

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

FERNANDO ROCKEMBACH MAZUIM

**GERENCIAMENTO DE DOSE DECORRENTE DE EXPOSIÇÕES
MÉDICAS EM RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA: uma revisão
integrativa da literatura**

FLORIANÓPOLIS, 2020.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

FERNANDO ROCKEMBACH MAZUIM

**GERENCIAMENTO DE DOSE DECORRENTE DE EXPOSIÇÕES
MÉDICAS EM RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA: uma revisão
integrativa da literatura**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de tecnólogo em radiologia.

Orientadora:
Profa. Dr^a. Daiane Cristini Barbosa de Souza

FLORIANÓPOLIS, 2020.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

MAZUIM, FERNANDO ROCKEMBACH
GERENCIAMENTO DE DOSE DECORRENTE DE EXPOSIÇÕES MÉDICAS
EM RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA : uma revisão integrativa
da literatura / FERNANDO ROCKEMBACH MAZUIM ; orientação
de DAIANE CRISTINI BARBOSA SOUZA. - Florianópolis,
SC, 2021.

71 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST
em Radiologia. Departamento Acadêmico de Saúde e
Serviços.

Inclui Referências.

1. Radiologia intervencionista. 2. Lesões por radiação.
 3. Proteção radiológica. 4. Dosimetria de pacientes.
- I. SOUZA, DAIANE CRISTINI BARBOSA . II. Instituto
Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico
de Saúde e Serviços. III. Título.

GERENCIAMENTO DE DOSE DECORRENTE DE EXPOSIÇÕES MÉDICAS EM RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA: uma revisão integrativa da literatura

FERNANDO ROCKEMBACH MAZUIM

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 21 de dezembro de 2020.

Banca examinadora:



Prof^a. Dr^a Daiane Cristini Barbosa de Souza



Prof^a. Me. Charlene da Silva



Prof^a. Esp. Natália Grams

RESUMO

A radiologia intervencionista é uma subespecialidade médica da radiologia, que utiliza procedimentos guiados por imagens minimamente invasivas, tanto para diagnóstico, como para tratamento. Esses procedimentos podem demandar de longa duração e conseqüentemente elevar a dose de radiação absorvida pelo paciente. O presente trabalho de conclusão de curso teve por objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura sobre gerenciamento e redução de doses decorrentes de exposições médicas em radiologia intervencionista. O método de pesquisa empregado foi a revisão integrativa da literatura e para realizar a busca dos artigos foi utilizada como fonte de levantamento as bases de dados Scielo, PubMed e INIS, com os descritores: radiologia intervencionista, lesões por radiação, proteção radiológica e dosimetria, combinados com o operador booleano AND. Foram selecionados artigos científicos publicados em inglês e português, no período de 2016 a 2020, publicados em revistas científicas (journal article) e com disponibilidade do texto (full text). Após uma leitura criteriosa dos trabalhos foram selecionados 11 estudos os quais constituíram a amostra final do trabalho. Realizou-se uma comparação entre os artigos, apresentando os dados e argumentando suas similaridades e diferenças, enfatizando a consonância entre os trabalhos com relação às condutas adotadas no gerenciamento de dose e proteção radiológica dos pacientes. Os resultados apontam que a utilização de softwares no gerenciamento de dose tem se mostrado uma importante ferramenta na proteção radiológica e sistemas de monitoramento aumentam a consciência sobre o uso da radiação e, além de permitir a coleta de dados, são ferramentas valiosas para melhorar a segurança do paciente e da equipe. A implementação de estratégias de redução de doses e o aumento da conscientização sobre o uso e os efeitos das radiações resultam em doses de radiação significativamente menores tanto em profissionais quanto em pacientes. As principais recomendações aplicadas nos estudos relatados foram a introdução de tecnologias que auxiliam no controle de dose em tempo real e principalmente a capacitação e treinamento dos profissionais envolvidos, que apresentam papel fundamental na otimização da prática e da proteção radiológica.

Palavras-chave: Radiologia intervencionista. Lesões por radiação. Proteção radiológica. Dosimetria de pacientes.

ABSTRACT

Interventional radiology is a medical subspecialty of radiology, which uses procedures guided by minimally invasive images, both for diagnosis and treatment. These procedures can be long-lasting and consequently increase the radiation dose absorbed by the patient. The aim of the present work of completion of the course was to carry out an integrative review of the literature on management and dose reduction resulting from medical exposures in interventional radiology. The research method employed was the integrative literature review and, in order to search for the articles, the databases Scielo, PubMed and INIS were used as a survey source, with the descriptors interventional radiology, radiation injuries, radiation protection and dosimetry, combined with the Boolean operator AND. Scientific articles published in English and Portuguese, from 2016 to 2020, published in scientific journals (journal article) and with full text availability were selected. After a careful reading of the works, 11 studies were selected which constituted the final sample of the work. A comparison was made between the articles, presenting the data and arguing their similarities and differences, emphasizing the consonance between the works in relation to the conducts adopted in the management of dose and radiological protection of patients. The results indicate that the use of software in dose management has been shown to be an important tool in radiological protection and monitoring systems increase awareness about the use of radiation and, in addition to allowing data collection, are valuable tools to improve patient and staff safety. The implementation of dose reduction strategies and increased awareness of the use and effects of radiation result in significantly lower radiation doses for both professionals and patients. The main recommendations applied in the reported studies were the introduction of technologies that assist in real-time dose control and mainly the qualification and training of the professionals involved, who play a fundamental role in optimizing the practice and radiological protection.

Keywords: Interventional radiology. Radiation injuries. Radiological protection. Dosimetry of patients.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
1.1 Problemática.....	8
1.2 Justificativa.....	8
1.3 Objetivo geral.....	9
1.4 Objetivos específicos.....	10
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1 Radiologia intervencionista - Hemodinâmica.....	11
2.1.1 Tipos de procedimentos realizados na radiologia intervencionista.....	14
2.2 Proteção radiológica em radiologia intervencionista.....	15
2.2.1 Interação da radiação ionizante.....	17
2.2.2 Radiobiologia.....	18
2.2.3 Reações teciduais na radiologia intervencionista.....	20
2.2.4 Dosimetria em radiologia intervencionista.....	28
3 MÉTODOS.....	35
3.1 Seleção da pergunta de pesquisa.....	35
3.2 Amostragem.....	35
3.3 Categorização dos estudos.....	37
3.4 Avaliação dos estudos.....	38
3.5 Discussão dos resultados.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5 CONCLUSÃO.....	61
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A radiologia intervencionista (RI) é uma subespecialidade médica da radiologia, que utiliza procedimentos minimamente invasivos guiados por imagens, tanto para diagnóstico, como para tratamento (BUSHONG, 2010).

De acordo com o Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia (CONTER) a radiologia intervencionista tem fundamental importância em áreas como neurologia e cardiologia por estudar os meios de circulação e pressão sanguíneas para diagnosticar e tratar patologias vasculares (CONTER, 2019).

A Portaria do Ministério da Saúde nº 210, de 15 de junho de 2004, categoriza a radiologia intervencionista como um serviço de assistência de alta complexidade de uma unidade hospitalar que apresente condições técnicas, instalações físicas, equipamentos e recursos humanos adequados à prestação de assistência especializada (BRASIL, 2004).

Os exames realizados na área de radiologia intervencionista no Brasil demonstram um crescimento de cerca de 77% desde a década de 1960, devido a sofisticação dos equipamentos, onde a intervenção ao usuário é mínima com benefícios ao uso desta modalidade (CANEVARO, 2009).

Os procedimentos intervencionistas tipicamente demandam de longa duração para obter muitas imagens radiográficas, visualizadas em tempo real, e consequentemente elevam a dose de radiação X absorvida pelo usuário do serviço. O aumento na quantidade, de 10 a 20% por ano, e na complexidade dos procedimentos, devido a grande evolução no campo da radiologia intervencionista, vem substituindo algumas modalidades de tratamento cirúrgico resultando para a maioria dos usuários tratados um menor tempo de internação, menor tempo de recuperação e reduzindo o risco de morte (MELO, 2015; ROCHE, 2010).

Com a crescente realização e complexidade de procedimentos intervencionistas, cresceu também as preocupações com a saúde pública resultantes do aumento da exposição à radiação para pacientes. O alto tempo de exposição durante o procedimento, quando comparado com outras modalidades, faz

com que se tornem necessários cuidados extras nesses procedimentos. O aumento de lesões cutâneas graves relatadas salienta a necessidade de capacitação sobre riscos de radiação e a importância de estratégias para otimizar a exposição (LEYTON *et al.*, 2014, BUNDY *et al.*, 2020).

Os serviços de radiologia intervencionista devem implementar programa de educação permanente para toda a equipe contemplado capacitações e treinamentos, abordando tópicos sobre normas, rotinas, protocolos e procedimentos operacionais, bem como a segurança do paciente e gerenciamento dos riscos inerentes às tecnologias utilizada (BRASIL, 2019a).

Diversos países têm participado de estudos sobre a dose recebida em procedimentos médicos, chamada de exposição médica. Esses estudos contribuem para a determinação da exposição da população à radiação ionizante, e os efeitos que essa exposição pode causar. O maior estudo realizado é *Global Survey* guiado pelo Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica (UNSCEAR) que tem levantado a dose de radiação produzida em diversos exames de radiologia, incluindo radiologia diagnóstica e intervencionista. Nesse estudo, cada país tem listado os principais exames mais realizados, chamados de Top 20, e que conseqüentemente mais contribuem com a dose efetiva coletiva, da população que mora no país em estudo (UNSCEAR, 2017; UNSCEAR, 2019; UNSCEAR, 2020).

No Brasil, uma importante iniciativa foi dada nesse sentido, no estado de Santa Catarina, por meio do Sistema Estadual de Radiações Ionizantes (SIERI), no qual as exposições ocupacionais, número de serviços, número de profissionais atuantes são registrados e acompanhados pela Secretaria de Vigilância Sanitária (SVS). As exposições médicas ainda não são registradas por esse sistema. Porém, os serviços de radiologia intervencionista têm o dever de registrar as doses dos procedimentos e informar os registros, além de seguir os princípios de proteção radiológica vigentes no país, otimizando as exposições médicas, que são definidas como exposições a que são submetidos os usuários do serviço de saúde para fins de diagnóstico ou terapia (SANTA CATARINA, 2015; CNEN 2014).

Na radiologia intervencionista, os parâmetros relacionados às ionizações criadas pela radiação emitida durante os procedimentos são apresentados no *display* dos equipamentos: produto dose área (PDA) ou produto kerma área (PKA).

Esses parâmetros têm a vantagem de serem fáceis de visualizar e ainda permitem correlacionar o dano biológico. Além do fato de que podem ser usados para estimar a dose efetiva (UNSCEAR, 2017).

Assim, este estudo tem por objetivo levantar informações sobre o estado da arte em exposições médicas em procedimentos intervencionistas.

1.1 Problemática

Com base no exposto anteriormente, formulou-se a seguinte problemática: *o que tem sido praticado atualmente na área de gerenciamento e redução de dose decorrente de exposições médicas em radiologia intervencionista?*

1.2 Justificativa

A proteção radiológica em procedimentos intervencionistas, depende de vários fatores como a experiência do técnico ou tecnólogo em radiologia, da manutenção dos equipamentos, da confiabilidade dos dispositivos de segurança do equipamento e, por fim, das ações de prevenção de exposição acidental.

A radiologia intervencionista é a especialidade que mais se desenvolveu nos últimos anos e consiste em um método de diagnóstico e terapêutico que utiliza técnicas minimamente invasivas e produz imagens por meio de equipamentos emissores de raios X. Essa tecnologia potencializa os atendimentos e proporciona uma recuperação e alta dos usuários muito mais rápida e eficaz. O tempo de exposição à radiação ionizante durante os procedimentos de radiologia intervencionista é muito elevado, em relação a outros métodos de diagnóstico, e contribuem para uma alta dose de radiação com potencial de ocasionar possíveis reações teciduais, principalmente na pele do usuário (BARBOSA; CARVALHO; MEDEIROS, 2019).

Procedimentos intervencionistas guiados por fluoroscopia são os mais utilizados, os mais complexos e com os maiores tempos de exposição. Diversos trabalhos relatam lesões cutâneas após intervenções torácicas e cerebrais. Um

estudo realizado no Reino Unido com pacientes submetidos a procedimentos neurointervencionistas relatou reações teciduais na pele que reveste o crânio em doses entre 3 Gy e 4 Gy e o afinamento e queda de cabelo acima de 4,5 Gy (CORRIGALL; MARTIN; SCOTT, 2020). Assim, a preocupação em relação à proteção radiológica se torna de grande importância, uma vez que essa modalidade pode entregar a pacientes doses superiores a 5 Gy (JASCHKE *et al.*, 2017).

A participação de alunos do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) como bolsistas em proteção radiológica em hospitais públicos proporciona uma importante experiência com os sistemas de gerenciamento de doses utilizados no Estado de Santa Catarina. O preenchimento de bancos de dados desses sistemas, com as doses que os pacientes recebem ao serem submetidos a procedimentos intervencionistas, possibilita observar que, em muitos procedimentos realizados, os valores registrados são superiores aos limiares de dose para uma potencial ocorrência de reações teciduais.

Considerando os aspectos supracitados, a identificação dos tipos de procedimentos com maior probabilidade de provocar reações teciduais por meio das radiações ionizantes e a ciência dos valores das doses a que são expostos os usuários podem resultar em ações que promovam a otimização e minimização de riscos que levam ao potencial surgimento de efeitos biológicos.

Além disso, os resultados de um estudo dessa natureza podem ser úteis do ponto de vista da proteção radiológica, por apresentar estudos nacionais e internacionais sobre exposições médicas em radiologia intervencionista, que podem auxiliar no treinamento e capacitação dos profissionais da radiologia.

1.3 Objetivo geral

Realizar uma revisão integrativa da literatura sobre gerenciamento e redução de doses decorrentes de exposições médicas em radiologia intervencionista.

1.4 Objetivos específicos

1. Classificar os achados por ano, país, revista e seu determinado fator de impacto, e tipo de procedimento intervencionista;
2. Classificar os achados por similaridade do tema e comparar a amostra, objetivos e resultados apresentados nos estudos;
3. Realizar uma análise crítica dos principais resultados obtidos nos artigos encontrados a fim de apresentar o estado da arte no gerenciamento e redução de dose em procedimentos intervencionistas;
4. Elencar as principais recomendações aplicadas atualmente no gerenciamento e redução de dose em procedimentos intervencionistas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A utilização da radiação ionizante na área médica tem contribuído na melhoria da saúde das pessoas no mundo todo, mas deve ser usufruída com justificativa e prudência, de modo a impedir a exposição desnecessária tanto dos usuários quanto dos trabalhadores da área (PAZ; BOLOGNESI, 2017).

A capacitação dos profissionais envolvidos e o conhecimento sobre as propriedades da radiação ionizante contribui para um uso responsável da mesma. A seguir será apresentado ao leitor uma revisão abordando os seguintes assuntos relevantes para a compreensão da pesquisa: radiologia intervencionista, proteção radiológica em radiologia intervencionista, interação da radiação ionizante com a matéria, radiobiologia, reações teciduais na radiologia intervencionista e dosimetria em radiologia intervencionista.

2.1 Radiologia intervencionista - Hemodinâmica

A hemodinâmica é uma modalidade da radiologia intervencionista, que possibilita a realização de exames com a formação de imagens instantâneas e em movimento. No Brasil, o primeiro procedimento de hemodinâmica, denominado coronariografia, foi realizado em 1966 no Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, em São Paulo (ANDREAZZI, 2014; GOTTSCHALL, 2009).

Muitos serviços de hemodinâmica utilizam equipamentos de raios X projetados para essa finalidade, como é o caso do angiógrafo com sistema de fluoroscopia. A fluoroscopia é utilizada para monitorar os procedimentos e localizar lesões ou o local de tratamento, pois proporciona uma aquisição de imagens em tempo real de uma determinada estrutura do corpo humano. Em exames neurovasculares, cardiovasculares e no acompanhamento de procedimentos cirúrgicos menos invasivos, esse tipo de equipamento é extremamente útil (PAZ; BOLOGNESI, 2017).

De forma geral, os principais procedimentos de hemodinâmica têm como objetivo de tratar patologias e averiguar a fisiologia de órgãos e estruturas do organismo humano, são: angioplastia para introdução de *stent* e dilatação de vasos, implante de marca-passo, angiografia vascular, intervenção coronária percutânea, arteriografias, embolização de aneurisma cerebral, colangiografia percutânea, entre outros (SOUZA, 2018; ARRUDA, 2020).

De acordo com Moura e Bacchim Neto (2015), o aperfeiçoamento de técnicas intervencionistas ao decorrer dos anos e os benefícios de alguns tratamentos como as cirurgias endovasculares são inquestionáveis e resultam em procedimentos mais rápidos, com tempo reduzido de anestesia e diminuição do tempo de internação de usuários.

Contudo, dentro da radiologia intervencionista os procedimentos de hemodinâmica proporcionam uma das maiores doses de radiação aos usuários e indivíduos ocupacionalmente expostos, produzindo em alguns casos consideráveis lesões radioinduzidas nos indivíduos devido ao elevado tempo de exposição, altas taxas de dose e grande quantidade de imagens, entre outras razões (CANEVARO, 2009).

A complexidade das intervenções aumentou significativamente nos últimos anos, assim, observa-se uma crescente dose de radiação aplicada nos procedimentos intervencionistas e como medida de controle os serviços devem monitorar as doses dos procedimentos, mantendo os registros das doses dos pacientes para consulta (ARRUDA *et al.*, 2020).

Devido à complexidade dos procedimentos, o tempo total de exposição pode ser superior a uma hora. O aumento considerável no número de procedimentos realizados é motivado pela preferência em utilizar métodos menos invasivos e menos dispendiosos em relação às cirurgias (MAHESH, 2001).

De acordo com o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) do Ministério de Saúde do Brasil (Tabela 1) a quantidade de equipamento de raios X para hemodinâmica, denominados de angiógrafos (Figura 1), no Brasil é de 958 dos quais 923 estão em uso (CNES, 2020).

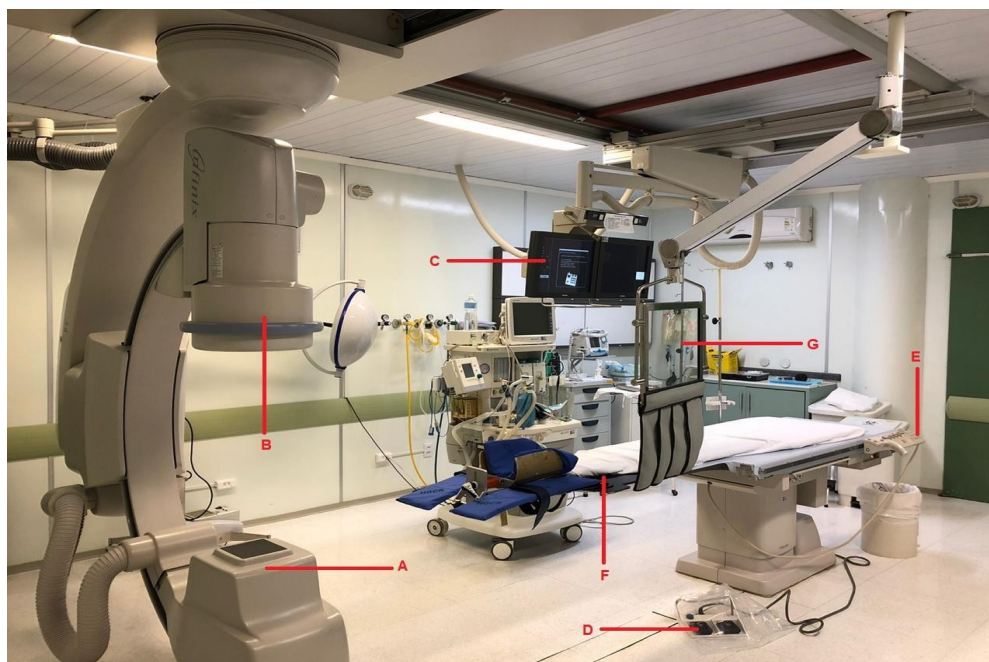
Tabela 1 – Quantidade de equipamentos de raios X para hemodinâmica no Brasil e na região Sul em agosto de 2020

Local	Existentes	Em uso	Existentes SUS	Em uso SUS
Brasil	958	923	470	451
Paraná	69	64	36	33
Santa Catarina	40	40	22	22
Rio Grande do Sul	61	60	36	36

Fonte: CNES (2020).

O estado de Santa Catarina é o único do Sul do Brasil em que todos os angiográficos registrados estão em funcionamento.

Figura 1 – Sala de um serviço de radiologia intervencionista



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2019).

A Figura 1 apresenta um angiógrafo da marca *Toshiba*, modelo *Infinix*, composto por um tubo de raios X de voltagem máxima de 150 kV (A), um tubo intensificador de imagem (B), dois monitores de visualização de imagem (C), um pedal disparador do feixe de radiação (D), um comando para o operador do equipamento (E), uma mesa de procedimentos (F) e um anteparo fixado no teto com braço articulado, visor e cortina plumbífera (G).

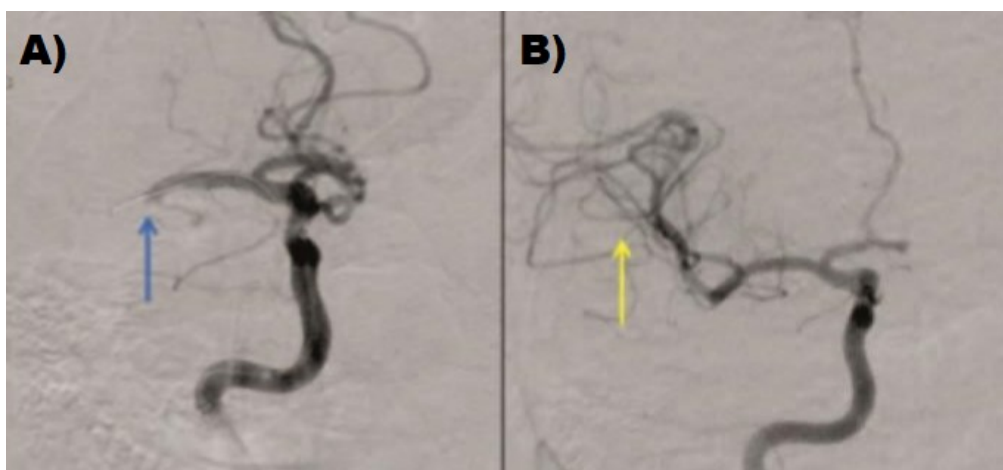
2.1.1 Tipos de procedimentos realizados na radiologia intervencionista

Os procedimentos na radiologia intervencionista, tem como característica uma pequena intervenção e são consideradas imagens em tempo real devido a visualização por monitor quando acionado o equipamento. Podem ter finalidade diagnóstica ou terapêutica (MARTINS; DE PAULA, 2011).

De acordo com a Sociedade Brasileira de Radiologia Intervencionista e Cirurgia Endovascular, os procedimentos de valvuloplastias, angioplastias, cateterismos cardíaco, oclusões, implantes e emboloterapias são alguns dos procedimentos realizados nos serviços de radiologia intervencionista (ARRUDA, 2020).

Conforme McMahon, Stocker e Bell (2019), um dos procedimentos realizados na radiologia intervencionista identificado como trombectomia endovascular, corresponde a oclusão de vasos sanguíneos. O exemplo abaixo mostra o efeito revascularizante da trombectomia sobre a oclusão da artéria cerebral média (Figura 2).

Figura 2 – Angiografia por subtração digital em uma mulher de 49 anos com hemiparesia esquerda de início súbito (A). Pós-trombectomia (B). A seta azul mostra a Artéria cerebral média (ACM) direita com o cateter passando por dentro. A seta amarela mostra o preenchimento melhorado da ACM. Após o procedimento, a paciente mostrou resolução completa dos sintomas neurológicos



Fonte: McMahon, Stocker e Bell (2019).

Um outro procedimento frequentemente realizado é a embolização, que consiste na introdução de um cateter na artéria femoral, com destino ao aneurisma de determinada estrutura anatômica, desta forma dentro do cateter, passam-se fios de platina em formato de espiral, ocasionando o preenchimento local e evitando a ruptura, seguindo a um derrame cerebral. A patologia se trata de uma dilatação anormal do vaso sanguíneo, causada pelo enfraquecimento das paredes do vaso resultante de trauma, fatores biológicos e hemodinâmicos (VIEIRA, 2016).

O cateterismo cardíaco é um procedimento invasivo, que implica a inserção de um cateter nos vasos sanguíneos e câmaras cardíacas com finalidade de diagnóstico e tratamento. O procedimento é realizado sob orientação fluoroscópica e expõe a pele do paciente a várias doses baixas de radiação. Portanto, alguns procedimentos são capazes de resultar em um acúmulo de dose de radiação suficientemente alta com potencial para causar uma lesão radioinduzida na região exposta da pele (HARRIES; PLATTEN, 2020).

A UNSCEAR em seu estudo *Global Survey*, categorizou os principais exames radiológicos, denominada pelo estudo de “procedimentos intervencionais guiados por imagem”, que são responsáveis pela maior dose na população, sendo os seguintes: intervenções cerebrais, abdominais, pélvicas e torácicas, incluindo também a angioplastia coronária transluminal percutânea (PTCA) para dilatação ou implante de stent e a introdução de marcapasso cardíaco como categorias específicas (UNSCEAR, 2017; EUROPEAN COMMISSION, 2008).

2.2 Proteção radiológica em radiologia intervencionista

Considerando os efeitos deletérios que a radiação ionizante pode oferecer é que surge o conceito de proteção radiológica. Caracterizado por promover um conjunto de ações e práticas que visam a segurança dos indivíduos envolvidos e aos cuidados com os equipamentos emissores de radiação ionizante ampliando a segurança nessas aplicações (PAZ; BOLOGNESI, 2017).

De acordo com a Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES (2015), o qual dispõe ao uso de raios X na radiologia intervencionista no estado de Santa Catarina, é necessário assegurar os requisitos mínimos de proteção radiológica aos usuários.

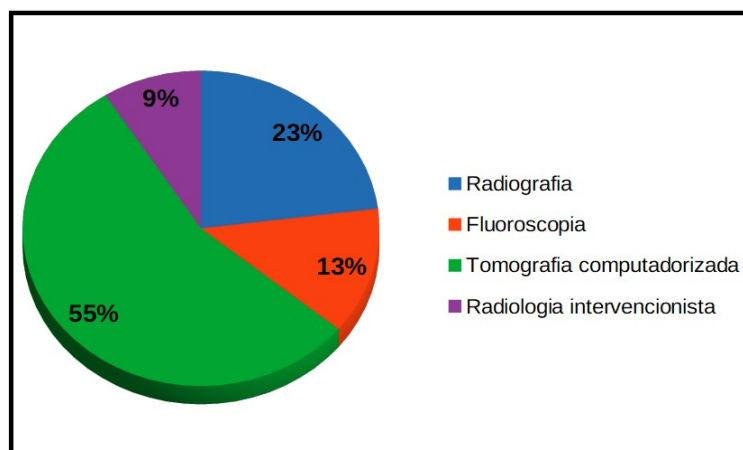
Sendo os princípios básicos de proteção radiológica a justificação da prática e das exposições médicas individuais, a otimização, a limitação de doses individuais e a prevenção de acidentes.

Segundo Oliveira da Silva (2017) todas as práticas que utilizam raios X devem ser justificadas e todas as questões relacionadas ao risco benefício dos indivíduos deve ser cuidadosamente ponderadas. Embora haja medidas de otimização, a justificação tem como uma importante finalidade evitar exposições desnecessárias. Visto isso, toda precaução nunca será exagerada, considerando que diversos procedimentos justificados clinicamente proporcionam altas doses de radiação.

Os procedimentos de cardiologia intervencionista, de acordo com o UNSCEAR, correspondem a terceira maior contribuição às doses coletivas, após a tomografia computadorizada e a medicina nuclear, caracterizadas pelo impacto radiológico de um procedimento ou fonte ionizante (UNSCEAR *apud* LEGÜES, 2016).

No *Report nº 180* da Comissão Europeia, intitulado de *Medical Radiation Exposure of the European Population*, é apresentado um gráfico (Figura 3) com a percentagem da contribuição da dose populacional entre as principais modalidades que utilizam raios X. Observa-se que a radiologia intervencionista está entre as quatro modalidades que mais contribuem para a exposição à radiação dos indivíduos envolvidos nos procedimentos (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

Figura 3 - Contribuições relativas das quatro principais modalidades radiológicas para a dose efetiva coletiva geral estimada em 36 países



Fonte: EUROPEAN COMMISSION (2014).

No estudo mencionado anteriormente, a dose populacional corresponde a dose efetiva coletiva para a população total causada por procedimentos radiológicos, não sendo incluída nessa estimativa a dose administrada em radioterapia e medicina nuclear. Os procedimentos realizados em fluoroscopia e radiologia intervencionista representam, respectivamente, a terceira e quarta modalidade com maior contribuição para a dose populacional (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

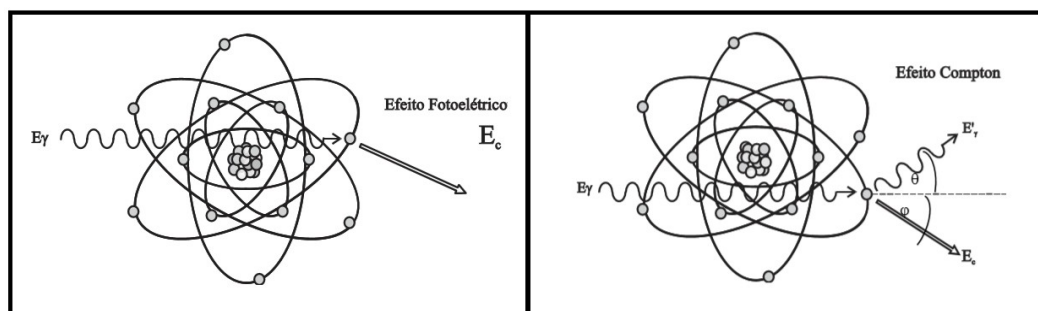
2.2.1 Interação da radiação ionizante

A utilização da radiação ionizante na área médica contribui, através do diagnóstico e da terapia, na melhoria da condição de saúde de pessoas em todo mundo. Contudo deve ser utilizada com justificativa e prudência, de modo a impedir a exposição desnecessária tanto dos usuários quanto dos trabalhadores da área (PAZ; BOLOGNESI, 2017).

A radiação ionizante é um tipo de radiação, capaz de remover elétrons de átomos, esse processo é denominado de ionização. Dentre as radiações eletromagnéticas, apenas os raios X e gama são capazes de ionizar em todo o seu espectro. No grupo das radiações corpusculares, entre elas temos as partículas alfa e beta que também são ionizantes. (BUSHONG, 2010; YOSHIMURA, 2019).

A interação da radiação ionizante com a matéria pode ocorrer por meio de diversos processos, os mais comuns em radiologia intervencionista são o efeito fotoelétrico e o efeito Compton (Figura 4), sendo este último identificado como efeito de espalhamento (BUSHONG, 2010).

Figura 4 – Representação do efeito fotoelétrico e efeito Compton



Fonte: Adaptado de Tauhata *et al.* (2014, p. 79 e 82).

De acordo com Tauhata *et al.* (2014) o efeito fotoelétrico é caracterizado pela transferência total da energia da radiação X para um único elétron orbital que é expelido do átomo. No efeito Compton, o fóton transfere somente parte de sua energia para um elétron de baixa energia de ligação, que é expelido do átomo e espalhado continuando sua trajetória dentro do material em outra direção e com menor energia.

2.2.2 Radiobiologia

A radiobiologia é a ciência dedicada ao conhecimento dos efeitos biológicos da radiação ionizante nos sistemas vivos (CONNOR, 2019). A água (H₂O) é a molécula mais abundante presente no organismo humano e participa de todas as reações metabólicas do mesmo. A interação da radiação com as moléculas da água provoca a radiólise e em cadeia ocasiona radicais livres, os quais são altamente reativos com outras moléculas de água presentes (CNEN, 2020).

O tecido responde ao ser irradiado e a resposta é determinada principalmente pela quantidade de energia depositada por unidade de massa, ou seja, pela dose de radiação absorvida representada pela unidade de medida Gray (Gy). A unidade radiológica Gray é utilizada quando se está descrevendo essa energia depositada no tecido de um paciente e geralmente está relacionada aos efeitos biológicos (BUSHONG, 2010).

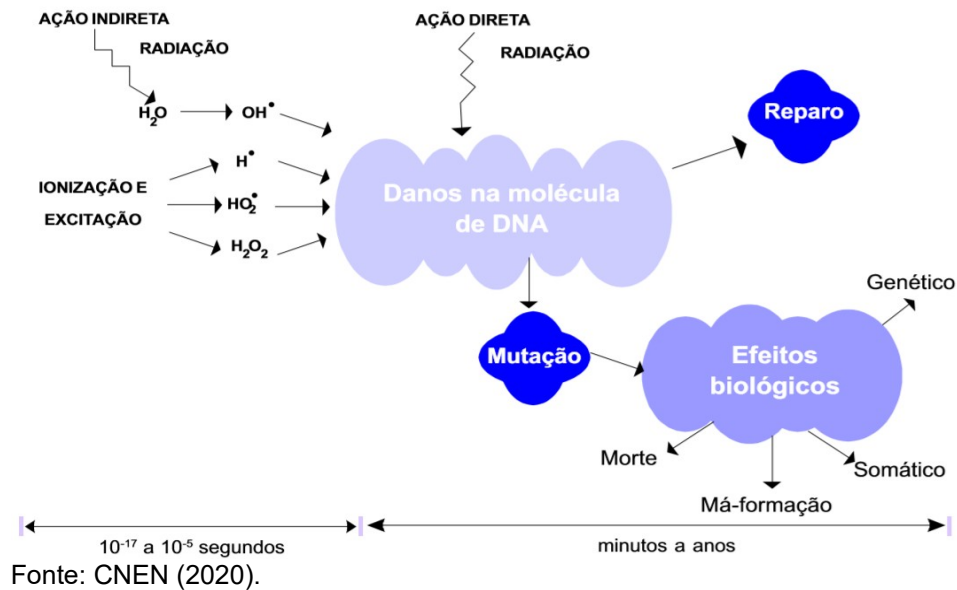
A Lei de Bergonie e Tribondeau (1906), afirma que a radiosensibilidade de um tecido é diretamente proporcional à sua atividade reprodutiva e inversamente proporcional ao grau de diferenciação. Desta forma, quanto maior for a taxa de divisão celular, maior a probabilidade de uma interação e mutação genética no DNA, sendo mais comum em tecidos epiteliais quando comparado aos tecidos nervosos e musculares devido a sua diferenciação celular (BUSHONG, 2010; HONJO; ICHINOHE, 2020).

Tanto Silva, Carneiro e Cavalcante (2014) como a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN (2020) afirmam que um tecido com menor grau de diferenciação celular, como a pele, apresenta uma alta taxa de divisão celular e, por esse motivo, se torna mais vulnerável à ação das radiações quando comparada a um tecido com uma diferenciação complexa.

Alguns fatores físicos e biológicos afetam a radiosensibilidade do tecido. O fracionamento de dose é um fator físico que reduz o efeito da radiação. Por exemplo, uma dose de 6 Gy emitida em 3 minutos é letal para um rato, porém, essa mesma dose emitida em 12 frações de 500 mGy, separadas em 24 horas entre si, o rato sobreviverá. Isso ocorre devido a fatores biológicos como a recuperação, que é caracterizada pela capacidade que as células humanas têm de se recuperar de danos provocados pelas radiações quando a dose não for suficiente para necrosar a mesma (BUSHONG, 2010).

Há duas possíveis reações do tecido irradiado. As possibilidades apresentadas podem ser explicadas como efeito direto e efeito indireto (Figura 5). O primeiro, efeito direto, corresponde cerca de 30% das reações, que tem como característica, após a absorção da energia da radiação pela própria célula, as alterações funcionais. A absorção de energia desses elétrons pode ocorrer no DNA, proteínas e lipídios (MARTA, 2014). A segunda reação devido a interação dos raios X é classificado como efeito indireto, quando a radiação quebra a molécula de H₂O, ocasionando a formação de radicais livres, que são bastante reativos, podendo causar danos em outras moléculas (OKUNO, 2018). Esse efeito ocorre com uma probabilidade maior de predominância devido a ionização dos átomos da água, levando a produção de radicais livres oxidantes, que resulta na hidroxila. Com o excesso de energia de reação que os radicais livres possuem, migram até a molécula-alvo e interagem com a mesma causando-a danos (BUSHONG, 2010).

Figura 5 – Esquema exemplificando as possíveis reações com o DNA



No momento em que a célula sofre interação, tanto do efeito direto quanto de efeito indireto, a molécula de DNA é exposta há dois tipos de danos: as mutações gênicas (quebras de molécula de DNA) e a probabilidade de um reparo celular (CNEN, 2020).

Segundo a CNEN (2020) após a interação da radiação ionizante ao DNA, as mutações gênicas correspondem a perda e/ou transformações codificadas nos genes, que podem ocorrer instantaneamente ou a longo prazo, dependendo do estágio de desenvolvimento o qual o usuário se encontra, podendo resultar em uma má formação de tecidos/órgãos e a possibilidade de hereditariedade.

2.2.3 Reações teciduais na radiologia intervencionista

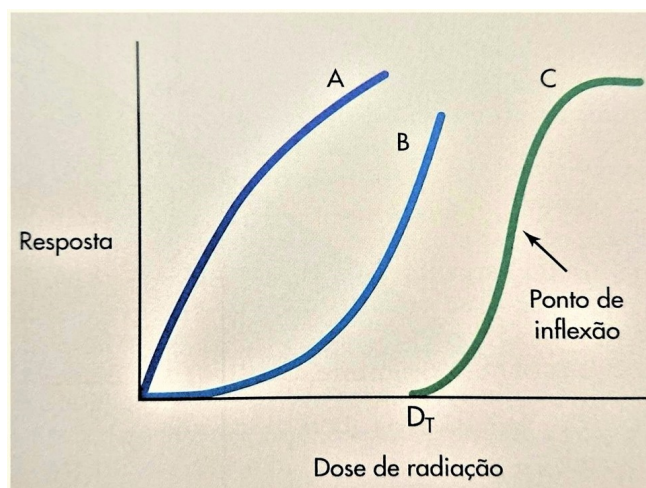
As reações teciduais resultam de altas doses e somente surgem acima de um limiar de dose, cujo valor depende do tipo de radiação e do tecido irradiado, sendo um de seus principais efeitos a morte celular. O efeito pode nem ser sentido se ocasionar a morte de poucas células, todavia se ocorrer a morte de um número elevado de células de um órgão, sua fisiologia pode ser comprometida. Ou seja, conforme a dose ultrapassa o limiar, a severidade da lesão tende a se ampliar. Um exemplo é a queimadura por radiação que pode ser desde um leve eritema até a formação de bolhas enormes (OKUNO, 2018).

As respostas do organismo humano à radiação são em função do valor da dose, sendo classificados em estocásticos e determinísticos ou reações teciduais, e em função do tempo de manifestação, sendo classificados em imediatos e tardios (TAUHATA *et al.*, 2014).

A relação dose-resposta da radiação consiste em uma relação matemática entre diferentes níveis de dose de radiação e da resposta observada (BUSHONG, 2010).

Todas as relações dose-resposta apresentam características linear ou não linear. Nas relações dose-resposta lineares, a resposta é diretamente proporcional à dose. Nas relações não lineares (Figura 6), as respostas variam significativamente com pequenas elevações nos níveis de dose.

Figura 6 - Relações dose-resposta não lineares



Fonte: Bushong (2010).

As relações dose-resposta não lineares podem ter várias formas. A curva A é do tipo sem limiar. As curvas B e C são do tipo com limiar. D_T é a dose limiar.

Nas relações dose-resposta do tipo sem limiar, se espera que qualquer dose produza uma resposta (efeitos estocásticos); e com limiar, quando doses abaixo de um determinado valor não apresentam resposta, entretanto, caso a dose esteja acima do limiar produzirá uma resposta. Esse tipo de relação ocorre em efeitos determinísticos (BUSHONG, 2010).

Em procedimentos hemodinâmicos, tratando-se de lesões na pele, a relação dose-resposta é do tipo não-linear com limiar (curva C), apresentando tipicamente uma curva do tipo S (sigmoidal). Por exemplo, doses baixas não causarão eritemas, no entanto doses elevadas promoverão em todas pessoas expostas. Porém, no ponto de inflexão da curva (topo), o aumento na dose tem pouco efeito na resposta (BUSHONG, 2010; ZANZONICO; DAUER; STRAUSS, 2016).

Diversos autores demonstram as possíveis reações teciduais, o limiar de dose e o tempo estimado para o potencial aparecimento das lesões (tabela 2).

Tabela 2 – Lesões radioinduzidas, limiar aproximado de dose e tempo de início dos efeitos

Efeito	Dose limiar aproximada (Gy)	Tempo de início dos efeitos
Eritema transitório precoce	2	2-24 h
Reação principal do eritema	6	~1,5 semanas
Epilação temporária	3	~3 semanas
Epilação permanente	7	~3 semanas
Descamação seca	14	~4 semanas
Descamação úmida	18	~4 semanas
Ulceração secundária	24	>6 semanas
Eritema tardio	15	8-10 semanas
Necrose dérmica isquêmica	18	>10 semanas
Atrofia dérmica (1ª fase)	10	>52 semanas
Telangiectasias	10	>52 semanas
Necrose dérmica (atrasada)	>12	>52 semanas
Câncer de pele	Desconhecido	>15 anos

Fonte: Jaschke *et al.* (2017).

Em procedimentos de radiologia intervencionista o feixe de radiação é centralizado em uma região específica da pele do usuário durante longos períodos de tempo, fornecendo nessa região da pele uma dose com potencial de produzir efeitos moderados, como eritema transitório ou lesões graves (descamação e necrose dérmica). A manifestação e severidade destas lesões são influenciadas por fatores que incluem tabagismo, obesidade, coloração da pele, bem como, o intervalo de tempo entre exposições decorrentes de vários procedimentos e região da pele irradiada (GARZÓN, 2016).

O Quadro 1 apresenta reações teciduais aplicáveis à faixa normal de radiosensibilidade do paciente na ausência de fatores físicos ou clínicos atenuantes ou agravantes.

Quadro 1 - Reações teciduais a partir de uma única aplicação de radiação durante um procedimento guiado por fluoroscopia

Dose aguda na pele em um único local (Gy)	Grau de reação da pele do <i>National Cancer Institute</i>	Tempo aproximado para o início dos efeitos			
		Imediato (<2 semanas)	Curto prazo (2-8 semanas)	Médio prazo (6-52 semanas)	Longo prazo (>40 semanas)
0 - 2	NA	Nenhum efeito visível esperado			
2 - 5	1	Eritema transitório	Epilação	Recuperação da queda de cabelo	Nenhum efeito visível esperado
5 - 10	1	Eritema transitório	Eritema e epilação	Recuperação; após doses mais altas: esperado eritema prolongado e epilação parcial permanente	Recuperação; após doses mais altas, espera-se atrofia dérmica e endurecimento
10 - 15	1 - 2	Eritema transitório	Eritema e epilação; possível descamação seca ou úmida; recuperação da descamação	Eritema prolongado; epilação permanente	Telangiectasia; atrofia dérmica e endurecimento
> 15	3 - 4	Eritema transitório; após doses muito altas: descamação úmida, edema / ulceração	Eritema e epilação; descamação úmida	Atrofia dérmica; ulceração secundária com intervenção cirúrgica provavelmente necessária	Possível ruptura tardia da pele; ferida pode progredir para uma lesão mais profunda, com possível intervenção cirúrgica

Fonte: Balter e Miller (2014); E. Chambers *et al.* (2011); Stecker *et al.* (2009).

Na pesquisa de Silva *et al.* (2011) com usuários submetidos a procedimentos de intervenção coronária em Pernambuco, os autores relataram que 53% dos usuários expostos a elevadas doses de radiação ionizante apresentaram reações teciduais. Ainda que provoque uma elevada exposição à radiação, a modalidade apresenta vantagens por representar um procedimento minimamente invasivo e trazer os mesmos benefícios de uma cirurgia convencional.

De acordo com Leyton (2014) podemos afirmar que:

Devido aos elevados níveis de exposições que podem ser atingidos em alguns procedimentos da cardiologia Intervencionista, é possível observar nos pacientes efeitos secundários a doses elevadas (determinísticos) ou proporcionais à dose recebida, sem limiar (estocásticos). Por outro lado, pelo fato de o procedimento requerer a presença do médico ao lado do paciente, também é possível que ocorram efeitos determinísticos nesses profissionais, como epilação e catarata (LEYTON *et al.*, 2014, p. 88).

A possibilidade de aparecimento de lesões na pele, é associada ao tempo prolongado de exposição, necessário para atingir o limiar de dose para o efeito de epilação temporária, que em geral é maior do que 90 minutos. A princípio os pacientes são mais suscetíveis a lesões na pele, em virtude do fato do controle automático de brilho mudar automaticamente os fatores da técnica para aumentar a produção de raios X (CANEVARO, 2009). O controle automático de brilho é uma ferramenta presente nos angiógrafos que aumenta a taxa de dose para compensar o fechamento do colimador (NUNES, 2020).

Balter *et al.* (2010), em seu trabalho denominado *Fluoroscopically Guided Interventional Procedures: A Review of Radiation Effects on Patients' Skin and Hair*, o qual faz uma revisão sobre efeitos da radiação ionizante em pele e cabelo de indivíduos submetidos a procedimentos intervencionistas guiados por fluoroscopia, demonstram usuários que apresentaram lesões cutâneas (Figura 7) e quedas de cabelos (Figura 8).

Figura 7 – Lesão por radiação devido à sobreposição de campos de radiação



Fonte: Balter *et al.* (2010).

A lesão cutânea mais superior foi decorrente de um procedimento intervencionista que exigiu 35 minutos de tempo de fluoroscopia e resultou em um kerma total de 6,2 Gy. A reação tecidual na linha média ocorreu após um procedimento subsequente que requereu 75 minutos de tempo de fluoroscopia e resultou em um kerma total de 8,7 Gy (BALTER *et al.*, 2010).

Figura 8 – Lesão por radiação em uma mulher de 60 anos após um procedimento de neurologia intervencionista para o tratamento de AVC agudo



Fonte: Balter e Miller (2014).

O tempo estimado de fluoroscopia que provocou a lesão da Figura 8 foi superior a 70 minutos e não houve estimativa de dose disponível. É possível observar a epilação local do couro cabeludo e lesão na pele no pescoço (BALTER; MILLER, 2014).

Um estudo realizado por Canevaro (2009) mostrou que pacientes tiveram reações teciduais mais graves quando foram submetidos a um elevado tempo de exposição em modo de fluoroscopia, sem movimentação de campo, durante procedimentos de radiologia intervencionista (Figura 9).

Figura 9 – Ulceração nas costas decorrente ao tempo prolongado na radiologia intervencionista



Fonte: Canevaro (2009).

Roche (2010) evidencia em seu trabalho que lesões graves podem aparecer tardiamente (Figuras 10 e 11), de algumas semanas a mais de um ano após os procedimentos intervencionistas.

Figura 10 - Lesões de radiodermatite crônica ocorrida vários meses após dois procedimentos de ablação



Fonte: Roche (2010).

No estudo realizado por Roche (2010), após dose cutânea cumulativa de 15 Gy a 20 Gy, em consequência de uma angiocoronariografia e duas angioplastias coronarianas no intervalo de três dias, observou-se a lesão apresentada na Figura 11.

Figura 11 - Necrose ulcerativa tardia



Fonte: Roche (2010).

Ainda de acordo com o mesmo estudo os sinais histológicos de câncer se desenvolveram na base da ulceração 21 meses após a primeira exposição (ROCHE, 2010).

2.2.4 Dosimetria em radiologia intervencionista

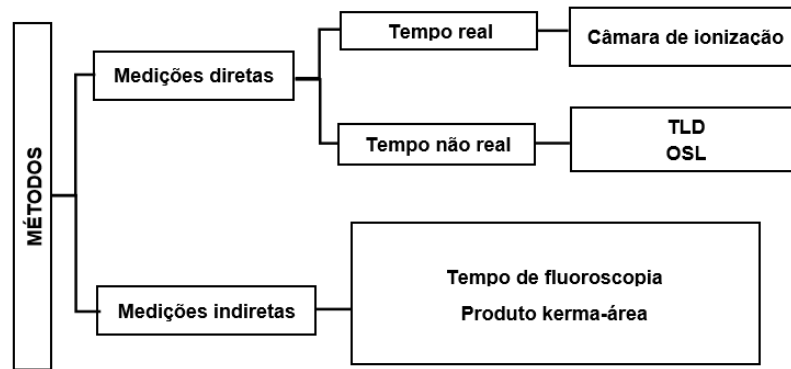
Em radiologia intervencionista a dosimetria do paciente pode ser dividida em três categorias de acordo com o objetivo dosimétrico (SUN; ABAZIZ; YUSOF, 2013):

1. dosimetria para risco estocástico: associada ao risco de indução de câncer;
2. dosimetria para garantia da qualidade: refere-se à avaliação do nível de otimização dos procedimentos intervencionistas em comparação com o desempenho do equipamento; e
3. dosimetria para evitar efeitos determinísticos da radiação: relacionado ao risco de ocorrência de reações teciduais.

A dose efetiva (E) é o indicador mais adequado na avaliação da prática diagnóstica e exposição da população, além de estimar o risco à saúde devido aos efeitos estocásticos da radiação. A dose máxima da pele (*Peak skin dose - PSD*) é importante para avaliar o potencial de efeitos determinísticos devido à irradiação da pele e para adotar medidas para impedi-los. Devido ao aumento das exposições médicas, o potencial de efeitos determinísticos em alguns procedimentos tem se tornado mais preocupantes do que o risco estocástico (PANTOS, 2009).

A dosimetria pode ser realizada com métodos de medidas diretos, que consiste na utilização de medidores de dose colocados na região de interesse durante os procedimentos, ou por métodos indiretos (Figura 12) que está relacionado às grandezas e informações fornecidas pelo próprio equipamento. (OLIVEIRA DA SILVA, 2017).

Figura 12 – Métodos para dosimetria em usuários aplicados na radiologia intervencionista



Fonte: adaptado de Oliveira da Silva (2017).

Na dosimetria direta, dosímetros termoluminescentes (TLDs) podem ser colocados no *phantom* em posições correspondentes aos órgãos de interesse. Após isso os TLDs são lidos e as doses dos órgãos são então obtidas. O uso de um TLD é uma das maneiras de determinar a dose real da pele, entretanto os resultados podem ser muito imprecisos, porque muitas vezes é impossível saber exatamente onde será a dose máxima na pele durante um procedimento (MAHESH, 2001).

Na medição indireta o método mais amplamente utilizado é por meio do produto dose-área (DAP), também chamado de produto kerma-área (P_{KA}). Esse tipo de medição usa uma câmara de ionização na face do colimador do tubo de raios X, que integra a exposição em todo o campo da imagem. Os valores DAP/ P_{KA} podem ser exibidos no console do equipamento (PANTOS, 2009).

O DAP/ P_{KA} , representa o produto do kerma no ar (em mGy) no centro de um certo plano do raio X (por exemplo, a superfície do paciente) multiplicado pela área do campo de raios X nesse plano (em cm^2). Assim o DAP/ P_{KA} é expresso em $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ (UNSCEAR, 2017).

Em outras palavras, o DAP/ P_{KA} é o produto da dose no ar em um determinado plano pela área da irradiação feixe (volume do tecido irradiado), por isso é um importante indicador de risco. Por exemplo, o risco de uma lesão na pele pode ser obtido dividindo o DAP/ P_{KA} pela área irradiada. Assim, é uma grandeza importante não apenas para estimar a dose da pele do paciente, mas também para estabelecer o risco estocástico ao paciente, por meio da dose efetiva (E) (BUSHONG, 2010; PANTOS, 2009).

Além disso, os valores DAP/P_{KA} podem ser multiplicados por fatores de conversão de acordo com o tipo de procedimento hemodinâmico realizado para estimar valores de dose efetiva. Como já mencionado, a dose efetiva (medida em mSv) é amplamente utilizada como fator estocástico relacionado ao risco para avaliar a radiação e também é usada para definir limites e restrições de dose, para limitar o risco de câncer e efeitos hereditários. Pode ser obtida por meio de três métodos (UNSCEAR, 2017; PANTOS, 2009):

- (1) medições em *phantoms* antropomórficos físicos usando dosímetros TLDs;
- (2) multiplicando DAP/P_{KA} por um fator de conversão;
- (3) e por meio de códigos de simulação como Monte Carlo.

De acordo com a nova Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a RDC nº 330/2019, em sua Instrução Normativa 53, todo sistema de radiologia intervencionista deve contar com a presença de monitores de radiação que indiquem o produto kerma-área (P_{KA}) em $Gy.cm^2$ acumulado no exame ou do kerma no ar no ponto de referência de intervencionismo (K_{ar}) em mGy.

Além disso, é recomendável que o serviço de radiologia intervencionista registre as doses e implante um sistema de acompanhamento dos usuários que excedam a dose de alerta (LEYTON *et al.*, 2014; ANVISA, 2019a; ANVISA, 2019b). No trabalho de Perry *et al.* (2019), os valores que excedem a dose de alerta são analisados por um físico e este gera relatórios os quais são enviados aos médicos envolvidos nos procedimentos.

De acordo com Tauhata *et al.* (2014), as grandezas dosimétricas são fundamentais para estimar as doses de radiação em procedimentos e até mesmo otimizar as técnicas ou auxiliar no caso de efeitos biológicos. Uma das maneiras de avaliar os efeitos da interação da radiação com a matéria é através das grandezas dosimétricas.

Utilizando relações com a massa ou volume, podem-se definir grandezas radiológicas como, exposição, kerma e dose absorvida. Essas grandezas dosimétricas estão relacionadas à quantidade de radiação que um material absorveu ou foi submetido. A unidade de kerma é o joule por quilograma, que também é denominada gray (Gy). Por meio dela é possível estimar a dose absorvida e os efeitos determinísticos que um paciente poderá apresentar, de acordo com essa dose (TAUHATA, 2014).

Apesar do número de procedimentos em radiologia intervencionista serem baixos, em relação a outras modalidades, o tempo de duração alto faz com que se tornem necessários cuidados extras nesses procedimentos. Para garantir o bom gerenciamento dos riscos radiológicos e fomentar a conscientização de que existem procedimentos em radiologia intervencionista com potencial de gerar altas doses de radiação ao usuário e aos colaboradores, algumas organizações internacionais têm se motivado a publicar recomendações que auxiliam os serviços a manter uma qualidade no serviço com altos padrões de segurança (UNSCEAR, 2017; ICRP, 2013b; ICRP, 2009).

O instituto *BC Cancer* do Canadá, conforme apresentado no trabalho de Balter *et al.* (2010), elaborou um quadro informativo aconselhando os médicos quanto às informações a serem fornecidas aos usuários (Quadro 2). Recomendando também que uma equipe com experiência em lesões provocadas pelas radiações preste um atendimento individualizado para usuários que apresentem graves feridas. Para exposições a doses acima dos 15 Gy, além do acompanhamento médico, uma investigação completa da situação que levou o indivíduo a absorver tal dose é recomendável com o objetivo de minimizar a probabilidade desse tipo de evento ocorrer novamente.

Quadro 2 – Recomendações gerais do BC Cancer para fornecer ao usuário e ao médico responsável pelo tratamento

Faixa de dose na Pele (Gy)	Recomendações para o usuário
0 – 2	Não há necessidade de informar o usuário, pois não deve haver efeitos visíveis; se o usuário relatar alterações na pele, deve tratar em resposta aos sinais e sintomas.
2 – 5	Avisar ao indivíduo que o eritema pode ser observado, mas deve desaparecer com o tempo; recomendar ao usuário a informá-lo se as alterações na pele causarem desconforto físico.
5 – 10	Aconselhar o usuário para realizar o autoexame ou pedir uma outra pessoa para examinar os efeitos de pele por cerca de 2 a 10 semanas após o procedimento; indique ao usuário onde efeitos de pele são mais prováveis de ocorrer; se ocorrer eritema cutâneo e prurido, o usuário deve chamar o radiologista; reações cutâneas são frequentemente tratadas conservadoramente; pode aconselhar o usuário a ser examinado pelo dermatologista ou outro médico responsável pelo tratamento e informar que a lesão pode ser devido à radiação; radiologista deve igualmente informar o médico com os detalhes do exame de onde os efeitos da pele relacionadas com a radiação são susceptíveis de ocorrer.
10 – 15	Acompanhamento médico é apropriado; as recomendações são as mesmas que para doses de 5 – 10 Gy, mas também deve avisar dermatologista ou outro médico responsável pelo tratamento que os efeitos da pele podem ser prolongados devido à dose de radiação, e que o tratamento profilático para a infecção e monitoramento da progressão da ferida é necessário; dor pode tornar-se uma preocupação se as doses estiverem na faixa mais alta deste nível.
> 15	Acompanhamento médico é essencial; tipo e frequência dependerão da dose de radiação estimada; as recomendações são as mesmas que para doses de 10 – 15 Gy; contudo se deve avisar ao médico responsável de que as feridas podem progredir à úlcera ou necrose.
Nota: Aplicável à faixa normal de radiosensibilidade do usuário na ausência de fatores físicos ou clínicos atenuantes ou agravantes.	

Fonte: Jaschke *et al.* (2017); Balter *et al.* (2010, p. 335)

Diversos estudos alertam para as altas doses de radiação as quais os pacientes são expostos em procedimentos de radiologia intervencionista. (LOPEZ; DARKI, 2020; BUNDY *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2011).

Porém, de acordo com Vargas *et al. apud* Lopez e Darki (2020, p. 857):

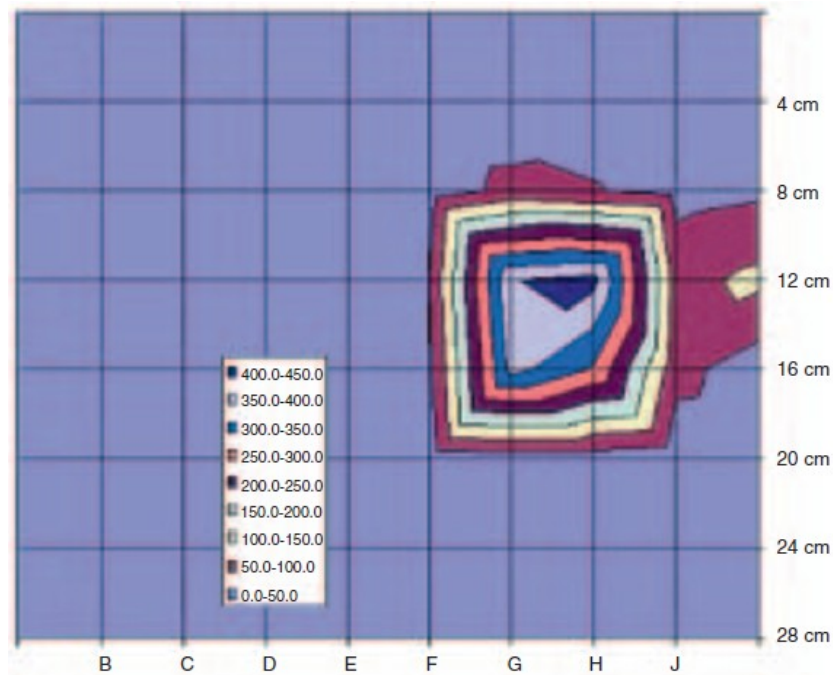
"Em uma análise recente se identificou que apenas 8 de 204 ensaios clínicos randomizados de cardiologia intervencionista, entre 2000 e 2010, relataram as doses de exposição à radiação e tempo de exame [...]. Não é surpreendente que possa haver uma variação considerável na quantidade de exposição a radiação que um paciente recebe durante um procedimento intervencionista."

A Sociedade de Radiologia Intervencionista (SIR) dos Estados Unidos da América, orienta para a realização de um gerenciamento da dose de radiação do paciente que inclui planejamento antes e durante os procedimentos

intervencionistas, bem como de cuidados pós-procedimento. A SIR produziu um guia que discute o valor dessas intervenções, o risco associado à radiação e a importância de otimizar a dose de radiação (STECKER *et al.*, 2009).

O gerenciamento de dose também inclui mapeamento das doses recebidas pelo paciente. Roche (2010) discorre em seu trabalho que lesões cutâneas eritematosas, decorrente de procedimentos intervencionistas, podem ocorrer suficientemente cedo, entre 2 horas e 10 dias, para serem detectadas em um exame clínico. Nesse trabalho é apresentado um exemplo de mapeamento de dose na pele (Figura 13) realizado durante um procedimento coronariano intervencionista, que possibilita observar que a dose, perto do centro do campo, excede 4 Gy.

Figura 13 - Mapeamento de doses na pele de um paciente durante um procedimento coronariano intervencionista com doses expressas em cGy.



Fonte: Roche (2010).

Na Figura 13, cada coluna, da esquerda para a direita, representa 1 cm e as linhas, de cima para baixo, 4 cm da região exposta da pele do paciente (ROCHE, 2010).

Os motivos para altas doses variam. Para Canevaro (2009) os procedimentos em radiologia intervencionista proporcionam uma das maiores doses de radiação, decorrente ao feixe de radiação estar centralizado em uma região específica da pele do usuário durante longos períodos de tempo, fornecendo uma dose com potencial de produzir reações teciduais.

Já um estudo retrospectivo realizado no norte da Europa revelou que uma considerável variação na exposição à radiação, a qual o paciente está exposto durante um procedimento intervencionista, está relacionada ao sistema de imagem. Foi observado que existe um impacto significativo nos valores de dose. Sendo que sistemas mais modernos produzem menores doses de radiação (McNEICE *et al.*, 2018).

Para Okuno (2013), os efeitos biológicos que resultam de altas doses e surgem acima de uma dose limiar são definidos como reações teciduais, cujo valor depende do tipo de radiação e tecido irradiado. Tauhata (2014) denomina esse mesmo efeito biológico como efeito determinístico e a probabilidade de ocorrência do mesmo é considerada nula para valores de dose abaixo do limiar e muito alta para doses acima, tendo como exemplo de reações teciduais na pele, para dose entre 3 e 5 Gy, o eritema e a descamação seca, com sintomas aparecendo após 3 semanas da exposição à radiação.

O Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica (UNSCEAR), em seu último relatório, mencionou o crescente aumento no número de profissionais atuando na área da radiologia intervencionista. Também relatou uma preocupação crescente com os níveis de dose, devido a descobertas de reações teciduais em pacientes que foram submetidos a procedimentos longos, usando equipamentos descalibrados e realizados por indivíduos inadequadamente treinados em proteção radiológica (UNSCEAR, 2008).

Para Mohammadi, Danaee e Alizadeh (2017), o melhor método para a redução da dose do paciente é diminuir o uso do modo fluoroscopia e da aquisição para o menor valor possível.

3 MÉTODOS

Este estudo se trata de uma revisão integrativa da literatura, método de pesquisa que tem como objetivo construir uma análise sobre o conhecimento já apresentado em trabalhos anteriores sobre um determinado tema, possibilitando, através da síntese desses estudos já publicados, a geração de novos conhecimentos (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011; FLICK, 2013).

3.1 Seleção da pergunta de pesquisa

Após a definição do tema, a seguinte questão norteadora foi elaborada: *o que tem sido praticado atualmente na área de gerenciamento e redução de dose decorrente de exposições médicas em radiologia intervencionista?*

3.2 Amostragem

Na etapa da amostragem foi realizada uma consulta no sistema de Descritores em Ciência da Saúde (DeCS) para obter os descritores que foram utilizados para compor a chave de busca nas bases de dados. Os descritores selecionados foram: radiologia intervencionista, lesões por radiação, proteção radiológica e dosimetria; e seus equivalentes em inglês: *interventional radiology, radiation injuries, radiological protection* e *dosimetry*. Além disso, também foram utilizadas as seguintes palavras-chave: dosimetria de pacientes e dose de radiação e seus equivalentes em inglês: *dosimetry of patients* e *radiation dose*.

As bases de dados utilizadas foram as seguintes: *Scielo, Pubmed, e INIS*. A base de dados *Scielo* foi utilizada com o intuito de incluir periódicos científicos brasileiros. Tanto a *Pubmed*, quanto a *INIS*, foram selecionadas devido a sua relevância internacional. Cabe destacar que a *International Nuclear Information System (INIS)*, pertencente a *International Atomic Energy Agency (IAEA)* e possui uma das maiores coleções mundiais de informações publicadas na área de proteção radiológica.

O operador booleano utilizado foi o AND, para correlacionar os descritores e palavras-chave a fim de refinar a busca. Foram utilizados os seguintes filtros: ano de publicação (2016 a 2020), idiomas (inglês e português), publicados em revistas científicas (*journal article*) e disponibilidade do texto (*full text*). O Quadro 3 apresenta as estratégias de buscas utilizadas.

Quadro 3 - Bases de dados e estratégias de busca utilizadas na revisão integrativa

Bases de dados	Estratégias de buscas (Descritores e palavras chaves)	Nº de referências obtidas	Filtros aplicados	Títulos e resumos analisados	Selecionados para revisão
Scielo	(radiologia intervencionista) AND (lesões por radiação) AND (dosimetria de pacientes)	0	0	0	0
	(<i>interventional radiology</i>) AND (radiation injuries) AND (dosimetry)	0	0	0	0
	(radiologia intervencionista) AND (proteção radiológica) AND (dosimetria)	1	2016 – 2020	0	0
	(<i>interventional radiology</i>) AND (dosimetry)	2	2016 – 2020	0	0
	(radiologia intervencionista) AND (proteção radiológica)	5	2016 – 2020	1	0
PubMed	(<i>interventional radiology</i>) AND (radiation injuries) AND (radiation dose) AND (dosimetry of patients)	218	2016 – 2020; inglês e português	52	10
INIS IAEA	(<i>interventional radiology</i>) AND (radiation injuries) AND (radiation dose) AND (dosimetry of patients)	1544	2016 – 2020; inglês e português; <i>journal article</i> .	15	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

A amostra inicial foi composta por 68 artigos completos relacionados ao tema, publicados no período de 2016 a 2020, nos idiomas português e inglês; que tratavam como principal temática a proteção radiológica em radiologia intervencionista.

Após uma leitura criteriosa dos títulos dos trabalhos selecionados foi realizada a leitura dos resumos. Foram eleitos os que se relacionavam com o tema proposto para uma leitura na íntegra e finalmente, selecionados os que apresentavam maior conformidade com a temática. Dessa forma 11 artigos foram selecionados e constituíram a amostra final do trabalho.

Na definição dos critérios de inclusão da pesquisa, foram utilizados artigos científicos e artigos publicados em anais de congresso entre 2016 e 2020, que tratavam de reações teciduais envolvendo pacientes em procedimentos de radiologia intervencionista, gerenciamento de dose e proteção radiológica dos pacientes.

As buscas pelos documentos foram realizadas no período compreendido entre abril de 2019 e novembro de 2020.

Como critério de exclusão, optou-se por remover artigos que não estavam relacionados à temática proteção radiológica de pacientes em radiologia intervencionista, em outros idiomas que não os citados anteriormente, publicados em períodos anteriores à data estabelecida, além de resumos, capítulos de livros, dissertações e teses.

3.3 Categorização dos estudos

Após a seleção dos 11 artigos, lidos na íntegra e incluídos na revisão, foi elaborado um quadro (Apêndice A) para registrar as principais informações dos trabalhos de forma resumida. As informações como autor/ano de publicação, base de dados, descritores, título, sujeitos da pesquisa, objetivos/problematização, principais resultados, conclusões e procedimentos avaliados, foram inseridas neste instrumento proporcionando assim uma melhor exploração das informações e comparação entre os mesmos.

3.4 Avaliação dos estudos

Na etapa de avaliação dos estudos, as publicações foram analisadas detalhadamente buscando observar a metodologia empregada nos trabalhos, identificar a questão da pesquisa e sintetizar os resultados e as conclusões obtidas pelos autores em relação à proteção radiológica dos pacientes em radiologia intervencionista. Nesse processo foram destacadas as abordagens utilizadas nos artigos no que diz respeito à caracterização e redução das doses recebidas por pacientes, bem como o controle da exposição médica em procedimentos intervencionistas.

3.5 Discussão dos resultados

Realizou-se uma comparação entre os artigos, apresentando os dados e argumentando suas similaridades e diferenças; enfatizando a consonância entre os trabalhos com relação às condutas adotadas na caracterização e redução de dose e proteção radiológica dos pacientes.

Com intuito de prover informações que possibilitem ao leitor a análise da adequação dos artigos pesquisados com o tema apresentado, elaborou-se, após a leitura detalhada, uma síntese dos principais achados para a apresentação e discussão dos resultados no que se refere a caracterização e redução de doses decorrentes de exposições médicas em procedimentos intervencionistas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

GERENCIAMENTO DE DOSE DECORRENTE DE EXPOSIÇÕES MÉDICAS EM RADIOLOGIA INTERVENCIONISTA

MAZUIM, Fernando Rockembach¹; SOUZA, Daiane Cristini Barbosa²

1 – Graduando do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia – IFSC

2 – Docente do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia – IFSC

Resumo

O trabalho se trata de uma revisão integrativa da literatura sobre o gerenciamento e redução de doses decorrentes de exposições médicas em radiologia intervencionista. Foi realizada uma busca, através das bases de dados *Scielo*, *PubMed* e *INIS*, de artigos científicos em inglês e português, no período de 2016 a 2020. Após uma leitura criteriosa foram selecionados 11 estudos os quais constituíram a amostra final do trabalho. Realizou-se uma comparação entre os artigos enfatizando a consonância entre os trabalhos com relação às condutas adotadas no gerenciamento de dose. Os estudos foram segregados em três temáticas: gerenciamento de dose, redução de dose e estudos realizados em nível nacional e internacional. A introdução de tecnologias que auxiliam no gerenciamento de dose tem se mostrado uma importante ferramenta na proteção radiológica, além de aumentar a conscientização sobre o uso da radiação. Estratégias de redução de doses resultam em doses de radiação significativamente menores tanto em profissionais quanto em pacientes. Conclui-se que a temática é pouco abordada na capacitação de profissionais da área, igualmente em países desenvolvidos. O planejamento cuidadoso do procedimento, a otimização dos parâmetros técnicos e principalmente a capacitação e treinamento dos profissionais envolvidos são fatores determinantes para uma contribuição relevante na proteção radiológica visando a redução de efeitos determinísticos em exposições médicas.

Descritores: Radiologia intervencionista. Lesões por radiação. Proteção radiológica. Dosimetria de pacientes.

INTRODUÇÃO

A radiologia intervencionista (RI) é a especialidade que mais se desenvolveu nos últimos anos e consiste em um método de diagnóstico e terapêutico que utiliza técnicas minimamente invasivas e produz imagens por meio de equipamentos emissores de raios X. Essa tecnologia potencializa os atendimentos e proporcionam uma recuperação e alta dos usuários muito mais rápida e eficaz (BARBOSA; CARVALHO; MEDEIROS, 2019). A RI tem fundamental importância em áreas como neurologia e cardiologia por estudar os meios de circulação e pressão sanguíneas para diagnosticar e tratar patologias vasculares (CONTER, 2019).

A utilização da radiação ionizante na área médica tem contribuído na melhora da saúde das pessoas no mundo todo, mas deve ser usufruída com justificativa e prudência, de modo a impedir a exposição desnecessária tanto dos usuários quanto dos trabalhadores da área (PAZ; BOLOGNESI, 2017).

Procedimentos intervencionistas guiados por fluoroscopia são os mais utilizados, os mais complexos e com os maiores tempos de exposição. Diversos trabalhos relatam lesões cutâneas após intervenções torácicas e cerebrais. Um estudo realizado no Reino Unido com pacientes submetidos a procedimentos neurointervencionistas relatou reações teciduais na pele que reveste o crânio em doses entre 3 Gy e 4 Gy e o afinamento e queda de cabelo acima de 4,5 Gy (CORRIGALL; MARTIN; SCOTT, 2020).

Com a crescente realização e complexidade de procedimentos intervencionistas, cresceu também a preocupação com a saúde pública resultante do aumento da exposição à radiação para pacientes. O alto tempo de exposição durante o procedimento faz com que se tornem necessários cuidados extras nesses procedimentos. O aumento de lesões cutâneas graves relatadas salienta a necessidade de capacitação sobre riscos de radiação e a importância em adotar estratégias para otimizar a exposição (LEYTON *et al.*, 2014, BUNDY *et al.*, 2020).

Os serviços de radiologia intervencionista devem implementar programa de educação permanente para toda a equipe contemplado capacitações e treinamentos, abordando tópicos sobre normas, rotinas, protocolos e procedimentos

operacionais, bem como a segurança do paciente e gerenciamento dos riscos inerentes às tecnologias utilizada (BRASIL, 2019a).

Diversos países têm participado de estudos sobre a dose recebida em procedimentos médicos, chamada de exposição médica. Esses estudos contribuem para a determinação da exposição da população à radiação ionizante e os efeitos que essa exposição pode causar. (UNSCEAR, 2020).

No Brasil, uma importante iniciativa foi dada nesse sentido, no estado de Santa Catarina, por meio do Sistema Estadual de Radiações Ionizantes (SIERI), no qual os serviços de radiologia intervencionista têm o dever de registrar as doses dos procedimentos e informar os registros, além de seguir os princípios de proteção radiológica vigentes no país, otimizando as exposições médicas, que são definidas como exposições a que são submetidos os usuários do serviço de saúde para fins de diagnóstico ou terapia (SANTA CATARINA, 2015; CNEN 2014).

Assim, a preocupação em relação à proteção radiológica se torna de grande importância, uma vez que essa modalidade pode entregar a pacientes doses superiores a 5 Gy (JASCHKE *et al.*, 2017).

O objetivo do presente trabalho é realizar uma revisão integrativa da literatura sobre gerenciamento e redução de doses decorrentes de exposições médicas em radiologia intervencionista.

MÉTODOS

Este estudo se trata de uma revisão integrativa da literatura, método de pesquisa que tem como objetivo construir uma análise sobre o conhecimento já apresentado em trabalhos anteriores visando responder a seguinte pergunta: *o que tem sido praticado atualmente na área de gerenciamento e redução de dose decorrente de exposições médicas em radiologia intervencionista?*

Na etapa da amostragem foi realizada uma consulta no sistema de Descritores em Ciência da Saúde (DeCS) e foram definidos os seguintes termos para compor a chave de busca nas bases de dados: radiologia intervencionista, lesões por radiação, proteção radiológica e dosimetria; e seus equivalentes em inglês: *interventional radiology, radiation injuries, radiological protection e dosimetry*.

As bases de dados *Scielo*, *Pubmed*, e *INIS* foram utilizadas. O operador booleano aplicado foi o *AND*, para correlacionar os descritores e palavras-chave a fim de refinar a busca. Foram selecionados os seguintes filtros: ano de publicação (2016 a 2020), idiomas (inglês e português), publicados em revistas científicas (*journal article*) e disponibilidade do texto (*full text*). O Quadro 1 apresenta as estratégias de buscas utilizadas.

Quadro 1 - Bases de dados e estratégias de busca utilizadas na revisão integrativa

Bases de dados	Estratégias de buscas (Descritores e palavras chaves)	Nº de referências obtidas	Filtros aplicados	Títulos e resumos analisados	Selecionados para revisão
Scielo	(radiologia intervencionista) <i>AND</i> (lesões por radiação) <i>AND</i> (dosimetria de pacientes)	0	0	0	0
	(<i>interventional radiology</i>) <i>AND</i> (<i>radiation injuries</i>) <i>AND</i> (<i>dosimetry</i>)	0	0	0	0
	(radiologia intervencionista) <i>AND</i> (proteção radiológica) <i>AND</i> (dosimetria)	1	2016 – 2020	0	0
	(<i>interventional radiology</i>) <i>AND</i> (<i>dosimetry</i>)	2	2016 – 2020	0	0
	(radiologia intervencionista) <i>AND</i> (proteção radiológica)	5	2016 – 2020	1	0
PubMed	(<i>interventional radiology</i>) <i>AND</i> (<i>radiation injuries</i>) <i>AND</i> (<i>radiation dose</i>) <i>AND</i> (<i>dosimetry of patients</i>)	218	2016 – 2020; inglês e português	52	10
INIS IAEA	(<i>interventional radiology</i>) <i>AND</i> (<i>radiation injuries</i>) <i>AND</i> (<i>radiation dose</i>) <i>AND</i> (<i>dosimetry of patients</i>)	1544	2016 – 2020; inglês e português; <i>journal article</i> .	15	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

A amostra inicial foi composta por 68 artigos completos relacionados ao tema, publicados no período de 2016 a 2020, nos idiomas português e inglês; que tratavam como principal temática a proteção radiológica em radiologia intervencionista.

Após uma leitura criteriosa dos títulos dos trabalhos selecionados foi realizada a leitura dos resumos. Foram eleitos os que se relacionavam com o tema proposto para uma leitura na íntegra e finalmente, selecionados os que apresentavam maior conformidade com a temática. Dessa forma 11 artigos foram selecionados e constituíram a amostra final do trabalho.

Na definição dos critérios de inclusão da pesquisa, foram utilizados artigos científicos e artigos publicados em anais de congresso entre 2016 e 2020, que tratavam de reações teciduais envolvendo pacientes em procedimentos de RI, gerenciamento de dose e proteção radiológica dos pacientes.

As buscas pelos documentos foram realizadas no período compreendido entre abril de 2019 e novembro de 2020.

Como critério de exclusão, optou-se por remover artigos que não estavam relacionados à temática proteção radiológica de pacientes em radiologia intervencionista, em outros idiomas que não os citados anteriormente, publicados em períodos anteriores à data estabelecida, além de resumos, capítulos de livros, dissertações e teses.

Após a seleção dos 11 artigos, lidos na íntegra e incluídos na revisão, foi elaborado um quadro (Quadro 2) para registrar as principais informações dos trabalhos de forma resumida, proporcionando assim, uma melhor exploração das informações e comparação entre os mesmos.

Na avaliação dos estudos foram destacadas as abordagens utilizadas nos artigos no que diz respeito à caracterização e redução das doses recebidas por pacientes, bem como o controle da exposição médica em procedimentos intervencionistas. Realizou-se uma comparação entre os artigos, apresentando os dados e argumentando suas similaridades e diferenças; enfatizando a consonância entre os trabalhos. Elaborou-se, após a leitura detalhada, uma síntese dos principais achados para a apresentação e discussão dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos 68 artigos obtidos por meio da estratégia de busca e critérios de inclusão e exclusão estabelecidos no capítulo “Métodos”, 11 foram selecionados para esta revisão (HARRIES; PLATTEN, 2020; BANERJEE *et al.*, 2019; PERRY *et al.* 2019; GREFFIER *et al.*, 2017; HEILMAIER *et al.*, 2017; HEILMAIER *et al.*, 2016; RANA; RUDIN; BEDNAREK, 2016; SÁNCHEZ *et al.*, 2018; SCHNEIDER; WYSE; PEARL, 2017; O'HORA; RYAN; RAINFORD, 2019; BIJWAARD, VALK e de WAARD-SCHALKX I, 2018).

Dos artigos incluídos na pesquisa, o período que mais se publicou foi entre 2017-2018. Os países nos quais os estudos foram desenvolvidos e publicados foram: Alemanha, Espanha, Estados Unidos da América, França, Holanda, Inglaterra, Irlanda, Itália e Suíça. Os estudos selecionados foram publicados em diversas revistas, destacando *Radiation Protection Dosimetry* (2 estudos), *Health Physics* (2 estudos) e *Journal of Vascular and Interventional Radiology* (2 estudos). Dentre as revistas citadas, podemos destacar a *Medical Physics* da *American Association Physicists Medicine* (AAPM) com o maior fator de impacto relatado (3.177).

Após a análise, os artigos foram segregados em três temáticas: gerenciamento de dose, redução de dose e estudos nacionais. A seguir uma descrição e discussão dos resultados obtidos dentro de cada temática.

Temática 1: gerenciamento de dose

Sete artigos foram incluídos na temática de “Gerenciamento de dose” (HARRIES; PLATTEN, 2020; BANERJEE *et al.*, 2019; PERRY *et al.* 2019; GREFFIER *et al.*, 2017; HEILMAIER *et al.*, 2017; HEILMAIER *et al.*, 2016; RANA; RUDIN; BEDNAREK, 2016).

O artigo publicado por Banerjee *et al.* (2019) investigou a conscientização dos níveis de dose de radiação e a experiência de treinamento de 18 médicos especialistas em cardiologia intervencionista da Irlanda e da Itália. O instrumento de coleta de dados foi um questionário composto por 28 questões, subdividido em seções que abordavam informações demográficas e a frequência dos procedimentos realizados. Os participantes foram solicitados a detalhar seu conhecimento e uso de

diretrizes profissionais com relação aos procedimentos realizados e se eles checavam rotineiramente o histórico dos pacientes antes do exame. Os resultados obtidos mostraram que menos de 50% dos profissionais identificaram faixas de dose apropriadas aos procedimentos, subestimando os valores com base em dados europeus recentes.

Ainda sobre o estudo de Banerjee *et al.* (2019) vale ressaltar que do total dos entrevistados, 56% afirmaram não ter recebido treinamento referente à comunicação aos pacientes sobre os riscos e benefícios do uso da radiação ionizante. Dos médicos, 94% afirmaram que os pacientes ou seus responsáveis devem ser informados dos potenciais riscos e benefícios. Porém, apenas 30% informaram sobre os riscos associados às doses de radiação dos procedimentos. Com essa identificação do déficit de treinamento que envolve a comunicação de riscos e benefícios e compreensão imprecisa dos níveis de dose de radiação, identificou-se a necessidade de melhorar o treinamento e a comunicação dos riscos associados aos procedimentos.

Jaschke *et al.* (2017) ressalta em seu trabalho que o médico intervencionista deve informar os pacientes sobre o risco de lesões e se a dose cumulativa do procedimento ultrapassar um nível limiar, deve-se dar uma justificativa sobre o procedimento e documentar que o paciente foi informado sobre as possíveis reações teciduais, além de garantir que o mesmo será acompanhado por um especialista em lesões radioinduzidas. Em caso de doses que excedem limiares considerados críticos, os eventos devem ser discutidos em comitê incluindo um físico médico qualificado e medidas apropriadas para evitar futuras ocorrências são adotadas.

De forma semelhante, no Brasil, a RDC nº 330/2019 torna obrigatória a implantação de um Programa de Educação Permanente (PEP) nos serviços de radiologia diagnóstica e intervencionista com a finalidade de melhorar a segurança do paciente e o gerenciamento de riscos inerentes às tecnologias utilizadas, mostrando que melhorar o treinamento e a comunicação dos profissionais em radiologia intervencionista é uma necessidade internacional.

A utilização de *softwares*, no gerenciamento de dose, tem se mostrado uma importante ferramenta na proteção radiológica. Um estudo realizado por Harries e Platten (2020) na Inglaterra, utilizou os *softwares* *OpenSkin* e *OpenREM* para

automatizar o processo de investigação de doses elevadas na pele dos pacientes em procedimentos de radiologia intervencionista. O programa reduziu em 94% o tempo gasto pela equipe de proteção radiológica em tarefas relacionadas à investigação de dose. Essa implementação de tecnologia possibilitou a automação do processo de localização de doses elevadas, que anteriormente era realizado de forma manual no livro de registros, e possibilitou também avaliar quais alertas requerem uma resposta imediata da equipe.

Além de auxiliar nos registros de dose, *softwares* têm sido utilizados no monitoramento de dose em tempo real. Perry *et al.* (2019) realizou um estudo no Departamento de Radiologia da Universidade de Washington, EUA, que avaliou a implementação do *DoseWatch*, um *software* de monitoramento de dose de radiação, no período de um ano. O *software* sinalizava automaticamente os procedimentos que excediam 5 Gy de $K_{a,r}$ total. Dos 3.582 procedimentos realizados nesse período, 1.393 excederam os 2 Gy de $K_{a,r}$, dentre esses, 62 excederam os 5 Gy. A nova tecnologia permitiu um processo eficaz no acompanhamento clínico do paciente em que o médico o examina e discute a possibilidade de reações teciduais, mostrando-se um bom instrumento de coleta e análise de dados para melhorar o desempenho de departamentos de radiologia intervencionista.

O estudo supracitado utilizou os valores de referência da SIR dos EUA, responsável por fornecer diretrizes extensivas para gerenciamento de dose de radiação do paciente, para alertar sobre doses de radiação significativas. Esses valores são utilizados como um referencial importante nas ações de proteção radiológica. No Brasil, a RDC nº 330/2019 em sua Instrução Normativa (IN) 53 estabelece parâmetros nacionais para serviços de fluoroscopia e radiologia intervencionista. Nessa normativa, pode-se destacar a obrigatoriedade de indicação do P_{KA} ou do $K_{a,r}$, para equipamentos comercializados a partir de dezembro de 2019.

Em Santa Catarina, a Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES, (2015) estabelece apenas a taxa máxima de kerma no ar (≤ 50 mGy/min) em testes de controle de qualidade realizados na etapa de aceitação do equipamento, que tem periodicidade anual ou após reparos. Sendo este o único valor de referência encontrado nas normativas nacionais.

Ainda sobre a utilização de *softwares* no gerenciamento de dose, o *DoseWatch* também foi utilizado no estudo de Heilmaier *et al.* (2017). Nesse estudo, foi utilizado para coletar, rastrear e analisar dados de dose de diversos procedimentos intervencionistas, o que permitiu estimar níveis de referência locais (DRLs) para diferentes níveis de complexidade dentro de um mesmo tipo de procedimento. É importante lembrar que esses níveis não devem ser considerados como restrições de dose, no entanto devem servir como orientação para os radiologistas intervencionistas quanto ao que pode ser alcançado na otimização de dose.

Em um estudo anterior, o mesmo grupo de pesquisadores (HEILMAIER *et al.*, 2016), fez uso combinado de um sistema de monitoramento de dose do paciente e ocupacional (*DoseWatch* e *RaySafe i2*) em tempo real, durante intervenções guiadas por fluoroscopia demonstrando uma redução significativa da dose do paciente e do profissional. Considerando que os dados da dose do paciente estavam imediatamente disponíveis no sistema de monitoramento, os profissionais puderam correlacionar suas doses diretamente com a dose do paciente, oferecendo mais possibilidades de melhoria das atividades comportamentais e técnicas.

Tais sistemas de monitoramento aumentam a consciência sobre o uso da radiação e, além de permitir a coleta de dados, são ferramentas valiosas para melhorar a segurança do paciente e da equipe. Fica evidente que a otimização das doses não está somente relacionada a parâmetros físicos, mas também à conduta profissional, uma vez que o mesmo é o responsável direto pela exposição médica.

Um outro *software* (*Biplane-DTS*), capaz de monitorar e exibir a distribuição da dose na pele do paciente em tempo real durante procedimentos neurointervencionistas, foi desenvolvido por Rana, Rudin e Bednarek (2016). Um display gráfico codificado por cores é atualizado a cada 30 milissegundos (imediatamente após o cálculo da dose) e exibe o mapa de dose na pele.

O *software* fornece uma boa estimativa do pico da dose na pele (PSD) e da distribuição cumulativa da dose na pele durante os procedimentos. A exibição em tempo real dessas informações auxilia o médico intervencionista na prevenção de lesões cutâneas induzidas por radiação no paciente. Para testar a precisão do *Biplane-DTS* em mapear a distribuição de dose na pele, foi realizada uma

comparação entre os valores medidos com filmes *GafChromic* (RANA; RUDIN; BEDNAREK, 2016).

A comparação entre os valores de dose medidos pelo filme *GafChromic* e no gráfico do *Biplane-DTS* indicam que houve uma boa concordância entre as medições, ainda que em regiões de sobreposição do feixe, e a distribuição espacial das doses, respectivamente.

Considerando que os equipamentos angiográficos podem fornecer mais dose de radiação à pele do que uma única sessão de tratamento de radioterapia, é fundamental o monitoramento dos pacientes expostos na prevenção de lesões radioinduzidas. A introdução de monitores de dose em tempo real diminui consideravelmente os valores relacionados a procedimentos de dose elevada e a possibilidade de mapeamento da dose na pele é crucial na identificação de áreas com alto risco de lesão (JASCHKE *et al.*, 2017).

A detecção do PSD do paciente também pode ser realizada através da utilização dos filmes *GafChromic*. Greffier *et al.* (2017) avaliou esses filmes, os quais são utilizados desde 2012, na detecção do PSD de pacientes na cardiologia intervencionista e concluiu que em procedimentos com maior possibilidade de atingir um PSD acima de 2 Gy, como os procedimentos de CTO (10-28%).

O uso do filme *GafChromic* continua sendo o método de referência para detecção do PSD e melhora o manejo do paciente ao localizar a área da pele mais exposta à dose elevada. Para procedimentos como a angiografia coronariana convencional, onde apenas de 1-3% excedem esse limiar, é desnecessário, considerando o tempo de revelação (24 horas) e o custo elevado do filme (40 a 50 Euros por filme), conforme relatado por Greffier *et al.* (2017).

Percebe-se como a vantagem da utilização do software para monitoramento em tempo real quando comparada com o uso de filmes tipo *GafChromic*. Entre as vantagens podemos citar: possibilidade do monitoramento da dose em tempo real e, devido a escala de cores relacionada a dose, favorecimento da localização das áreas da pele que receberam maior e menor exposição.

Para Sun, AbAziz e Yusof (2013), o desenvolvimento de softwares baseados na distribuição da dose pode ser útil para alertar os médicos intervencionistas quando o valor de dose ultrapassar o limiar para reações teciduais.

A introdução de programas de gerenciamento de doses baseados em DRLs podem ser usados para identificar o risco de lesões em pacientes. Ainda nesse trabalho os autores destacam a importância de programas de educação e treinamento em proteção radiológica dos profissionais envolvidos.

A educação e o treinamento em proteção radiológica dos profissionais envolvidos com procedimentos intervencionistas têm sido frequentemente discutidos a ponto da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) fornecer uma série de recomendações em sua Publicação 113 (2009). Nessa publicação são fornecidas diretrizes com recomendações específicas sobre os conhecimentos que devem ser dominados pelos profissionais, tais como: grandezas dosimétricas, riscos radiológicos e proteção radiológica da equipe e dos pacientes específicos para radiologia intervencionista.

Temática 2: redução de dose

Dois artigos foram incluídos na temática de “Redução de dose” (SÁNCHEZ *et al.*, 2018; SCHNEIDER; WYSE; PEARL, 2017), seus principais resultados e discussões são apresentados a seguir.

Um novo protocolo de fluoroscopia em procedimentos de cardiologia intervencionista para pacientes obesos foi apresentado por Sánchez *et al.* (2018), no qual foi possível reduzir o K_{ar} e preservar a qualidade da imagem. Quando comparado com o protocolo padrão para “alta taxa de dose”, estabelecido pelo fabricante do angiógrafo *Philips Healthcare*, o novo protocolo apresentado reduz em até 70% o K_{ar} . Para otimizar o protocolo, a taxa de frames (quadros) foi reduzida pela metade (de 15 fr/s para 7,5 fr/s) e a espessura do filtro de Cu aumentada de 0,1 mm para 0,4 mm Cu.

Nesse mesmo estudo Sánchez *et al.* (2018) utilizou um *phantom* acrílico de polimetilmetacrilato (PMMA) com espessura maior que 32 cm, representando um paciente obeso, a taxa de dose de entrada na pele reduziu 70%, para espessura maior que 37 cm houve uma redução de 10% e com 40 cm de espessura a taxa de dose praticamente se manteve a em ambos os protocolos. A utilização do novo protocolo se mostrou eficaz e pode ajudar a melhorar a qualidade da imagem e reduzir a taxa de dose na pele de pacientes obesos.

A média na taxa de *frames* por segundo também demonstrou uma redução significativa da taxa de dose nos procedimentos de angiografia por subtração digital (DSA) no trabalho de Schneider, Wyse e Pearl (2017). A eficácia da implementação de estratégias de redução de dose de radiação, como a redução da taxa de frames por segundo e o tempo de fluoroscopia, ao longo de quatro anos resultou em uma significativa redução de 65% de K_{ar} e 63% de P_{KA} em pacientes adultos, e 78,6% de K_{ar} e 77,4% de P_{KA} em pacientes pediátricos. A estratégia foi implementada em 2010, em 2013 o tempo total de fluoroscopia dos procedimentos apresentou uma redução de 23,3% em pacientes adultos e 58,3% em pacientes pediátricos.

Fica evidente que o aumento da conscientização sobre o uso e os efeitos das radiações e a implementação de estratégias de redução de doses resultam em doses de radiação significativamente menores tanto em profissionais quanto em pacientes. O tema vai de encontro mais uma vez com o programa de educação permanente estabelecido pela RDC nº 330/2019 e o programa de capacitação, definido como um dos requisitos gerais de proteção radiológica, especificado na Resolução Normativa nº 002/DIVS/SES, (2015) contemplando tópicos sobre procedimentos de operação de equipamentos e para minimizar exposições médicas.

Assim, diversos estudos enfatizam que o planejamento cuidadoso do procedimento, a otimização dos parâmetros técnicos e o treinamento dos funcionários são medidas essenciais para evitar uma dose excessiva aos pacientes. (ICRP, 2009; MILLER *et al.*, 2010; JASCHKE *et al.*, 2017).

Temática 3: estudos nacionais estudos realizados em nível nacional e internacional

Dois artigos foram incluídos na temática de “estudos realizados em nível nacional e internacional” (O'HORA; RYAN; RAINFORD, 2019; BIJWAARD; VALK; DE WAARD-SCHALKX I, 2018).

A pesquisa internacional de O'Hora, Ryan e Rainford, (2019) aplicou um questionário relacionado à segurança do paciente em grupos de profissionais especialistas em radiologia intervencionista na Irlanda e Inglaterra. O estudo apresentou que a dose na pele do paciente não é comumente relatada, o

consentimento do procedimento raramente inclui todos os possíveis efeitos das radiações e menos da metade dos entrevistados usam os níveis substanciais de dose de radiação (SRDL) para identificar possíveis reações e facilitar a comunicação e o acompanhamento adequado do paciente.

Os SRDL são usados como gatilho para ações adicionais de gerenciamento de dose durante um procedimento e acompanhamento médico para um nível de radiação que pode produzir uma lesão clinicamente relevante em um paciente médio (ICRP, 2013).

Apesar de disponibilizadas as orientações para otimização das práticas nessa área, elas não estão sendo seguidas. O estudo destaca a necessidade de treinamento específico sobre SRDL para a equipe de radiologia intervencionista, principalmente na área da cardiologia, onde ocorre o maior número de procedimentos intervencionistas.

Embora os procedimentos que atinjam um SRDL possam não resultar em reações teciduais, os SRDL são considerados as bases para identificar esses possíveis efeitos, investigar o PSD real e auxiliar o médico na orientação do paciente quanto aos cuidados mais adequados no pós-procedimento. A conscientização da equipe sobre os SRDL e seu uso é uma ferramenta essencial de otimização de dose.

Bijwaard, Valk e de Waard-Schalkx I (2018) realizou uma pesquisa sobre proteção radiológica em fluoroscopia intervencionista, com 20 hospitais holandeses, com o objetivo principal de investigar se as instituições estavam seguindo as recomendações estabelecidas em um estudo realizados 10 anos antes (2007).

A primeira recomendação estava relacionada à utilização de equipamentos modernos. O *European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical, and Healthcare IT Industry* (COCIR) recomenda que 60% tenham menos de cinco anos e 90% tenham menos de 10 anos. Dos equipamentos utilizados pelos hospitais, 45,5% possuem menos de cinco anos e 92% possuem menos de 10 anos, indicando o não cumprimento total das recomendações.

Registrar as reações teciduais foi a segunda recomendação. Três hospitais relataram reações teciduais em 22 casos nos últimos cinco anos, sendo que apenas um desses hospitais relatou o fato ao registro de complicações da seção de radiologia intervencionista da sociedade holandesa de radiologia. Nos últimos

cinco anos, apenas três hospitais relataram reações teciduais, que totalizaram 22 casos, esse assunto deveria receber maior atenção por parte dos profissionais envolvidos com procedimentos intervencionistas.

A terceira recomendação consistiu no treinamento dos profissionais envolvidos em proteção radiológica. Quase todos os profissionais do setor de radiologia intervencionista receberam treinamento. No entanto, esses profissionais não estavam envolvidos nos procedimentos intervencionistas realizados fora do departamento de radiologia, como por exemplo, os procedimentos de implante de marcapasso e angioplastia coronária percutânea realizados no departamento de cardiologia. Apesar de não ser exigência da lei holandesa, a presença de um profissional de proteção radiológica, recomenda-se que eles estejam mais presentes em procedimentos intervencionistas.

É possível observar que a triagem e o acompanhamento dos pacientes são realizados, porém, de forma muito limitada. Dos 18 hospitais que responderam a pesquisa, 16 hospitais realizam alguma forma de triagem, o rastreamento de gravidez é padrão, mas sobre as condições hereditárias, é raro. Apenas sete hospitais indicam que é realizado algum tipo de acompanhamento pós procedimento de seus pacientes.

Nota-se que a introdução de DRLs, recomendado pela publicação 135 do ICRP (2017) e a inclusão do assunto em programas de treinamento para profissionais da saúde, é uma ferramenta eficaz na otimização da proteção radiológica dos pacientes, que em conjunto com *softwares* de monitoramento de dose em tempo real, servem de auxílio na avaliação e acompanhamento de possíveis reações teciduais com potencial de ocorrência após os procedimentos intervencionistas.

O Quadro 2 apresenta um resumo dos artigos selecionados para a revisão integrativa da literatura, especificando o autor/ano, a base de dados, os descritores, o título, os sujeitos da pesquisa, o objetivo/problematização e os principais resultados.

Quadro 2 - Resumo dos artigos incluídos na revisão

Autor Ano	Base de dados	Descritores	Título	Sujeitos da pesquisa	Objetivo Problematização	Principais resultados
Temática 1: Gerenciamento da dose						
Harries e Platten (2020)	PubMed	<i>Diffusion of innovation; Quality improvement; Safety culture.</i>	<i>Improving the effectiveness and efficiency of a skin dose investigation protocol in interventional radiology</i>	Departamento de RI do Hospital <i>United Lincolnshire Hospitals Trust</i> na Inglaterra.	O estudo teve por objetivo utilizar um software de gerenciamento de doses para melhorar a eficiência de um protocolo de investigação de dose elevada de pele na radiologia intervencionista (RI).	Após a aplicação do <i>software OpenSkin</i> , o tempo estimado gasto em investigações de dose de pele foi reduzido 13,4 dias para 0,8 dias úteis por ano. A equipe de proteção radiológica economizou 10,8 dias úteis por ano em tarefas relacionadas à investigação de dose. O <i>software OpenREM</i> também simplificou o processo de localização de dose elevada, gerando um ganho de 2,6 dias úteis por ano.
Banerjee et al. (2019)	PubMed	<i>Operational topics; Education; medical Radiation; Radiation risk.</i>	<i>An Investigation of Procedural Radiation Dose Level Awareness and Personal Training Experience in Communicating Ionizing Radiation Examinations Benefits and Risks to Patients in Two European Cardiac Centers</i>	20 médicos cardiologistas intervencionistas em centros especializados de imagem cardiovascular de Dublin, Irlanda e Milão, Itália.	Investigar a conscientização sobre os níveis de dose de radiação e o impacto da experiência de treinamento pessoal na comunicação aos pacientes sobre os riscos e benefícios da radiação ionizante.	Todos os participantes indicaram que tinham treinamento de proteção radiológica, no entanto, 56% não receberam treinamento referente à comunicação de risco e benefício dos procedimentos. Porém, 78% indicaram um alto nível de confiança na explicação sobre riscos e/ou benefícios de procedimentos de imagem cardíaca. Quando solicitado a estimar valores de dose para procedimentos de imagem cardíaca comuns, menos de 50% identificaram faixas de dose apropriadas. Todos os participantes subestimaram os valores das doses com base em dados europeus recentes. O estudo tornou evidente a necessidade de melhorar a comunicação de risco versus benefício para pacientes.
Perry et al. (2018)	PubMed	<i>Interventional radiology; Quality improvement; Radiation dose; Radiation-induced tissue reactions.</i>	<i>Monitoring and Follow-Up of High Radiation Dose Cases in Interventional Radiology.</i>	Foram analisados procedimentos de RI realizados no período de 1 ano no hospital da <i>University of Washington</i> - EUA	Avaliar a implementação do software de monitoramento de dose de radiação, criar um processo de acompanhamento clínico e documentação de casos de alta dose e quantificar o número de reações teciduais induzidas por radiação relatadas.	O <i>software</i> transferiu com sucesso os dados de dose de 93,9% dos 3.582 procedimentos realizados em um ano. 2.189 procedimentos que não excederam os 2 Gy de K_{AR} foram excluídos, assim, 1.393 foram analisados detalhadamente, sendo eles: a. 368 procedimentos de IR: 10 (2,7%) excederam os 5 Gy de K_{AR} . b. 1.025 procedimentos de NIR: 52 (5,1) excederam o K_{AR} de 5 Gy. Apenas 5 casos em procedimentos de NIR tiveram lesões temporárias de pele/cabelo.

Autor Ano	Base de dados	Descritores	Título	Sujeitos da pesquisa	Objetivo Problematização	Principais resultados
Greffier <i>et al.</i> (2017)	INIS	<i>Biomedical radiography; Chest; Coronaries; Film dosimetry; Patients radiation dose distributions; Radiation injuries; Skin.</i>	<i>Assessment of patient's peak skin dose using Gafchromic films during interventional cardiology procedures: routine experience feedback.</i>	112 pacientes (30 mulheres e 82 homens) que passaram por procedimento de cardiologia intervencionista em 2015 em Nîmes Cedex, França.	Avaliar a aplicação dos filmes <i>Gafchromic</i> na detecção da dose máxima de pele (PSD) do paciente na cardiologia intervencionista.	A dose administrada aos pacientes aumenta com a complexidade do procedimento. Para angiografia coronariana, as doses administradas foram baixas, 1–3% de 2 Gy. Para angiografia coronariana e angioplastia coronariana, as doses administradas foram entre 1–8% de 2 Gy. Para angioplastia coronariana de oclusão total crônica, as doses foram maiores, 10-28% de 2 Gy. O uso do filme <i>Gafchromic</i> continua sendo o método de referência para detecção do PSD na área mais exposta do tórax, mas desnecessário em procedimentos com baixa porcentagem em ultrapassar o limiar de 2Gy.
Heilmaier <i>et al.</i> (2017)	PubMed	<i>Patient Safety; Radiation Dosage; Radiation Exposure; Radiation Injuries; Radiography, Interventional / adverse effects.</i>	<i>Establishing Local Diagnostic Reference Levels in IR Procedures with Dose Management Software</i>	1123 Pacientes (763 homens e 360 mulheres) submetidos a procedimentos diagnósticos ou terapêuticos de RI realizados entre dezembro de 2014 e maio de 2016 em uma instituição de Zurique, Suíça.	Coletar e analisar dados de dose de diversos procedimentos intervencionistas e propor níveis de dose de referência de diagnóstico locais (DRLs). Esses DRLs são específicos para diferentes níveis de complexidade dentro de um mesmo tipo de procedimento, de forma a permitir a aplicação como limites de dose através de um software de gerenciamento de dose.	O <i>software</i> de gerenciamento de dose (<i>DoseWatch</i>) pode ser usado para obter níveis de referência locais para muitos procedimentos de IR levando em considerações diferentes níveis de complexidade. O <i>software</i> de gerenciamento de dose pode ser usado para fornecer os DRLs locais para vários procedimentos de RI, que podem contribuir para uma melhoria da proteção radiológica ao paciente. A embolização de artérias viscerais apresentou a maior diferença entre os valores de dose, variando de 0,6 Gy até 11,09 Gy de kerma e 113,0 Gy.cm ² até 660,0 Gy.cm ² de PKA em procedimentos de maior grau de dificuldade. Tendo como DRL proposto um PKA de 430 Gy.cm ² .
Heilmaier <i>et al.</i> (2016)	PubMed	<i>Fluoroscopy; Radiation Dosage; Radiation Exposure; Radiation Injuries; Radiography, Interventional</i>	<i>Combined Use of a Patient Dose Monitoring System and a Real-Time Occupational Dose Monitoring System for Fluoroscopically Guided Interventions</i>	Pacientes submetidos a procedimentos intervencionistas guiados por fluoroscopia entre agosto de 2014 e maio de 2015 em Zurique, Suíça.	Determinar o efeito do uso combinado de um sistema de monitoramento de dose do paciente e do monitoramento de dose ocupacional em tempo real durante intervenções guiadas por fluoroscopia.	Foram realizados 730 procedimentos durante o período do estudo. Como os dados da dose do paciente estavam imediatamente disponíveis no sistema de monitoramento da dose do paciente, os operadores puderam correlacionar seus dados diretamente com a dose do paciente, oferecendo mais possibilidades de melhoria das atividades comportamentais e técnicas. Os presentes resultados demonstraram uma diminuição significativa da dose do paciente quando ambos os sistemas foram aplicados de forma combinada.

Autor Ano	Base de dados	Descritores	Título	Sujeitos da pesquisa	Objetivo Problematização	Principais resultados
Rana, Rudin e Bednarek (2016)	PubMed INIS	<i>Interventional fluoroscopic procedures; Skin dose mapping; Biplane imaging system; Neurointerventions.</i>	<i>A tracking system to calculate patient skin dose in real-time during neurointerventional procedures using a biplane x-ray imaging system</i>	Departamento de Neurocirurgia nos EUA, no qual se realiza procedimentos intervencionistas neurovasculares usando sistemas de imagem fluoroscópica biplano	Desenvolver um sistema de rastreamento de dose biplano (Biplane-DTS) para calcular a distribuição cumulativa da dose na pele e a exibir em tempo real, como um mapa codificado por cores, em um gráfico 3D do paciente para feedback imediate ao médico.	Os cálculos do sistema <i>Biplane-DTS</i> são feitos em tempo real com um tempo típico de atualização gráfica de 30 ms e podem fornecer uma boa estimativa da dose máxima na pele (pico de dose de pele) e distribuição cumulativa da dose da pele durante os procedimentos. A exibição em tempo real dessas informações deve ajudar o médico a gerenciar a dose do paciente para reduzir o risco de lesões cutâneas induzidas por radiação.
Temática 2: Redução de dose						
Sánchez <i>et al.</i> (2018)	PubMed	<i>Cardiac Catheterization; Fluoroscopy; Obesity/ therapy; Radiation dosage; Risk; Skin/radiation effects; X-Rays.</i>	<i>Reducing the risk of skin injuries in cardiac catheterization procedures: Optimization proposal for obese patients</i>	Serviço de RI do <i>Hospital Clínico San Carlos</i> em Madri, Espanha	Propor uma ação de otimização para reduzir a taxa de dose de entrada na pele de pacientes obesos e preservar a qualidade da imagem.	Para espessuras de PMMA maiores que 32 cm, a qualidade da imagem foi melhor usando um filtro de forma espectral de Cu 0,4 mm que fornece menor taxa de dose ao paciente, entre -70% para 32 cm de PMMA e -10 % para 37 cm de PMMA. Para espessuras de PMMA abaixo de 32 cm, o filtro Cu 0,1 mm produziu melhor qualidade de imagem. Aumentar o filtro de feixe espectral e reduzir a taxa de quadros pode ajudar a melhorar a qualidade da imagem e reduzir a taxa de dose na pele de pacientes obesos.
Schneider Wyse e Pearl (2017)	PubMed	<i>Angiography; Technique.</i>	<i>Analysis of radiation doses incurred during diagnostic cerebral angiography after the implementation of dose reduction strategies</i>	Pacientes submetidos angiografias cerebrais de 2010 a 2013 em um Departamento de Neurorradiologia Diagnóstica e Intervencionista na Alemanha	Analisar retrospectivamente as doses de radiação de procedimentos de angiografia cerebral diagnóstica e as técnicas praticadas ao longo de 4 anos, com a finalidade de demonstrar a eficácia da implementação de estratégias de redução de dose de radiação.	Das 231 angiografias cerebrais revisadas, 200 foram em adultos e 31 em crianças. O aumento da conscientização sobre os efeitos das radiações e a implementação de estratégias de redução de doses (como a redução da taxa de <i>frames</i> por segundo e o tempo de fluoroscopia) resultou em uma significativa redução das doses tanto em pacientes adultos (K -65%; PKA - 63%) quanto pediátricos (K -78,6%; PKA -77%).

Autor Ano	Base de dados	Descritores	Título	Sujeitos da pesquisa	Objetivo Problematização	Principais resultados
Temática 3: Estudos realizados em nível nacional e internacional						
O'Hora, Ryan e Rainford (2019)	PubMed	<i>England; Fluoroscopy; Humans, Ireland; Radiation Dosage; Radiation Injuries; Radiation Protection; Radiology Interventional; Surveys and Questionnaires.</i>	<i>Survey of key radiation safety practices in interventional radiology: an Irish and english study.</i>	Questionários relacionados à segurança do paciente foram aplicados em grupos de profissionais especialistas em radiologia intervencionista de departamentos de RI na Irlanda e Inglaterra.	Investigar se os departamentos de RI na Irlanda e na Inglaterra estão seguindo as orientações de proteção radiológica específicas da área e comparar o total de procedimentos de radiologia intervencionista realizados entre os entrevistados.	A dose na pele não é comumente relatada, o consentimento do procedimento raramente inclui todos os possíveis efeitos da radiação e menos da metade dos entrevistados usam níveis de referência para identificar possíveis reações e facilitar a comunicação e o acompanhamento adequado do paciente. Mesmo disponível, não estão sendo seguidas as orientações de melhores práticas nessa área. Destaca-se a necessidade de treinamento específico sobre parâmetros de dose para a equipe de RI, principalmente na área da cardiologia, onde ocorre o maior número de procedimentos.
Bijwaard, Valke de Waard- Schalkx I (2018)	PubMed	<i>Interventional fluoroscopy; Radiation protection; X-Rays.</i>	<i>Radiation Protection for Interventional Fluoroscopy: Results of a Survey Among Dutch Hospitals</i>	Gestores hospitalares de 20 hospitais na Holanda que foram selecionados aleatoriamente.	Investigar o que foi feito com as recomendações realizadas através de um estudo anterior, relacionadas à utilização de equipamentos modernos, ao registro de reações teciduais e ao treinamento em proteção radiológica dos profissionais, e saber se a prática atual de fluoroscopia intervencionista está de acordo com a literatura científica em 20 hospitais holandeses.	18 dos 20 hospitais responderam a pesquisa. Apenas 7 dos 18 hospitais acompanham os pacientes quanto a reações teciduais tardias. Nos últimos 5 anos, apenas 3 hospitais relataram reações teciduais, que totalizaram 22 casos, esse assunto deveria receber maior atenção por parte dos profissionais envolvidos com procedimentos intervencionistas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais artigos encontrados sobre exposições médicas em radiologia intervencionista foram publicados em países da Europa, seguido dos Estados Unidos da América. Os assuntos mais abordados estavam relacionados ao gerenciamento e redução de dose e capacitação profissional.

Observou-se que o gerenciamento de dose em procedimentos intervencionistas ocorre através da utilização de *softwares* e dispositivos de monitoramento de dose que se apresentam como ferramentas eficazes na proteção radiológica do paciente.

Notou-se que novos protocolos otimizados, que incluem principalmente a diminuição da taxa de *frames* por segundo e o tempo de fluoroscopia, reduzem significativamente as taxas de doses em pacientes e em alguns casos podem até ajudar na melhoria da qualidade da imagem. Além disso, o conhecimento da equipe acerca dos DRLs e SRDL promovem a proteção dos pacientes.

De forma geral, as principais recomendações aplicadas nos estudos relatados foram a introdução de tecnologias que auxiliam no controle de dose em tempo real e principalmente a capacitação e treinamento dos profissionais envolvidos, que apresentam papel fundamental na otimização da prática e da proteção radiológica.

A carência de estudos relacionados ao tema publicados no Brasil é um fator preocupante. O déficit no treinamento de profissionais nessa área é uma realidade presente nas instituições e o tema ainda é pouco abordado em programas de capacitação, igualmente em países desenvolvidos. A conscientização e a capacitação profissional, bem como a introdução de profissionais com conhecimento em proteção radiológica, são fatores determinantes para uma contribuição relevante na proteção radiológica, não só dos pacientes, mas de todos os profissionais envolvidos.

REFERÊNCIAS

BANERJEE, I., MCNULTY, JP., CATÂNIA, D., MACCAGNI, D., MASTERSON, L., PORTELLI, JL., RAINFORD, L., An investigation of procedural radiation dose level awareness and personal training experience in communicating ionizing radiation examinations benefits and risks to patients in two European cardiac centers. **Health physics**, v. 117, n. 1, p. 76-83, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31136364/>> Acesso em 13 out. 2020.

BARBOSA, P. L., DE CAMARGO CARVALHO, A. C., MEDEIROS, R. B. Implementação de ações de proteção radiológica no setor de hemodinâmica de um hospital universitário. **Enfermagem Revista**, v. 22, n. 2, p. 150-165, 2019. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/enfermagemrevista/article/view/21076>> Acesso em 13 set. 2019.

BIJWAARD H., VALK D., DE WAARD-SCHALKX I. Radiation Protection for Interventional Fluoroscopy: Results of a Survey Among Dutch Hospitals. **Health Phys.** v. 114(6), p. 627-631, 2018. Disponível em: <https://journals.lww.com/health-physics/Abstract/2018/06000/Radiation_Protection_for_Interventional.6.aspx> Acesso em 13 out. 2020.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada nº 330. **Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Ministério da Saúde. 2019a. Disponível em: <www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-330-de-20-de-dezembro-de-2019-235414748> Acesso em 28 dez. 2019.

_____. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 53, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2019**. Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. 2019b, Disponível em: <<http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-53-de-20-de-dezembro-de-2019-235417168>>. Acesso em 28 dez. 2019.

BUNDY, J.J., MCCRACKEN, I.W., SHIN, D.S., MONROE, E. J., JOHNSON, G. E., INGRAHAM, C. R., KANAL K. M., BUNDY, R. A., JONES, S. T., VALJI, K., CHICK, J. F. B. Fluoroscopically-guided interventions with radiation doses exceeding 5000 mGy reference point air kerma: a dosimetric analysis of 89,549 interventional radiology, neurointerventional radiology, vascular surgery, and neurosurgery encounters. **CVIR Endovasc.** 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1186/s42155-020-00159-6>> Acesso em 23 out. 2020.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CENEN). **Apostila educativa: Radiações Ionizantes e a vida**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/centro-de-informacoes-nucleares/material-didatico-1/radiacoesionizanteseavida.pdf/view>>. Acesso em 6 dez. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA (CONTER). **Entenda o papel de técnicos e tecnólogos na Hemodinâmica**. 2019. Disponível em: <<http://conter.gov.br/site/noticia/profissional-x-06-08-2019>> Acesso em 13 fev. 2020.

CORRIGALL, R. S., MARTIN, C. J., SCOTT, I. Observations of tissue reactions following neuroradiology interventional procedures. **Journal of Radiological Protection**, v. 40, n. 1, p. N9, 2020. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6498/ab5bf4>> Acesso em 20 ago. 2020.

GREFFIER J., MOLINER G., PEREIRA F., CORNILLET L., LEDERMANN B., SCHMUTZ L., LOMMA M., CAYLA G., BEREGI J. P. Assessment of Patient's Peak Skin Dose Using Gafchromic Films During Interventional Cardiology Procedures: Routine Experience Feedback. **Radiat Prot Dosimetry**. 174(3):395-405. 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29697513/>>. Acesso em 23 out. 2020.

HARRIES D., PLATTEN D.J. Improving the effectiveness and efficiency of a skin dose investigation protocol in interventional radiology. **BMJ Open Quality**. 2020. Disponível em: <<https://bmjopenquality.bmj.com/content/bmjqr/9/1/e000722.full.pdf>>. Acesso em 25 out. 2020.

HEILMAIER C., ZUBER N., BERTHOLD C., KARA L., WEISHAUPT D. Establishing Local Diagnostic Reference Levels In Ir Procedures with Dose Management Software. **J Vasc Interv Radiol**. Mar;28(3):429-441. 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28034700/>>. Acesso em 26 out. 2020.

HEILMAIER, C., KARA, L., ZUBER, N., BERTHOLD, C., WEISHAUPT, D. Combined Use of a Patient Dose Monitoring System and a Real-Time Occupational Dose Monitoring System for Fluoroscopically Guided Interventions. **Journal of Vascular and Interventional Radiology**, 27(4), 584–592. 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26724965/>>. Acesso em 03 nov. 2020.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) 2009. Education and Training in Radiological Protection for Diagnostic and Interventional Procedures. **ICRP Publication 113**. Ann. ICRP 39 (5). Disponível em <<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20113>>. Acesso em 4 dez. 2020.

_____. 2013a. Radiological protection in cardiology. **ICRP Publication 120**. Ann. ICRP 42(1). Disponível em: <<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20120>>. Acesso em 5 dez. 2020.

_____. 2017. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. **ICRP Publication 135**. Ann. ICRP 46(1). Disponível em: <<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20135>>. Acesso em 6 dez. 2020.

JASCHKE, W., SCHMUTH, M., TRIANNI, A., BARTAL, G. Radiation-Induced Skin Injuries to Patients: What the Interventional Radiologist Needs to Know. **Cardiovasc Intervent Radiol**. v40. p. 1131–1140. 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00270-017-1674-5>>. Acesso em 09 jul. 2020.

LEYTON, F., CANEVARO, L., DOURADO, A., CASTELLO, H., BACELAR, A., NAVARRO, M. T., VAÑÓ, E., NOGUEIRA, M. S., BATISTA, W. O., FURQUIM, T. A. C., LYKAWKA, R., MELO, C. S., BORGES, F., RODRIGUES, B. Riscos da Radiação X e a Importância da Proteção Radiológica na Cardiologia Intervencionista: Uma Revisão Sistemática. **Rev. Bras. Cardiol. Invasiva**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 87-98, Mar. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-83972014000100087&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 12 mai. 2019.

MILLER, D. L., VAÑÓ, E., BARTAL, G., BALTER, S., DIXON, R., PADOVANI, R., SCHUELER, B., CARDELLA, J. F., DE BAËRE, T. Occupational radiation protection in interventional radiology: a joint guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. **Cardiovascular and interventional radiology**, v. 33, n. 2, p. 230-239, 2010. Disponível em ><<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2841268/>> Acesso em 13 abril 2019.

O'HORA, L., RYAN M.L., RAINFORD, L. Survey Of Key Radiation Safety Practices In Interventional Radiology: AN IRISH AND ENGLISH STUDY. **Radiat Prot Dosimetry**. 1;183(4):431-442. 2019. <<https://academic.oup.com/rpd/article-abstract/183/4/432/5105866?redirectedFrom=fulltext>>. Acesso em 4 dez. 2020.

PAZ, A., BOLOGNESI, L. Radioproteção aplicada ao serviço de hemodinâmica. **Tekhne e Logos**, v. 8, n. 1, p. 68-82, 2017. Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/view/401/293>> Acesso em 20 mai. 2019.

PERRY, B. C., INGRAHAM, C. R., STEWART, B. K., VALJI, K., & KANAL, K. M. Monitoring and Follow-Up of High Radiation Dose Cases in Interventional **Radiology. Academic Radiology**. 2018. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1076633218302320>>. Acesso em 6 dez. 2020.

RANA, V. K., RUDIN, S., & BEDNAREK, D. R. A tracking system to calculate patient skin dose in real-time during neurointerventional procedures using a biplane x-ray imaging system. **Medical Physics**. 43(9), 5131–5144. 2016. Acesso em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27587043/>> Acesso em 4 dez. 2020.

SÁNCHEZ, R. M., VAÑÓ, E., GARCÍA, L. E., & FERNÁNDEZ, J. M. Reducing the risk of skin injuries in cardiac catheterization procedures: Optimization proposal for obese patients. **Physica Medica**, 53, 94–102. 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30241760/>>. Acesso 1 nov. 2020.

Secretaria do Estado da Santa de Santa Catarina SANTA CATARINA. DIRETORIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA (DIVS/SC). **Resolução Normativa nº 002**. Diretoria de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina. p. 14. 2015. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_06_2016_18.13.47.f3c087b3926a10c1087b93eb706851b1.pdf> Acesso em 28 out. 2019.

SCHNEIDER, T., WYSE E., PEARL, M.S. Analysis of radiation doses incurred during diagnostic cerebral angiography after the implementation of dose reduction strategies. **J Neurointerv Surg**. 2017 Apr;9(4):384-388. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27056919/>>. Acesso em 3 nov. 2020.

SUN, Z., ABAZIZ, A, YUSOF, A. K. Radiation-induced noncancer risks in interventional cardiology: optimisation of procedures and staff and patient dose reduction. **BioMed research international**, v. 2013, 2013. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/976962/>> Acesso em 16 maio 2019.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). **UNSCEAR's Global Survey of Radiation Exposure**. 2020. Disponível em: <<http://www.survey.unscear.org/doku.php>>. Acesso em 2 set 2020.

5 CONCLUSÃO

A radiologia intervencionista está entre as modalidades que mais contribuem para a exposição à radiação. Assim, a proposta deste estudo consistiu em realizar uma revisão integrativa da literatura sobre gerenciamento e redução de doses decorrentes de exposições médicas em radiologia intervencionista, a fim de trazer atualizações sobre os métodos adotados mundialmente na otimização da prática e no acompanhamento de possíveis reações teciduais.

A metodologia utilizada, revisão integrativa, permitiu analisar o conhecimento já apresentado sobre o tema na literatura nacional e internacional e sintetizar esses resultados com objetivo de gerar atualização e novos conhecimentos.

Os principais artigos encontrados sobre exposições médicas em radiologia intervencionista foram publicados em países da Europa, seguido dos Estados Unidos da América. O maior número de resultados foi obtido nos anos de 2017 e 2018 e nas revistas *Health Physics*, *Radiation Protection Dosimetry* e *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. Os assuntos mais abordados estavam relacionados ao gerenciamento e redução de dose e capacitação profissional.

Observou-se que o gerenciamento de dose em procedimentos intervencionistas ocorre através da utilização de *softwares* e dispositivos de monitoramento de dose que se apresentam como ferramentas eficazes na proteção radiológica do paciente. E também ficou evidente que o déficit no treinamento e capacitação de profissionais nessa área é uma realidade presente nas instituições.

Notou-se que novos protocolos otimizados, que incluem principalmente a diminuição da taxa de *frames* por segundo e o tempo de fluoroscopia, reduzem significativamente as taxas de doses em pacientes e em alguns casos podem até ajudar na melhoria da qualidade da imagem. Além disso, o conhecimento da equipe acerca dos DRLs e SRDL promovem a proteção dos pacientes.

De forma geral, as principais recomendações aplicadas nos estudos relatados foram a introdução de tecnologias que auxiliam no controle de dose em tempo real e principalmente a capacitação e treinamento dos profissionais

envolvidos, que apresentam papel fundamental na otimização da prática e da proteção radiológica.

A carência de estudos relacionados ao tema publicados no Brasil é um fator preocupante. O tema ainda é pouco abordado na capacitação de profissionais da área, igualmente em países desenvolvidos. Normas nacionais regulamentam a obrigatoriedade da realização de programas de aperfeiçoamento profissional envolvendo a otimização das exposições médicas, mas ainda são pouco respeitadas. A conscientização e a capacitação profissional, bem como a introdução de profissionais com conhecimento em proteção radiológica, são fatores determinantes para uma contribuição relevante na proteção radiológica, não só dos pacientes, mas de todos os profissionais envolvidos.

Assim, esse trabalho permitiu explorar em nível internacional a problemática apresentada neste estudo e poderá contribuir na conscientização do uso seguro das radiações ionizantes na radiologia intervencionista visando a redução de efeitos determinísticos em exposições médicas.

REFERÊNCIAS

ANDREAZZI, M. F. S., ANDREAZZI, M. A. R. de, SANCHO, L., FREITAS, H. A. G. Oferta e utilização de serviços de hemodinâmica no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Rev. Col. Bras. Cir.** vol.41, n.5, pp.357-365. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69912014000500357&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 09 jul. 2020.

ARRUDA, J. A. DE, LEMKE, V. M. G., MARIANI JÚNIOR, J., BARBOSA, A. H. P., QUADROS, A. S. DE, PEDRA, C. A. C., CARDOSO, C. O., GUÉRIOS, E. E., RIBEIRO, H. B., GUBOLINO, L. A., MACHADO, M. C., HINCAPIE, M. J., ARAUJO, N. A. M. DE, ROSSI FILHO, R. I., COSTA, R. A.; GIOPPATO, S. 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. **Arq Bras Cardiol**, 114(1):137-193, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2020000100137&script=sci_arttext&lng=pt> Acesso em 25 abr. 2020.

BALTER, S; MILLER, D. L. Patient skin reactions from interventional fluoroscopy procedures. **American Journal of Roentgenology**, v. 202, n. 4, p. W335-W342, 2014. Disponível em: <<https://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/AJR.13.12029>>. Acesso em 27 ago. 2019.

BALTER S, H. J.W., MILLER D.L., WAGNER L.K., ZELEFSKY M.J. Fluoroscopically guided interventional procedures: a review of radiation effects on patients' skin and hair. **Radiology**. 254(2):326-41. 2010. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20093507/>>. Acesso em 13 abr. 2019.

BANERJEE, I., MCNULTY, JP., CATÂNIA, D., MACCAGNI, D., MASTERSON, L., PORTELLI, JL., RAINFORD, L., An investigation of procedural radiation dose level awareness and personal training experience in communicating ionizing radiation examinations benefits and risks to patients in two European cardiac centers. **Health physics**, v. 117, n. 1, p. 76-83, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31136364/>> Acesso em 13 out. 2020.

BARBOSA, P. L., DE CAMARGO CARVALHO, A. C., MEDEIROS, R. B. Implementação de ações de proteção radiológica no setor de hemodinâmica de um hospital universitário. **Enfermagem Revista**, v. 22, n. 2, p. 150-165, 2019. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/enfermagemrevista/article/view/21076>> Acesso em 13 set. 2019.

BIJWAARD H., VALK D., DE WAARD-SCHALKX I. Radiation Protection for Interventional Fluoroscopy: Results of a Survey Among Dutch Hospitals. **Health Phys.** v. 114(6), p. 627-631, 2018. Disponível em: <https://journals.lww.com/health-physics/Abstract/2018/06000/Radiation_Protection_for_Interventional.6.aspx> Acesso em 13 out. 2020.

BOTELHO, L. L. R., CUNHA, C. C. A., MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011. Disponível em: <<https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/1220/906>>. Acesso em: 20 set. 2020.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde.** Portaria nº 210. 2004. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/sas/2004/prt210_15_06_2004.html> Acesso em 28 nov. 2019.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada nº 330. **Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Ministério da Saúde. 2019a. Disponível em: <www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-330-de-20-de-dezembro-de-2019-235414748> Acesso em 28 dez. 2019.

_____. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 53, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2019.** Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. 2019b Disponível em: <<http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-53-de-20-de-dezembro-de-2019-235417168>>. Acesso em 28 dez. 2019.

BUNDY, J.J., MCCRACKEN, I.W., SHIN, D.S., MONROE, E. J., JOHNSON, G. E., INGRAHAM, C. R., KANAL K. M., BUNDY, R. A., JONES, S. T., VALJI, K., CHICK, J. F. B. Fluoroscopically-guided interventions with radiation doses exceeding 5000 mGy reference point air kerma: a dosimetric analysis of 89,549 interventional radiology, neurointerventional radiology, vascular surgery, and neurosurgery encounters. **CVIR Endovasc.** 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1186/s42155-020-00159-6>> Acesso em 23 out. 2020.

CANEVARO, L. Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 101-115, 2009. Disponível em: <<http://www.rbmf.org.br/rbmf/article/view/50>>. Acesso em 16 mai. 2019.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). **Apostila educativa: Radiações Ionizantes e a vida.** 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/centro-de-informacoes-nucleares/material-didatico-1/radiacoesionizanteseavida.pdf/view>>. Acesso em 6 dez. 2020.

_____. NN 3.01. Norma Nuclear 3.01. **Diretrizes básicas de proteção radiológica.** 2014. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>. Acesso em 10 nov. 2019.

CADASTRO NACIONAL DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE (CNES). **Consulta equipamentos**. 2020. Disponível em: <http://cnes2.datasus.gov.br/Mod_Ind_Equipamento.asp?VEstado=00>. Acesso em 20 ago. 2020.

CONNOR, N. Radiation Dosimetry. **What is Radiobiology – Radiation Biology – Definition**. 2019. Disponível em: <<https://www.radiation-dosimetry.org/what-is-radiobiology-radiation-biology-definition/>> Acesso em 25 abr. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA (CONTER). **Entenda o papel de técnicos e tecnólogos na Hemodinâmica**. 2019. Disponível em: <<http://conter.gov.br/site/noticia/profissional-x-06-08-2019>> Acesso em 13 fev. 2020.

CORRIGALL, R. S., MARTIN, C. J., SCOTT, I. Observations of tissue reactions following neuroradiology interventional procedures. **Journal of Radiological Protection**, v. 40, n. 1, p. N9, 2020. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6498/ab5bf4>> Acesso em 20 ago. 2020.

CHAMBERS C.E., FETTERLY K.A., HOLZER R., LIN P.J., BLANKENSHIP J.C., BALTER S., LASKEY W.K. Radiation safety program for the cardiac catheterization laboratory. **Catheter Cardiovasc Interv.** 1;77(4):546-56. doi: 10.1002/ccd.22867. Epub 2011 Jan 19. PMID: 21254324. 2011. Disponível em: <<https://www.drbenzur.com/wp-content/uploads/2017/05/Radiation-Safety1.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Radiation Protection N° 180** - Medical Radiation Exposure of the European Population. 2014. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2020.

FLICK, U. **Introdução à metodologia de pesquisa**. Porto Alegre: **Penso**, 2013. Disponível em: <<https://www.ets.ufpb.br/pdf/2013/2%20Metodos%20quantitat%20e%20qualitat%20-%20IFES/Bauman,%20Bourdieu,%20Elias/Livros%20de%20Metodologia/Flick%20-%20Introducao%20%20C3%A0%20Metodologia%20da%20Pesquisa.pdf>>. Acesso em 10 out. 2019.

GARZÓN, W. J. **Estimativa da dose no paciente e na equipe médica em procedimentos de quimioembolização hepática**. 172 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/18421>>. Acesso em 18 mai. 2019.

GOTTSCHALL, C. A. M. 1929-2009: 80 Anos de Cateterismo Cardíaco – uma História Dentro da História. **Rev Bras Cardiol Invas.** 17(2):246-68. 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbci/v17n2/v17n2a19.pdf>> Acesso em 5 jun. 2020.

GREFFIER J., MOLINER G., PEREIRA F., CORNILLET L., LEDERMANN B., SCHMUTZ L., LOMMA M., CAYLA G., BEREGI J. P. Assessment of Patient's Peak Skin Dose Using Gafchromic Films During Interventional Cardiology Procedures: Routine Experience Feedback. **Radiat Prot Dosimetry**. 174(3):395-405. 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29697513/>>. Acesso em 23 out. 2020.

HARRIES D., PLATTEN D.J. Improving the effectiveness and efficiency of a skin dose investigation protocol in interventional radiology. **BMJ Open Quality**. 2020. Disponível em: <<https://bmjopenquality.bmj.com/content/bmjquir/9/1/e000722.full.pdf>>. Acesso em 25 out. 2020.

HEILMAIER C., ZUBER N., BERTHOLD C., KARA L., WEISHAUPT D. Establishing Local Diagnostic Reference Levels In Ir Procedures with Dose Management Software. **J Vasc Interv Radiol**. 28(3):429-441. 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28034700/>>. Acesso em 26 out. 2020.

HEILMAIER, C., KARA, L., ZUBER, N., BERTHOLD, C., WEISHAUPT, D. Combined Use of a Patient Dose Monitoring System and a Real-Time Occupational Dose Monitoring System for Fluoroscopically Guided Interventions. **Journal of Vascular and Interventional Radiology**, 27(4), 584–592. 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26724965/>>. Acesso em 03 nov. 2020.

HONJO, Y., ICHINOHE, T. Stage-Specific Effects of Ionizing Radiation during Early Development. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 11, p. 3975, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1422-0067/21/11/3975/htm>> Acesso em 09 jul. 2020.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). 2009. Education and Training in Radiological Protection for Diagnostic and Interventional Procedures. **ICRP Publication 113**. Ann. ICRP 39 (5). Disponível em <<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20113>>. Acesso em 4 dez. 2020.

_____. 2013a. Radiological protection in cardiology. **ICRP Publication 120**. Ann. ICRP 42(1). Disponível em: <<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20120>>. Acesso em 5 dez. 2020.

_____. 2013b. Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology. **ICRP Publication 121**. Ann. ICRP 42 (2). Disponível em: <<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20121>>. Acesso em 6 dez. 2020.

_____. 2017. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. **ICRP Publication 135**. Ann. ICRP 46(1). Disponível em: <<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20135>>. Acesso em 6 dez. 2020.

JASCHKE, W., SCHMUTH, M., TRIANNI, A., BARTAL, G. Radiation-Induced Skin Injuries to Patients: What the Interventional Radiologist Needs to Know. **Cardiovasc Intervent Radiol.** v40. p. 1131–1140. 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00270-017-1674-5>>. Acesso em 09 jul. 2020.

LEGÜES, F. A. L. **Nível de radiação na altura do cristalino em cardiologia intervencionista.** 2016. 106 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/47/126/47126873.pdf> Acesso em 18 mai. 2019.

LEYTON, F., CANEVARO, L., DOURADO, A., CASTELLO, H., BACELAR, A., NAVARRO, M. T., VAÑÓ, E., NOGUEIRA, M. S., BATISTA, W. O., FURQUIM, T. A. C., LYKAWKA, R., MELO, C. S., BORGES, F., RODRIGUES, B. Riscos da Radiação X e a Importância da Proteção Radiológica na Cardiologia Intervencionista: Uma Revisão Sistemática. **Rev. Bras. Cardiol. Invasiva**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 87-98, Mar. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-83972014000100087&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 12 mai. 2019.

LOPEZ J.J, DARKI A. Radiation Dose Variability Across Institutions: A Wake-Up Call for Interventional Cardiology? **JACC Cardiovascular Interventions.** 13(7):857-859. 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32273097/>>. Acesso em 01 set. 2020.

MAHESH, M. Fluoroscopy: patient radiation exposure issues. **Radiographics**, n.4, v. 21, p. 1033-1045, 2001. Disponível em: <<https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiographics.21.4.g01j1271033>> Acesso em 25 abr. 2020.

MARTA, G. N. Radiobiologia: princípios básicos aplicados à prática clínica. **Diagn Tratamento**, n. 19, v.1, p. 45-7, 2014. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-70505>>. Acesso em 11 nov. 2019

MARTINS, C., DE PAULA, V. Doses de exposição à radiação em pacientes submetidos a exames de fluoroscopia. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 12, n. 1, p. 77-88, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1281/1213>>. Acesso em 6 ago. 2019.

MCMAHON, S., STOCKER, G., BELL, K. Manejo Anestésico da Trombectomia Endovascular para Acidente Vascular Cerebral Isquêmico. **World Federation of Societies of Anaesthesiologists.** Tutorial ATOTW 404. 2019. Disponível em: <https://www.wfsahq.org/components/com_virtual_library/media/63d153ac2c6b18bc030f5b2c5c8abb5d-404-ATOTW-PORTUGU--S.pdf>. Acesso em 16 out. 2019.

MCNEICE, A. H., BROOKS, M., HANRATTY, C. G., JAMES, M. S., SIMON, J. W. A retrospective study of radiation dose measurements comparing different cath lab X-ray systems in a sample population of patients undergoing percutaneous coronary intervention for chronic total occlusions. **Catheterization and Cardiovascular Interventions**, v. 92, n. 3, p. E254-E261, 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ccd.27541>> Acesso em 10 agosto 2020.

MELO, F. A. A importância do uso do dosímetro nos profissionais médicos no serviço de hemodinâmica. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 3, n.1A, 2015. Disponível em: <<https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/58>>. Acesso em 13 abril 2019.

MILLER, D. L., VAÑÓ, E., BARTAL, G., BALTER, S., DIXON, R., PADOVANI, R., SCHUELER, B., CARDELLA, J. F., DE BAËRE, T. Occupational radiation protection in interventional radiology: a joint guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. **Cardiovascular and interventional radiology**, v. 33, n. 2, p. 230-239, 2010. Disponível em> <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2841268/>> Acesso em 13 abril 2019.

MOHAMMADI, M., DANAEI, L., ALIZADEH, E. Reduction of radiation risk to interventional cardiologists and patients during angiography and coronary angioplasty. **The Journal of Tehran University Heart Center**. v. 12, n. 3, p. 101, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5643866/>> Acesso em 09 nov. 2019.

MOURA, R., BACCHIM NETO, F. A. Proteção radiológica aplicada à radiologia intervencionista. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 14, n. 3, p. 197-199, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/177548>>. Acesso em 13 abr. 2019.

NUNES, G. S. **Avaliação de dose ocupacional e parâmetros técnicos em Serio-grafias de Esôfago, Estômago e Duodeno pediátricas**. 105 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2020. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4947>>. Acesso em 19 agosto 2020.

O'HORA, L., RYAN M.L., RAINFORD, L. Survey Of Key Radiation Safety Practices In Interventional Radiology: AN IRISH AND ENGLISH STUDY. **Radiat Prot Dosimetry**. 1;183(4):431-442. 2019. <<https://academic.oup.com/rpd/article-abstract/183/4/432/5105866?redirectedFrom=fulltext>>. Acesso em 4 dez. 2020.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v27n77/v27n77a14.pdf>>. Acesso em 21 mai. 2019.

OLIVEIRA DA SILVA, M. W. **Avaliação computacional da dose em pacientes e profissionais em angiografia coronariana utilizando o visual monte carlo**. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Radioproteção e Dosimetria, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://moodle.ird.gov.br/ensino/images/TesesDoutorado/Teses2017/tese_mau-ro%20wilson%20oliveira%20da%20silva.pdf>. Acesso em 01 nov. 2019.

PANTOS, I., PATATOUKAS, G., KATRITSIS, D. G., EFSTATHOPOULOS, E. Patient radiation doses in interventional cardiology procedures. **Current Cardiology Reviews**, n. 5, p. 1-11. 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2803281/pdf/CCR-5-1.pdf>>. Acesso em 19 agosto 2020.

PAZ, A., BOLOGNESI, L. Radioproteção aplicada ao serviço de hemodinâmica. **Tekhne e Logos**, v. 8, n. 1, p. 68-82. 2017. Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/view/401/293>> Acesso em 20 mai. 2019.

PERRY, B. C., INGRAHAM, C. R., STEWART, B. K., VALJI, K., & KANAL, K. M. Monitoring and Follow-Up of High Radiation Dose Cases in Interventional **Radiology**. **Academic Radiology**. 2018. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1076633218302320>>. Acesso em 6 dez. 2020.

RANA, V. K., RUDIN, S., & BEDNAREK, D. R. A tracking system to calculate patient skin dose in real-time during neurointerventional procedures using a biplane x-ray imaging system. **Medical Physics**. 43(9), 5131–5144. 2016. Acesso em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27587043/>> Acesso em 4 dez. 2020.

ROCHE, A. Radioprotection du patient en radiologie interventionnelle. **Journal de radiologie**, v. 91, n. 11, p. 1231-1235, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0221036310701797>> Acesso em 23 jun. 2019.

SÁNCHEZ, R. M., VAÑÓ, E., GARCÍA, L. E., & FERNÁNDEZ, J. M. Reducing the risk of skin injuries in cardiac catheterization procedures: Optimization proposal for obese patients. **Physica Medica**, 53, 94–102. 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30241760/>>. Acesso 1 nov. 2020.

SANTA CATARINA. DIRETORIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA (DIVS/SC). **Resolução Normativa nº 002**. Diretoria de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina. p. 14. 2015. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_06_2016_18.13.47.f3c087b3926a10c1087b93eb706851b1.pdf> Acesso em 28 out. 2019.

SCHNEIDER, T., WYSE E., PEARL, M.S. Analysis of radiation doses incurred during diagnostic cerebral angiography after the implementation of dose reduction strategies. **J Neurointerv Surg**. 9(4):384-388. 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27056919/>>. Acesso em 3 nov. 2020.

SCHNEIDER, E. M., FUJII, R. A. X., CORAZZA, M. J. Pesquisas Quali-quantitativas: Contribuições Para A Pesquisa Em Ensino De Ciências. v.5, n.9, p. 569-584, dez. 2017. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/ca3b/5b90451575c79afc7d49c8146916e9e19885.pdf>>. Acesso em 11 nov. 2019.

SILVA, E. C. S., CARNEIRO, P. F. P., CAVALANTI, M. B. Radioterapia Versus Radiossensibilidade Individual. **Ciências biológicas e da saúde**. Recife, v. 1, n.3, p. 111-117, 2014. Acesso em 11 nov. 2019.

SILVA, G. L. F., KNECHTEL, M. R. Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada. **Praxis Educativa**. Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 531-534, maio/ago. 2016. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/894/89442687013.pdf>>. Acesso em 11 nov. 2019.

SILVA, M. S. R., KHOURYII H. J., BORRÁSIII C., OLIVEIRA A. F., VIANNA H. F. P., OLIVEIRA F. R. A., JAPYASSÚ F. A. A., MOTA F. B. Dosimetria de pacientes e médicos em intervenções coronárias percutâneas em Recife, Pernambuco, Brasil. **Radiologia Brasileira**, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842011000200008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 16 maio 2019.

SOUZA, S. P. **Estudo dosimétrico de pacientes em procedimentos de cardiologia intervencionista**. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física Médica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/22056>>. Acesso em 11 maio 2019.

STECKER, M. S., BALTER, S., TOWBIN, R. B., MILLER, D. L., VAÑÓ, E., BARTAL, G., ANGLE, F., CHAO, C. P., COHEN, A. C., DIXON, R. D., GROSS, K., HARTNELL, G. G., SCHUELER, B., STATLER, J. D. BAÈRE, T., CARDELLA, J. F. Guidelines for patient radiation dose management. **Journal of Vascular and Interventional Radiology**, v. 20, n. 7, p. S263-S273, 2009. Disponível em: <<https://www.mpcphysics.com/documents/GuidelinesforPatientRadiationDoseMgmt.pdf>>. Acesso em 16 maio 2019.

SUN, Z., ABAZIZ, A, YUSOF, A. K. Radiation-induced noncancer risks in interventional cardiology: optimisation of procedures and staff and patient dose reduction. **Biomed research international**, v. 2013, 2013. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/976962/>> Acesso em 16 maio 2019.

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

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. UNSCEAR. **Sources and Effects of Ionizing Radiation: 2008 Report**. v. 1, 2008. Disponível em: <https://www.unscear.org/docs/publications/2008/UNSCEAR_2008_Report_Vol.I.pdf>. Acesso em 10 agosto 2020.

_____. **UNSCEAR's global survey of radiation exposure. Medical Exposure: a user manual.** Versão outubro, 2017. Disponível em: <http://www.survey.unscear.org/lib/exe/fetch.php/unscear_medical_exposure_survey_manual_v2.pdf>. Acesso em 19 agosto 2020.

_____. **List of UN Member States that have nominated National Contact Persons (NCPs) and information about data submitted to UNSCEAR's Global Surveys.** 2019. Disponível em: <https://www.unscear.org/docs/surveys/List_of_nominations_and_submissions_of_the_data_-20190930.pdf>. Acesso em 8 set 2020.

_____. **UNSCEAR's Global Survey of Radiation Exposure.** 2020. Disponível em: <<http://www.survey.unscear.org/doku.php>>. Acesso em 2 set 2020.

VIEIRA, E. R. D. R. V. **Análise in silico do escoamento hemodinâmico em aneurismas cerebrais do tipo basilar.** 126 f. Dissertação de mestrado em engenharia mecânica - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/148553>>. Acesso em: 2 ago. 2019.

YOSHIMURA, E. M. **Física das Radiações: interação da radiação com a matéria.** Revista Brasileira de Física Médica. vol 3(1), 57-67, 2009. Disponível em: <<http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/viewFile/35/27>>. Acesso em 16 maio 2019.

ZANZONICO, P. DAUER, L., STRAUSS, H. W. Radiobiology in cardiovascular imaging. **JACC: Cardiovascular Imaging**, v. 9, n. 12, p. 1446-1461, 2016. Disponível em: <<https://imaging.onlinejacc.org/content/9/12/1446.full>>. Acesso em: 1 set. 2020.