CARNEIRO, 2021).

As características principais do OEC *Fluorostar* 7900 (Figura 12) são:

- Facilidade de manobra em espaço apertados;
- Nitidez extraordinária de imagem, a combinação de câmera CCD de alta resolução e processamento de imagem de 1k x 1k oferece aquisição e imagens excelentes para os procedimentos;
- Recursos clínicos ampliados; gerenciamento robusto de imagem; versatilidade, pois pode ser usado em Unidades de Terapia Intensiva, pronto-socorro, laboratório de broncoscopia, centro cirúrgico e consultório médico;
- Módulo Cine do *Fluorostar* que oferece taxas de quadros para aquisição em sequência cine entre 1 quadro por segundo e até 25 quadros por segundo, para melhorar os procedimentos gerais e vasculares;
- Modo *Fast Pulse*, que permite aumentar a produtividade, com 1 a 8 pulsos por segundo;

- Interface *touchscreen*, nos dois lados, que oferece ao usuário acesso instantâneo a todas as funções de pós-processamento;
- Maior capacidade de armazenamento e facilidade de transferência de imagens. Os recursos de conectividade do *Fluorostar* contribuem para melhorar a eficiência do fluxo de trabalho em muitas aplicações clínicas;
- Armazenamento DICOM integrado com MPPS;
- Armazenamento de até 60.000 imagens no disco rígido;
- Exportação de imagens para USB ou CD/DVD, no formato DICOM (DCM), JPEG (JPG) ou Bitmap (BMP).

Figura 12 - Arco Cirúrgico marca GE, modelo OEC Fluorostar, 7900



Fonte: Site: <https://stc.atlas.pk/health-care/oec-fluorostar-7900-digital-mobile-c-arm/>

2- Fonte de radiação gama de ^{137}Cs , geometria 4π de atividade de 38,11 GBq em 17 de abril de 2014 pertencente ao Laboratório de Dosimetria Termoluminescente (LDT/IPEN);

4.2 Métodos

Para a concretização da pesquisa foram utilizados os métodos de observação, valores da taxa de dose do feixe primário e aferição dos procedimentos metodológicos da equipe cirúrgica ortopédica em processos conduzidos por fluoroscopia. Além destes métodos, foram observados os princípios primordiais de

proteção radiológica relacionados a esses trabalhadores. Para realizar as cirurgias ortopédicas o centro cirúrgico do HRA possui 11 médicos ortopedistas e 04 instrumentadores.

No HRA são feitas, em média 57 cirurgias mensalmente, que englobam cirurgias ortopédicas de pequena, média e grande complexidade e porte. Algumas dessas operações utilizam o aparelho de fluoroscopia para dirigir e orientar as funções desempenhadas pelos profissionais de saúde, motivo pelo qual optar por investigar os procedimentos de trabalho da equipe cirúrgica ortopédica, objetivando analisar a exposição ocupacional à radiação ionizante das pessoas que colaboram com os mecanismos orientados pela fluoroscopia.

4.2.1 Dosímetros termoluminescentes

Os dosímetros foram selecionados em lotes com sensibilidade TL dentro de 30% para radiação gama do ^{137}Cs .

Todos os resultados TL apresentados são a média de 3 medições, e as barras de erro o desvio padrão da média.

4.2.2 Irradiações

Todas as irradiações com radiação gama do ^{137}Cs foram realizadas no ar em condições de equilíbrio eletrônico.

a) Calibrações

Todas as avaliações da resposta TL em função do tempo de exposição à radiação X foram realizadas utilizando o porta-dosímetros do IPEN.

b) Monitoração individual da Equipe

A monitoração individual dos membros da equipe foi realizada mensalmente, por um período de 3 meses, empregando o porta-dosímetros do IPEN.

4.2.3 Avaliação da dose individual dos participantes

Durante as cirurgias, a equipe é composta por um ortopedista e um instrumentador, que usam como equipamento de proteção individual um avental de chumbo (Figura 13) e ficam expostos à radiação, cujo feixe de raios X do arco cirúrgico tem direção de baixo para cima. Os dosímetros foram posicionados no tórax, lado esquerdo, a altura do mamilo, (Figura 14) abaixo do dispositivo de biossegurança, cuja função foi medir a radiação ionizante emitida pelo aparelho de fluoroscopia e incidida sobre a equipe ortopédica.

Figura 13 – Avental de chumbo



Fonte: Site Nuclemax.com.br.

Figura 14 – Localização anterior e posterior de outros dosímetros posicionados acima e abaixo do protetor de chumbo



OBSERVAÇÃO:
No estudo foi utilizado o dosímetro em região anterior do tórax.



Fonte: PALÁCIO (2014, p. 229).

Os dosímetros permaneceram acondicionados em uma caixa, em local livre de radiação, de onde eram retirados pela equipe cirúrgica somente no momento imediatamente anterior à assepsia e antissepsia da equipe. Após o término do procedimento operatório a equipe cirúrgica acomodava, imediatamente, os dosímetros no mesmo recipiente. Um dosímetro (controle) foi mantido, permanentemente, dentro da caixa, protegido de quaisquer radiações externas que pudessem comprometer os resultados. A substituição dos dosímetros foi mensal, de acordo com a Circular n.º 01/74 do Departamento de Instalações e Materiais Nucleares da CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. Ao final de cada 30 dias, os dosímetros eram enviados ao Laboratório de Dosimetria Termoluminescente do IPEN, onde eram analisadas as doses de radiação recebida em cada um deles.

4.2.4 Cálculo da dose

As doses individuais foram avaliadas empregando o algoritmo de cálculo de dose do Laboratório de Monitoração Individual do IPEN. Um exemplo é apresentado no Quadro 3, na determinação da energia efetiva média e dose efetiva média de medições efetuadas com radiação gama do ¹³⁷Cs.

Quadro 3 – Determinação da Energia Efetiva média e Dose Efetiva média – radiação gama do ¹³⁷Cs.

Nome do Arquivo:		Determinação da Energia efetiva média e da Dose efetiva média Cs										Data:		28/04/2019	
Instituição:		IPEN										Técnico:			

Valor do BG do Laboratório =		0,10 mSv/mês	
Fatores de Calibração do Lote:		PI =	0,09 nC
		Pb =	0,08 nC
		Pb0 =	0,10 nC

Limites das Relações		
	Min	Max
R1(P/Pb0)	1,00	11,1
R2(Pb/Pb0)	0,36	1,00
R3(P/Pb)	1,67	30,67

Dosímetros	Leituras Brutas			Relações			Energias			EM	CVE(%)	H(mSv)			HM (mSv)	OBS	CVH(%)		
	PI	Pb	Pb0	R1(P/Pb0)	R2(Pb/Pb0)	R3(P/Pb)	E1	E2	E3			H1(E1)	H2(E2)	H3(E3)					
Controle	0,10	0,10	0,10	1,000	1,000	1,000	663,0	663,0	489,2	605,06	16,8	0,009	0,009	0,009	0,01	M	2,5	M	
1	12,240	13,923	14,406	0,850	0,966	0,879	663,0	593,5	489,2	578,56	16,0	1,223	1,186	1,182	1,20		1,9	1,20	2
2	14,360	14,588	14,770	0,972	0,988	0,984	663,0	636,9	489,2	596,01	16,7	1,317	1,300	1,263	1,28		2,1	1,29	2
3	14,748	15,522	15,626	0,944	0,993	0,950	663,0	648,8	489,2	600,32	16,1	1,383	1,375	1,330	1,38		2,1	1,36	2
4	73,485	58,831	66,124	1,111	0,890	1,249	615,9	407,1	489,2	504,05	19,8	5,879	5,751	5,703	6,78		1,6	5,78	10
5	69,292	71,811	70,098	0,989	1,024	0,965	663,0	663,0	489,2	605,06	16,8	6,393	6,393	6,133	8,81		2,4	6,31	10
6	77,941	79,096	76,016	1,025	1,041	0,985	663,0	663,0	489,2	605,06	16,8	7,053	7,053	6,753	8,86		2,5	6,95	10
7	495,696	572,148	498,887	0,934	1,147	0,865	663,0	663,0	489,2	605,06	16,8	47,344	47,344	45,599	48,78		2,2	46,76	50
8	582,760	511,966	488,242	1,194	1,049	1,138	582,0	663,0	489,2	578,06	16,0	45,232	47,952	45,428	48,64		2,8	46,54	50
9	521,966	648,873	516,519	1,011	1,296	0,804	663,0	663,0	489,2	605,06	16,8	50,865	50,865	49,113	60,28		2,0	50,28	50
10	1158,712	1201,803	1059,234	1,094	1,135	0,964	663,0	663,0	489,2	605,06	16,8	103,391	103,391	98,879	101,88		2,6	101,89	100
11	1174,801	1186,632	970,825	1,210	1,222	0,990	575,4	663,0	489,2	575,84	16,1	96,916	100,566	95,784	97,78		2,6	97,76	100
12	1003,355	1111,119	959,276	1,046	1,158	0,903	663,0	663,0	489,2	605,06	16,8	92,874	92,874	89,173	81,84		2,3	81,84	100
13	2324,526	2582,873	2406,678	0,956	1,073	0,900	663,0	663,0	489,2	605,06	16,8	221,440	221,440	213,135	218,87		2,2	218,67	200
14	2056,187	2584,453	1975,724	1,041	1,308	0,796	663,0	663,0	489,2	605,06	16,8	199,267	199,267	192,344	186,88		2,0	196,96	200
15	2361,593	2233,714	2083,893	1,133	1,072	1,057	606,9	663,0	489,2	586,35	16,1	196,882	202,244	192,452	187,21		2,5	197,21	200

Fonte: Autor do estudo.

O algoritmo efetua o cálculo a partir do fator de calibração do lote para a radiação gama do ^{137}Cs e as leituras TL do dosímetro de controle e dos dosímetros sob os três filtros. O processo envolve a relação entre as respostas dos diferentes filtros, a estimativa da energia média, a correção das respostas relativas ao ^{137}Cs , avalia a dose para cada filtro e efetua a média das doses, determinando também o coeficiente de variação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Determinação do fator de calibração do lote de pastilhas para radiação gama do ^{137}Cs

Antes do início dos testes, foi feita uma irradiação dos detectores com uma pré-dose de 3 mSv com radiação gama do ^{137}Cs , e os dosímetros foram tratados termicamente a 300°C por 1 hora, com o objetivo de uniformizar a dose recebida pelas amostras e o tratamento térmico de reutilização.

Concluída a etapa de estabilização, teve início a seleção do lote. Os detectores foram irradiados com dose padrão de 5 mSv e, também, com as doses de 1, 10 e 20 mSv, no ar, em condições de equilíbrio eletrônico (placas de 3 mm PMMA). A leitura da resposta TL foi realizada sempre 24h após as irradiações. Esse procedimento foi repetido três vezes. Concluídas as avaliações da resposta TL dos detectores, foi feita a seleção do lote por meio da curva de distribuição, gráfico da frequência em função da média da resposta TL para as 3 avaliações com a dose padrão de 5 mSv, apresentada na Figura 15.

As pastilhas selecionadas no lote apresentam resposta TL média de 7,80 nC/mSv com desvio padrão de média de $\pm 6,02\%$, em função da dose padrão de 5 mSv. (Quadro 4; Tabela 3).

A sensibilidade média do lote ($s = \text{nc/mSv}$) em função do intervalo de dose estudado foi avaliada, e o valor obtido foi de $7,88 \pm 0,15 \text{ nc/mSv}$, dentro do intervalo de sensibilidade de $\pm 7\%$, e de acordo com o valor obtido para a dose padrão.

Quadro 4 – Resposta TL em função da dose radiação gama do ^{137}Cs dos detectores do lote selecionado

Tratamento Térmico: 18/04/2018

Irradiação: 18/04/2018

Leitura TL: 19/04/2018

	Valor Real (mSv)	TL (nC)
1	controle	0,187
2		0,183
3		0,248
4	1,00	7,816
5		8,323
6		8,673
7	1,00	7,365
8		8,310
9		8,643
10	1,00	7,078
11		8,110
12		8,392
	Valor Real (mSv)	TL (nC)
13	5,0	37,965
14		42,002
15		40,396
16	5,0	34,987
17		42,914
18		39,190
19	5,0	37,796
20		39,208
21		36,825
	Valor Real (mSv)	TL (nC)
22	10,0	74,448
23		83,169
24		85,450
25	10,0	71,164
26		82,319
27		80,249
28	10,0	73,315
29		74,744
30		84,863
	Valor Real (mSv)	Medições (nC)
31	20,0	152,961
32		165,126
33		158,241
34	20,0	155,274
35		171,331
36		167,005
37	20,0	166,805
38		173,299
39		154,212

Fonte: Autor do estudo.

Tabela 3 – Resposta TL média do lote de detectores em função da dose de radiação com ^{137}Cs , desvio padrão da média e sensibilidade média

Valor Real H* (mSv)	TL média (nC)	desv.	Sens. média nC/mSv
controle	0,206	0,036	
0,0	0,000	0,000	
1,0	7,873	0,555	7,87
5,0	38,825	2,493	7,77
10,0	78,652	5,458	7,86
20,0	162,695	7,665	8.13

Fonte: Autor do estudo.

5.2 Curva de resposta TL em função da dose para radiação gama do ^{137}Cs

Grupos de 3 porta-dosímetros para cada dose foram irradiados com radiação gama do ^{137}Cs com doses de 1, 5, 10 e 20 mSv. Após 24 horas foi feita a leitura TL dos dosímetros, por grupos, obtendo-se a resposta TL em carga (nC). Com as respostas TL foi obtida a curva de calibração do lote relacionando a resposta TL com a dose aplicada, Tabela 4, sendo calculado o fator de calibração (fat.cal.) do lote para radiação gama do ^{137}Cs , conforme a equação:

$$\text{fat.cal.} = \text{Dose 2} - \text{Dose 1} / \text{TL 2} - \text{TL 1}$$

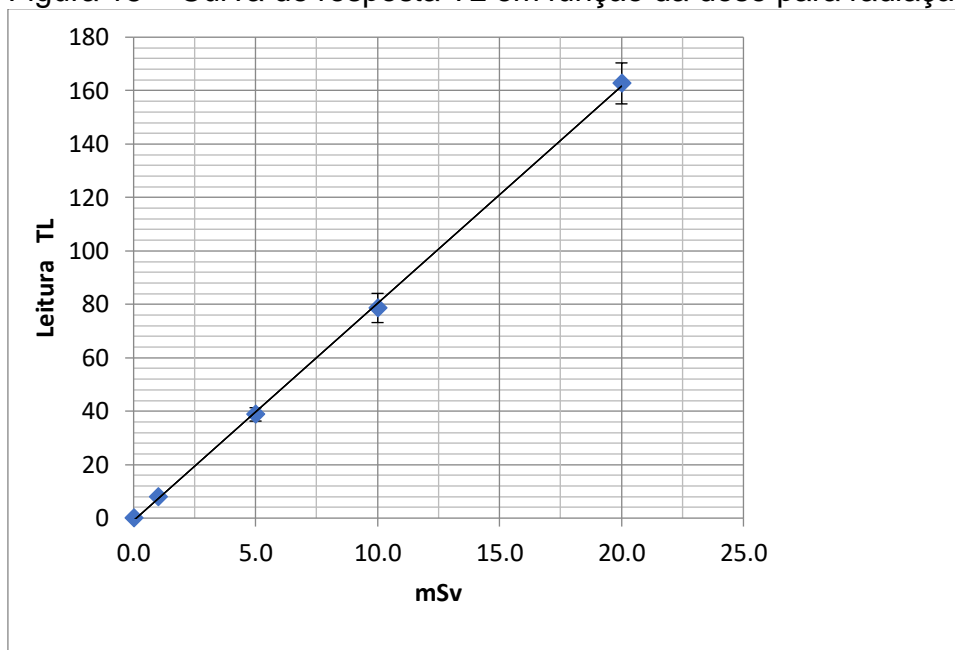
o valor do fator de calibração obtido foi 0.124 nc/mSv. A Figura 15 apresenta a curva de resposta TL em função da dose.

Tabela 4 – Fator de calibração do lote para radiação gama do ^{137}Cs

DATA:	19/04/2018	LOTE: (O)
fat.calib.	0,124	mSv/nC

Fonte: Autor do estudo.

Figura 15 – Curva de resposta TL em função da dose para radiação do ^{137}Cs .



Fonte: Autor do estudo.

Como pode ser observado, a resposta TL média em função da dose dos detectores selecionados para o trabalho é reprodutível e apresenta comportamento linear no intervalo de dose estudado. O desvio máximo foi de 7%, para a dose de 1 mSv, dentro do intervalo de sensibilidade do lote, e aceitos na monitoração individual. O fator de calibração do lote (Figura 5) para radiação gama do ^{137}Cs determinado foi $F_{\text{cal}^{137}\text{Cs}} = 0,124 \text{ mSv/nC}$.

5.3 Curva de calibração do fluoroscópio do HRA em 03/12/18

O material usado foi 26 porta-dosímetros, contendo 3 detectores em cada um, posicionados sob os filtros de plástico, chumbo e chumbo com furo. Os dosímetros foram divididos em dois grupos, 12 para uso com o simulador de isopor (avalia a dose de entrada na pele do paciente) e 12 para uso com o simulador de PMMA preenchido com água (avalia a dose que emerge do paciente). Cada grupo foi subdividido em quatro lotes com três dosímetros cada, sendo um dosímetro de controle para cada grupo.

Os quatro lotes de grupos de porta-dosímetros foram posicionados no centro geométrico dos objetos simuladores de isopor e PMMA preenchido com água para as irradiações no fluoroscópio com feixe de raios X da seguinte maneira: o primeiro lote irradiado por 1 min, o segundo lote 2 min, o terceiro lote 2,5 min e o

quarto lote 3 min, conforme Quadro 5. O procedimento foi repetido 3 vezes para ambos os simuladores.

Quadro 5 – Distribuição dos grupos de dosímetros em função do tempo de irradiação com arco cirúrgico

Simulador Isopor		Simulador PMMA	
Dosímetros	Tempo de irradiação com fluoroscópio	Dosímetros	Tempo de irradiação com fluoroscópio
Dosímetro 01 Dosímetro 02 Dosímetro 03	1 minuto	Dosímetro 01 Dosímetro 02 Dosímetro 03	1 minuto
Dosímetro 04 Dosímetro 05 Dosímetro 06	2 minutos	Dosímetro 04 Dosímetro 05 Dosímetro 06	2 minutos
Dosímetro 07 Dosímetro 08 Dosímetro 09	2,5 minutos	Dosímetro 07 Dosímetro 08 Dosímetro 09	2,5 minutos
Dosímetro 10 Dosímetro 11 Dosímetro 12	3 minutos	Dosímetro 10 Dosímetro 11 Dosímetro 12	3 minutos

Fonte: Autor do estudo.

Os resultados da leitura TL dos detectores posicionados sob os filtros de plástico, chumbo e chumbo com furo foram introduzidos no algoritmo de cálculo de dose para a avaliação da dose média em função do tempo de exposição e da energia efetiva média da radiação X dos dosímetros irradiados. Os valores de dose obtidos em função do tempo de exposição foram colocados em uma planilha do Excel. Para obtenção do fator foram utilizados os seguintes comandos do Excel: 1/(PROJ. LIN (G10: G14; F10: F14; FALSO; VERDADEIRO)).

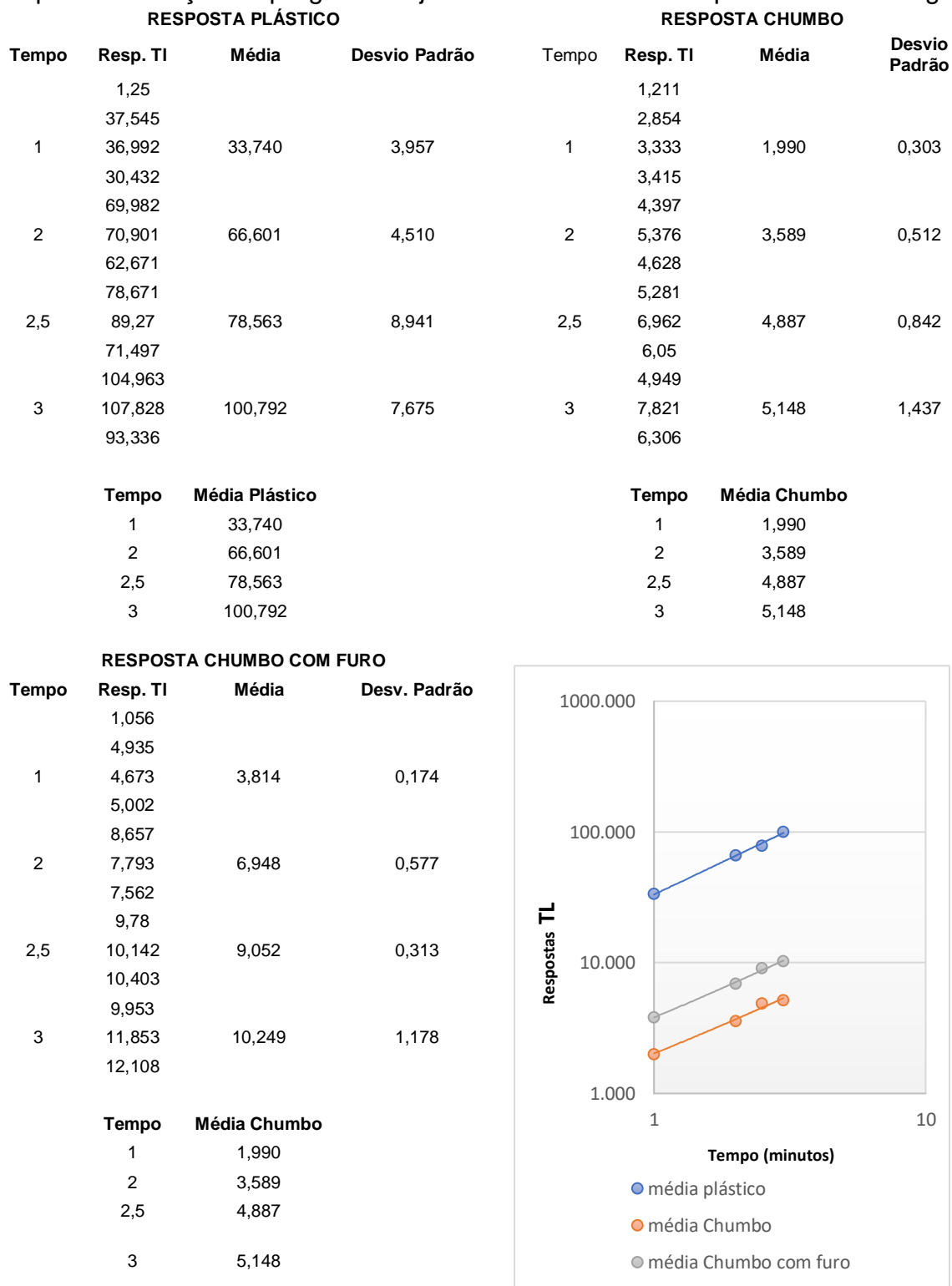
As Figuras 16, 17 e 18 apresentam os resultados das avaliações empregando o objeto simulador de PMMA preenchido com água: avaliação das doses e da energia efetiva média (Figura 16); resposta TL dos detectores sob os filtros de plástico, chumbo e chumbo com furo em função do tempo de irradiação (Figura 17); curva de calibração da dose em função do tempo de irradiação, fator de calibração e as curvas de calibração, de uma das três avaliações realizadas, (Figura 18) .

Figura 16 – Avaliação da dose e da energia efetiva média do fluoroscópio empregando objeto simulador de PMMA, preenchido com água

Valor do BG do Laboratório = 0													Limites das Relações								
Fatores de Calibração do Lote:				PI =	0,124	nC	R1(PI/Pb0)			1,00	11,1	R2(Pb/Pb0)			0,36	1,00	R3(PI/Pb)			1,67	30,67
				Pb =	0,124	nC				VERDA-DEIRO			VERDA-DEIRO	VERDA-DEIRO							
				Pb0 =	0,124	nC															
Dosímetros	Leituras Brutas			Relações			Energias			EM	CVE(%)	H(mSv)			HM (mSv)	OBS	CVH(%)				
	PI	Pb	Pb0	R1(PI/Pb0)	R2(Pb/Pb0)	R3(PI/Pb)	E1	E2	E3			H1(E1)	H2(E2)	H3(E3)							
Controle	1,25	1,211	1,056	1,184	1,147	1,032	586,1	663,0	489,2	579,42	15,0	0,140	0,145	0,138	0,14		2,5	M			
1	37,545	2,854	4,935	7,608	0,578	13,155	67,6	166,7	83,1	105,80	50,4	0,695	1,199	0,741	0,88		31,7	0,88			
2	36,992	3,333	4,673	7,916	0,713	11,099	65,6	193,2	92,2	116,99	57,5	0,731	1,147	0,884	0,92		22,9	0,92			
3	30,432	3,415	5,002	6,084	0,683	8,911	78,5	184,1	107,0	123,18	44,3	0,731	1,049	1,119	0,97		21,4	0,97			
4	69,982	4,397	8,657	8,084	0,508	15,916	64,4	150,9	75,3	96,89	48,6	1,252	2,320	1,311	1,63		36,9	1,63			
5	70,901	5,376	7,793	9,098	0,690	13,188	59,3	185,9	83,0	109,39	61,5	1,332	2,213	1,446	1,66		28,8	1,66			
6	62,671	4,628	7,562	8,288	0,612	13,542	63,2	171,5	81,7	105,48	54,9	1,191	2,022	1,272	1,49		30,7	1,49			
7	78,671	5,281	9,78	8,044	0,540	14,897	64,7	159,6	77,8	100,70	51,1	1,471	2,609	1,546	1,88		33,9	1,88			
8	89,27	6,962	10,142	8,802	0,686	12,822	60,7	185,0	84,3	109,98	60,0	1,764	2,858	1,920	2,18		27,1	2,18			
9	71,497	6,05	10,403	6,873	0,582	11,818	72,5	167,2	88,5	109,40	46,3	1,581	2,535	1,756	1,96		26,0	1,96			
10	104,963	4,949	9,953	10,546	0,497	21,209	48,4	147,2	64,1	86,58	61,3	1,535	3,205	1,593	2,11		44,9	2,11			
11	107,828	7,821	11,853	9,097	0,660	13,787	59,3	179,0	80,9	106,44	59,9	2,053	3,449	2,219	2,57		29,6	2,57			
12	93,336	6,306	12,108	7,709	0,521	14,801	66,9	154,8	78,0	99,92	47,9	1,823	3,190	1,893	2,30		33,4	2,30			

Fonte: Autor do estudo.

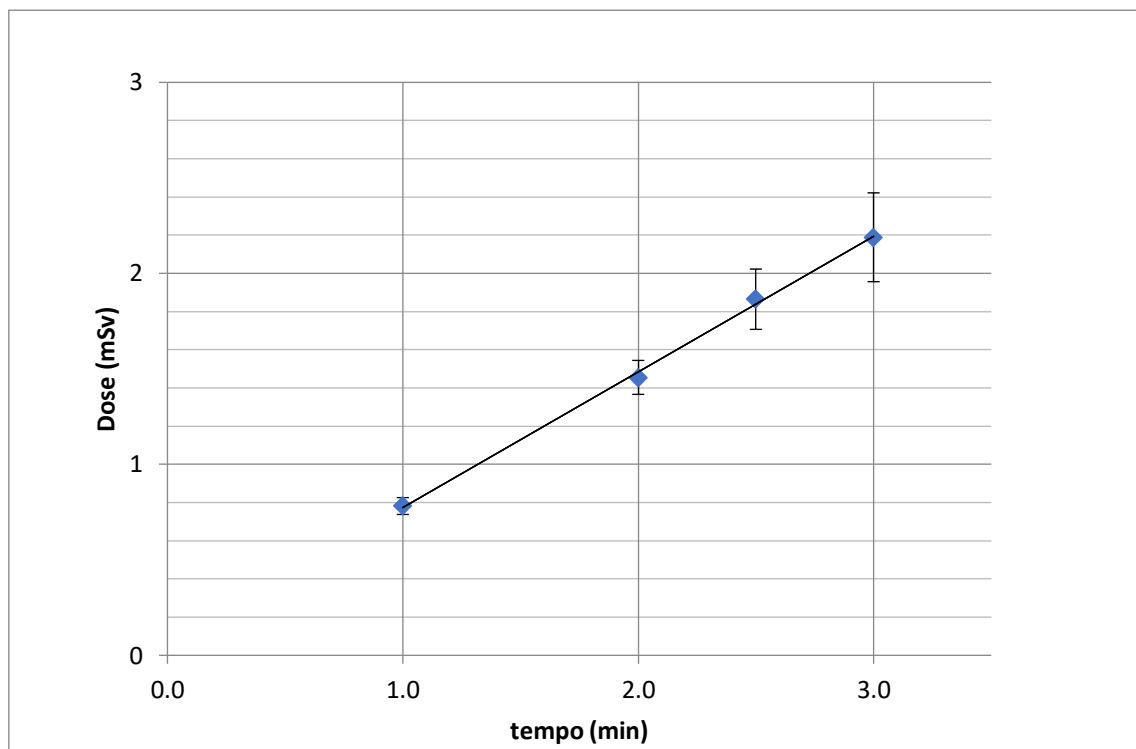
Figura 17 – Resposta TL dos detectores sob os diferentes filtros em função do tempo de irradiação empregando objeto simulador de PMMA preenchido com água



Fonte: Autor do estudo.

Figura 18 – Dose em função do tempo de irradiação do fluoroscópio – procedimento empregando objeto simulador de PMMA preenchido com água

fat. calib.= 0,737 mSv/min



Fonte: Autor do estudo.

A resposta TL dos dosímetros irradiados no fluoroscópio, posicionados no objeto simulador de PMMA preenchido com água, que fornece a dose de saída, é reprodutível e apresenta comportamento linear no intervalo de tempo de exposição avaliado, entre 1 e 3 min, o fator de calibração médio para a radiação X emitida pelo fluoroscópio é $f_{cal\ X} = 0,737$ mSv/min, com desvio de $\pm 0,027$ que corresponde a $\pm 3,66\%$. Importante ressaltar que, nos 3 procedimentos realizados com esta geometria, os resultados obtidos foram compatíveis, com desvios dentro do esperado em função do tempo de irradiação e da dose avaliada, apresentando comportamento linear da resposta, conforme apresentado na Tabela da Figura 17. A energia efetiva média foi avaliada em 105,52 keV, com desvio de $\pm 9,81$, que corresponde a $+ 9,3\%$.

As figuras 19, 20 e 21 exibem os fatores de calibração e as curvas de calibração empregando objeto simulador de isopor: avaliação das doses e energia efetiva média (Figura 19); resposta TL dos detectores sob os filtros de plástico, chumbo e chumbo com furo em função do tempo de irradiação (Figura 20);

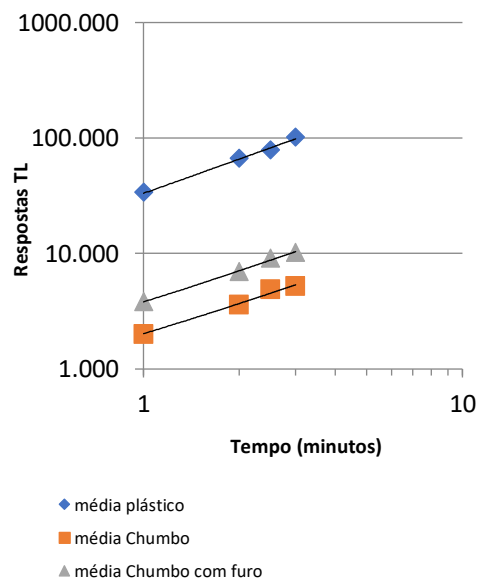
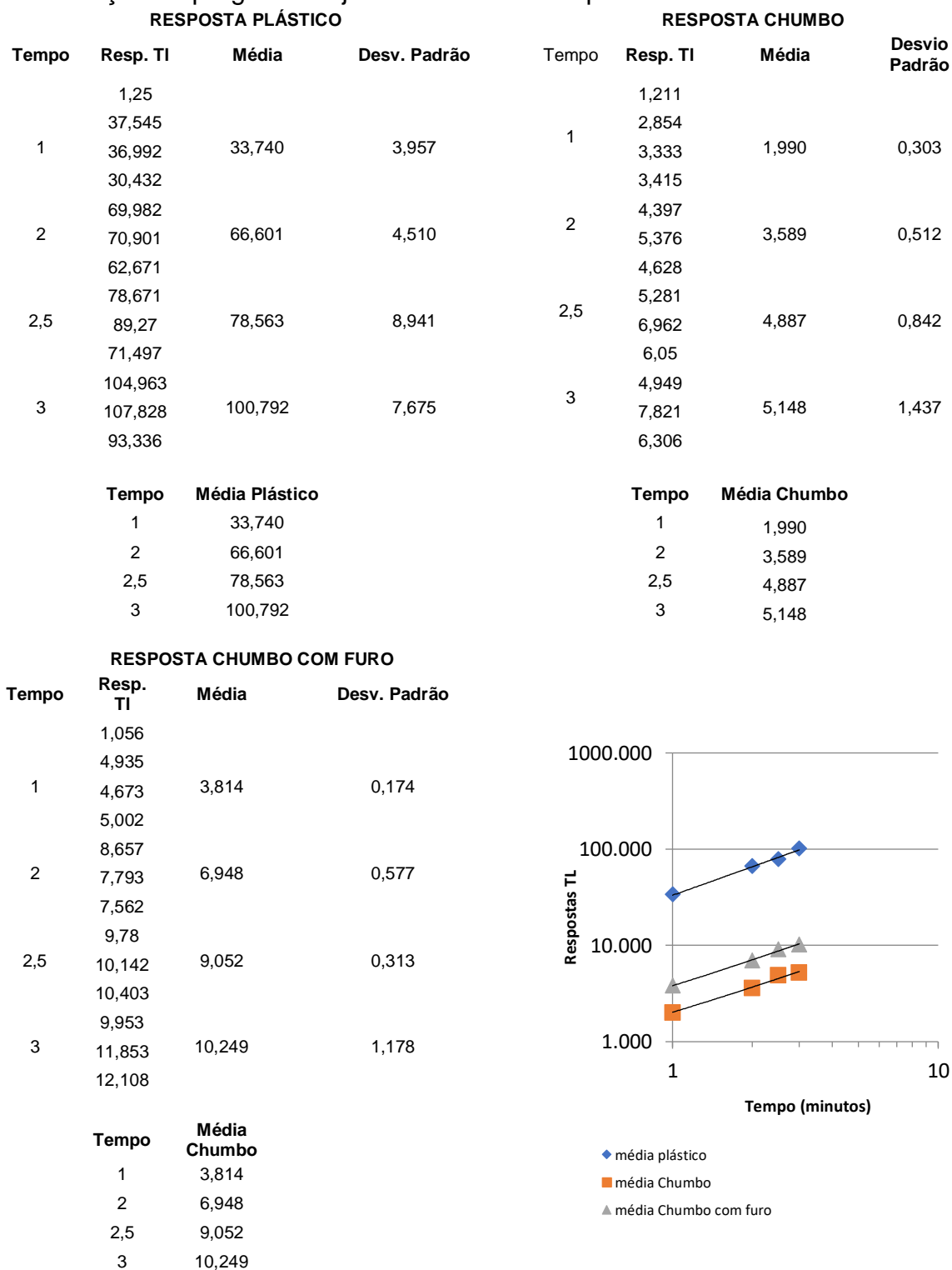
curva de calibração em função do tempo de irradiação, fator de calibração e as curvas de calibração, de uma das três avaliações realizadas (Figura 21).

Figura 19 – Avaliação de dose do fluoroscópio empregando objeto simulador de isopor

Valor do BG do Laboratório =		0											Limites das Relações						
Fatores de Calibração do Lote:		PI =	0,124	nC										Min	Max				
		Pb =	0,124	nC										R1(PI/Pb0)	1,00	11,1			
		Pb0 =	0,124	nC										R2(Pb/Pb0)	0,36	1,00			
														R3(PI/Pb)	1,67	30,67			
														VERDADEIRO	VERDADEIRO	VERDADEIRO			
Dosímetros	Leituras Brutas			Relações			Energias			EM	CVE (%)	H(mSv)			HM (mSv)	OBS	CVH (%)		
	PI	Pb	Pb0	R1(PI/Pb0)	R2(Pb/Pb0)	R3(PI/Pb)	E1	E2	E3			H1(E1)	H2(E2)	H3(E3)					
Controle	1,381	1,26	1,059	1,304	1,187	1,099	538,1	663,0	489,2	563,42	15,9	0,146	0,153	0,145	0,15		3,0	M	
1	62,48	2,25	6,245	10,004	0,360	27,817	54,0	33,0	46,1	44,37	23,9	0,783	0,689	0,768	0,75		6,8	0,75	
2	64,43	3,05	10,79	5,973	0,283	21,123	79,5	33,0	64,3	58,94	40,2	1,239	1,012	1,148	1,13		10,1	1,13	
3	28,38	2	5,597	5,071	0,357	14,191	88,3	33,0	79,7	67,01	44,4	0,630	0,484	0,583	0,57		13,1	0,57	
4	126,1	3,82	12,92	9,762	0,296	32,999	55,7	33,0	33,0	40,58	32,4	1,666	1,468	1,476	1,54		7,3	1,54	
5	114,5	4,5	12,87	8,897	0,350	25,426	60,2	33,0	53,9	49,03	29,1	1,715	1,506	1,681	1,63		6,9	1,63	
6	54,39	3,08	6,187	8,791	0,498	17,664	60,7	147,4	71,7	93,25	50,6	0,865	1,709	0,898	1,16		41,3	1,16	
7	113,7	3,41	12,6	9,023	0,270	33,375	59,7	33,0	33,0	41,89	36,8	1,550	1,348	1,356	1,42		8,1	1,42	
8	114,2	4,91	13,92	8,204	0,353	23,258	63,7	33,0	59,3	52,00	31,9	1,831	1,606	1,810	1,75		7,1	1,75	
9	104,8	4,53	18,4	5,694	0,246	23,121	82,1	33,0	59,6	58,24	42,2	2,130	1,725	1,931	1,93		10,5	1,93	
10	135,9	4,31	12,37	10,987	0,349	31,511	36,6	33,0	33,0	34,19	6,0	1,610	1,548	1,556	1,57		2,1	1,57	
11	135,9	6,1	17,67	7,689	0,345	22,259	67,1	33,0	61,6	53,91	34,0	2,332	2,025	2,289	2,22		7,5	2,22	
12	139,7	4,66	20,84	6,703	0,223	30,002	73,7	33,0	36,3	47,67	47,4	2,399	2,001	2,059	2,15		10,0	2,15	

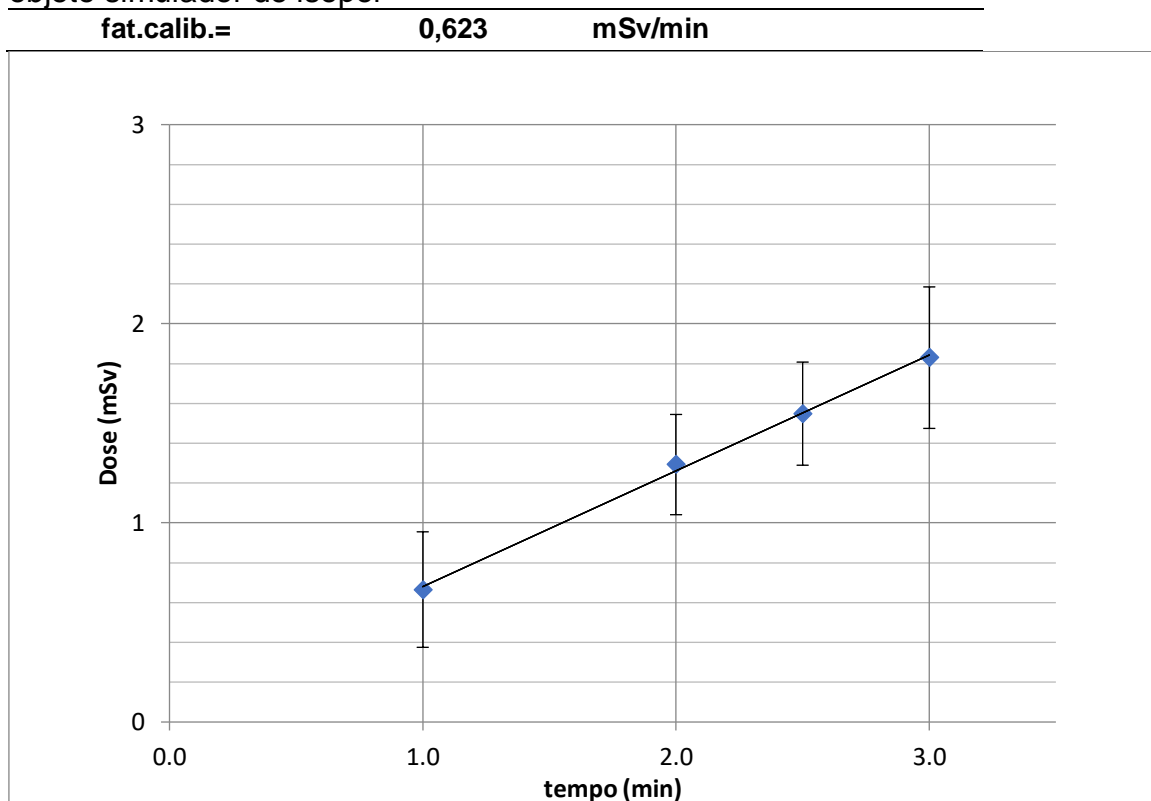
Fonte: Autor do estudo.

Figura 20 - Resposta TL dos detectores sob os diferentes filtros m função do tempo de irradiação empregando objeto simulador de isopor



Fonte: Autor do estudo.

Figura 21 – Dose em função do tempo de irradiação – procedimento empregando objeto simulador de isopor



Fonte: Autor do estudo.

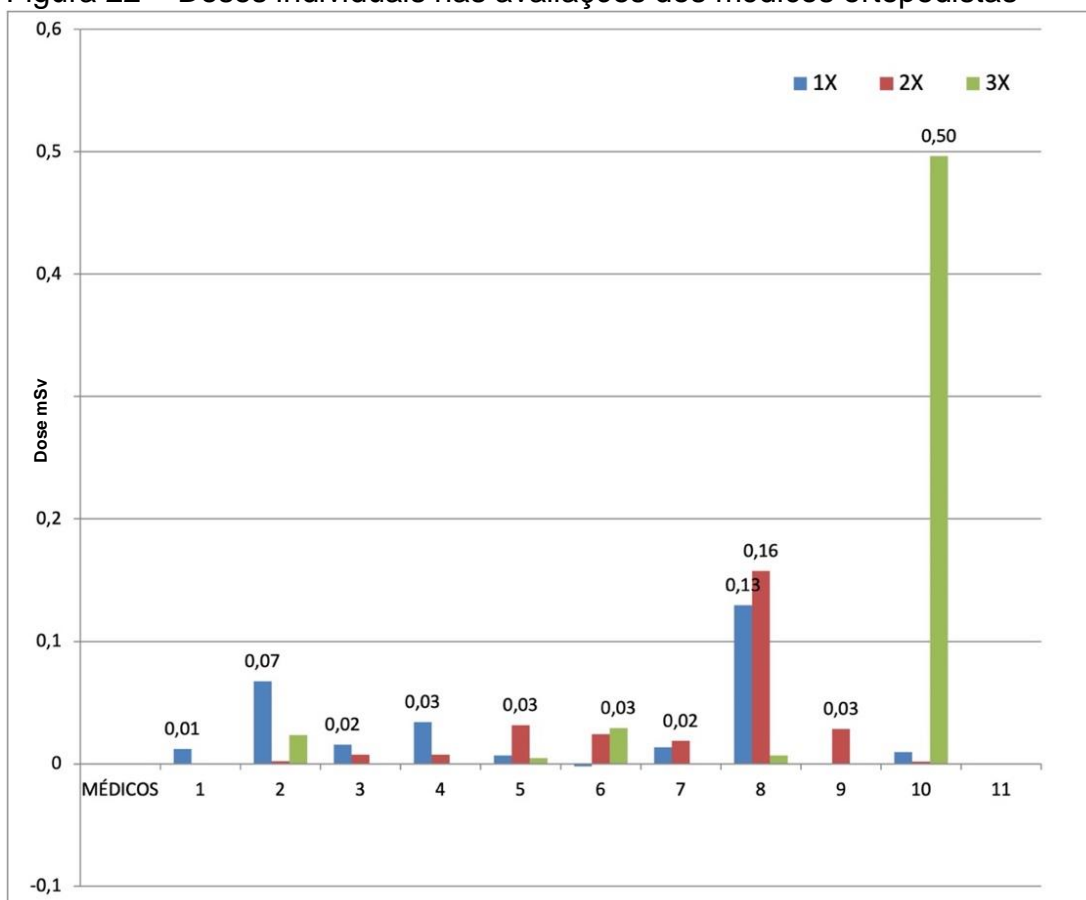
A resposta TL dos dosímetros irradiados no fluoroscópio, posicionados no objeto simulador de isopor, que fornece a dose de entrada na pele do paciente, é reprodutível e apresenta comportamento linear no intervalo de tempo de exposição avaliado, e em todas as leituras (procedimentos), entre 1 e 3 min, o fator de calibração médio para a radiação X emitida pelo fluoroscópio é $f_{\text{cal X}} = 0,623 \text{ mSv/min}$, com desvio de $\pm 0,015$ que corresponde a $\pm 2,9\%$. Do mesmo modo que nas avaliações empregando o objeto simulador de PMMA, nos 3 procedimentos realizados com esta geometria, os resultados obtidos foram compatíveis, com desvios dentro do esperado, em função do tempo e da dose avaliada, apresentando comportamento linear da resposta, conforme apresentado na tabela da Figura 20.

A energia efetiva média foi avaliada em 105,52 keV, com desvio de $\pm 9,81$, que corresponde a $\pm 9,3\%$.

Concluída a caracterização do feixe de raios X, teve início a monitoração individual mensal dos membros da equipe, os quais foram identificados por números. Esta monitoração contou com onze (11) médicos ortopedistas e quatro (04) instrumentadores.

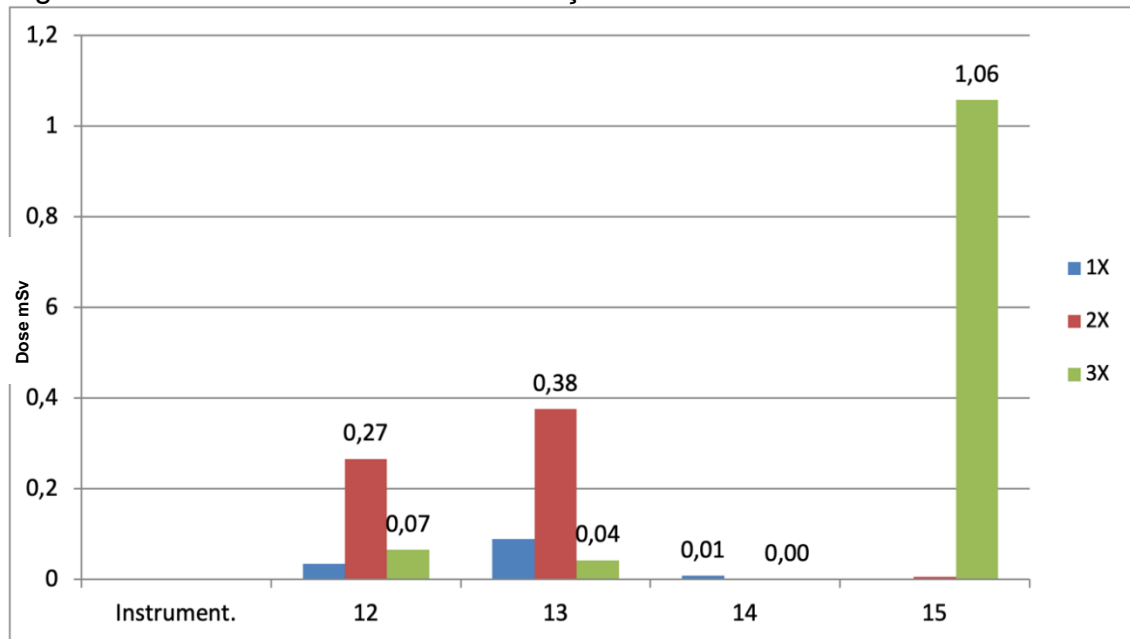
A monitoração foi realizada por um período de três meses e as figuras 22 e 23, apresentam as doses, dos médicos ortopedistas e instrumentadores, respectivamente.

Figura 22 – Doses individuais nas avaliações dos médicos ortopedistas



Fonte: Autor do estudo.

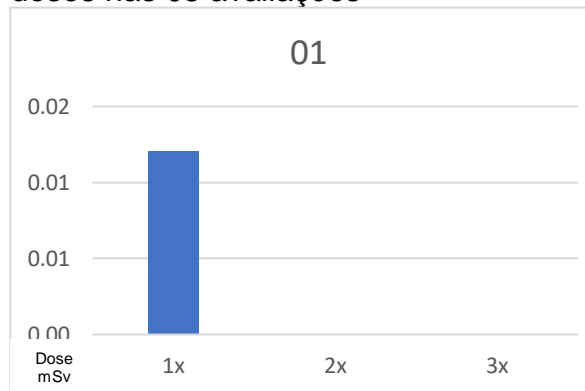
Figura 23 – Doses individual nas avaliações dos instrumentadores



Fonte: Autor do estudo.

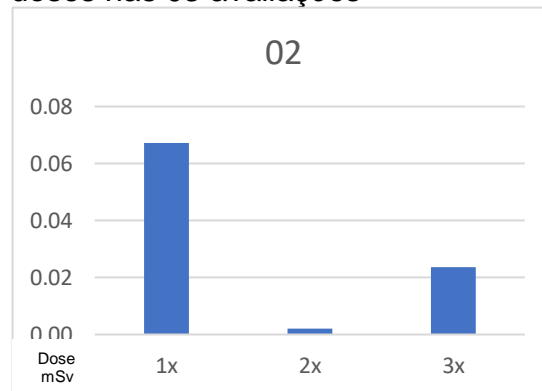
As Figuras 24 a 38 detalham as doses individuais dos médicos ortopedistas e dos instrumentadores.

Figura 24 – Médico Ortopedista 01: doses nas 03 avaliações



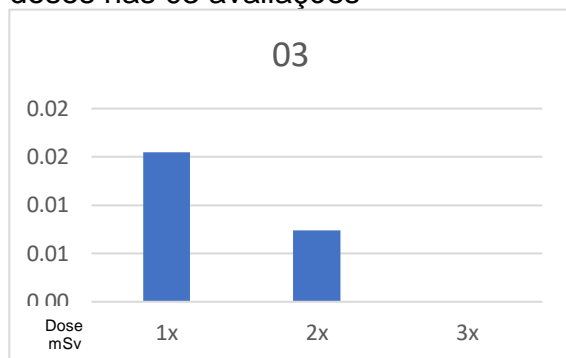
Fonte: Autor do estudo.

Figura 25 – Médico Ortopedista 02: doses nas 03 avaliações



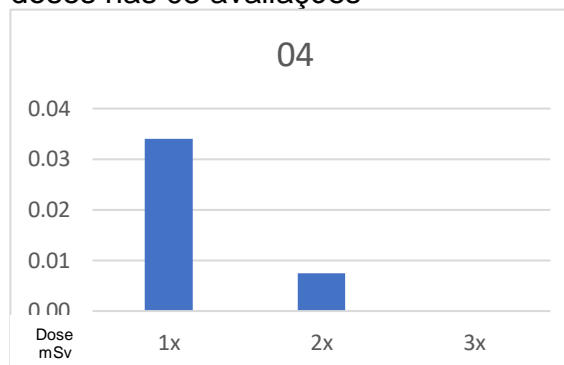
Fonte: Autor do estudo.

Figura 26 – Médico Ortopedista 03:
doses nas 03 avaliações



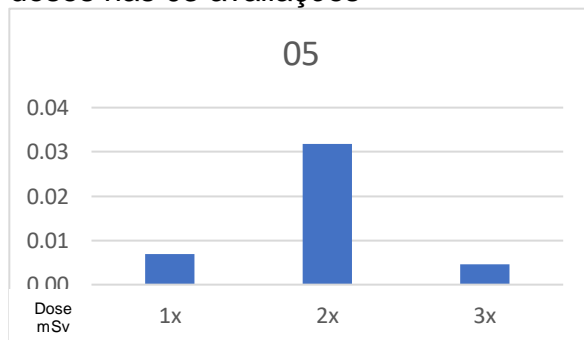
Fonte: Autor do estudo.

Figura 27 – Médico Ortopedista 04:
doses nas 03 avaliações



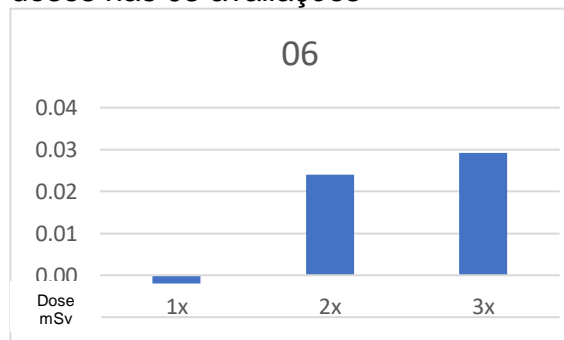
Fonte: Autor do estudo.

Figura 28 – Médico Ortopedista 05:
doses nas 03 avaliações



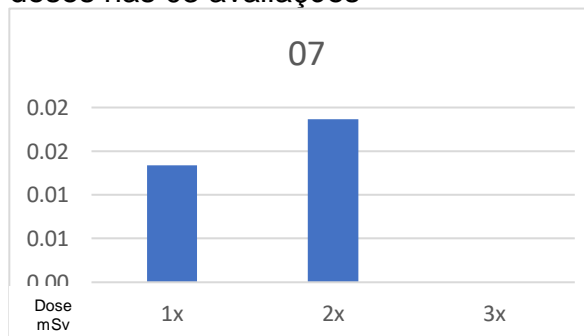
Fonte: Autor do estudo.

Figura 29 – Médico Ortopedista 06:
doses nas 03 avaliações



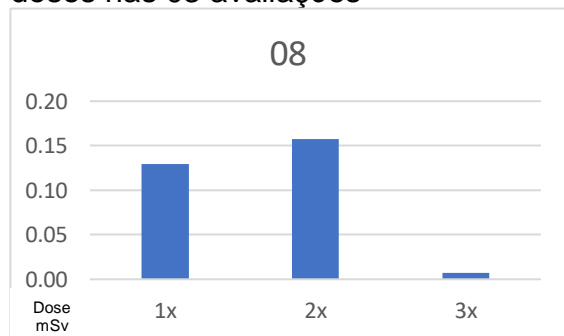
Fonte: Autor do estudo.

Figura 30 – Médico Ortopedista 07:
doses nas 03 avaliações



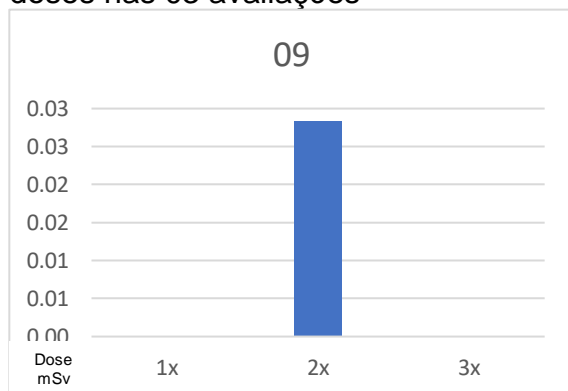
Fonte: Autor do estudo.

Figura 31 – Médico Ortopedista 08:
doses nas 03 avaliações



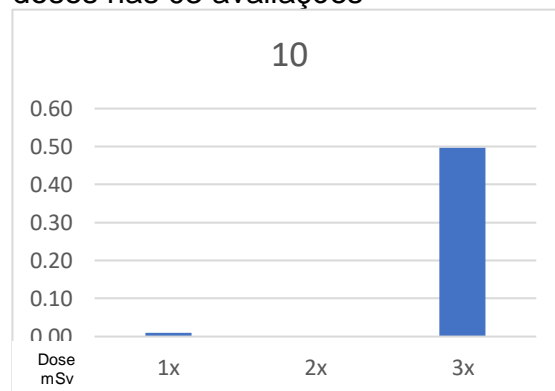
Fonte: Autor do estudo.

Figura 32 – Médico Ortopedista 09: doses nas 03 avaliações



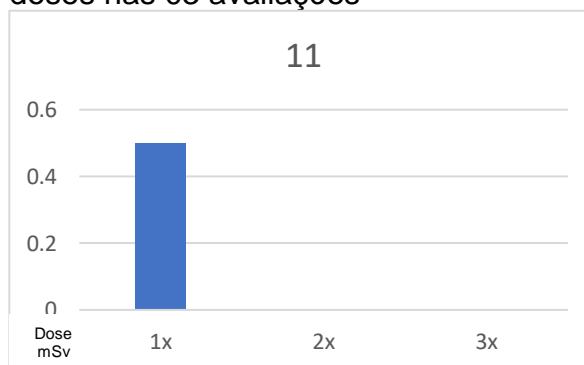
Fonte: Autor do estudo.

Figura 33 – Médico Ortopedista 10: doses nas 03 avaliações



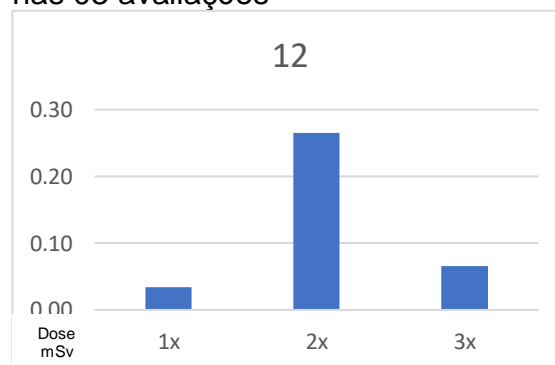
Fonte: Autor do estudo.

Figura 34 – Médico Ortopedista 11: doses nas 03 avaliações



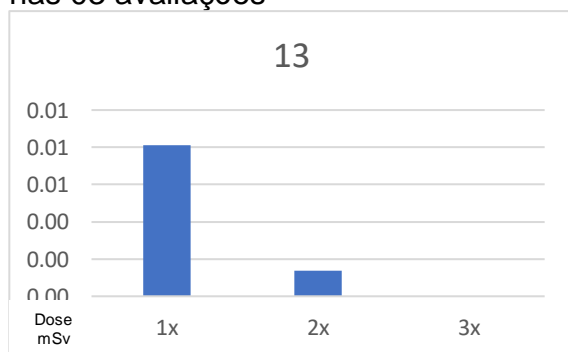
Fonte: Autor do estudo.

Figura 35 – Instrumentador 12: doses nas 03 avaliações



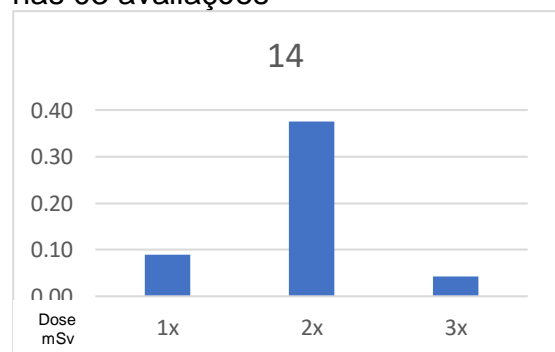
Fonte: Autor do estudo.

Figura 36 – Instrumentador 13: doses nas 03 avaliações



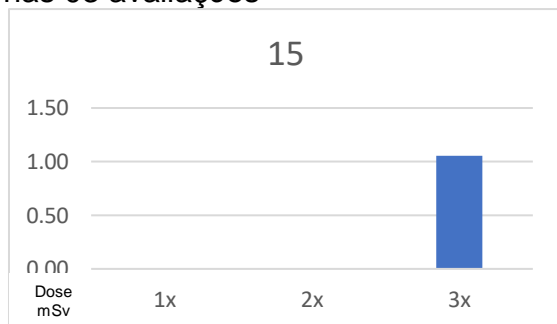
Fonte: Autor do estudo.

Figura 37 – Instrumentador 14: doses nas 03 avaliações



Fonte: Autor do estudo.

Figura 38 – Instrumentador 15: doses nas 03 avaliações



Fonte: Autor do estudo.

Durante a pesquisa foi observado que a sala de cirurgia, onde são realizados os procedimentos com fluoroscopia, não é blindada, nem possui biombo chumbo para proteção do técnico de RX. Foi observado, também, que a porta da sala de cirurgia não tem sinalizador luminoso indicando equipamento ligado e, com isso, todos os trabalhadores que estão circulando pelo corredor podem estar expostos à radiação, pelo fato de a sala não ser blindada e fazerem uso de equipamento emissor de radiação ionizante.

No que se refere aos equipamentos de radioproteção para a equipe pesquisada, o hospital oferece apenas avental de chumbo e protetor de tireoide, porém, não possui, nem oferece óculos plumbíferos. Mesmo os equipamentos existentes não são muito usados, o que revela que os profissionais não dão muita importância para o uso dos equipamentos completos para os procedimentos cirúrgicos com fluoroscopia.

Analisando as doses individuais dos médicos ortopedistas, pode ser observado que não houve a monitoração de todos os cirurgiões pelos 3 meses de avaliação, isso ocorreu devido a Pandemia COVID-19 que descontinuou este trabalho por um tempo, resistência por parte de alguns participantes, pelo fato de que muitos médicos não terem escala fixa e em alguns momentos estarem de sobreaviso.

Embora as doses avaliadas, na maioria, estejam abaixo do nível de registro, conforme esperado, uma vez que o dosímetro foi posicionado abaixo do avental, pode ser observada uma dose de 0,50mSv, o que mostra que esses valores podem variar de uma situação para outra.

Considerando individualmente cada médico ortopedista, o cirurgião 10, em um determinado mês, ultrapassou, em muito, a dose de nível de registro, o que demonstra que existem situações em que a dose pode ser mais elevada

Observando as doses individuais dos instrumentadores, pode ser observado que a monitoração dos instrumentadores foi mais regular nos 3 meses de avaliação, isso ocorreu devido ao fato de que eles possuem escala fixa no serviço.

Neste caso, as doses avaliadas em 3 dos 4 instrumentadores ultrapassa o nível de registro, pode ser observada uma dose de 1,06mSv em um único mês, o que comprova que as doses podem ser elevadas,

Analisando individualmente cada instrumentador, o instrumentador 14 em um determinado mês, ultrapassou, em muito, a dose abaixo do nível de registro, o que demonstra que existem situações em que a dose pode ser mais elevada, mesmo considerando todos os métodos de proteção adotados.

Deve ser lembrado, que a taxa de dose de saída avaliada é de 0,7457 mSv/min, a qual pode atingir a tireoide e o cristalino.

Devido às restrições impostas pela pandemia de COVID 19 não foi possível simular as doses na tireoide e no cristalino.

Na etapa de análise dos resultados, foram levados em consideração os dados referentes à monitoração individual dos ortopedistas e instrumentadores.

Foi elaborada uma análise descritiva e exploratória dos dados, e uma abordagem qualitativa sobre as características do processo de trabalho, envolvendo exposição à radiação ionizante. Essa análise evolui para geração de informações acerca das medidas de proteção existentes no setor de trabalho, de modo a construir uma proposta de medidas de proteção radiológica para o setor pesquisado, de acordo com a situação encontrada nesse setor, e a estrutura física do ambiente.

6 CONCLUSÕES

Quanto ao objetivo geral da pesquisa que foi analisar o grau de exposição da equipe cirúrgica ortopédica do Hospital Regional de Araguaína (HRA) à radiação ionizante fluoroscópica, pode-se observar nas figuras 22, 23 e 24 que há exposição ocupacional da equipe de cirurgia ortopédica e trabalhadores em campo durante os procedimentos realizados, porém, na maioria dos casos, com doses dentro dos limites estabelecidos pela CNEN, porém podendo ser elevadas, dependendo das circunstâncias, o que reforça a necessidade da monitoração individual e a manutenção de boas práticas.

Pode-se observar a falta de um programa educacional permanente sobre o uso dos equipamentos de radioproteção, quando trabalhando com equipamento emissor de radiação ionizante, ponto muito importante para o trabalhador que desenvolve atividade com equipamentos de fluoroscopia.

O método de avaliação se mostrou adequado e a resposta dos dosímetros é reprodutível e linear no intervalo de dose estudado.

REFERÊNCIAS

ALVES, Neriene. **Síntese e estudo das propriedades luminescentes de cristais LaAlO₃: C para aplicação em dosimetria da radiação ultravioleta**. 2018.

AQUINO, Aline de Souza Falcão. **Saúde ocupacional**. Natal: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2018.

ARRUDA, José Airton de et al. Posicionamento da Sociedade Brasileira de Cardiologia e da Sociedade Brasileira de Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista sobre Centro de Treinamento e Certificação Profissional em Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista-2020. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 114, n. 1, p. 137-193, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional De Vigilância Sanitária (ANVISA). **Portaria SVS/MS nº 453, de 1 de junho de 1998**. Disponível em: http://conter.gov.br/uploads/legislativo/portaria_453.pdf. Acesso em: 02 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional De Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 330**. *Diário Oficial da União*, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-330-de-20-de-dezembro-de-2019-235414748?inheritRedirect=true>. Acesso em: 02 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional De Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 611**, de 09 de março de 2022. Estabelece os requisitos sanitários para a organização e o funcionamento de serviços de radiologia diagnóstica ou intervencionista e regulamenta o controle das exposições médicas, ocupacionais e do público decorrentes do uso de tecnologias radiológicas diagnósticas ou intervencionistas. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 mar. 2022. Disponível em: <https://cvs.saude.sp.gov.br/zip/RDC%20611%202022.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 453 de 1 de junho de 1998**. Dispõe sobre diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Brasília, 1998.

BRUM, Fagner et al. A radioterapia do câncer de próstata: uma revisão da literatura dos principais avanços e métodos de tratamento. **Disciplinarum Scientia/ Naturais e Tecnológicas**, v. 21, n. 1, p. 31-44, 2020.

CAMPOS, Letícia Lucente; LIMA, Mariana Ferreiro. Dosimetric properties of CaSO₄: Dy teflon pellets produced at IPEN. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 14, n. 4, p. 333-335, 1986.

CAMPOS, Letícia Lucente; LIMA, Mariana Ferreiro. Thermoluminescent CaSO₄: Dy teflon pellets for beta radiation detection. *Radiation protection dosimetry*, v. 18, n. 2, p. 95-97, 1987.

CAMPOS, Leticia Lucente. Preparation of CaSO₄: Dy TL single crystals. *Journal of luminescence*, v. 28, n. 4, p. 481-483, 1983.

CANEVARO, Lucia. Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista. *Revista Brasileira de Física Médica*, v. 3, n. 1, p. 101-115, 2009.

CARNEIRO, João Pedro Taboada, **Manutenção de equipamentos médicos e AVAC em ambiente hospitalar**. 2021. Tese de Doutorado.

CASCÓN, Adriana. Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. *Revista Argentina de Cardiología*, v. 77, n. 2, p. 123-128, 2009.

CNEN - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica: Norma CNEN NN 3.01 - Resolução 164/2014**. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>.

CURY C. S.; ALVES A. F. F.; MASCARENHAS Y. M.; MAGON M. F.; RUIZ JR R. L.; TRINDADE FILHO J. C. S. et al. Evaluation of exposure of a multidisciplinary team to ionizing radiation due to the use of fluoroscopy equipment in a surgical center. *Rev Bras Med Trab*.2021;19(2):165-172

DE OLIVEIRA CANGUSSU, Nara Miranda et al. Produção de discos de silicato de cálcio para dosimetria da radiação ultravioleta. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 6, p. 33373-33384, 2020.

DE SOUZA, Daiane Cristini Barbosa et al. Proteção radiológica nas exposições médicas: aspectos legais e históricos. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 3, p. e54511326736-e54511326736, 2022.

ENDLICH, Larissa Lopes. **Avaliação de doses ocupacionais em cirurgias ortopédicas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. 57 f.

FARIAS, Rejane Maria da Silva et al. **O Legado Científico De Marie Curie: Desafios E Perspectivas Da Mulher Na Ciência**. 2018.

FERNANDES, Claudio Covas. Proteção radiológica de radiodiagnósticos médicos- um estudo de caso em ambiente hospitalar no Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Business**, v. 1, n. 2, p. 546-563, 2019.

FORNER, Laís Aparecida. **Estudo e desenvolvimento de materiais termoluminescentes para aplicações em dosimetria das radiações ionizantes**. 2019. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada à Medicina e Biologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2019. doi:10.11606/D.59.2019.tde-24062019-102437. Acesso em: 07 mar. 2022

GUARACY, Luciano Enrich; CAMILO, Gustavo Bittencourt. **Métodos de imagem para a graduação**: volume 2. – Juiz de Fora: Suprema, 2019. 212 f.

HARRISON, John D. et al. The use of dose quantities in radiological protection: ICRP publication 147 Ann ICRP 50 (1) 2021. **Journal of Radiological Protection**, v. 41, n. 2, p. 410, 2021.

HIGAWA, Daniela Lie. **Programa de garantia da qualidade para equipamentos de radiografia médica convencional segundo a RDC 611/2022**. 2022. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. 64 f.

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

ISHIGUCHI, Tsuneo. Radiation protection for patient and operator in interventional radiology. **Nihon Igaku Hoshasen Gakkai zasshi. Nippon Acta Radiologica**, v. 62, n. 7, p. 356-361, 2002.

JUNIOR, Vanderlei Bruno. **Intercomparação de dois sistemas de monitoração de área em um serviço de radiofarmácia**. 2020. Orientador: Delson Braz Projeto de Graduação – UFRJ/POLI/Programa de Engenharia Nuclear. Rio de Janeiro – RJ. 2020. 52 f.

LEITE, Ema Sacadura, UVA, Antonio de Sousa & SERRANHEIRA, Florentino. Exposição a radiações ionizantes em cirurgia ortopédica num hospital público de Lisboa. **Exposição ocupacional**, Volume temático: 6, 2006

LEITE, Marcus Vinicius Neves. Radiação ionizante-exposição dos aeronautas na aviação comercial brasileira e os atuais aspectos normativos locais: uma análise comparativa às normas e práticas internacionais. **Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual**, 2020.

LEYTON, Fernando et al. Riscos da radiação X e a importância da proteção radiológica na cardiologia intervencionista: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva**, v. 22, p. 87-98, 2014.

LIMA, Marcenilda Amorim. **Aplicação de técnicas fototérmicas no estudo de materiais de interesse tecnológico e ambiental**. Orientador: Marcelo Silva Sthel. 2019. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, RJ. 2019.

LUZ, Eara de Souza et al. A importância do controle de qualidade em serviços de hemodinâmica e cardiologia intervencionista. **Radiologia Brasileira**, v. 40, p. 27-31, 2007.

MARQUES, Lillian Lettiere Bezerra Lemos. **Desenvolvimento de formulação com óxido de bismuto**: análise de atenuação e aplicabilidade na redução de dose em procedimentos intervencionistas [DIS] Orientadora: Renata Pietsch Ribeiro. 2018. 91 f. Dissertação de Mestrado (Proteção Radiológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. 2018

MATSUSHIMA, Luciana C. et al. Determination of the radiation dose scattered outside the target volume treated with IMRT technique. **Radiation measurements**, v. 71, p. 319-323, 2014.

MEHLMAN C. T.; DIPASQUALE T. G. Radiation exposure to the orthopaedic surgical team during fluoroscopy: “how far away is far enough?”. **J Orthop Trauma**. 1997;11(6):392–8.

MENDONÇA, Celso Júnior Aguiar; BARROS, Frieda Saicla; JÚNIOR, Bertoldo Schneider. Exposição à radiação ionizante em cirurgias ortopédicas. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 2, p. 1471-1482, 2019.

NASCIMENTO, Kelly Cristina do. **A relação entre os riscos ocupacionais no Centro de Material de Esterilização e o uso de EPIs e roupas laborais**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

NAVARRO, Valéria Coelho Costa et al. **Modelo de gerenciamento de risco em radiologia intervencionista para fins regulatórios**. 2013.

NUNES, M. G.; CAMPOS, L. L. Study of CaSO₄:Dy and LiF:Mg,Ti Detectors TL Response to Electron Radiation Using a SW Solid Water Phantom. **Rad. Measur.** 43, (459 – 462), 2008.

OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Física das radiações**. Oficina de Textos, 2016.

OKUNO, Emico. **Radiação: efeitos, riscos e benefício**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2018.

PALÁCIO E. P.; RIBEIRO A. A.; GAVASSI B. M.; DI STASI G. G.; GALBIATTI J. A.; JUNIOR A. D. et al. Exposição da equipe cirúrgica à radiação ionizante durante procedimentos cirúrgicos ortopédicos. Work performed in the Department of Orthopedics and Traumatology, Faculdade de Medicina de Marília (FAMEMA), Marília, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Ortopedia [online]**. 2014, v. 49, n. 03, pp. 227-232. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2014.04.008>. Acessado em: 2 mai. 2022]

PAZ, Adriéle; BOLOGNESI, Leandro. Radioproteção aplicada ao serviço de hemodinâmica. **Tekhne e Logos**, v. 8, n. 1, p. 68-82, 2017.

PICANO, Eugenio; VANO, Eliseo. The radiation issue in cardiology: the time for action is now. **Cardiovascular ultrasound**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2011.

RILEY S. A. Radiation exposure from fluoroscopy during orthopedic surgical procedures. **ClinOrthopRelat Res**. 1989;(248):257–60.

RODRIGUES, Leticia; VENEZIANI, Glauco; MATSUSHIMA, Luciana. Correlation between OSL signal bleaching of the Al₂O₃: C detectors and effectiveness of illumination time. In: **1st International Conference on Dosimetry and its Applications**. 2013. p. 120.

SALES, D.; SALES, A.; PADILHA FILHO, L.; ARAÚJO, G. Impactos da RDC 330/19 no Radiodiagnóstico. **Revista Cathedral**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 1 mar. 2021.

SALVADOR H.; DE OLIVEIRA P.; SILVA M. DE O. A. D. A.; GOMES M. das N. Ondas Eletromagnéticas no Espectro Raio-x num Contexto da Ciência, Tecnologia e Sociedade. **Revista Cereus**, v. 10, n. 4, p. 172-181, 29 dez. 2018.

SAMPAIO, Carla Sofia de Araújo Rodrigues de Oliveira. **Percepção referente ao risco de exposição à radiação ionizante: Análise efetuada nos exames transportáveis realizados pelos técnicos de radiologia**. Dissertação de

mestrado. Instituto Politécnico de Beja, Escola Superior de Tecnologia e Gestão. 2019. 114 f.

SANTOS, Caroline Castro dos Santos. **Desenvolvimento de filmes poliméricos com MgB4O7: Ce, Li para aplicações dosimétricas**. 2018.

SILVA, Anderson Manoel Bezerra da. **Produção e caracterização de compósitos de CaSO4: Tb, Ag para fins dosimétricos**. 2019.

SILVA, Nara Fernandes Leite da. **Uma abordagem para o ensino de modelos atômicos e radioatividade a partir da História da Ciência**. 2019. 206f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2019. Site: CNESNet, http://cnes2.datasus.gov.br/Mod_Ind_Equipamento.asp

SOUSA JUNIOR, Aderson R. de. **Avaliação de dose em radiologia diagnóstica pediátrica**. Orientador: Letícia Lucente Campos Rodrigues. 2021. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP, São Paulo. DOI: [10.11606/D.85.2020.tde-15072021-163406](https://doi.org/10.11606/D.85.2020.tde-15072021-163406). Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/32264>. Acesso em: 10 mar. 2022.

SOUZA, Isabela Oliveira et al. **Dosimetria em tomografia computadorizada para controle de dose em órgãos radiosensíveis utilizando um phantom antropomórfico**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SOUZA, Jonathan Silva. **Simulação de Monte Carlo: dosimetria OSL em filmes de Al2O3: C**. 2018.

SOUZA, Tulio Alberto de Oliveira; ALMEIDA JUNIOR, Marcio Antonio Bezerra de. Exposição Ocupacional à Radiação Ionizante Durante Procedimentos Cirúrgicos Ortopédicos. **Informativo Técnico Do Semiárido** 12, no. 1. 2018.


TAUHATA, L., SALATI, I. P. A., DI PRINZIO, R., DI PRINZIO, M. A. R. R. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos – 10ª revisão abril/2014** - Rio de Janeiro - IRD/CNEN. 344p.


THEOCHAROPOULOS, N. et al. Occupational exposure from common fluoroscopic projections used in orthopedic surgery. **Journal of Bone and Joint Surgery**, p. 16981703. set. 2003. Disponível em: <http://www.ejbs.org/cgi/content/full/85/9/1698>.

VILAS BOAS, Alisson. ***Aplicação da legislação às instalações de radioterapia, visando a proteção no ambiente ocupacional.*** Estudo de caso: INCA-RJ. Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2021. 159 f

ANEXO

Anexo 1 – Parecer Consubstanciado do CEP

	CENTRO UNIVERSITÁRIO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - UNITPAC	
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP		
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA		
Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL ÀS RADIAÇÕES IONIZANTES NO SERVIÇO DE ORTOPEdia DO H.R.A.		
Pesquisador: Alacid Alves Nunes		
Área Temática:		
Versão: 3		
CAAE: 79140717.9.0000.0014		
Instituição Proponente: Faculdades de Ciências Humanas Econômicas e da Saúde de Araguaína		
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio		
DADOS DO PARECER		
Número do Parecer: 2.495.703		
Apresentação do Projeto:		
Trata-se de uma pesquisa que tem como objetivo geral determinar a exposição ocupacional da equipe de cirurgia ortopédica em procedimentos guiados por fluoroscopia e verificar dentre as cirurgias observadas a que oferece maior exposição ocupacional às radiações ionizantes, como também, a aplicação dos princípios básicos de proteção radiológica nestes procedimentos. A metodologia utilizada para essa pesquisa foi a qualiquantitativa do tipo exploratória. A pesquisa será realizada no Hospital Regional de Araguaína TO. Os sujeitos pesquisados foram os membros da equipe de cirurgia ortopédica, ou seja, médicos ortopedistas e instrumentador cirúrgico		
Objetivo da Pesquisa:		
OBJETIVO GERAL		
Avaliar o grau de exposição da equipe cirúrgica ortopédica à radiação ionizante fluoroscópica.		
7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:		
• Analisar as doses dos profissionais que integram as equipes médicas da sala de cirurgia ortopédica do serviço de ortopedia do Hospital Regional Público de Araguaína Tocantins selecionados para este estudo, utilizando dosímetros termoluminescentes.		
*		
Endereço: Av. Filadélfia, nº 568, Setor Oeste.		
Bairro: Araguaína		
UF: TO Município: ARAQUAÍNA		
Telefone: (63) 3411-8500		
CEP: 77.816-540		
E-mail: cep@tpac.br		
Página 01 de 03		





CENTRO UNIVERSITÁRIO
TOCANTINENSE PRESIDENTE
ANTÔNIO CARLOS - UNITPAC



Continuação do Parecer: 2.485.733

• Verificar as medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes adotadas pelos serviços de ortopedia desse hospital selecionado;

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios estão claros e condizentes com a proposta da pesquisa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante à área a que se propõe.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

De acordo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A pesquisa é relevante à área a que se propõe.

Considerações Finais a critério do CEP:

O colegiado vota com o relator.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_857726.pdf	12/12/2017 12:05:22		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetodetalhado1.docx	22/11/2017 11:09:52	Alacid Alves Nunes	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termodeanuencia.pdf	20/10/2017 10:59:35	Alacid Alves Nunes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	consentimentoposinformacao.pdf	08/02/2017 16:39:56	Alacid Alves Nunes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termoconsentimentolivreesclarecido.pdf	08/02/2017 16:38:58	Alacid Alves Nunes	Aceito
Outros	Matenaledados.pdf	08/02/2017 16:38:33	Alacid Alves Nunes	Aceito
Outros	Resultados.pdf	08/02/2017 16:37:08	Alacid Alves Nunes	Aceito
Outros	cartadeencaminhamento.pdf	08/02/2017 16:35:19	Alacid Alves Nunes	Aceito

Endereço: Av. Filadélfia, nº 568, Setor Oeste
Bairro: Araguaína CEP: 77.810-540
UF: TO Município: ARAQUAÍNA
Telefone: (03)3411-8500 E-mail: cep@unitpac.br

Página 02 de 02



CENTRO UNIVERSITÁRIO
TOCANTINENSE PRESIDENTE
ANTÔNIO CARLOS - UNITPAC



Continuação de Parecer: 2.495.703

Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	07/02/2017 12:21:20	Alacid Alves Nunes	Aceito
----------------	------------------	------------------------	--------------------	--------

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

ARAGUAINA, 15 de Fevereiro de 2018

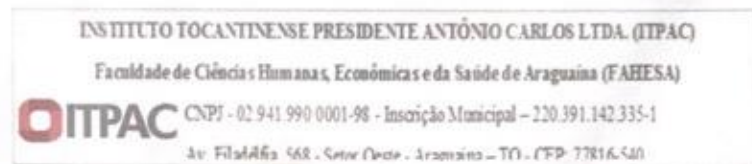
Assinado por:

GENIVALDO DE SOUZA CARVALHO
(Coordenador)

Endereço: Av. Filadélfia, nº 568, Setor Oeste.
Bairro: Araguaína CEP: 77.816-540
UF: TO Município: ARAQUAÍNA
Telefone: (63)3411-8500 E-mail: cnp@itpac.br

Página 02 de 02

APÊNDICE

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar da pesquisa denominada "avaliação da exposição ocupacional às radiações ionizantes no serviço de ortopedia do H.R.A.". Os pesquisadores, Leticia Lucente Campos Rodrigues e Alacid Alves Nunes, responsáveis pelo trabalho, pede autorização para coletar dados através do uso de dosímetro individual. O Sr. (a) foi escolhido porque trabalha na equipe de cirurgia ortopédica do HRA, e neste caso suas informações servirão para avaliar os risco a exposição da radiação ionizante durante os procedimentos cirúrgico da ortopedia com o uso da fluoroscopia e identificar os principais fatores de risco para o desenvolvimento de doença, e futuramente orientar médicos, acadêmicos e demais profissionais da saúde quanto à prevenção, ao diagnóstico e manejo dessa doença. Se depois de autorizar a coleta, o Sr. (a) quiser desistir do estudo, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo do atendimento que está recebendo. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-FAHESA/ITPAC), Av. Filadélfia n. 568 - Setor Oeste, em Araguaína-TO, fone: (63) 34118500 ramal 8588, e-mail cep@itpac.br. O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não ganhará nada. A sua participação é importante para o melhor conhecimento dos efeitos da radiação ionizante durante os procedimentos ortopédicos com uso da fluoroscopia. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em segredo para sempre. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com o pesquisador Alacid Alves Nunes através do telefone (63)999590711.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Estou recebendo uma cópia deste documento, assinada, que vou guardar.

Cidade: _____ UF: _____

Data: ____/____/2018.

Nome do colaborador: _____ RG do colaborador: _____

Endereço do colaborador: _____ Tel. do colaborador: _____

Assinatura do participante

Data ____-____-____

Impressão do dedo polegar
Caso não saiba assinar



Data ____-____-____

Alacid Alves Nunes

Data ____-____-____

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(0XX11) 3133-8908
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://www.ipen.br>

O IPEN é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento,
associada
à Universidade de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela
Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do
Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.