

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU
INSTITUTO DE FÍSICA – INFIS
GRADUAÇÃO EM FÍSICA MÉDICA

ANA CLARA SAMPAIO FERNANDES

**AVALIAÇÃO DAS DOSES E DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
EM PROCEDIMENTOS DE UROLOGIA INTERVENCIONISTA**

Uberlândia,
Agosto 2023

ANA CLARA SAMPAIO FERNANDES

**AVALIAÇÃO DAS DOSES E DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
EM PROCEDIMENTOS DE UROLOGIA INTERVENCIONISTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada
ao Instituto de Física da Universidade Federal
de Uberlândia como requisito parcial para
a obtenção do título de Bacharel em Física
Médica.

Orientador: Profa. Dra. Ana Paula Perini.

Uberlândia,
Agosto 2023

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais por prezar sempre pelo meu bem estar e por nunca abrirem mão de me incentivar a ir atrás dos meus sonhos. Ao meu irmão e sua esposa pelos conselhos acadêmicos e a todo restante da minha família que se fizeram presentes durante essa trajetória.

Agradeço à professora Ana Paula Perini pela excelente orientação, pelo olhar humano e gentil e por todo incentivo durante a graduação. Ao professor Lúcio Neves por também ter participado dessa caminhada. Agradeço à Monique França e Silva pelas contribuições nesse trabalho.

Agradeço ao professor Diego Merigue e aos amigos que fiz no grupo PET por terem me ajudado a crescer em termos acadêmicos e também em termos pessoais. Aos demais professores da graduação que foram cruciais para o meu processo de aprendizagem.

Agradeço à bolsa recebida do Programa de Educação Tutorial, à Secretaria do Curso de Física Médica, ao Instituto de Física e à Universidade Federal de Uberlândia por todo auxílio e infraestrutura fornecidos.

Às amigas de apartamento que estavam diariamente me fazendo companhia e trazendo alegria para minha rotina. Aos colegas de turma que fizeram os momentos difíceis serem muito mais leves e aos amigos da minha cidade natal que mesmo longe se fizeram presentes durante a graduação.

Agradeço aos meus melhores amigos pelo apoio em todos os momentos difíceis, por sempre me incentivarem a ser uma pessoa melhor, por acreditarem em mim nos momentos em que nem eu mesma acreditava e por, sempre que eu precisei, estarem disponíveis para me ouvir e me ajudar.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio das bolsas de Produtividade em Pesquisa 312124/2021-0, concedida à orientadora deste trabalho Profa. Dra. Ana Paula Perini, e 314520/2020-1, concedida ao Prof. Dr. Lucio Pereira Neves, que auxiliou a realização desta pesquisa, pelo Programa MAI DAI 403556/2020-1, juntamente à M.R.A. - Indústria de Equipamentos Eletrônicos LTDA, pelo Projeto UNIVERSAL 407493/2021-2. Este trabalho faz parte do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Instrumentação Nuclear e Aplicações na Indústria e Saúde (INCT/INAIS), projeto CNPq 406303/2022-3. Os autores agradecem, também, à FAPEMIG, por meio dos projetos APQ-02934-15, APQ-03049-15 e APQ-04215-22.

Agradeço por fim a todos que participaram dessa jornada e contribuíram direta ou indiretamente para a escrita desse trabalho e para a minha formação.

Resumo

A Radiologia Intervencionista vem sendo cada vez mais utilizada para tratamento e diagnósticos de diversas doenças na área da urologia, possibilitando intervenções complexas de forma minimamente invasiva. Porém, a Radiologia Intervencionista faz uso de imagens fluoroscópicas, que está relacionado a exposição da equipe médica e dos pacientes a altas doses de radiação. A exposição à radiação gera efeitos biológicos, classificados como efeitos estocásticos e reações teciduais. Efeitos estocásticos podem ocorrer com qualquer valor de doses, como exemplo, o aparecimento de câncer ao longo dos anos em indivíduos expostos. Reações teciduais ocorrem quando a exposição ultrapassa os limites de dose, como o eritema e a catarata. Para assegurar a segurança dos indivíduos ocupacionalmente expostos é de suma importância conhecer as doses envolvidas nos procedimentos de urologia intervencionista. A utilização dos equipamentos de proteção radiológica e outras otimizações na prática são medidas eficazes para tentar evitar as reações teciduais e minimizar os efeitos estocásticos na equipe médica. Portanto, por meio de uma revisão na literatura, pode-se perceber a influência do uso de equipamentos de proteção individual, uso de proteções coletivos, o tempo de fluoroscopia, os parâmetros de aquisição para o procedimento e a experiência do profissional nos valores de dose aos quais a equipe médica é exposta. Dessa maneira, podemos propor a tomada de medidas de proteção radiológicas adequadas para garantir a saúde dos indivíduos ocupacionalmente expostos na urologia intervencionista.

Palavras chave: Radiologia Intervencionista. Urologia. Doses de Radiação. Proteção radiológica.

Abstract

Interventional Radiology has been increasingly used for treatment and diagnosis of various diseases in the area of urology, enabling complex interventions in a minimally invasive way. However, Interventional Radiology comprises procedures using fluoroscopic images, which is related to the exposure of medical staff and patients to high doses of radiation. Radiation exposure generates biological effects, classified as stochastic effects and tissue reactions. Stochastic effects can occur with any dose value, such as the appearance of cancer over the years in exposed individuals. Tissue reactions occur when exposure exceeds dose limits, such as erythema and cataracts. To ensure the safety of occupationally exposed individuals, it is of paramount importance to know the doses involved in interventional urology procedures. The use of radiological protection equipment and other optimizations in practice are effective measures to try to avoid tissue reactions and minimize stochastic effects on medical staff. Therefore, through a review of the literature, we can see the influence of the use of personal protective equipment, the use of collective protections, the fluoroscopy time, the acquisition parameters for the procedure and the experience of the professional on the dose values to which the medical staff is exposed. In this way, we can propose the taking of appropriate radiological protection measures to ensure the health of occupationally exposed individuals in interventional urology.

Key Words: Interventional Radiology. Urology. Radiation Doses. Radiation protection.

Conteúdo

1	Introdução	7
1.1	Objetivos	8
2	Referencial Teórico	9
2.1	Radiologia Intervencionista	9
2.2	Procedimentos de Urologia Intervencionista	10
2.3	Grandezas Radiológicas	11
2.4	Efeitos biológicos das radiações ionizantes	13
2.4.1	Reações Teciduais	14
2.4.2	Efeitos estocásticos	15
2.5	Equipamentos de Fluoroscopia	16
2.6	Proteção Radiológica	18
3	Metodologia	20
4	Resultados e Discussões	21
4.1	Dose absorvida	23
4.2	Dose equivalente e Dose efetiva	29
4.3	Discussões	31
5	Conclusão	32

1 Introdução

A Radiologia Intervencionista (RI) é uma especialidade que abrange procedimentos que utilizam de imagens fluoroscópicas para diagnóstico e tratamento de diversas doenças. Sendo que, devido à possibilidade de realização de intervenções complexas de maneira minimamente invasiva, a RI vem cada vez mais sendo utilizada ao longo dos anos (IAEA, 2009; CANEVARO, 2009).

Entretanto, essa técnica utiliza radiação ionizante, que interage com o tecido biológico podendo causar efeitos teciduais e estocásticos. Os efeitos estocásticos são probabilísticos, como exemplo, tem-se o aumento da probabilidade de desenvolver câncer devido a exposição à radiação. Enquanto, os efeitos teciduais ocorrem quando os limites de dose são ultrapassados, como por exemplo, tem-se a opacidade do cristalino, o eritema, a escamação e a necrose dérmica (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

A RI é responsável por altos valores de doses de radiação no paciente e nos indivíduos ocupacionalmente expostos, principalmente pelo longo tempo do procedimento, e a necessidade da permanência da equipe médica na sala durante o procedimento. Ademais, a alta frequência no número de procedimentos e a proximidade do médico ao paciente, também são outros fatores que fazem com que a equipe médica receba valores expressivos de doses de radiação (MOURA; NETO, 2015).

Em exames urológicos que utilizam RI, estudos apontaram que há grande desconhecimento dos urologistas sobre a importância das medidas de segurança, quando se trabalha com radiações ionizantes (SÖYLEMEZ *et al.*, 2013; FRIEDMAN *et al.*, 2013). Além disso, o aumento no uso da RI para o tratamento de cálculos renais ao longo dos anos está, conseqüentemente, relacionado ao aumento das doses ocupacionais de radiação a qual os urologistas estão sujeitos (PARK *et al.*, 2021).

Portanto, procedimentos de urologia intervencionista expõem os trabalhadores e os pacientes aos efeitos cumulativos e, aos danos celulares definitivos, devido ao tempo prolongado em contato com a radiação ionizante. Para a tomada de melhores medidas de proteção radiológica é necessário o conhecimento das doses envolvidas nestes procedimentos, bem como os meios de proteção radiológica. Dessa forma, este trabalho buscou, por meio de uma revisão na literatura, avaliar a exposição a doses de radiação da equipe médica na urologia intervencionista.

1.1 Objetivos

Considerando a exposição a altas doses de radiação em procedimentos urológicos utilizando RI e, visando a saúde dos indivíduos ocupacionalmente expostos durante o exame, este trabalho propõe uma revisão bibliográfica sobre os valores de doses de radiação envolvidas nesses procedimentos, bem como o uso de equipamentos de proteção radiológica.

2 Referencial Teórico

2.1 Radiologia Intervencionista

Atualmente, é denominada Radiologia Intervencionista técnicas que consistem em procedimentos utilizando equipamentos de fluoroscopia para tratamento e diagnóstico de diversas doenças. A fluoroscopia utiliza-se de um tubo de raios-X em modos contínuos e pulsados de radiação para a observação de estruturas do corpo em tempo real. A partir das imagens fluoroscópicas é possível realizar procedimentos complexos de forma minimamente invasiva (ICRP, 2000).

Em 1923, tem-se relatos do primeiro exame radiográfico para a visualização de vasos que foi bem sucedido, denominado de angiografia (MURPHY; SOARES, 2005). Entretanto, foi em 1953 que um radiologista chamado Sven Ivar Seldinger introduziu um procedimento utilizando um cateter venoso para realização de angiografias, que tornou possível a realização do exame de maneira menos invasiva com menores riscos de infecções e hemorragias (MURPHY; SOARES, 2005).

A partir da técnica de Seldinger, o médico Charles T. Dotter estudou o uso de cateteres para cirurgias intravasculares durante a década de 60 (RÖSCH *et al.*, 2003). Durante a década de 70, também, foram desenvolvidos outros diversos procedimentos como, por exemplo, as técnicas para tratamento no sistema genitourinário (MURPHY; SOARES, 2005).

Com o tempo, a partir de meados dos anos 80, essas terapias guiadas por imagens foram mais arduamente sendo desenvolvidas pela Europa e nos Estados Unidos, possibilitando procedimentos com mais segurança. Com o desenvolvimento tecnológico, os avanços nos equipamentos de fluoroscopia e o melhoramento das técnicas, houve um enorme aumento no número de intervenções entre 1980 e 2000 (JOHNSON *et al.*, 2001).

No Brasil segundo o DATASUS foram realizados 57995 procedimentos de diagnóstico por radiologia intervencionista ambulatoriais em 2022, o que corresponde a um aumento de 73,53 % em comparação com o ano de 2008, evidenciando um aumento significativo no uso dessa técnica no país (DATASUS, 2023). Portanto, levando em consideração suas diversas vantagens, a radiologia intervencionista vem se tornando fundamental para tratamento e diagnóstico de diversas doenças, o que também nos leva a repensar as práticas de segurança para garantir a saúde de todos os indivíduos envolvidos na rotina clínica.

2.2 Procedimentos de Urologia Intervencionista

A utilização de técnicas com imagens fluoroscópicas para tratamento de doenças urológicas vem cada vez mais substituindo cirurgias complexas. A realização de biópsias, tratamento de cálculos, colocações e remoções de stents ureterais, extrações de tumores, são exemplos de procedimentos que são realizados de forma minimamente invasiva, devido à evolução da radiologia intervencionista (UPPOT *et al.*, 2008).

Devido o aumento da incidência de cálculos renais na população, conseqüentemente, há também o aumento no número de nefrostomias percutâneas e ureteroscopias, que são opções para o tratamento dessa doença (REEVES *et al.*, 2020).

A nefrostomia percutânea é indicada para pedras grandes, maiores que 20 mm, e a partir de um acesso pela pele, há a inserção de um fio guia, e, logo após o canal que leva ao sistema coletor é dilatado e, por fim, é colocado um cateter na pelve renal de nefrostomia percutânea que é preso ao paciente (UPPOT *et al.*, 2008; GANPULE *et al.*, 2016).

As ureteroscopias utilizam de um equipamento chamado de ureteroscópios, que são instrumentos que utilizam uma fonte de luz em conjunto com uma câmera, podendo ser flexíveis ou rígidos (HUMPHREYS *et al.*, 2008). O uteroscópico é introduzido pela uretra podendo percorrer o sistema urinário. Essa técnica serve tanto para diagnóstico como para tratamento de doenças. Para tratamento de cálculos, a cirurgia intrarrenal retrógrada é comumente feita, por meio de uteroscopias flexíveis e litotriptores que permitem a retirada de cálculos com eficiência (INOUE *et al.*, 2021).

Ademais, uma ferramenta muito empregada na urologia são as colocações e as trocas de stents ureterais feitas por médicos intervencionistas. O stent ureteral é composto por um tubo fino que consegue restaurar e/ou manter o fluxo de urina naquela área. O tipo mais comum de stent uretral é o duplo J e, geralmente, os stents são colocados por ureteroscopia (LEITÃO *et al.*, 2009; HAO *et al.*, 2008).

A cistografia e a pielografia retrógrada são dois exemplos de exames para diagnóstico, utilizando imagens fluoroscópicas com aplicação de material para contraste. A cistografia serve para avaliações de disfunções na bexiga e a pielografia retrógrada para examinar obstruções e disfunções renais e nos ureteres (ESSMAN, 2005; KLAHR, 2008).

2.3 Grandezas Radiológicas

Uma das problemáticas enfrentadas no estudo da radiação ionizante foi sua quantificação devido às suas características físicas e de como a radiação interage com a matéria e os instrumentos de medição. Para tanto, foram definidas grandezas dosimétricas, e foram surgindo diversos tipos de dispositivos de medição com o tempo. Das grandezas radiológicas tem-se grandezas físicas, operacionais e de proteção (TAUHATA *et al.*, 2003).

Dose absorvida

A dose absorvida é uma grandeza física definida pela ICRP 103 (ICRP, 2007) como a energia média absorvida por um dado volume ($d\varepsilon$) dividido pela massa (dm), como representado na equação 2.1 .

$$D = \frac{d\varepsilon}{dm} \quad (2.1)$$

A unidade no Sistema Internacional é J/kg , também denominada de gray (Gy). A unidade antiga utilizada era o rad (radiation absorbed dose), sua relação com o Gy é dada na equação 2.2.

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad} \quad (2.2)$$

Dose equivalente

A dose equivalente (H_T) é uma grandeza de proteção definida pela ICRP 60 (ICRP, 1991) que leva em consideração os efeitos de cada tipo de radiação. Sendo assim, a dose equivalente é o somatório das doses absorvidas ($D_{T,R}$) em um órgão ou tecido multiplicado por um fator de ponderação (w_R) referente ao dano biológico de cada tipo de radiação, e é representada na equação 2.3.

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R} \quad (2.3)$$

Como o fator w_R é adimensional, a unidade no Sistema Internacional também será J/kg . Porém, ela recebe o nome especial de sievert (Sv). A unidade antiga utilizada era o rem (roentgen equivalent man) e sua relação com o Sv está na equação 2.4. Na Tabela 1 são apresentados os valores de w_R .

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem} \quad (2.4)$$

Tabela 1: Fatores de ponderação da radiação

Fatores de ponderação da radiação	
Tipo de radiação	w_R
Fótons	1
Elétrons e múons	1
Nêutrons	Função contínua com a energia do nêutron
Prótons e pions	2
Partículas alfa, fragmentos de fissão, núcleos pesados	20

Fonte: Adaptado de (ICRP, 2007).

Dose efetiva

Segundo a ICRP 60 (ICRP, 1991), a dose efetiva (E) pondera a influência da radiosensibilidade de cada órgão no dano biológico ao corpo, por meio do fator de ponderação tecidual (w_T). A dose efetiva é obtida pela equação 2.5.

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R} \quad (2.5)$$

É importante salientar que esta não é uma grandeza diretamente mensurável e suas unidades são as mesmas usadas para dose equivalente. Na Tabela 2 são apresentados os valores de w_T .

Tabela 2: Fatores de ponderação do tecido

Fatores de ponderação do tecido	
Orgão / Tecido	w_T
Gônadas	0,08
Medula óssea (vermelha)	0,12
Cólon	0,12
Pulmão	0,12
Estômago	0,12
Bexiga	0,04
Seios	0,12
Fígado	0,04
Esôfago	0,04
Tireoide	0,04
Pele	0,01
Superfície óssea	0,01
Cérebro	0,01
Glândulas salivares	0,01
Restante	0,12

Fonte: Adaptado de (ICRP, 2007).

Equivalente de dose pessoal

O equivalente de dose pessoal $H_p(d)$ é uma grandeza operacional que corresponde a dose equivalente em um tecido mole a uma profundidade d (ICRP, 2007). Sua unidade é dada em sievert (Sv). A distância d é a profundidade em milímetros, para as doses nas extremidades, como pele, mãos e pés utiliza-se 0,07 mm, ou seja, $H_p(0,07)$. Para as dose no cristalino do olho pode se utilizar o $H_p(0,07)$ ou a profundidade de 3 mm, $H_p(3)$. O $H_p(10)$ é comumente usado para estimar a dose efetiva a partir da leitura dos dosímetros na região do tórax (ICRP, 2007).

2.4 Efeitos biológicos das radiações ionizantes

A radiação ionizante interage com o tecido biológico gerando excitações e ionizações no meio. Os efeitos da radiação em sistemas biológicos decorrem principalmente devido a ação da radiação na molécula de ácido desoxirribonucleico (DNA), e assim, pode ocorrer morte celular, carcinogênese e mutações (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

O mecanismo de ação das radiações, que leva ao dano do DNA, pode ser classificado em dois tipos: mecanismo direto e mecanismo indireto. No mecanismo direto (Figura 2.1), a radiação age diretamente nas moléculas, sendo os próprios átomos do alvo ionizados ou excitados, causando uma série de eventos que irão causar alterações biológicas (MOURÃO; ABRAMOV, 2021).

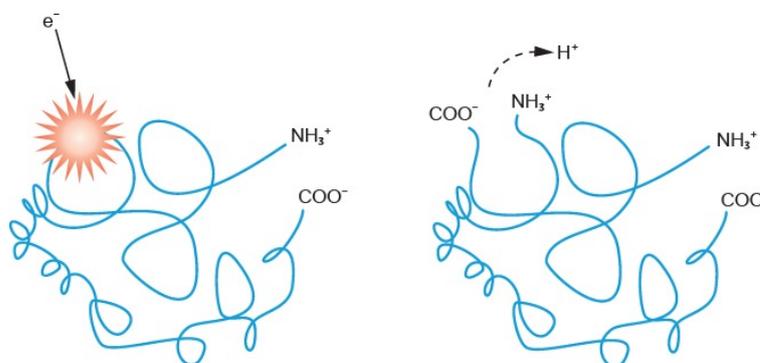


Figura 2.1: Mecanismo de ação direta no DNA. Figura retirada de (MOURÃO; ABRAMOV, 2021).

Entretanto, no mecanismo de ação indireta (Figura 2.2), a radiação interage com outras moléculas na célula, gerando radicais livres, que também podem agir no alvo danificando sua estrutura. Devido a célula possuir cerca de 80% de água em sua composição, o mecanismo indireto ocorre principalmente pela radiólise da água (HALL *et al.*, 2006).

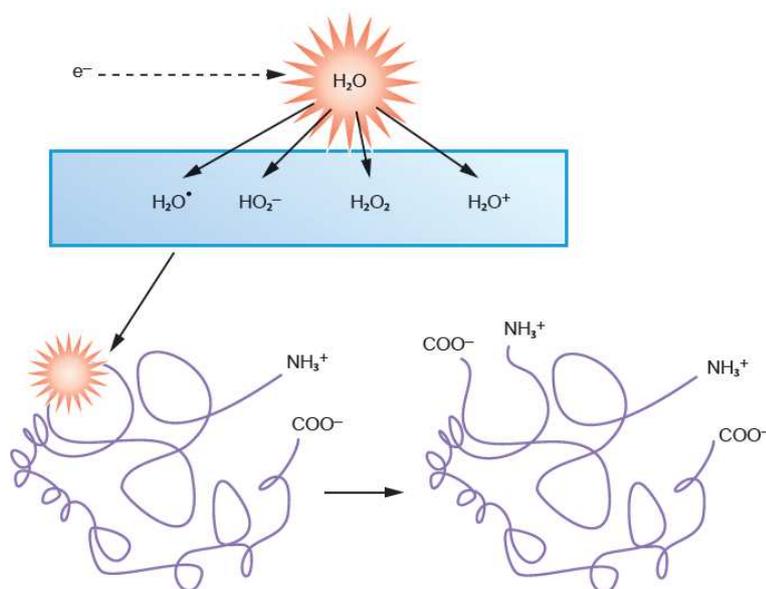


Figura 2.2: Mecanismo de ação indireta no DNA. Figura retirada de (MOURÃO; ABRAMOV, 2021).

Quando a radiação interage com a água e, há excitação, são gerados como produtos radicais de $H\cdot$ e $OH\cdot$. Já na ionização, há a liberação de um elétron orbital e a formação de um radical iônico H_2O^+ , que contém um elétron desemparelhado que, por sua vez, logo decai formando outros radicais livres. Quando o H_2O^+ interage com outra molécula de água tem-se como resultado o H_3O^+ e a hidroxila $OH\cdot$. Quando o elétron livre interage com outras moléculas, ele também é capaz de formar radicais de H_2O^- , $H\cdot$ e e^- (*aquoso*) (ALPEN, 1997; JOHNS; CUNNINGHAM, 1983).

O radical hidroxila OH pode alterar qualquer estrutura celular próxima, e é, portanto, o agente oxidante mais efetivo em produzir dano biológico (BARBOSA *et al.*, 2010). O radical hidroxila é considerado o principal iniciador da incorporação de um oxigênio molecular sobre os ácidos graxos da membrana celular (lipoperoxidação), o que leva a danos na sua estrutura e permeabilidade podendo levar à morte celular (BARBOSA *et al.*, 2010).

2.4.1 Reações Teciduais

Quando um número muito grande de células de um órgão ou tecido do organismo morrem, este será afetado podendo perder sua função e, assim, tem-se como resultado no corpo humano, o surgimento de reações teciduais (OKUNO; YOSHIMURA, 2010). As reações teciduais são efeitos no corpo que decorrem devido à exposição a valor de dose que ultrapassa um limiar, sendo sua gravidade proporcional aos valores de doses aos quais o indivíduo foi exposto. As reações teciduais podem ser imediatas ou tardias. As reações teciduais imediatas que são observadas, geralmente, são de cunho inflamatório, como exemplo tem-se eritemas, mucosite, descamação seca e descamação úmida (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

Por outro lado, dependendo do tecido, há um tempo de latência entre a exposição e o surgimento de reações, estas são chamadas de reações teciduais tardias, e começam a surgir a partir de alguns meses, podendo levar até anos para seu aparecimento (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

A partir do estudo de pessoas expostas à radioterapia, foi possível estimar os valores de doses aos quais eram observadas alterações no corpo. Na Tabela 3 são mostrados os valores de dose única e taxas fracionadas por anos para ocorrer alterações em alguns órgãos mais radiosensíveis.

Tabela 3: Estimativa de limiares de dose para reações teciduais

Tecido e efeito	Limiar de dose	
	Dose única aguda (Gy)	Taxa anual de dose fracionada (Gy/ano)
Testículos		
Esterilidade temporária	0,15	0,4
Esterilidade permanente	3,5 - 6,0	2,0
Ovários		
Esterilidade	2,5 - 6,0	>0,2
Cristalino		
Opacidade detectável	0,5 - 2,0	>0,1
Catarata	5,0	>0,15
Medula óssea		
Depressão hematopoética	0,5	>0,4

Fonte (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

2.4.2 Efeitos estocásticos

Os efeitos estocásticos são aqueles que não possuem um limiar de dose para acontecer, entretanto quanto maior a dose ao qual um indivíduo é exposto maior será a probabilidade desse efeito ocorrer (OKUNO, 2013). O principal exemplo é o aumento na probabilidade do desenvolvimento de câncer, quando um indivíduo é exposto à radiação (OKUNO, 2013). O desenvolvimento de câncer radioinduzido é tardio, geralmente, levando anos para seu aparecimento. Por isso, as práticas de radioproteção tentam sempre minimizar as doses o máximo possível.

Levando em consideração esses riscos, atualmente é estipulado pela ICRP (ICRP, 2012) os limites anuais para indivíduos ocupacionalmente expostos. No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN, 2014), seguindo as normativas internacionais, tem estabelecido os limites de acordo com a Tabela 4 pela Norma CNEN NN 3.01 Resolução 164/14 de 2014.

Tabela 4: Limites de Dose Anuais

Limites de Dose Anuais ^[a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv ^[b]	1 mSv ^[c]
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv ^[b]	15 mSv
	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 aritmética 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 a 1 mSv por ano.

[d] Valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada. Os valores de dose efetiva se aplicam à soma das doses efetivas, causadas por exposições externas, com as doses efetivas comprometidas (integradas em 50 anos para adultos e até a idade de 70 anos para crianças), causadas por incorporações ocorridas no mesmo ano.

Fonte: (CNEN, 2014).

2.5 Equipamentos de Fluoroscopia

Os equipamentos de fluoroscopia permitem a realização de imagens dinâmicas do corpo em tempo real e, utilizam-se basicamente de um sistema semelhante aos de radiologia convencional. Seu principal diferencial consiste no uso de uma tela intensificadora de imagem. Os componentes principais dos equipamentos de fluoroscopia são: o tubo de raios-X, os filtros, o colimador, a grade, a tela intensificadora, o diafragma e a câmara de vídeo (PARIZOTI, 2008). Na Figura 2.3 é mostrado o esquema ilustrativo do sistema para realização de uma fluoroscopia.

No tubo de raios-X, a partir da aplicação de uma diferença de potencial os elétrons são acelerados do cátodo contra o alvo (ânodo), os filtros são usados logo na saída do feixe para filtrar as baixas energias, que não contribuem para formação da imagem (CANEVARO, 2009). Também, há o uso de um colimador que define o tamanho de campo do feixe e a grade antidifusora que pode ou não ser utilizada para diminuir a radiação espalhada que chega no intensificador (CANEVARO, 2009).

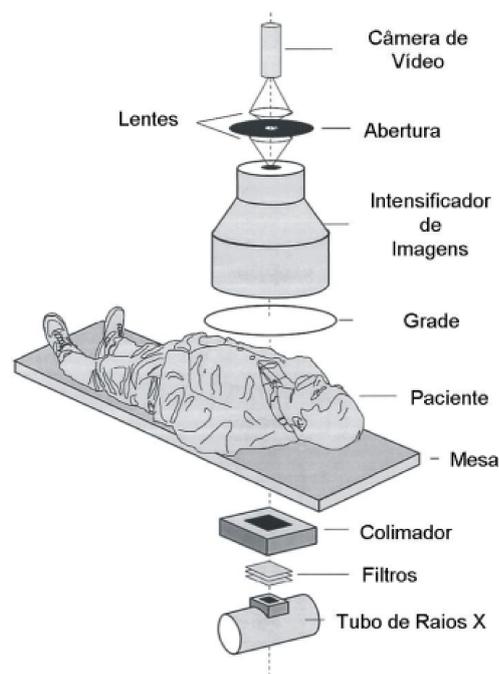


Figura 2.3: Esquema ilustrativo do sistema de fluoroscopia . Figura retirada de (PARIZOTI, 2008).

A tela intensificadora é um equipamento fundamental para a obtenção de imagens fluoroscópicas, pois ela possibilita a multiplicação dos fótons incidentes, gerando um ganho de brilho e, conseqüentemente, melhor qualidade de imagem. Na entrada da tela intensificadora tem uma tela fluorescente e um fotocátodo que transforma os fótons incidentes em elétrons, que são acelerados por uma diferença de potencial e focalizados pelas lentes eletrostáticas até o ânodo, do ânodo passam para uma tela fluorescente de saída, como exemplificado na Figura 2.4 (CANEVARO, 2009).

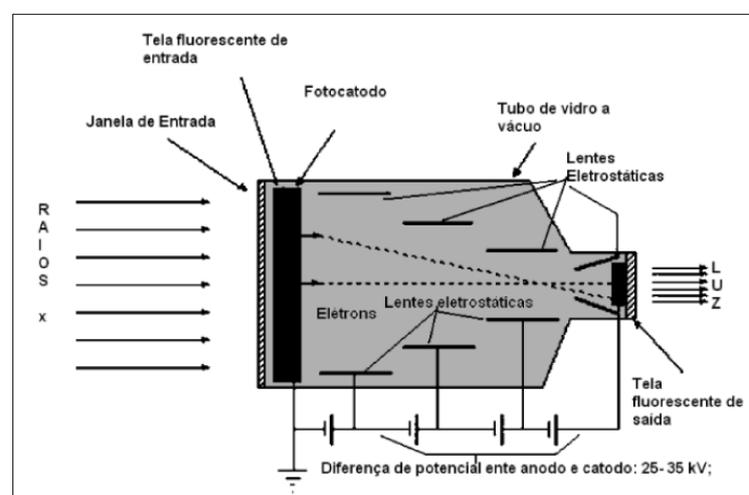


Figura 2.4: Esquema ilustrativo do funcionamento de uma tela intensificadora. Figura retirada de (CANEVARO, 2009).

Após os fótons saírem da tela intensificadora eles irão passar por uma pequena abertura variável, o diafragma, que controla a quantidade de fótons que vai para o detector. Por último, os fótons são transformados em um sinal eletrônico proporcional na câmara de vídeo (PARIZOTI, 2008).

2.6 Proteção Radiológica

Devido a todos os riscos envolvidos no uso da radiação ionizante, se torna imprescindível as práticas de medidas de radioproteção nos procedimentos de radiologia intervencionista, buscando a segurança dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs). Para tanto, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN, 2014) estabelece os requisitos básicos de proteção radiológica que são a justificação, limitação de dose e otimização.

A justificação nos diz que toda prática deve ser justificada de maneira que nenhuma prática é considerada justificada se não produz benefício líquido para o indivíduo exposto ou para sociedade (CNEN, 2014). As doses as quais os IOEs e os indivíduos do público são expostos devem ser limitadas de tal maneira que não excedam os valores informados na Tabela 4. Além disso, as práticas também devem ser otimizadas para que as doses individuais se mantenham tão baixas quanto razoavelmente exequível, levando em consideração fatores econômicos e sociais (CNEN, 2014).

Sendo assim, a dosimetria pessoal para monitoração das doses se torna cada vez mais uma preocupação considerando os princípios básicos de radioproteção e as altas doses em RI. Para a dosimetria pessoal dos trabalhadores em RI são comumente utilizados dosímetros termoluminescentes (TLDs) e dosímetros opticamente estimulados (OSLs), que são dosímetros passivos para leitura posterior a irradiação (CHAIKH *et al.*, 2014).

Entretanto, a monitoração ativa dos profissionais vem cada vez mais sendo utilizada. Com o desenvolvimento de dosímetros extremamente sensíveis, como dosímetros eletrônicos pessoais, é possível saber a dose e a taxa de dose aos quais os IOEs estão expostos em tempo real (PRLIC *et al.*, 2008).

Equipamentos utilizados para Proteção Radiológica

Equipamentos de Proteção Individuais e Coletivos (EPIs e EPCs) são fundamentais para garantir a segurança dos trabalhadores. Pode-se citar como EPIs utilizados em exames de RI: os aventais de chumbo, os protetores de tireoide, as tocas de chumbo, os óculos plumbífero e as luvas de chumbo, que apresentam relativo baixo custo e são eficazes para minimizar a exposição a doses de radiação (SOARES *et al.*, 2011).

Considerando a otimização das práticas, tem-se que a utilização EPCs tem que ser feita durante os procedimentos de RI. Levando em conta a proximidade da equipe médica ao paciente em procedimentos intervencionistas, estruturas como as telas de plástico suspensas plumbíferas e a cortina de chumbo fixada logo abaixo da mesa evitam a exposição a doses desnecessárias (MOURA; NETO, 2015).

3 Metodologia

Para a execução deste projeto foram realizadas pesquisas em bibliotecas online para busca de artigos e trabalhos científicos relacionadas ao tema de dosimetria das radiações em procedimentos de RI em urologia. Após isso, foi feito o fichamento do material adquirido, selecionando as partes mais relevantes, tais como: tipo de procedimento, parâmetros radiográficos, valores de dose absorvida, dose equivalente e/ou dose efetiva nestes procedimentos e meios de proteção radiológica. Por fim, foi realizada a elaboração de uma revisão de literatura baseada nos dados selecionados por meio do processo citado anteriormente.

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi do tipo exploratória e descritiva, que se baseia na investigação de informações, por meio de levantamento e coleta de dados disponíveis nas bibliotecas digitais tais como: SciELO, Google Scholar, PubMed, Portal de Periódicos CAPES, Citeseer Library, Science Direct, etc. A seguinte compilação de palavras foi usada para busca: dosimetria das radiações, radiologia intervencionista em urologia, doses de radiação, proteção radiológica e, em inglês: *radiation dosimetry, interventional urology, radiation doses and radiological protection*.

Dessa maneira, os critérios usados para a seleção dos artigos e dos trabalhos foram: (i) procedimentos de RI em urologia; (ii) informação sobre os parâmetros radiográficos; (iii) valores de dose absorvida, equivalente e/ou efetiva e (iv) uso de equipamentos de proteção radiológica.

4 Resultados e Discussões

Foram encontrados 25 artigos e trabalhos científicos, e a partir dos critérios de seleção foram selecionados 15 artigos que foram compilados em duas tabelas, e a Tabela 5 contém os autores que estimaram a dose absorvida nos procedimentos urológicos. A Tabela 6 contém os autores que realizaram a estimativa de dose equivalente e/ou efetiva por procedimento.

As siglas dos procedimentos colocados nas Tabelas 5 e 6, significam: C = cistografia, PCNL = nefrolitotomia percutânea, PSC = troca percutânea de *stent*, RPG = pielografia retrógrada, URS = ureteroscopia, USC = troca de *stent* ureteral, USP = colocação de *stent* ureteral e RIRS = cirurgia intrarrenal retrógrada. As siglas dos dosímetros se referem aos OSL = dosímetros por luminescência opticamente estimulável e TLD = dosímetros termoluminescente.

Nas Tabelas 5 e 6, a amostra se refere a quantidade de procedimentos em que foram estudados os valores de dose em cada trabalho e os valores entre parênteses referem aos valores mínimos e máximos encontrados.

Tabela 5: Doses absorvidas ocupacionais em Urologia Intervencionista

Autores / Ano	Tipo de procedimento	Amostra	Dosímetro	Tempo de fluoroscopia médio em minutos	Dose absorvida para o cirurgião principal em μGy por procedimento	Parâmetros radiográficos
<i>Lowe et al. (1986)</i>	PCNL	7	TLD	27,8	Pescoço: 25(1-113) Mão Direita: 22(1-76) Mão Esquerda: 94(1-618)	-
<i>Hellawell et al. (2005)</i>	Urologia Geral	18	TLD	1,3	Olho (cabeça): $1,9 \pm 0,5$ Mão: $2,7 \pm 0,7$ Perna: $11,6 \pm 2,9$ Pé: $6,4 \pm 1,6$	71 kVp e 2,4 mA
	PCNL	6		10,7	Olho (cabeça): 40 ± 10 Mão: 48 ± 12 Perna: 167 ± 42 Pé: 93 ± 23	82 kVp e 2,7 mA
<i>Safak et al. (2009)</i>	PCNL	20	TLD	12	Dose na gola sobre avental: 48 Dose na cintura embaixo avental: 12 Olho: 26 Dedo esquerdo: 33 Dedo direito: 34 Perna esquerda: 137 Perna direita: 126 Dose efetiva (μSv): 12,7	Projeção AP: 69 (63-81) kVp e 3,5 (2,3-4,5) mA Projeção 30° (RAO/LAO): 73 (61-91) kVp 3.9 (1,8-4,6) mA
<i>Majidpour (2010)</i>	PCNL	100	TLD	4,5 (1-8)	Cabeça: 0,47 Olho: 0,04 Dedos: 0,21 Perna: 4,1	73 kVp e 2,8 mA

Fonte: Autoria própria 2023. As siglas significam PCNL = nefrolitotomia percutânea e TLD = dosímetros termoluminescente.

4.1 Dose absorvida

Como pode ser visto na Tabela 5, no estudo de [Lowe et al. \(1986\)](#) o tempo de fluoroscopia foi mais alto comparando com os outros estudos devido a um caso complexo que teve tempo de fluoroscopia de 40,5 minutos, excluído esse caso o tempo de fluoroscopia médio foi de 7,2 minutos. Esse estudo, também, enfatiza que a experiência dos profissionais em procedimentos de urologia intervencionista afeta diretamente o tempo da fluoroscopia. Sendo assim, maior experiência, menor tempo de fluoroscopia e, conseqüentemente, menor dose absorvida pelos IOEs e pelos pacientes.

Pelo trabalho de [Hellawell et al. \(2005\)](#) é possível comparar as doses absorvidas em urologia geral e em procedimentos de nefrostomia percutânea (PCNL), sendo que os procedimentos de PCNL são de alta complexidade e, em média, tiveram o tempo de fluoroscopia aproximadamente 8 vezes maior. Esses fatores conseqüentemente contribuem para as doses absorvidas em PCNL terem sido cerca de 21 vezes maior para o olho, de 18 vezes maior para a mão, de 14 vezes maior para a perna e de 15 vezes maior para o pé.

Segundo a ICRP 45 ([ICRP, 1985](#)), o uso de um sistema de equipamento de fluoroscopia com o tubo de raios-X em cima da mesa pode aumentar a dose de um operador em um fator de 250 vezes nas mãos, 100 vezes nos olhos e 35 vezes em todo o corpo, em comparação com o tubo embaixo da mesa. Dois dos trabalhos estudados, de [Lowe et al. \(1986\)](#) e [Safak et al. \(2009\)](#), atribuem as doses absorvidas estimadas em seus estudos serem mais baixas, pelo fato do tubo de raios-X estar embaixo da mesa. Por isso, um meio de diminuir as doses na parte superior do corpo, e evitar exposição das mãos ao feixe primário é utilizar o sistema com o tubo embaixo da mesa.

Ademais, no artigo de [Majidpour \(2010\)](#), tem-se que a radiação espalhada estimada a qual o enfermeiro circulante é exposto foi igual a zero em todos os pontos avaliados na sala do procedimento de RI. Comparando com os valores do urologista principal, isso ocorre devido a dose ser proporcional ao inverso do quadrado da distância, então, quanto mais longe do feixe primário menor será a exposição do indivíduo.

Para otimização da prática, considerando as doses que foram estimadas nas mãos e nos dedos nas pesquisas apresentadas na Tabela 5, o uso de luvas com chumbo, também podem ser recomendadas para blindar a radiação espalhada. [Kamusella et al. \(2017\)](#) obtiveram em sua pesquisa uma redução de 42,6% na dose da mão, para radiação espalhada, quando se utilizava as luvas com chumbo.

A partir da análise das doses absorvidas nos trabalhos apresentados na Tabela 5, é possível perceber que as maiores exposições foram na perna dos cirurgiões ([HELLAWELL et al., 2005](#); [SAFAK et al., 2009](#); [MAJIDPOUR, 2010](#)). Uma alternativa simples para tentar diminuir essas doses é a utilização de uma cortina de chumbo, fixada logo abaixo da mesa, que fica posicionada

entre o tubo de raios-X de fluoroscopia e o profissional ([SHORTT *et al.*, 2007](#)).

Tabela 6: Doses equivalentes e efetivas ocupacionais em Urologia Intervencionista

Autores / Ano	Tipo de procedimento	Amostra	Dosímetro	Tempo de fluoroscopia médio em minutos	Dose no cirurgião principal em μSv por procedimento	Parâmetros radiográficos
<i>Bush et al. (1984)</i>	PCNL	51	Eletrômetro de fibra de quartzo	8 (2-30)	Dose na gola sobre o avental: 100 (10-380)	73 kVp e 27 mA Para um paciente de tamanho médio
<i>Kumari et al. (2006)</i>	PCNL	50	TLD	6,04 (1,8-12,16)	Urologista principal: Dedo: 280 (20-570) Residente assistente: Dedo: 360 (60-2210)	68 kVp (60-99) 2,76 mA (1,5-4,5)
<i>Ritter et al. (2012)</i>	USP	67	TLD	1 (< 0,1-7,2)	Testa: 40 Dedo: 130	-
	USC	51		0,7 (< 0,1-5,75)	Testa: 60 Dedo: 220	-
	PSC	67		0,6 (< 0,1-3,6)	Testa: 30 Dedo: 220	-
	URS	39		1,1 (0,2-13,9)	Testa: 10 Dedo: 150	-
	PCNL	11		7,3 (5,3-15,7)	Testa: 180 Dedo: 4360	-

Continua na próxima página

Autores / Ano	Tipo de procedimento	Amostra	Dosímetro	Tempo de fluoroscopia médio em minutos	Dose no cirurgião principal em μSv por procedimento	Parâmetros radiográficos
<i>Taylor et al. (2013)</i>	URS, C	18	TLD	3,4	Olho: 208 \pm 177	-
	PCNL	8		8,3	Olho: 125 \pm 86	-
<i>Hristova-Popova et al. (2015)</i>	URS	15	Dosímetro	1 (0,1-3,6)	Cabeça: 42,7 (2,1-167,0)	-
	PCNL	16	Eletrônico	5,2 (0,9-12,9)	Cabeça: 214,1 (28,6-1075,0)	-
<i>Vano et al. (2015)</i>	PCNL	34	Dosímetro Eletrônico	11,5 (5,1-23,9)	Dose sobre o avental : 576 (50-1990)	-
		23	OSL		Olho: 296 (58-1064)	-
<i>Guiu-Souto et al. (2017)</i>	PCNL	301	TLD	Primeiro ano: 14.9 - Treinado 14.0 - Não Treinado	Urologista treinado primeiro ano: Pele no punho: 3200 \pm 500 Cristalino: 700 \pm 100 Não treinado durante os 6 anos: Pele no punho: 2500-3500 Cristalino: 500-700	-

Continua na próxima página

Autores / Ano	Tipo de procedimento	Amostra	Dosímetro	Tempo de fluoroscopia médio em minutos	Dose no cirurgião principal em μSv por procedimento	Parâmetros radiográficos
<i>Medici et al. (2017)</i>	URS, RPG, C	33	OSL	$0,9 \pm 0,2$	Cristalino: 78 ± 24	63-124 kVp
<i>Hartmann et al. (2018)</i>	URS, USP, RPG	95	Dosímetro Eletrônico	-	Dose na gola sobre o avental : $10 (<1-169)$	73 kVp- 106 kVp
			TLD		Olho: 20	
	USP, RPG	55	TLD	0,8	Olho direito: $9 (<1-56)$ Olho esquerdo: $11 (<1-95)$	-
	URS	40		1,2	Olho direito: $32 (<1-761)$ Olho esquerdo: $34 (<1-761)$	-
<i>Vassileva et al. (2020)</i>	PCNL, RIRS, URS	262	TLD	0,1-14	Olho : $<10-63$ Dose efetiva (μSv): 10-55	82 kVp e 2,7 mA

Continua na próxima página

Autores / Ano	Tipo de procedimento	Amostra	Dosímetro	Tempo de fluoroscopia médio em minutos	Dose no cirurgião principal em μSv por procedimento	Parâmetros radiográficos
Park <i>et al.</i> (2021)	RIRS	227	OSL	5.13 ± 4.59	Olho: 290 Pescoço: 310 Pescoço, protegido: 10 Peito: 580 Peito, protegido: 10 Braço, direito: 550 Dedo, direito: 730 Dedo, esquerdo: 560 Dose efetiva (μSv): 20	68,88 kVp e 2,48 mA

Fonte: Autoria própria 2023. As siglas significam: C = cistografia, PCNL = nefrolitotomia percutânea, PSC = troca percutânea de *stent*, RPG = pielografia retrógrada, URS = ureteroscopia, USC = troca de *stent* ureteral, USP = colocação de *stent* ureteral, RIRS = cirurgia intrarrenal retrógrada, OSL = dosímetros por luminescência opticamente estimulável e TLD = dosímetros termoluminescente.

4.2 Dose equivalente e Dose efetiva

Como pode ser visto na Tabela 6, no artigo de [Bush *et al.* \(1984\)](#) foi utilizado o eletrômetro de fibra de quartzo, que é um dosímetro passivo, porém atualmente foi substituído pelo uso de outros tipos de dosímetros devido suas desvantagens, como sua baixa precisão, erros na leitura analógica e, por ter um volume pequeno que satura rapidamente para altas doses ([AHMED, 2015](#)). Tendo isso em vista, para procedimentos de RI o uso de dosimetria ativa pode beneficiar mais a prática, pela possibilidade de comparar as doses em função dos parâmetros radiométricos e outros fatores e, a partir disso, propor melhorias na radioproteção ([VANO *et al.*, 2011](#)).

Pelo trabalho de [Kumari *et al.* \(2006\)](#) é possível perceber que o residente assistente recebeu maiores doses do que o urologista principal, o que é explicado provavelmente devido ao residente, além de ter auxiliado nos procedimentos de PCNL, também auxiliou na passagem do cateter ureteral. Além disso, o trabalho ressalta que a radiação espalhada varia com a angulação do tubo de raios-X; o tubo embaixo da mesa minimamente angulado para longe do urologista, com valores de corrente baixo e, feixe bem colimado reduzirá a exposição da equipe médica.

No caso do estudo de [Ritter *et al.* \(2012\)](#) foi estimada a quantidade de procedimentos necessários para exceder os limites de dose de radiação segundo a ICRP 103 ([ICRP, 2007](#)). Foi observado que os médicos poderiam fazer apenas 114 procedimentos de nefrolitotomia percutânea para não ultrapassarem o valor de 500 mSv anuais nas extremidades. Isto evidencia como os urologistas intervencionistas podem ser expostos a altas doses de radiação e, que dependendo do número e do tipo de procedimento podem ultrapassar os limites recomendados pelas normas.

Um trabalho, em que as práticas foram otimizadas, com o uso ponderado da fluoroscopia e uso de protetores de tireoide e de aventais de chumbo foi realizado por [Taylor *et al.* \(2013\)](#). Esse estudo chegou a conclusão que não haveria a necessidade do uso do óculos plumbífero pelos urologistas, porém, foi considerado como base o limite antigo de dose para o cristalino, de 150 mSv ([ICRP, 2007](#)). Atualmente, devido a alta radiosensibilidade do cristalino do olho, considera-se o novo limite de 20 mSv ([ICRP, 2012](#)). Ademais, em diversos estudos observa-se a alta incidência de catarata na comunidade médica que trabalha com RI ([CIRAJ-BJELAC *et al.*, 2010](#); [JACOB *et al.*, 2013](#)). Portanto, se faz necessário a utilização dos proteção ocular revestida de chumbo pelos urologistas para evitar opacidade no cristalino.

Além disso, no estudo de [Hristova-Popova *et al.* \(2015\)](#) estimou-se uma dose anual de 29 mSv para o cristalino do urologista, o que excederia o limite de dose de 20 mSv para o cristalino ([ICRP, 2012](#)). De acordo com esse estudo, por meio da comparação das doses sem e com o uso da tela protetora suspensa de chumbo, verificou-se que a dose no cristalino do operador pode ser reduzida por um fator de 15 a 95, de acordo com o procedimento, mantendo assim os valores dentro dos limites da legislação .

No estudo realizado por [Vano et al. \(2015\)](#) foi encontrado um valor médio de doses ocupacionais sobre o avental plumbífero, por procedimento em urologia, de aproximadamente 18,7 vezes maior do que os valores em procedimentos em outras áreas da radiologia intervencionista (cardiologia, neurorradiologia e radiologia intervencionista geral). Os procedimentos urológicos estudados não utilizavam telas suspensas de proteção, ao contrário de outras áreas da RI, que faziam o uso da proteção, o que pode explicar as doses mais elevadas.

[Guiu-Souto et al. \(2017\)](#) realizaram uma comparação entre as doses de um urologista treinado, em práticas para redução de doses de radiação seguindo as recomendações da ICRP (ICRP, 2000), e de um urologista não treinado. Nos resultados dessa pesquisa [Guiu-Souto et al. \(2017\)](#) observaram um decréscimo de dose em torno de 80% para os urologistas treinados em comparação com os não treinados, denotando a diferença que essa simples atitude pode fazer.

Ademais, [Medici et al. \(2017\)](#) estimaram o valor anual de dose no cristalino, em um sistema com o tubo de raios-X sobre a mesa, de 7,4 mSv para o médico urologista e de 7,3 mSv para o instrumentador. Dessa forma, chegaram à conclusão que se a carga de trabalho for aumentada, os urologistas e os instrumentadores correm o risco de chegar ao limite de dose estabelecido para o cristalino. As doses analisadas sugerem que outros membros da equipe médica, além do urologistas, também podem estar sujeitos a altas doses de radiação, por esse motivo a importância de medidas de segurança que englobem todos os trabalhadores expostos.

No estudo de [Hartmann et al. \(2018\)](#) os procedimentos foram classificados em dois grupos, os procedimentos considerados menos complexos, que compreende a colocação de *stent* ureteral e a pielografia retrógrada, e os procedimentos considerados mais complexos, compreendendo os procedimentos de ureterosopia rígidas e flexíveis. Assim sendo, comparando as doses médias no cristalino, as intervenções de maior complexidade expuseram os urologistas a cerca de três vezes mais dose do que nas intervenções de menor complexidade.

É importante ressaltar a heterogeneidade nas práticas de urologia intervencionista, [Vassileva et al. \(2020\)](#) concluíram que seu estudo demonstrou a falta de uso de protocolos na fluoroscopia por urologista. Como exemplo, foi encontrado no trabalho de [Vassileva et al. \(2020\)](#) a maior dose anual no cristalino de 13,5 mSv para um cirurgião no departamento mais movimentado, usando tubo de raios-X sobre a mesa, sem uso de tela suspensa de proteção. Para contornar essa problemática, uma alternativa é a definição de protocolos para o uso de equipamentos fluoroscópicos e o correto treinamento dos médicos, seguindo a ICRP.

No trabalho realizado por [Park et al. \(2021\)](#) as medições com os dosímetros no peito e no pescoço foram feitas dentro e fora da proteção de chumbo, chegando a medir uma exposição por caso de 31 vezes maior na tireoide e 58 vezes maior no peito do urologista fora da proteção de chumbo, demonstrando como o avental plumbífero e o protetor de tireoide de chumbo atuam na radioproteção dos urologistas.

Mesmo com a utilização de tela suspensa, a cabeça ainda é exposta à radiação espalhada,

então, para evitar efeitos estocásticos, como a incidência do câncer no cérebro em médicos intervencionistas, podem ser aplicadas outras medidas de proteção (KARADAG *et al.*, 2013). Sobretudo, para diminuição das doses na cabeça podem ser utilizadas toucas com chumbo de 0,05 mm que são capazes de diminuir a exposição à radiação espalhada de maneira eficiente (KUON *et al.*, 2003).

4.3 Discussões

É possível perceber que urologistas são expostos a altas doses de radiação, e fatores, como a experiência do cirurgião, o treinamento adequado de toda equipe profissional, o tipo e a complexidade do procedimento influenciam na exposição da equipe médica em procedimentos urológicos. Dessa forma, deve-se levar em consideração os efeitos cumulativos da radiação, principalmente no desenvolvimento de doenças ao longo do tempo para propor melhorias no sistema de radioproteção.

Para tanto é indispensável a aplicação do princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) ou “o mais baixo quanto razoavelmente exequível”, definido pela ICRP (ICRP, 1977), que se refere à manutenção das doses de radiação tão baixas quanto razoavelmente exequíveis para trabalhadores e indivíduos do público.

Então, considerando fatores sociais e econômicos, deve-se levantar a possibilidade do uso de dosímetros ativos, uso de cortina lateral de chumbo, uso de tela suspensa com chumbo, uso de avental de chumbo, uso de protetor de tireoide, uso de touca de chumbo, uso de óculos plumbíferos e uso de luvas de chumbo na rotina dos atendimentos.

Outras ações que podem ser realizadas sem grandes custos financeiros, que deveriam ser rotineiras em radiologia intervencionistas, seria manter o posicionamento mais seguro do profissional em relação a fonte de raios-X, o uso de um sistema de fluoroscopia com o tubo de raios-X embaixo da mesa, uso criterioso da fluoroscopia, manter a corrente do tubo (mA) com valores baixos, usar feixe bem colimado, além da definição de protocolos para os procedimentos realizados na clínica.

5 Conclusão

Pode-se concluir que alguns estudos demonstraram que, dependendo do número e tipo de procedimentos, as doses equivalentes dos urologistas, em alguns órgãos/tecidos, podem exceder os limites recomendados pelas normas regulamentadoras. Isso é de grande preocupação, pois contribui para aparecimento de reações teciduais.

Ademais, pode-se observar que diversos aspectos contribuem para que a equipe médica, que trabalha utilizando técnicas de urologia intervencionista, esteja exposta a doses desnecessárias de radiação ionizante. Entretanto, a aplicação de práticas de segurança são efetivas para diminuir essa exposição desnecessária. Considerando, que a exposição deva ser o mais baixa quanto possível, torna-se ainda mais crucial que as práticas sejam revisadas.

Para tanto, iniciativas simples e de baixo custo como o treinamento adequado dos urologistas sobre as práticas de radioproteção podem ser facilmente implementadas. Também, é importante ressaltar o uso de dosímetros, de equipamentos de proteção coletiva e de equipamentos de proteção individual, que contribuirão para otimização dos valores de doses envolvidos nestes procedimentos.

Por fim, levando em consideração as normativas nacionais e internacionais e resultados apontados na literatura, tem-se que para garantir a saúde dos IOEs é de fundamental importância a presença de um Físico Médico para aplicação das normas e implementação das práticas de proteção radiológica. O Físico Médico pode trabalhar organizando e realizando treinamentos, além de propor outras iniciativas para cada vez mais minimizar a exposição à radiação ionizante de trabalhadores, pacientes e indivíduos do público.

Referências

- AHMED, S. N. Dosimetry and radiation protection. In: *Physics and Engineering of Radiation Detection (Second Edition)*. Second edition. Elsevier, 2015. p. 621–688. ISBN 978-0-12-801363-2. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128013632000115>>.
- ALPEN, E. L. *Radiation biophysics*. [S.l.]: Academic press, 1997.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. d. C. G.; PAULA, S. O. D.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de nutrição*, SciELO Brasil, v. 23, p. 629–643, 2010.
- BUSH, W. H.; BRANNEN, G. E.; GIBBONS, R. P.; JR, R. J. C.; ELDER, J. S. Radiation exposure to patient and urologist during percutaneous nephrostolithotomy. *The Journal of urology*, Elsevier, v. 132, n. 6, p. 1148–1152, 1984.
- CANEVARO, L. Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista. *Revista Brasileira de Física Médica*, v. 3, n. 1, p. 101–115, 2009.
- CHAIKH, A.; GAUDU, A.; BALOSSO, J. Monitoring methods for skin dose in interventional radiology. *International Journal of Cancer Therapy and Oncology*, v. 3, n. 1, p. 03011, 2014.
- CIRAJ-BJELAC, O.; REHANI, M. M.; SIM, K. H.; LIEW, H. B.; VANO, E.; KLEIMAN, N. J. Risk for radiation-induced cataract for staff in interventional cardiology: Is there reason for concern? *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, Wiley Online Library, v. 76, n. 6, p. 826–834, 2010.
- CNEN. Diretrizes básicas de proteção radiológica da comissão nacional de energia nuclear. CNEN 3.01, 2014.
- DATASUS. *Banco de dados do Sistema Único de Saúde*. [S.l.]: Brasil, Ministério da Saúde, 2023. Disponível em: <<http://www.datasus.gov>>, Acesso em: 13 de junho de 2023.
- ESSMAN, S. C. Contrast cystography. *Clinical techniques in small animal practice*, Elsevier, v. 20, n. 1, p. 46–51, 2005.
- FRIEDMAN, A. A.; GHANI, K. R.; PEABODY, J. O.; JACKSON, A.; TRINH, Q.-D.; ELDER, J. S. Radiation safety knowledge and practices among urology residents and fellows: results of a nationwide survey. *Journal of surgical education*, Elsevier, v. 70, n. 2, p. 224–231, 2013.
- GANPULE, A. P.; VIJAYAKUMAR, M.; MALPANI, A.; DESAI, M. R. Percutaneous nephrolithotomy (pcnl) a critical review. *International Journal of Surgery*, Elsevier, v. 36, p. 660–664, 2016.
- GUIU-SOUTO, J.; OTERO, C.; PÉREZ-FENTES, D. A.; FERNÁNDEZ-BALTAR, C.; SÁNCHEZ-GARCIA, J. F.; GARCÍA-FREIRE, C.; POMBAR-CAMEÁN, M.; PARDO-MONTERO, J. Characterising endourologist learning curve during percutaneous nephrolithotomy: implications on occupational dose and patients. *Journal of Radiological Protection*, IOP Publishing, v. 37, n. 4, p. N49, 2017.
- HALL, E. J.; GIACCIA, A. J. *et al. Radiobiology for the Radiologist*. [S.l.]: Philadelphia, 2006. v. 6.

HAO, P.; LI, W.; SONG, C.; YAN, J.; SONG, B.; LI, L. Clinical evaluation of double-pigtail stent in patients with upper urinary tract diseases: report of 2685 cases. *Journal of endourology*, Mary Ann Liebert, Inc. 2 Madison Avenue Larchmont, NY 10538 USA, v. 22, n. 1, p. 65–70, 2008.

HARTMANN, J.; DISTLER, F.; BAUMÜLLER, M.; GUNI, E.; PAHERNIK, S.; WUCHERER, M. Risk of radiation-induced cataracts: Investigation of radiation exposure to the eye lens during endourologic procedures. *Journal of Endourology*, Mary Ann Liebert, Inc., publishers 140 Huguenot Street, 3rd Floor New . . . , v. 32, n. 10, p. 897–903, 2018.

HELLAWELL, G.; MUTCH, S.; THEVENDRAN, G.; WELLS, E.; MORGAN, R. Radiation exposure and the urologist: What are the risks? *The Journal of Urology*, v. 174, n. 3, p. 948–952, 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022534701684623>>.

HRISTOVA-POPOVA, J.; ZAGORSKA, A.; SALTIROV, I.; PETKOVA, K.; VASSILEVA, J. Risk of radiation exposure to medical staff involved in interventional endourology. *Radiation protection dosimetry*, Oxford University Press, v. 165, n. 1-4, p. 268–271, 2015.

HUMPHREYS, M. R.; MILLER, N. L.; JR, J. C. W.; EVAN, A. P.; MUNCH, L. C.; LINGEMAN, J. E. A new world revealed: early experience with digital ureteroscopy. *The Journal of urology*, Elsevier, v. 179, n. 3, p. 970–975, 2008.

IAEA. *Establishing Guidance Levels in X Ray Guided Medical Interventional Procedures*. [S.l.]: International Atomic Energy Agency, 2009.

ICRP. Recommendations of the international commission on radiological protection. *Annals of the ICRP*, Publication 26, 1977.

ICRP. Statement from the 1985 paris meeting of the international commission on radiological protection. *Annals of the ICRP*, Publication 45, 1985.

ICRP. 1990 recommendations of the international commission on radiological protection. *Annals of the ICRP*, Publication 60, 1991.

ICRP. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. *Annals of the ICRP*, Publication 85, v. 30, n. 2, 2000.

ICRP. The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection. *Annals of the ICRP*, Publication 103, 2007.

ICRP. Statement on tissue reactions/early and late effects of radiation in normal tissues and organs, threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. *Annals of the ICRP*, Publication 118, v. 411, 2012.

INOUE, T.; OKADA, S.; HAMAMOTO, S.; FUJISAWA, M. Retrograde intrarenal surgery: Past, present, and future. *Investigative and clinical urology*, Korean Urological Association, v. 62, n. 2, p. 121, 2021.

JACOB, S.; BOVEDA, S.; BAR, O.; BRÉZIN, A.; MACCIA, C.; LAURIER, D.; BERNIER, M.-O. Interventional cardiologists and risk of radiation-induced cataract: Results of a french multicenter observational study. *International Journal of Cardiology*, v. 167, n. 5, p. 1843–1847, 2013. ISSN 0167-5273. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167527312005608>>.

- JOHNS, H. E.; CUNNINGHAM, J. R. The physics of radiology. Charles C. Thomas Springfield, 1983.
- JOHNSON, D. R.; KYRIOU, J.; MORTON, E. J.; CLIFTON, A.; FITZGERALD, M.; MACSWEENEY, E. Radiation protection in interventional radiology. *Clinical radiology*, Elsevier, v. 56, n. 2, p. 99–106, 2001.
- KAMUSELLA, P.; SCHEER, F.; LÜDTKE, C. W.; WIGGERMANN, P.; WISSGOTT, C.; ANDRESEN, R. Interventional angiography: radiation protection for the examiner by using lead-free gloves. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, JCDR Research & Publications Private Limited, v. 11, n. 7, p. TC26, 2017.
- KARADAG, B.; IKITIMUR, B.; DURMAZ, E.; AVCI, B. K.; CAKMAK, H. A.; COSANSU, K.; ONGEN, Z. Effectiveness of a lead cap in radiation protection of the head in the cardiac catheterisation laboratory. *EuroIntervention*, EUROPA EDITION Location TOULOUSE CEDEX 6, v. 9, n. 6, p. 754–756, 2013.
- KLAHR, S. Chapter 80 - obstructive uropathy. In: *Seldin and Giebisch's The Kidney*. Fourth edition. San Diego: Academic Press, 2008. p. 2247–2282. ISBN 978-0-12-088488-9. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780120884889500838>>.
- KUMARI, G.; KUMAR, P.; WADHWA, P.; ARON, M.; GUPTA, N. P.; DOGRA, P. N. Radiation exposure to the patient and operating room personnel during percutaneous nephrolithotomy. *International urology and nephrology*, Springer, v. 38, p. 207–210, 2006.
- KUON, E.; BIRKEL, J.; SCHMITT, M.; DAHM, J. Radiation exposure benefit of a lead cap in invasive cardiology. *Heart*, BMJ Publishing Group Ltd, v. 89, n. 10, p. 1205–1210, 2003.
- LEITÃO, T. P.; MENDONÇA, T.; BARROS, P.; MARIA, J.; ALVES, J. V.; LOPES, T. M. Stents ureterais: Revisão. *Acta Urológica*, v. 26, n. 3, p. 15–23, 2009.
- LOWE, F. C.; AUSTER, M.; BECK, T. J.; CHANG, R.; MARSHALL, F. F. Monitoring radiation exposure to medical personnel during percutaneous nephrolithotomy. *Urology*, v. 28, n. 3, p. 221–226, 1986. ISSN 0090-4295. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0090429586900476>>.
- MAJIDPOUR, H. S. Risk of radiation exposure during pcnl. *Urology journal*, v. 7, n. 2, p. 87–89, 2010.
- MEDICI, S.; PITZSCHKE, A.; CHERBUIN, N.; BOLDINI, M.; SANS-MERCE, M.; DAMET, J. Eye lens radiation exposure of the medical staff performing interventional urology procedures with an over-couch x-ray tube. *Physica Medica*, Elsevier, v. 43, p. 140–147, 2017.
- MOURA, R.; NETO, F. A. B. *Proteção radiológica aplicada à radiologia intervencionista*. [S.l.]: SciELO Brasil, 2015. 197–199 p.
- MOURÃO, C. A.; ABRAMOV, D. M. *Biofísica Conceitual*. [S.l.]: Guanabara Koogan, 2021.
- MURPHY, T. P.; SOARES, G. M. The evolution of interventional radiology. In: *Seminars in interventional radiology*. [S.l.: s.n.], 2005. v. 22, n. 01, p. 6–9.
- OKUNO; YOSHIMURA. *Física das Radiações*. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

- OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de goiânia. *Estudos avançados*, SciELO Brasil, v. 27, p. 185–200, 2013.
- PARIZOTI, A. *Otimização de imagens e proteção radiológica em fluoroscopia*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2008.
- PARK, I. W.; KIM, S. J.; SHIN, D.; SHIM, S. R.; CHANG, H. K.; KIM, C. H. Radiation exposure to the urology surgeon during retrograde intrarenal surgery. *Plos one*, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 16, n. 3, p. e0247833, 2021.
- PRLIC, I.; MIHIC, M. S.; VUCIC, Z. Active electronic personal dosimeter in interventional radiology. *Radiation protection dosimetry*, Oxford University Press, v. 132, n. 3, p. 308–312, 2008.
- REEVES, T.; PIETROPAOLO, A.; GADZHIEV, N.; SEITZ, C.; SOMANI, B. K. Role of endourological procedures (pcnl and urs) on renal function: a systematic review. *Current urology reports*, Springer, v. 21, p. 1–11, 2020.
- RITTER, M.; KROMBACH, P.; MARTINSCHEK, A.; SIEGEL, F. P.; SCHMITT, M.; WEISS, C.; HÄCKER, A.; PELZER, A. E. Radiation exposure during endourologic procedures using over-the-table fluoroscopy sources. *Journal of endourology*, Mary Ann Liebert, Inc. 140 Huguenot Street, 3rd Floor New Rochelle, NY 10801 USA, v. 26, n. 1, p. 47–51, 2012.
- RÖSCH, J.; KELLER, F. S.; KAUFMAN, J. A. The birth, early years, and future of interventional radiology. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, Citeseer, v. 14, n. 7, p. 841–853, 2003.
- SAFAK, M.; OLGAR, T.; BOR, D.; BERKMEN, G.; GOGUS, C. Radiation doses of patients and urologists during percutaneous nephrolithotomy. *Journal of Radiological Protection*, v. 29, n. 3, p. 409, aug 2009. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1088/0952-4746/29/3/005>>.
- SHORTT, C.; AL-HASHIMI, H.; MALONE, L.; LEE, M. Staff radiation doses to the lower extremities in interventional radiology. *Cardiovascular and interventional radiology*, Springer, v. 30, p. 1206–1209, 2007.
- SOARES, F. A. P.; PEREIRA, A. G.; FLÔR, R. d. C. Utilização de vestimentas de proteção radiológica para redução de dose absorvida: uma revisão integrativa da literatura. *Radiologia Brasileira*, SciELO Brasil, v. 44, p. 97–103, 2011.
- SÖYLEMEZ, H.; SANCAKTUTAR, A. A.; SILAY, M. S.; PENBEGÜL, N.; BOZKURT, Y.; ATAR, M.; ALTUNOLUK, B.; BODAKCI, M. N.; HATIPOGLU, N. K. Knowledge and attitude of european urology residents about ionizing radiation. *Urology*, Elsevier, v. 81, n. 1, p. 30–36, 2013.
- TAUHATA, L.; SALATI, P.; PRINZIO, R. D.; PRINZIO, A. R. D. *Radioproteção e dosimetria: fundamentos*. [S.l.]: CBPF, 2003.
- TAYLOR, E. R.; KRAMER, B.; FRYE, T. P.; WANG, S.; SCHWARTZ, B. F.; KÖHLER, T. S. Ocular radiation exposure in modern urological practice. *The Journal of urology*, Wolters Kluwer Philadelphia, PA, v. 190, n. 1, p. 139–143, 2013.
- UPPOT, R. N.; GERVAIS, D. A.; MUELLER, P. R. Interventional uroradiology. *Radiologic Clinics of North America*, Elsevier, v. 46, n. 1, p. 45–64, 2008.

VANO, E.; FERNANDEZ, J.; RESEL, L.; MORENO, J.; SANCHEZ, R. Staff lens doses in interventional urology. a comparison with interventional radiology, cardiology and vascular surgery values. *Journal of Radiological Protection*, IOP Publishing, v. 36, n. 1, p. 37, 2015.

VANO, E.; FERNANDEZ, J.; SANCHEZ, R. Occupational dosimetry in real time. benefits for interventional radiology. *Radiation Measurements*, v. 46, n. 11, p. 1262–1265, 2011. ISSN 1350-4487. International Workshop on Optimization of Radiation Protection of Medical Staff, ORAMED 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350448711001569>>.

VASSILEVA, J.; ZAGORSKA, A.; KARAGIANNIS, A.; PETKOVA, K. *et al.* Radiation exposure of surgical team during endourological procedures: Iaea-segur study. *J Endourol*, 2020.