

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

CÉSAR AUGUSTO DA SILVA BORGES

**A PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NA REDUÇÃO DE DOSE EM
TOMOGRÁFIA COMPUTADORIZADA PEDIÁTRICA
– Uma revisão integrativa da literatura**

FLORIANÓPOLIS, 2019.

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

CÉSAR AUGUSTO DA SILVA BORGES

**A PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NA REDUÇÃO DE DOSE EM
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA PEDIÁTRICA
– 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. Ma. Caroline de Medeiros

FLORIANÓPOLIS, 2019.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Borges, César Augusto da Silva

A proteção radiológica na redução de dose em tomografia computadorizada pediátrica : uma revisão integrativa da literatura / César Augusto da Silva Borges ; orientação de Caroline De medeiros. - Florianópolis, SC, 2019.

50 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. Tomografia computadorizada por raios X. 2. Proteção radiológica. 3. Dose de radiação. 4. Pediatria.
I. De medeiros, Caroline. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços.
III. Título.

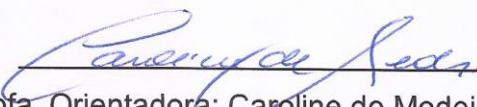
**A PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NA REDUÇÃO DE DOSE EM
TOMOGRÁFIA COMPUTADORIZADA PEDIÁTRICA – Uma revisão
integrativa**

CÉSAR AUGUSTO DA SILVA BORGES

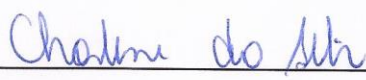
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 26 de junho de 2019


Banca examinadora:



Profa. Orientadora: Caroline de Medeiros, doutoranda



Profa. Charlene da Silva, mestranda



Profa. Rita de Cássia Flôr, Dra.

AGRADECIMENTOS

A minha Mãe, primeiramente, por toda força e educação que me deu desde sempre. Pelo amor, carinho e compreensão que me fez perceber o quão grande e desafiadora a vida é. Pelas batalhas que enfrentei ao seu lado durante toda a vida e por toda insistência em me tornar uma pessoa melhor. Eu te amo com todas as forças desse mundo Mãe.

A minha orientadora que com toda paciência e sabedoria me guiou no caminho árduo deste trabalho.

Aos meus amigos, que durante 3 anos foram minha base e me ensinaram muito sobre a vida.

A todos os funcionários do Instituto Federal de Santa Catarina, que diariamente me proporcionaram uma vida acadêmica melhor.

Aos membros da banca examinadora por terem me dado a oportunidade de avaliar e melhorar meu trabalho e pela aceitação do convite.

A todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste curso, agregando sabedoria ao meu ser.

“A liberdade, que é uma conquista, e não uma doação, exige permanente busca. Busca permanente que só existe no ato responsável de quem a faz. Ninguém tem liberdade para ser livre: pelo contrário, luta por ela precisamente porque não a tem. Ninguém liberta ninguém, ninguém se liberta sozinho, as pessoas se libertam em comunhão.”

Paulo Freire

RESUMO

A Tomografia Computadorizada (TC) é um tipo de exame que aumenta seu uso gradativamente durante os anos, pelo fato de ter uma tecnologia mais avançada e porque a área médica prefere utilizá-lo para os diagnósticos em imagem. O número de exames feitos em crianças aumenta cada vez mais e isso começa a se tornar um problema, pois o tecido biológico infantil é mais radiosensível aos efeitos da radiação ionizante. Para isso é necessário métodos de proteção radiológica que consigam diminuir a dose de radiação em pacientes pediátricos. Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo identificar os aspectos relacionados a proteção radiológica na redução de dose em tomografia computadorizada pediátrica por meio de uma revisão de literatura. Neste estudo, do tipo revisão integrativa da literatura, no qual foram analisados e selecionados 11 artigos em inglês de pesquisas feitas fora do âmbito nacional, ao qual foram analisados os dados e enumerados métodos mais citados para a diminuição de dose. Entre eles estão: métodos de reconstrução de imagem iterativa (ASIR), uso de controle automático de exposição (CAE), modulação da corrente do tubo, cuidado com os parâmetros básicos (tensão e corrente), criação dos níveis de referência de dose pediátrica (NRD), posicionamento da criança, modernização dos aparelhos (detectores), uso de EPI infantil, substituição por outros exames, conscientização e informação populacional, justificção e otimização de dose, dosimetria e os filtros propícios para os exames. Conclui-se que para a diminuição da dose de radiação é importante corrigir processos básicos na área técnica e informacional, para com que as crianças sejam menos afetadas e a proteção radiológica esteja sempre em primeiro lugar.

Descritores: Tomografia computadorizada Por Raios X. Proteção Radiológica. Pediatria. Dose de Radiação.

ABSTRACT

Computed Tomography (CT) is a type of examination that increases its use gradually over the years, because it has a more advanced technology and because the medical field prefers to use it for diagnostic imaging. The number of exams done in children is increasing and this is becoming a problem because the infant biological tissue is more radiosensitive to the effects of ionizing radiation. This requires radiological protection methods that can reduce the dose of radiation in pediatric patients. Therefore, the present research aims to identify aspects related to radiological protection in dose reduction in pediatric computed tomography through a literature review. In this study, an integrative literature review was carried out, in which 11 articles in English were analyzed and selected from research conducted outside the national scope, to which data were analyzed and enumerated the most cited methods for dose reduction. Among them are: iterative image reconstruction methods (ASIR), use of automatic exposure control (AEC), modulation of the tube current, care of the basic parameters (voltage and current), creation of pediatric dose reference levels (DRL), child positioning, device modernization (detectors), use of infant PPE, substitution for other exams, population awareness and information, dose justification and optimization, dosimetry, and screening filters. It is concluded that for the reduction of radiation dose it is important to correct basic processes in the technical and informational area, so that the children are less affected and the radiological protection always comes first.

Descriptors: Tomography, X-Ray Computed. Radiation Protection. Pediatrics. Radiation Dose.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do aparelho básico de TC.....	13
Figura 2 – Primeira Geração da TC	14
Figura 3 – Segunda geração da TC	14
Figura 4 – Terceira geração da TC	15
Figura 5 – Quarta geração da TC	15
Figura 6 – TC Helicoidal	16
Figura 7 – Tomógrafos “Single Slice” e “Multi Slice”	17
Figura 8 – Gráfico de relação da tensão (kVp) com a dose	21
Figura 9 – Gráfico de relação da corrente (mA) com a dose	22
Figura 10 – Filtro "Bowtie"	25
Figura 11 – Esquema de etapas de pesquisa dos artigos	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
1.1 Justificativa	10
1.2 Definição do problema	11
1.3 Objetivo geral	11
1.4 Objetivos específicos	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Tomografia computadorizada	12
2.2 Tomografia pediátrica	17
2.3 Dosimetria em TC e riscos da radiação ionizante	18
2.3.1 Efeitos determinísticos	19
2.3.2 Efeitos estocásticos	19
2.4 “As low as reasonably achievable”	19
2.5 Otimização dos parâmetros de exposição	20
2.6 Uso de controle automático de exposição	23
2.7 A delimitação da área estudada e colimação adaptativa da seção	24
2.8 Filtros “ <i>bowtie</i> ”	24
2.9 Métodos de pós processamento	25
2.10 Blindagem de bismuto	25
3 METODOLOGIA	27
3.1 Métodos aplicados	27
4 RESULTADO E DISCUSSÕES	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O avanço da tomografia computadorizada (TC), com o passar do tempo, foi de extrema importância para o ramo da medicina, trazendo inúmeras contribuições à qualidade da imagem para um correto diagnóstico. A busca por esse tipo de exame vem crescendo gradativamente durante os anos, principalmente tratando-se de pacientes pediátricos. Existem dados estatísticos demonstrando um aumento exponencial entre os pedidos de exames de TC da década de 80, que era de 3 milhões anuais, para 62 milhões de pedidos para o ano de 2007 (BRENNER, HALL, 2007).

Segundo Pearce et. al (2012) soube-se que o efeito da radiação ionizante no tecido biológico pode ser prejudicial, inclusive podendo causar câncer, que seria o estágio mais avançado de tais danos, sendo comprovado por um estudo de coorte retrospectivo no Reino Unido. Tal estudo compara pacientes pediátricos que foram expostos a exames de TC durante um período de sua vida e crianças que não foram expostas. Com isto foi possível perceber que, dependendo da dose recebida, o risco de desenvolver uma leucemia ou um tumor cerebral é alto.

Em se tratando de criança, há um cuidado ainda maior, especialmente com a proteção radiológica, pois esta possui uma radiosensibilidade maior se comparada aos adultos, uma vez que suas células estão em fase de desenvolvimento, aumentando a probabilidade do efeito das radiações ionizantes e dos raios X em causar problemas futuros e, eventualmente, uma multiplicação desordenada dessas células (GONZALEZ *et al.* 2016).

O estudo de Brenner et al. (2001) traz informações importantes indicando o aumento do risco de crianças expostas à TC, em relação às não expostas, desenvolverem doenças degenerativas, especialmente o câncer radioinduzido. Nos Estados Unidos realizaram uma pesquisa estimando o risco de mortalidade por câncer que uma criança de 1 ano de idade tem ao realizar o exame radiológico de TC, de abdome e crânio principalmente.

Uma das pesquisas mais bem alinhadas com o fator de relação entre a radiação ionizante e seu efeito biológico foi feita por Osaza et al. (2012), no qual foi feito um acompanhamento com os sobreviventes da bomba atômica de Hiroshima e Nagasaki. Os autores realizaram uma pesquisa de coorte durante 53 anos (1950-2003) com 120.000 pessoas, dentre elas os sobreviventes e moradores que não estavam na cidade no dia do bombardeamento. Os sujeitos da pesquisa foram separados em

grupos diferentes, formando dois tipos de amostras. O resultado mostrou que 86% dos sujeitos que foram expostos a radiação da bomba morreram e, dentro desta porcentagem, 21% foram diagnosticados com câncer. Desta maneira, percebe-se que existe uma relação entre a radiação ionizante e os efeitos biológicos.

Tendo em vista todos esses pontos importantes a respeito do uso de procedimentos de TC, de forma geral, por meio desta revisão integrativa, procura-se trazer informações detalhadas sobre os efeitos da radiação ionizante no paciente pediátrico. Cabe esclarecer que, utilizou-se como referencial em relação a idade de criação, o Ministério da Saúde. Este define como criança, a faixa etária estabelecida entre 0 e 9 anos de idade. Além disso, buscou-se abordar uma escolha adequada dos exames médicos de acordo com a necessidade; a diminuição dos fatores de exposição (kV, mAs, etc.); a realização do exame apenas no local do corpo em que se pretende estudar; proteção dos tecidos adjacentes por meio de Equipamentos de Proteção Individual (EPI); instrução aos pais e público em geral sobre o uso de radiação ionizante, alertando sobre os possíveis danos; indicação no prontuário médico do paciente a quantidade de dose recebida pelo mesmo. Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo identificar os aspectos relacionados a proteção radiológica na redução de dose em tomografia computadorizada pediátrica por meio de uma revisão de literatura.

1.1 Justificativa

Os pedidos de exames de TC vêm aumentando durante os anos, conforme estudos feitos por Brenner (2007) nos Estados Unidos, na década de 80, estimou-se que 2.8 milhões de exames eram feitos por ano; já no ano de 1966 esse número cresceu para 62 milhões de exames por ano, sendo que 4 milhões desses exames são feitos em crianças. Esses exames são preteridos pela maioria dos médicos pediatras devido a sua qualidade e a rapidez de ser realizado, evitando o uso de sedações, facilitando o estudo da imagem (BRENNER, 2007).

Apesar de trazer grandes contribuições para os diagnósticos, em contrapartida o exame de TC utiliza uma grande quantidade de radiação. Quando se trata de radiação ionizante deve-se ter muito cuidado, pois seus efeitos dentro das células podem ser variados, podendo causar inclusive mutações em sua estrutura e suas funções. O problema pode ser ainda maior quando essas células são jovens,

pois sua capacidade de divisão está no auge, podendo aumentar a probabilidade de ocorrer uma mutação e futuramente desencadear um problema maior, inclusive neoplasias (MONDACA, 2006). Sabendo dessas informações, é necessário ter possibilidades para a diminuição das doses no exame de TC.

Essa revisão de literatura justifica-se pela necessidade da discussão do tema proposto, pois torna-se de extrema importância os cuidados com pacientes pediátricos. Também pela análise dos parâmetros de proteção radiológica fora do âmbito nacional para a adaptação de formas de redução de dose.

1.2 Definição do problema

Para se obter reflexões em torno desse assunto, este trabalho pretende responder a seguinte pergunta: Como a proteção radiológica deve ser aplicada na redução de dose em exames tomográficos pediátricos de acordo com as evidências científicas?

1.3 Objetivo geral

Identificar como a proteção radiológica deve ser aplicada na redução de dose em exames tomográficos pediátricos de acordo com as evidências científicas.

1.4 Objetivos específicos

A partir da revisão feita na literatura em torno do tema de proteção radiológica em tomografia computadorizada pediátrica e os riscos que tais exames podem proporcionar, se viabilizam alguns objetivos específicos, tais como:

- a) Evidenciar os métodos de diminuição de dose para pacientes pediátricos em exames de TC relatados na literatura nacional e internacional.
- b) Promover uma discussão dos achados trazendo para a realidade brasileira o que tem sido empregado de proteção radiológica em TC pediátrica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Além da evolução no aspecto tecnológico dos equipamentos e das formas da aquisição de imagens, aumentou-se também a dose de radiação utilizada para obter o detalhamento da imagem. Com isso, deve-se propor medidas para a diminuição ou otimização da dose e das técnicas utilizadas nos serviços de tomografia computadorizada. Neste sentido, este capítulo irá discorrer sobre os seguintes temas: Tomografia computadorizada, tomografia pediátrica, dosimetria em TC e riscos da radiação ionizante, “*As low as reasonably achievable*”, otimização dos parâmetros de exposição, uso de controle automático de exposição, delimitação da área estudada e colimação adaptativa da seção, filtros “*bowtie*”, métodos de pós processamento e blindagem de bismuto.

2.1 Tomografia computadorizada

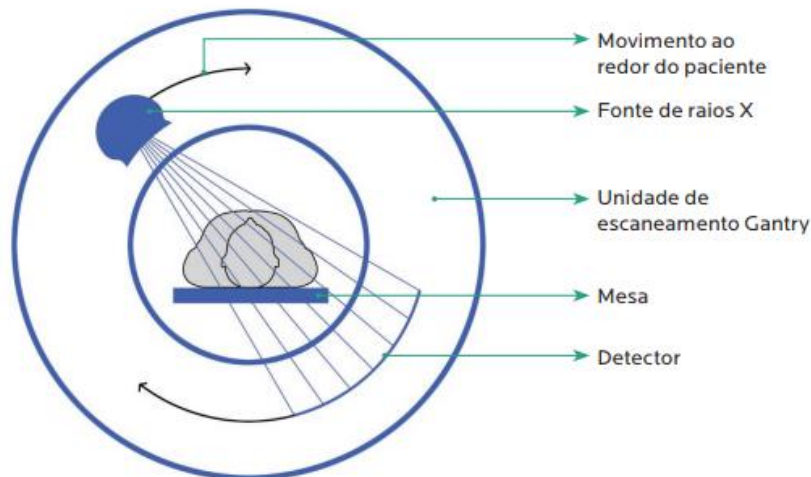
O termo “tomografia” é uma palavra de origem grega: “*tomos*” significa “cortes, fatias”, e “*grafia*” significa “imagem”. Em 1962 o termo foi utilizado pela Comissão Internacional em Unidade e Medidas Radiológicas (ICRU) para categorizar as formas seccionais do corpo, que são obtidos a partir do escaneamento do paciente (FREITAS, 2014).

Segundo Bushong (2013), a Tomografia Computadorizada (TC) é um sistema de imagem revolucionário, pois não envolve filme em tela e tubo intensificador de imagem, apenas raios-x colimados e direcionados ao paciente, posteriormente essa imagem latente atenuada é medida por detectores dispostos de forma que a eficiência de detecção seja a maior possível. Após o sinal ser analisado pelo detector, o computador faz a reconstrução da imagem e o reproduz no monitor do computador.

A TC é um dos muitos exemplos que podemos relatar no qual trouxe inúmeras inovações quando se trata de diagnóstico por imagem. Essa técnica que utiliza da radiação ionizante, iniciou-se como aplicação clínica ainda na década de 70, tornando possível examinar algumas regiões do encéfalo que não era possível apenas com a radiografia convencional. O aparelho consiste em uma fonte de radiação que é acionada e ao mesmo tempo faz um movimento circular em torno da região a ser estudada do paciente, emitindo raios X em forma de leque. No lado contraposto a fonte, localiza-se uma série de detectores que transformam a radiação em sinal

elétrico que posteriormente se transformará na imagem digital, conforme mostra a Figura 1 (AMARO JÚNIOR; YAMASHITA, 2001).

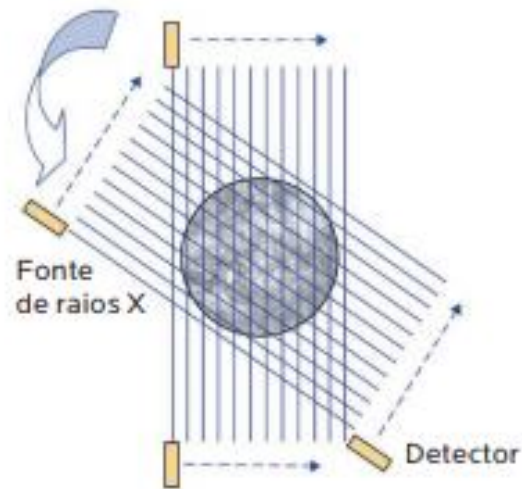
Figura 1 - Representação do aparelho básico de TC



Fonte: Freitas (2014).

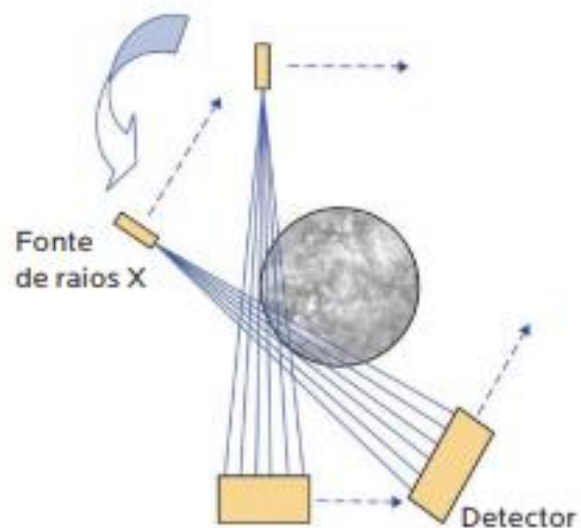
Ao passar do tempo, o aparelho de TC foi evoluindo e ficando mais eficaz e suas imagens com mais qualidade. A literatura atual divide essa evolução do aparelho no que podemos chamar de Gerações. Podemos dividi-la em:

Primeira geração: a fonte e o detector utilizam movimentos lineares, cerca de 1 grau para cada nova aquisição e no final ocorre uma varredura de 180 graus em torno do paciente. O tempo de varredura conseqüentemente é longo e a imagem apresenta apenas um plano de corte. Na figura 2 podemos notar o sistema fonte/detector da primeira geração (FREITAS, 2014).

Figura 2 - Primeira Geração da TC

Fonte: Freitas (2014).

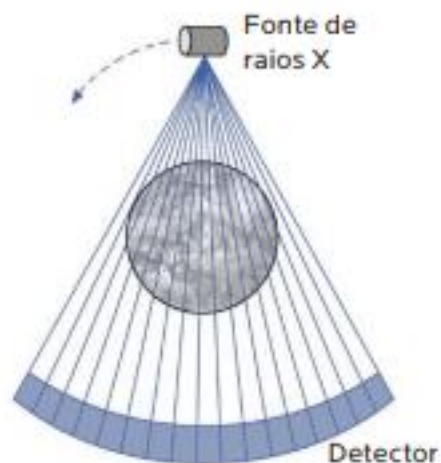
Segunda geração: o sistema de captação de imagem é semelhante a geração anterior com a mudança no número de detectores, que foi aumentada (como mostra a figura 3), possibilitando assim um tempo de varredura menor e assim também diminuindo o tempo de exame (FREITAS, 2014).

Figura 3 - Segunda geração da TC

Fonte: Freitas (2014).

Terceira Geração: apresentou como modificação a conformação e arco móvel do conjunto de detectores que, juntamente com a fonte de raios X, conseguiam completar um giro de 360 graus em torno do paciente. A Figura 4 nos mostra a sistemática dessa nova geração (FREITAS, 2014).

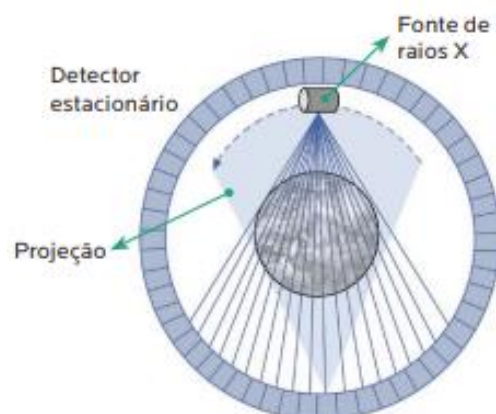
Figura 4 - Terceira geração da TC



Fonte: Freitas (2014).

Quarta geração: trouxe o anel de detectores fixo, diminuindo assim os artefatos devido aos problemas mecânicos e melhorando significativamente a imagem. A Figura 5 retrata essa nova geração (FREITAS, 2014).

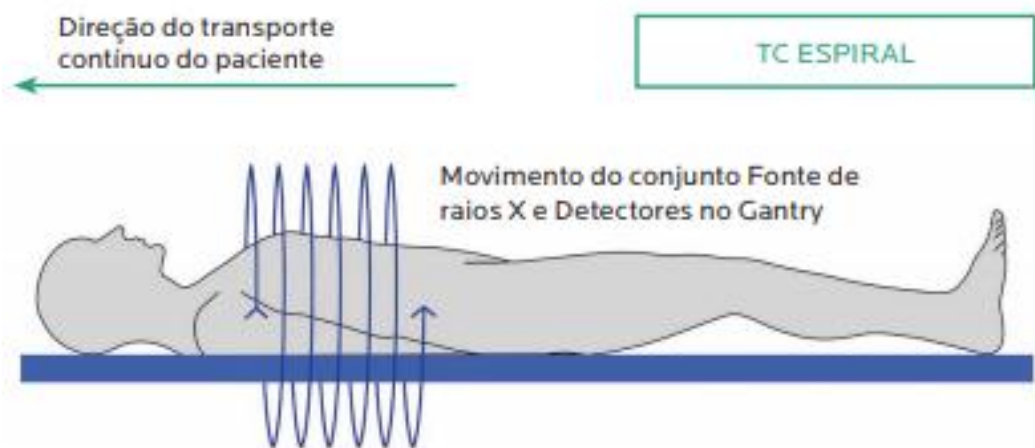
Figura 5 - Quarta geração da TC



Fonte: Freitas (2014).

As quatro gerações são reconhecidas pela literatura e ilustram como a parte mecânica dos aparelhos foram evoluindo com o tempo. Atualmente existe mais um recurso tomográfico que permitiu o movimento simultâneo da mesa, detectores e a fonte de raios X (FREITAS, 2014). Essa técnica se chama TC espiral, também conhecida como TC helicoidal (Figura 6).

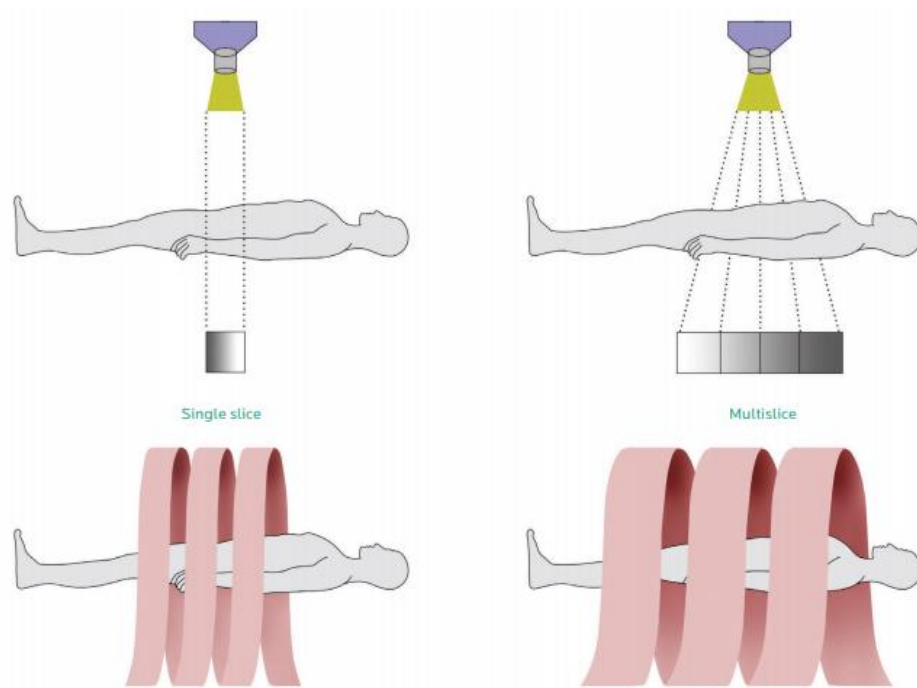
Figura 6 - TC Helicoidal



Fonte: Freitas (2014).

Após entender a técnica usada no TC Helicoidal, deve-se apresentar novas técnicas nas quais destacam-se dois tipos de tomógrafos: "Single Slice" e "Multislice". O primeiro tipo de tomógrafo, "Single Slice" são aparelhos que cada emissor de radiação possui uma fileira de detector. No segundo, "Multislice", o emissor de radiação possui duas ou mais fileiras de detectores, aumentando assim a eficiência em detecção, diminuindo o tempo de exame consideravelmente, aumentando a velocidade da aquisição da imagem. Além disso, realiza imagens com espessura muito finas e com alta qualidade, permitindo reconstruções multiplanares ou tridimensionais (AIHARA, 2003). Na figura 7, percebe-se a diferença entre os primeiros tipos de tomógrafos e o "Multislice".

Figura 7 - Tomógrafos “Single Slice” e “Multi Slice”



Fonte: Freitas (2014).

2.2 Tomografia pediátrica

Pediatria, do grego *pais*, *paidos*, “criança”, e *iatreia*, “Medicina”, é a Medicina da criança. Esta especialidade da medicina atende os problemas infantis podendo ser categorizada de duas formas: a Puericultura, que está ligada a prevenção e manutenção das condições normais da criança, e a Clínica pediátrica ou Pediatria curativa, que está responsável pela restauração das condições normais quando alterada (GUSSON; LOPES, 2009).

Um estudo americano mostra que no final da década de 1990, nos Estados Unidos, foram realizadas uma estimativa de 600 mil exames de TC de abdome ou de crânio por ano em crianças com menos de 15 anos de idade, e tais autores inferem que pelo menos 500 dessas crianças teriam morrido de câncer radioinduzido (BRENNER et al. 2001).

A tomografia pediátrica conceitua-se pelo uso da técnica de Tomografia Computadorizada (TC) em crianças, definidas pelo Ministério da Saúde com a idade entre 0 e 9 anos de idade. A tomografia pediátrica é um tipo de exame extremamente importante na detecção de patologias e anormalidades (BRENNER et al. 2001).

A facilidade de obter o exame, o aumento da qualidade da imagem, a velocidade do tempo do exame, foram atrativos para se utilizar a TC indiscriminadamente em crianças. De acordo com o relatório, de 2013, da *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (UNSCEAR), de 3 a 10% de todos os procedimentos médicos por imagem são realizados em crianças. Estes são dados alarmantes e que categorizam a importância do estudo e desenvolvimento da proteção radiológica quando se trata de pacientes pediátricos.

2.3 Dosimetria em TC e riscos da radiação ionizante

Para o melhor entendimento do efeito da radiação ionizante no tecido biológico, deve-se ter conhecimento sobre as unidades dosimétricas utilizadas em tomografia computadorizada. As unidades a serem conhecidas são: Dose Efetiva, que é a dose relacionada ao dano biológico no corpo todo, medida em Sievert (Sv) (MONDACA, 2006); Dose Absorvida, que se refere a dose de energia absorvida por unidade de massa, especificamente em cada órgão/tecido, medida em Gray (Gy). (BRENNER, 2007) e o Índice de Dose de Tomografia Computadorizada Volumétrica (CTDIvol), sendo a unidade mais utilizada em TC, pois a partir dela estima-se uma aproximação de dose absorvida pelo órgão (SOUZA et al., 2017). Essas três medidas dosimétricas são utilizadas em TC para ter uma estimativa de dano.

Há uma grande diferença quando se compara as doses recebidas entre uma radiografia convencional e um exame de TC, como por exemplo em um exame Anteroposterior (AP) de abdome de radiografia convencional resulta em uma dose no estômago de 0,25 mGy, que é um valor 50 vezes menor do que uma dose no estômago em um exame abdominal de TC (BRENNER, 2007). Portanto, pode-se dizer que a dose entregue pela TC é muito maior que a da radiografia convencional.

A radiação ionizante, como os raios-x, possui energia suficiente para superar a energia de ligação dos elétrons que orbitam os núcleos dos átomos e moléculas, podendo tirá-los das suas órbitas ocasionando a ionização. Assim, pode-se formar um radical livre no tecido biológico pela interação que a radiação tem com a molécula da água. Esses radicais livres interagem com o DNA podendo afeta-lo de forma irreparável ao danificar sua estrutura, ocasionando assim mutações pontuais,

translocações cromossômicas e fusões gênicas, todas ligadas a indução do câncer. (BRENNER, 2007).

Sabendo-se dos efeitos biológicos da radiação ionizante, existe uma diferenciação quanto a sua natureza, sendo: reações determinísticas (ou teciduais) ou reações estocásticas (OKUNO, 2013).

2.3.1 Efeito Determinístico

De acordo com Okuno (2013, p.191) efeito determinístico são aqueles que “resultam de dose alta e somente surgem acima de certa dose, chamada dose limiar cujo valor depende do tipo de radiação e do tecido irradiado”. Como exemplo, temos a queimadura de pele causada por alta dose de radiação.

2.3.2 Efeito Estocástico

De acordo com a literatura, o efeito estocástico independe da dose, pois está associado ao longo prazo dos efeitos da radiação no tecido biológico (OKUNO, 2013).

Efeitos estocásticos são alterações que surgem em células normais, sendo os principais o câncer e o efeito hereditário [...] esse tipo de efeito pode ser induzido por qualquer dose [...] são sempre tardios e a gravidade do efeito não depende da dose, mas a probabilidade de sua ocorrência aumenta com a dose (OKUNO, 2013, p.192).

2.4 As Low As Reasonably Achievable

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) foi criada em 1928 com o intuito de estabelecer limites de doses para a população em geral e principalmente para os Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE). Em 1965, esta comissão, introduziu o termo ALARA (As Low As Reasonably Achievable), justificando que a dose deve ser tão baixa quanto exequível, ou seja, os níveis de dose devem ser os mais baixos possíveis mantendo uma qualidade de imagem para que o médico consiga realizar o diagnóstico. Limitando a dose efetiva para o público geral para 1 mSv por ano e do IOE para 100 mSv por ano. (MONDACA, 2006).

Foram vários relatórios publicados pela ICRP sobre o tema proteção radiológica, um dos primeiros documentos que visou a exposição a radiação foi o

relatório 1 que trouxe a expressão “tão baixa quanto exequível”, remetendo a dose que deverá ser utilizada ser baixa, mas possível para a realização do diagnóstico médico.

Atualmente, as recomendações feitas pela ICRP são encontradas na Publicação 103 feita em 2007 e a Publicação 105, também realizada em 2007.

A publicação 103 define a ALARA como:

A probabilidade de expor-se a exposições, o número de pessoas expostas, e a magnitude das doses individuais devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis, levando em conta fatores econômicos e sociais” (ICRP Publicação 103, parágrafo 334).

A publicação 105 aplica o princípio da ALARA para exposições médicas:

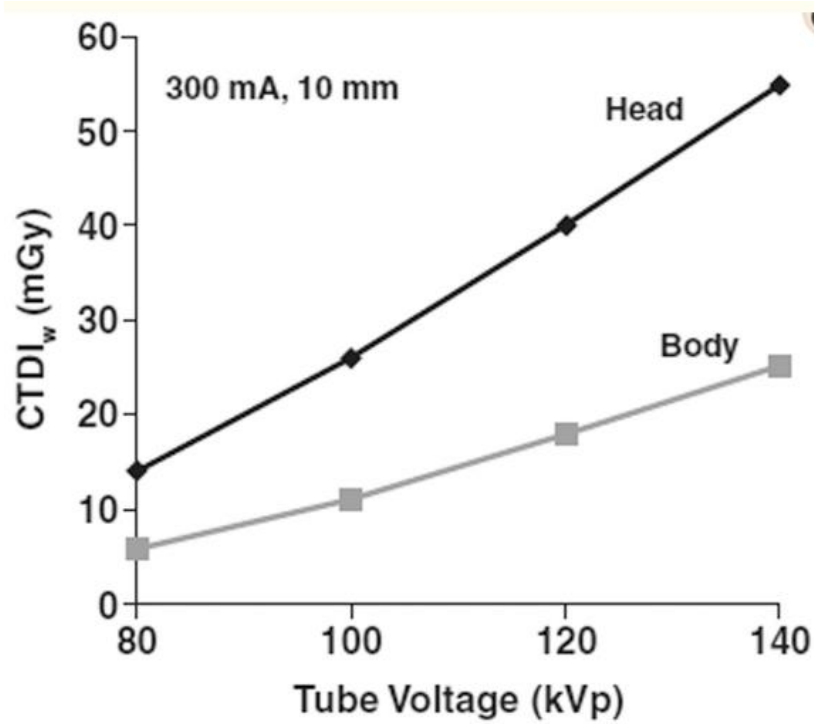
A otimização da proteção radiológica significa manter as doses tão baixas quanto razoavelmente exequíveis, levando em conta fatores sociais e econômicos, e é mais bem descrito como gerenciamento da dose de radiação para o paciente para ser compatível com a finalidade médica” (ICRP Publicação 105, parágrafo 70).

2.5 Otimização dos parâmetros de exposição

Com o advento da TC Helicoidal no início dos anos 90, os profissionais das técnicas radiológicas e os radiologistas puderam ter a capacidade de controlar vários parâmetros de exposição à radiação, além do que já conseguiam ajustar, como a corrente e a tensão do tubo de raios X, então puderam com o avanço tecnológico, selecionar outro parâmetro, a velocidade da mesa (pitch). As configurações para TC devem ser usadas para a otimização da dose no paciente, fazendo com que as informações de diagnóstico sejam mantidas na melhor qualidade possível. Fatores como resolução de contraste e resolução espacial são determinadas, em parte, pela corrente do tubo, colimação, pitch, campo de visão da tela e algoritmo de reconstrução, sendo que todos estes citados podem ser controlados pelo profissional que está realizando o exame. Assim sendo, pode-se usar dos parâmetros de exposição e de software para melhorar a qualidade da imagem, diminuindo consideravelmente a dose no paciente (ROMANO et al., 2015).

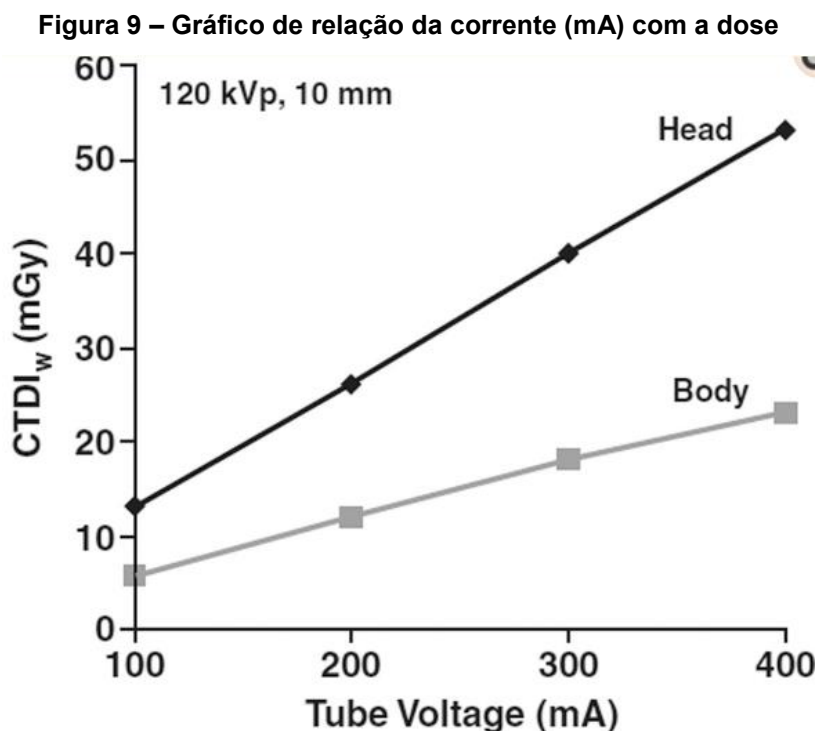
Existe uma influência entre a tensão do tubo de raios X (kVp) e a corrente utilizada com a dose absorvida, o que mostra o estudo de Zacharias et al. (2013), conforme demonstrado na Figura 8 (tensão do tubo) e Figura 9 (corrente do tubo).

Figura 8 – Gráfico de relação da tensão (kVp) com a dose



Fonte: ZACHARIAS et al (2013).

Na figura 8, detalha a diferença de absorção de dose de radiação em relação a tensão do tubo aplicada em diferentes tipos de “phantoms” (materiais que simulam o corpo humano) em exames de cabeça (Head) e corpo inteiro (Body). Nota-se uma diminuição do que é absorvido pelo tecido biológico quando se diminui a tensão do tubo.



Fonte: ZACHARIAS et al. (2013).

Assim como na Figura 9, comprova a relação direta que a corrente (mA) do tubo de radiação tem com a dose absorvida no indivíduo, no caso representado por “phantoms”. Existe um decréscimo na taxa de radiação que seria atenuada no tecido humano se a corrente tiver razoavelmente baixa.

Pesquisas demonstram que é possível usar uma corrente menor que 100 mA para tomografia computadorizada de tórax, abdome geral e pelve, que ainda assim conseguem ser usadas para fins de diagnóstico (PATERSON, 2001).

Segundo informações obtidas pela pesquisa que tratava dos ajustes nas configurações dos parâmetros de exames de TC pediátricos:

Os parâmetros de TC helicoidal pediátrico não são ajustados com base no tipo de exame ou na idade da criança. Em particular, estes resultados sugerem que pacientes pediátricos podem ser expostos a uma dose de radiação desnecessariamente alta durante a TC do corpo (PATERSON et al. 2001, p. 297).

Ou seja, a pesquisa trouxe que os parâmetros técnicos que influenciam na diminuição de dose, não são ajustados para o público pediátrico apesar da grande variabilidade anatômica que existe entre eles (PATERSON, 2001).

Uma outra publicação feita pelo Instituto Nacional do Câncer dos Estados Unidos da América em 2008, mostrou que a dose efetiva recebida por uma criança

em um exame de TC abdominal (200 mAs) sem ajuste dos parâmetros corretos é de 11-24 mSv; quando ajustado para os parâmetros corretos de criança (50 mAs) a dose efetiva diminui para 3-6 mSv. O ajuste do parâmetro é guiado pelo peso do paciente. Acrescentando que pelo menos um terço das crianças submetidas aos exames de TC, já passaram por, pelo menos, três diferentes exames na sua vida acrescentado na sua dose cumulativa, ou estocástica. Com a diminuição da dose, o fator de risco do câncer diminui diretamente, mas em contrapartida deve-se prestar atenção na qualidade da imagem para que ocasionalmente o diagnóstico não seja afetado (COHEN, 2012).

2.6 Controle Automático de Exposição

O controle automático de exposição (CAE) chega ao mercado com grandes possibilidades de diminuição de dose ao paciente. Essa ferramenta possibilita a modulação da corrente no tubo de raios X, conforme a espessura do paciente, buscando uma quantidade ideal de fótons para cada região anatômica analisada. Foram feitas pesquisas com análises retrospectivas de protocolos e doses em exames de crânio de pacientes pediátricos (1 a 15 anos de idade), e pode-se notar uma diminuição significativa nos números de tensão do tubo (pelo fato de aquecer menos), produto corrente-tempo e do CTDIvol, podendo chegar a 14%, 46% e 55%, respectivamente. Conclui-se que o uso de AEC otimiza a dose utilizada nos exames de TC pediátricos de crânio, diminuindo consideravelmente os índices de exposição. (SOUZA, 2017).

Outros estudos trouxeram valores de redução maiores ao usar a modulação de dose em TC, por exemplo, uma investigação de Gress et al. mostrou que o uso de tal tecnologia pode levar uma redução de 26% a 43% em crianças, dependendo da geometria e o peso da criança, sem ter comprometimento da qualidade da imagem. Peng et al. (2009), utilizando método de padronização de sinal de ruído, conseguiu ter uma diminuição em 65% em crianças, comparando com um grupo de controle.

2.7 A delimitação da área estudada e a colimação adaptativa de seção

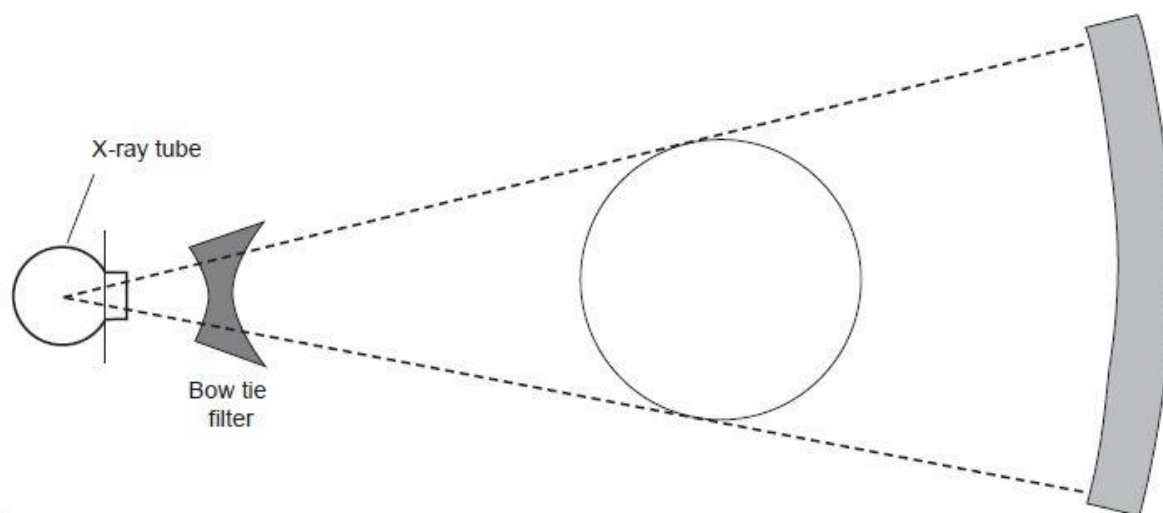
Além da dose de radiação recebida pela criança, outro risco está associado ao volume do corpo que é irradiado, ou seja, quanto maior for comprimento do objeto de estudo, mais radiação o paciente irá receber. Por esse motivo é importante fazer uma limitação do comprimento do scout (imagem de verificação) e da varredura das imagens. Sendo que quanto menor for a área estudada, menor é o nível de radiação recebida (STRAUSS, 2010).

Então aconselha-se que em exame de TC pediátrico, os exames sejam feitos em fase única e com a limitação das áreas irradiadas, exceto quando há indicações específicas (STRAUSS, 2010).

Uma das causas de exposição desnecessária que acrescenta uma significativa dose cumulativa em TC helicoidal é o efeito de saturação de escaneamento no plano longitudinal da estrutura, no qual se relaciona com o fato que a reconstrução exige uma quantidade específica de informação do corte, e essa informação é necessária pelo menos uma metade de rotação do tubo de raios x, do começo e do fim da seção. O efeito aumenta a dose dependendo da quantidade de detectores. O método que pretende diminuir drasticamente o número de dose de radiação em cortes tomográficos é a colimação adaptativa de seção, que parte da exposição dos raios x do tecido fora do volume imageado é bloqueado por colimadores dinamicamente ajustados no começo e no fim de cada exame de CT, sendo exposta apenas o volume selecionado pelo profissional da técnica radiológica (DEAK et al., 2009).

2.8 Filtros “Bowtie”

O filtro Bowtie são filtros de TC que endurecem o feixe de raios x removendo o espectro de baixa energia. Energia essa que poderia ser absorvida pelo tecido do paciente e não chegar nos detectores para leitura das informações. São importantes para concentrar o feixe no centro do objeto estudado, conforme mostra a Figura 10. Os resultados são o aumento da qualidade da imagem, graças a retirada do sinal de ruído que poderia ser proporcionado pelo feixe de baixa energia e 50% de redução de dose superficial quando comparados com filtros planos. É importante destacar que a funcionalidade do filtro depende diretamente do posicionamento do paciente corretamente no isocentro do gantry (ZACHARIAS et al., 2013).

Figura 10 - Filtro "Bowtie"

Fonte: FATHI, 2015.

2.9 Métodos de pós-processamento

Pode-se dizer que um dos fatores que influenciam indiretamente a dose de radiação são aquelas que influenciam na geração da imagem, como o tipo de filtros reconstrutores. Por exemplo, um estudo feito traz a comparação entre um exame feito com baixa dose (100 kVp) usando um filtro reconstrutor mais leve e outro com uma dose de 120 kVp com filtro de reconstrução padrão. O resultado foi que em ambas as imagens reconstruídas obtiveram o mesmo nível de sinal ruído de background, ou seja, utilizando de diferentes recursos de pós-processamento, pode-se reduzir a dose de radiação que iria ser absorvida pelo tecido biológico do paciente, redução que chega a números de 10 a 40% (ZACHARIAS et al., 2013).

2.10 Blindagem de Bismuto

O uso combinado da proteção de bismuto para tireoide e mama com o controle automático de exposição (CAE) é bastante eficaz quanto a diminuição de dose em crianças (ZACHARIAS et al., 2013).

Coursey et al. (2008) demonstrou que há uma redução de até 52% da dose de radiação se a blindagem de bismuto for utilizada depois que o topograma for feito.

Outro estudo revela a taxa de redução em cada órgão específico, sendo 22,5% na tireoide e 36,6% nas mamas (GUNN et al., 2009).

Vale ressaltar as recomendações da AAPM, para que sejam usadas alternativas primeiramente ao uso de blindagem de bismuto, pois está em discussão atualmente o nível de ruído e artefatos causados por tal proteção (CORREIA et al., 2014).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa tratou-se de uma revisão integrativa cujo intuito foi sintetizar pesquisas já realizadas e analisá-las, agregando informações e conhecimento ao tema em pesquisa (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

Para a construção desta pesquisa foram utilizadas as seguintes etapas metodológicas, nas quais foram adaptadas pelo autor (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

- a) formulação da pergunta norteadora de pesquisa;
- b) busca de artigos em base de dados confiáveis;
- c) determinação dos critérios para a inclusão e exclusão dos artigos;
- d) seleção de artigos que passarem pelo filtro de inclusão/exclusão;
- e) análise e interpretação dos estudos e artigos selecionados;
- f) Discussão dos resultados.

3.1 Métodos aplicados

A pesquisa aconteceu entre os meses de abril a maio de 2019 e para a realização da primeira etapa foi elaborada a questão norteadora: “Como a proteção radiológica deve ser aplicada na redução de dose em exames tomográficos pediátricos de acordo com as evidências científicas?”. A definição do tema baseou-se na urgência da questão dos efeitos deletérios e cumulativos da radiação no cenário dos pacientes pediátricos.

Depois houve escolha dos critérios de inclusão para a pesquisa, os seguintes critérios foram determinados: ser artigo original; ter compatibilidade com a questão norteadora; ter disponibilidade eletrônica na forma de texto completo; ter sido publicado no período pré-estabelecido de janeiro de 2009 a maio de 2019, nos idiomas: português, inglês e espanhol, reunindo o maior número de informações de artigos científicos de vários países diferentes que tratassem do tema proposto. A busca iniciou-se em 4 bases de dados a saber: Capes Periódicos, Scopus, PubMed e Scielo.

O critério de exclusão dos artigos pré-selecionados: artigos com temas adversos; estudos repetidos em uma ou mais bases de dados e artigos sem caráter científico.

A seleção dos artigos constitui-se por meio de busca nas publicações da literatura científica na base de dados Capes periódicos, pois foi a base que mais proporcionou resultados relacionados ao trabalho. Para a busca na literatura científica foram utilizadas quatro palavras-chave identificadas nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) para guiar o caminho do estudo pretendido. Os descritores escolhidos foram: “Proteção Radiológica”, “Tomografia computadorizada por raios x”, “Pediatria” e “Dose de Radiação”. Usados com o booleano AND, trazendo resultados mais específicos dentro do trabalho. Podemos perceber com o Quadro 1 a seguir, como foi a primeira parte da pesquisa em cada base de dado escolhida, com os descritores nos 3 idiomas escolhidos.

Quadro 1 - Resultado das pesquisas

	Tomografia computadorizada por raios x AND Proteção radiológica AND Pediatria AND Dose de radiação	Tomography, X-Ray Computed AND Radiation protection AND Pediatrics AND Radiation Dosage	Tomografía computadorizada por rayos x AND Protección radiológica AND Pediatria AND Dosis de radiación
Scopus	0	113	0
Capes Periódicos	2	992	0
Scielo	0	0	0
PubMed	258	86	0

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

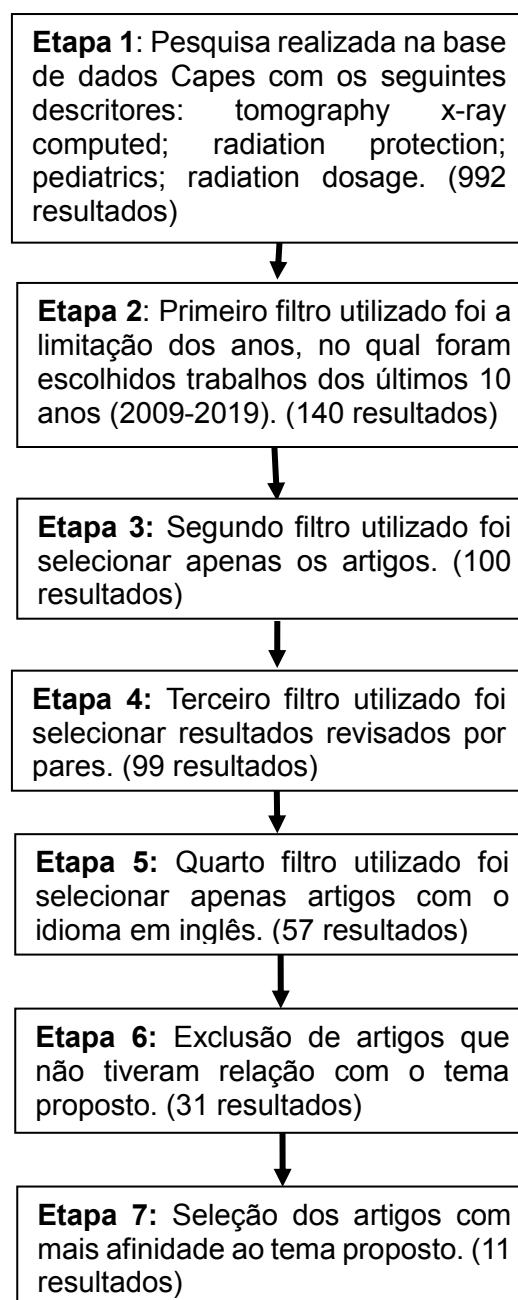
A Capes Periódicos foi a base escolhida pela quantidade de artigos mais relacionados com o tema proposto pelo pesquisador. Todos eles em inglês, pois houve um objetivo específico de trazer a perspectiva internacional sobre proteção radiológica na tomografia pediátrica para o trabalho e assim abrir uma discussão e uma adaptação para o Brasil. Houve a inclusão do filtro de revisão por pares, pois

o objetivo é garantir que um manuscrito fornece uma contribuição ética, original e com qualidade para a literatura científica, identificando os melhores trabalhos submetidos a uma revista, fornecendo uma avaliação justa e imparcial, e corrigindo erros ou deficiências na comunicação científica antes da publicação. (DONATO, 2019, p.1-2).

A revisão por pares traz a credibilidade de um trabalho revisado por mais profissionais da mesma área, reduzindo drasticamente o número de erros. (DONATO, 2017)

Após filtragem dos descritores, 11 (onze) foram escolhidos pelos filtros de inclusão e exclusão. Foram os artigos mais semelhantes com a proposta do trabalho, para fazer uma revisão e análise dos dados recolhidos. A seguir, na figura 11, mostra um esquema de como foram utilizados os filtros em cada etapa realizada na busca dos resultados na base de dados mencionada anteriormente.

Figura 11 - Esquema de etapas de pesquisa dos artigos



Fonte: Dados de pesquisa (2019).

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Foram analisadas as informações obtidas nos artigos escolhidos buscando primeiramente quais são os possíveis riscos ao tecido biológico da criança, referenciando estudos de coorte, pesquisas experimentais e possíveis estudos de campo relacionados com o tema para justificar o problema da pesquisa. Depois buscou-se soluções para tais riscos apontados anteriormente. Fez-se necessário pontuar cada problema e respondê-lo de forma objetiva. O Quadro 2 estabelece os artigos selecionados para a revisão integrativa.

Quadro 2: Distribuição dos artigos selecionados

AUTOR/ANO	TÍTULO	RESUMO
GUILLERMAN (2011)	Aplicações de TC mais recentes e suas alternativas: o que é apropriado em crianças?	Avaliar os melhores métodos de aplicações de Tomografia Computadorizada e suas alternativas em crianças. Buscando a melhor opção para um menor impacto na vida da mesma.
STRAUSS E GOSKE (2011)	Dose de radiação pediátrica estimada durante a TC.	Estimar os índices de dose existentes na Tomografia Computadorizada (CTDI vol e DLP) para crianças.
FRUSH (2011)	Dose de TC e estimativas de risco em crianças.	Informar a dose de radiação e as avaliações de riscos na Tomografia Computadorizada Pediátrica.
CALLAHAN (2011)	Redução da dose em TC na prática.	Estimar a diminuição do número de exames em Tomografia Computadorizada, fazendo com que a dose de radiação ionizante diminua, principalmente em crianças.

MAHESH (2011)	Avanços na tecnologia de TC e aplicação em imagiologia pediátrica.	Discutir como a tecnologia tem mudado no que diz respeito de protocolos de Tomografia Computadorizada com múltiplos detectores, ajudando a reduzir a dose de radiação em TC, especialmente em pacientes pediátricos.
GOSKE (2011)	Fazendo o certo: são a regulamentação e os registros para a dose de radiação de TC em crianças a resposta?	Discutir o papel da legislação quando se trata de diminuição de dose nas crianças.
KHONG, FRUSH E RINGERTZ (2012)	Proteção radiológica em TC pediátrica.	Estudar formas em que a proteção radiológica é relacionada com exames de Tomografia Computadorizada (TC) feitos em crianças, demonstrando estratégias de diminuição de dose.
DOUGENI, FAULKNER E PANAYIOTAKIS (2012)	Uma revisão da dose do paciente e métodos de otimização em TC pediátrica e adulta.	Revisar estudos científicos que abordam a dose e métodos de otimização tanto no paciente adulto quanto no pediátrico.

BRADY et al. (2014)	TC pediátrica: Implementação de ASIR para redução substancial da dose de radiação durante a manutenção do ruído de imagem pré-ASIR.	Determinar um método compreensivo de reconstrução iterativa estatística adaptativa (ASIR) para redução máxima de dose de radiação em tomografia computadorizada pediátrica sem mudanças na intensidade de ruído na reconstrução da imagem ou a relação contraste-ruído no paciente.
CODY (2014)	Gerenciamento do controle da exposição automática durante a TC pediátrica.	Explicar a importância do controle automático de exposição na Tomografia Computadorizada pediátrica, sugerindo as precauções que deveram ser tomadas nos parâmetros de aquisição.
NELSON (2014)	Estratégias práticas para reduzir a dose de radiação em TC pediátrica	Proporcionar uma breve revisão da sensibilidade à radiação nas crianças e explicar como os parâmetros afetam na dose de radiação.

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Nesta revisão, foi feita uma análise criteriosa sobre os pontos principais relacionados a proteção radiológica e a Tomografia Computadorizada no âmbito pediátrico.

Dougeni, Faulkner e Panayiotakis (2012) abordam o aumento do uso da TC no mundo todo e como a taxa de dose coletiva aumentou significativamente para um total de 44% da dose efetiva global. E segundo a UNSCEAR (2008) reporta que são efetuados anualmente um total de 221 milhões de exames em TC. Foram descritas as melhorias que o exame de TC trouxe na avaliação de doenças em crianças, provando-se útil e necessária no diagnóstico e avaliação de anormalidades congênitas do coração, doenças do pulmão e das vias aéreas, trauma e infecções. Trazendo que alguns países já realizam exames em recém-nascidos e crianças menores de 5 anos de idade, como na Suíça. Outro dado importante retirado do artigo foi que as crianças têm o risco de um câncer induzido por radiação ionizante maior nos seguintes órgãos: tireoide, mamas, cérebro, pele (não-melanoma) e sangue (leucemia).

Os referidos pesquisadores recomendam a justificação e a otimização ao desenvolvimento de valores de referência de dose para adultos e crianças.

Ainda sobre o estudo, o uso de critérios de qualidade de imagem e os Níveis de Referência Diagnóstica (NRD) são importantes para a complementação da qualidade da imagem, podendo ser ajustados e assim diminuir dose efetiva dos exames. O uso correto de parâmetros técnicos é essencial para um ajuste de menor dose, sendo a modulação de dose mais indicada em crianças, pois diminuiria o valor da dose em regiões de baixa atenuação.

Uma alternativa, referenciada pelos autores, para a redução de dose para o uso clínico, é o novo modo de Reconstrução Iterativa de algoritmos (IR, do inglês, *Iterative Reconstruction*) que produz uma melhor qualidade de imagem, identificando e subtraindo o ruído da imagem.

Ainda sobre o estudo referenciado anteriormente, a conscientização dos pacientes cerca do assunto da radiação ionizante e o câncer também é tema discutido e esclarecido que o paciente ao saber a quantidade de dose efetiva que está recebendo pode ser um fator de diminuição de dose, principalmente os responsáveis pelas crianças.

O artigo também traz à discussão a relevância de exames de TC onde eles poderiam ser apenas substituídos por outros exames, como por exemplo em casos de suspeita de apendicite, que eventualmente, poderia ser diagnosticado e avaliado

com ultrassonografia. O tema aborda uma substituição dos exames de TC por exames menos invasivos como a ressonância magnética ou ultrassom, mas infelizmente, no Brasil há um viés socioeconômico que impede a viabilização de tal estratégia.

Khong, Frush e Ringertz (2012) discutem sobre formas de diminuição de dose dos pacientes pediátricos, elencando cada justificativa por tópicos. Começando pela justificativa do exame, há recomendação que para crianças a avaliação inicial de abdome e pelve deve ser feita com ultrassonografia, pelo fato da anatomia ser menor e mais fina, o que facilita o diagnóstico com tal exame.

O autor anteriormente citado avalia que a justificativa deve ser mais rigorosa para os exames de TC serem usados como primeira alternativa. Assim como o escaneamento deverá ter o mínimo comprimento possível e a repetição do exame deverá ser justificada em cada paciente.

Ainda sobre, a otimização do aparelho e da qualidade de imagem deve ser considerada, pois com a evolução dos tomógrafos, existe a possibilidade de diminuir dose com os recursos novos, como por exemplo a modulação de dose com o Controle Automático de Exposição (CAE) permite controlar a corrente do tubo de acordo com a geometria e densidade do paciente, e também a tecnologia de ajuste automático de kV, dessa vez com ajuste na tensão. Também existe a diminuição do tempo de exame pois os novos detectores conseguem captar maior volume de informações em um curto espaço de tempo, fazendo com que artefatos de movimento e os ruídos não atrapalhem o exame e eventualmente possibilitem repetições. A reconstrução iterativa também é uma otimização pertinente a redução de dose, pois ela permite melhorias na reconstrução para que doses menores possam ser usadas. E finalmente, os alertas e notificações dos aparelhos quando o profissional das técnicas radiológicas excede uma dose, ele deverá ser alertado para evitar doses mais altas que o previsto.

De acordo com os autores citados anteriormente, os ajustes dos parâmetros de TC devem ser feitos de acordo com a anatomia do paciente, como os níveis de corrente e tensão, as quais quando usados com pacientes pediátricos devem ser menores. Atualmente não existe uma diferença entre os parâmetros adulto e pediátrico, sendo necessário a diferenciação de tais exames.

Os referidos pesquisadores relatam que o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) é de extrema importância em crianças, recomendado apenas depois do escaneamento inicial, para evitar uma modulação de corrente maior no exame. Devem ser utilizados tais equipamentos em áreas não examinadas e com

maior sensibilidade à radiação, como por exemplo, proteger os órgãos reprodutores, olhos, tireoide e tudo que for possível. A conscientização populacional é de extrema importância na área radiológica, pois levar informação sobre proteção radiológica é fundamental para uma melhor prática e desenvolvimento dos exames.

Nelson (2014) demonstra como reduzir a dose de radiação em pacientes pediátricos com os parâmetros técnicos do aparelho. Todo advento que a TC possibilita ao profissional das técnicas radiológicas podem ser otimizados e eventualmente sugerir uma redução de dose. Começando com os fatores básicos como a tensão (kVp) e a corrente do tubo (mAs), quando o profissional sabe utilizar ambos aspectos da radiação, a dose diminuirá drasticamente. Ao adaptar os parâmetros do aparelho para o paciente pediátrico, a dosagem conseqüentemente diminuirá, pois depende do tamanho da anatomia do paciente.

Ainda sobre tal estudo, a evolução dos detectores múltiplos também influencia na diminuição de dose, diminuindo o tempo de exame e promovendo maior qualidade pelo fato de ter mais informações detectadas.

De acordo com o autor anteriormente citado, duas ótimas opções para a otimização e conseqüentemente, redução da dose de radiação são: seleção automática de kVp e a modulação de corrente, onde a tensão e a corrente do tubo são selecionadas automaticamente por um *scout* prévio. Assim, a quantidade de radiação será condicionada conforme a anatomia avaliada.

A reconstrução iterativa, de acordo com o autor citado anteriormente, também se revela de grande importância na busca de menores doses. A reconstrução tradicional da TC baseia-se no filtro de retroprojeção, com o uso deste novo tipo de reconstrução, as informações adquiridas durante o exame são incorporadas em repetidas reconstruções até a formação da imagem, fazendo com que o ruído diminua e a qualidade de imagem aumente.

Ainda sobre o estudo, o protetor plano (*In-Plane Shielding*) é um protetor feito de bismuto ou bário de formato plano e pode ser de grande ajuda para proteção de órgãos mais sensíveis, como os olhos, a tireoide e as mamas, principalmente em crianças. A imobilização da criança também se faz necessário para a diminuição de artefatos de movimento e conseqüentemente de dose de radiação.

Callahan (2011) alerta sobre o exponencial crescimento do uso de exames feitos por TC no mundo todo e a enorme quantidade destes feitos em pacientes pediátricos. Primeiramente, a análise dos parâmetros principais da produção de

radiação do exame: Corrente (mAs) e Tensão (kVp), mencionadas anteriormente por outros pesquisadores. Existe uma preocupação maior com aspectos básicos, pois eles estão relacionados com as principais características da qualidade de exame e da quantidade de dose de radiação. A corrente está atrelada com o número de raios-X produzidos durante o exame e a tensão está relacionada com quão penetrante os raios-X podem ser. Outra preocupação é o Pitch, ou seja, a rapidez da mesa durante a rotação de 360° do gantry. Quanto mais alto o Pitch for, com mais velocidade a mesa irá transcorrer e o exame será mais rápido, mas certas regiões da anatomia receberam uma menor quantidade de radiação, afetando assim a qualidade do exame. Geralmente em exames pediátricos, o Pitch é de 1.4 a 1.6. Um exame mais rápido devido a anatomia menor de uma criança. Utilizando uma quantidade de Pitch necessária, haverá uma redução da dose no paciente.

Outro método mencionado em tal estudo é o controle automático de exposição (CAE) que usa a modulação de dose para distribuir a radiação de acordo com a anatomia do paciente, sendo muito utilizado em pacientes pediátricos.

Ainda sobre tal estudo, os filtros de raios-X em TC, principalmente do tipo “*Bowtie*”, são utilizados para barrar a radiação de baixa energia, a qual aumenta o ruído da imagem e interage com o tecido humano. Logo, crianças são as principais interessadas pois possuem uma sensibilidade maior à radiação devido ao desenvolvimento celular constante, necessitando menos interação possível com a radiação. O posicionamento do paciente é analisado como fator importante na busca pela proteção radiológica, quanto mais no centro do gantry o paciente estiver, mais eficazmente o CAE irá funcionar. O detector de tamanho é utilizado durante a aquisição da imagem e permite que se aumente a qualidade da imagem usando uma colimação mais fina. Exame de fase única é a seleção apenas da parte anatômica estudada específica, fazendo com que o resto do corpo não seja exposto à radiação ionizante.

Outra forma de diminuição de dose discutida pelo pesquisador referenciado anteriormente é o nível aceitável de ruídos na imagem para diferentes tipos de diagnóstico, utilizando sempre menos dose com exames de alto-contraste como o tórax ou sistema esquelético. Um ambiente infantil na sala de exame no qual a criança sinta-se mais acolhida também é um fator importante para diminuição de dose, pois significa um potencial menor para repetição de exames.

Cody (2014) discute a importância de um exame de TC usando o CAE, trazendo os benefícios e as formas corretas de utilizá-lo e otimizá-lo. Explica passo-a-passo como fazer um exame correto com a ferramenta.

Frush (2011), Strauss e Goske (2011) discorrem sobre as informações pertinentes na dosimetria, como é a relação de dose de radiação com a criança, seus efeitos e riscos. Revela informações sobre os tipos de doses provenientes de uma TC simples. Também mostra o papel do profissional em relação a dose recebida pelo paciente.

Goske (2011) estuda a evolução da proteção radiológica no mundo, começando pela Europa, mostrando a regulação da TC. Também retrata a história da proteção radiológica nos Estados Unidos com ênfase em pacientes pediátricos. Explica sobre o nascimento de importantes órgãos criados para uma melhor administração do setor radiológico como a *Atomic Energy Commission* (AEC) criado depois da Segunda Guerra Mundial para supervisão das tecnologias que utilizavam radiação ionizante. Logo depois o *National Council on Radiation Protection and Measurements* (NCRP), uma agência não governamental que procura disseminar informações, recomendações e guias em proteção radiológica. Explica a importância dos Níveis de Referência Diagnóstica (NRD) e o papel disso na diminuição de dose pediátrica. Explica também sobre o registro de informação de doses em exames de TC e como isso pode mudar o cenário para um melhor entendimento e redução da dose de radiação.

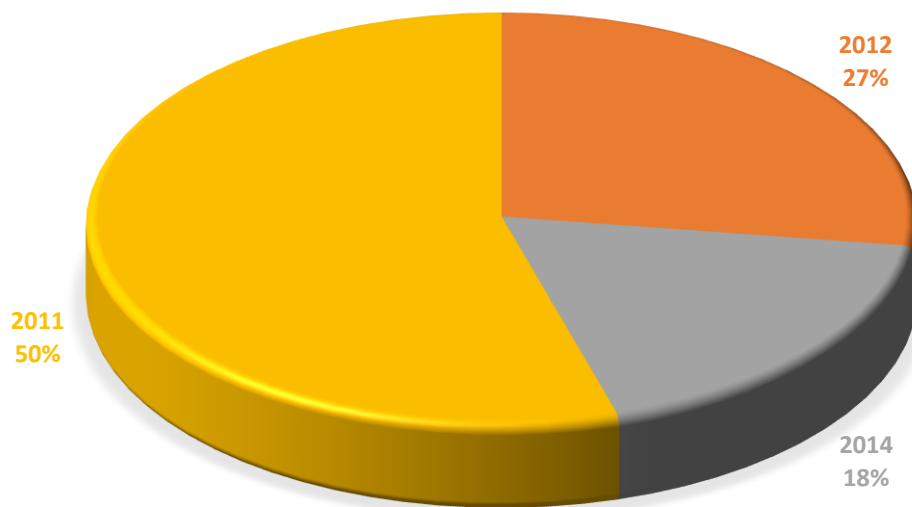
Guillerman (2011) explica todos os tipos de exames realizados na TC e qual é o impacto de cada um em pacientes pediátricos. Discute a necessidade de cada exame na criança.

Mahesh (2011) discute métodos para a diminuição de dose em pacientes pediátricos das seguintes maneiras: Técnicas de Modulação de corrente, Aumento da área dos detectores, TC de duas fontes, *Over-ranging/scanning*, Reconstrução Iterativa, Múltiplos *scans* dentro de um exame de TC, Relatórios de doses de radiação e Alerta de aumento de dose. Esses assuntos, discutidos anteriormente, podem diminuir diretamente a quantidade de radiação ionizante que uma criança recebe.

Brady *et al.* (2014) descrevem a importância da reconstrução iterativa dos algoritmos da imagem, proporcionando uma redução de dose em exames de TC realizados em pacientes pediátricos. *Adaptive Statistical Iterative Reconstruction* (ASIR) aperfeiçoa o conteúdo de ruído da imagem através da modelagem das

flutuações nos dados da projeção devido a estatísticas dos fótons e um sistema eletrônico de ruído. Os dados modelados são comparados com os dados de projeção atuais, e a diferença entre esses conjuntos de dados permitem o ajuste da imagem pela hibridização de dois tipos de reconstrução de imagem: filtro de retroprojeção e o ASIR. Todo processo permite que por mais alto que seja o ruído da imagem, ela será reconstruída e melhorada, retirando quase todo o ruído, assim o ASIR se torna uma ferramenta de redução de dose, pois indiferente do nível de ruído, a reconstrução corrige a falta de informação. Foram apresentados os maiores perigos causados por exames envolvendo radiação ionizante, mais específico à tomografia computadorizada, em pacientes pediátricos e os motivos para que seja feita uma reeducação de todo profissional em saúde envolvido no âmbito do diagnóstico, seja ele médico ou profissional das técnicas radiológicas. Para que haja uma otimização do serviço de saúde prestado, pela parte médica no que se trata de avaliação clínica correta e – se possível – a substituição do exame tomográfico por outro tipo de exame; e pela parte do profissional das técnicas radiológicas quando se trata de diminuição dos parâmetros utilizados no momento do exame e a otimização do tratamento da imagem digitalmente, para que seja possível o laudo médico e não haja a repetição do exame.

A primeira análise do conjunto de artigos dá-se pelos anos de publicação, o qual são artigos atuais e que conferem com a realidade do cenário de proteção radiológica, a seguir um gráfico apresentando a configuração de anos dos artigos selecionados. Podemos observar que foram usados artigos a partir de 2011, nos quais são maioria no trabalho. O artigo mais atual seria o de 2014.

Gráfico 1: Relação dos anos dos artigos selecionados

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Além disso, outro aspecto de seleção dos artigos foi a classificação Qualis, que segundo o portal Capes Periódicos (2017, p.1) “é o conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação”.

A classificação de periódicos se dá pela qualidade dos artigos e os níveis são de A1 a C, sendo A1 o nível mais elevado (CAPES PERIÓDICOS, 2017).

Os artigos selecionados possuem as categorias elencadas na Tabela 1:

Tabela 1 - Categoria Qualis dos artigos selecionados

AUTOR/ANO	REVISTA	CATEGORIA QUALIS
GUILLERMAN (2011)	Pediatric Radiology	B2
STRAUSS E GOSKE (2011)	Pediatric Radiology	B2
FRUSH (2011)	Pediatric Radiology	B2
vCALLAHAN (2011)	Pediatric Radiology	B2
MAHESH (2011)	Pediatric Radiology	B2
GOSKE (2011)	Pediatric Radiology	B2
KHONG, FRUSH E RINGERTZ (2012)	Annals of the ICRP	B1
DOUGENI, FAULKNER E PANAYIOTAKIS (2012)	European Journal of Radiology	B1
BRADY et al. (2014)	Radiology	A1
CODY (2014)	Pediatric Radiology	B2
NELSON (2014)	Journal of American College of Radiology	Não encontrado

Fonte: Plataforma Sucupira (2019).

Todos os artigos selecionados estão na categoria Qualis de B1 a A1, resultando em dados confiáveis para a revisão.

Outro dado importante foi a seleção de artigos internacionais, pois um dos objetivos do trabalho é apresentar como a proteção radiológica infantil na área de TC é inserida em outros países, fazendo com que haja uma discussão de melhorias na forma como tratamos a proteção radiológica em território nacional. No quadro 3 temos todos os artigos e seus respectivos países. Sendo a grande maioria, artigos norte-americanos, pois há uma grande base de informações sobre o tema proposto.

Quadro 3 – Distribuição dos artigos selecionado, segundo seus respectivos países

ARTIGO	PAÍS
Aplicações de TC mais recentes e suas alternativas: o que é apropriado em crianças?	EUA
Dose de radiação pediátrica estimada durante a TC.	EUA
Dose de TC e estimativas de risco em crianças.	EUA
Redução da dose em TC na prática.	EUA
Avanços na tecnologia de TC e aplicação em imagiologia pediátrica.	EUA
Fazendo o certo: são a regulamentação e os registros para a dose de radiação de TC em crianças a resposta?	EUA
Proteção radiológica em TC pediátrica.	EUA
Uma revisão da dose do paciente e métodos de otimização em TC pediátrica e adulta.	Reino Unido e Grécia
TC pediátrica: Implementação de ASIR para redução substancial da dose de radiação durante a manutenção do ruído de imagem pré-ASIR.	EUA
Gerenciamento do controle da exposição automática durante a TC pediátrica.	EUA
Estratégias práticas para reduzir a dose de radiação em TC pediátrica.	EUA

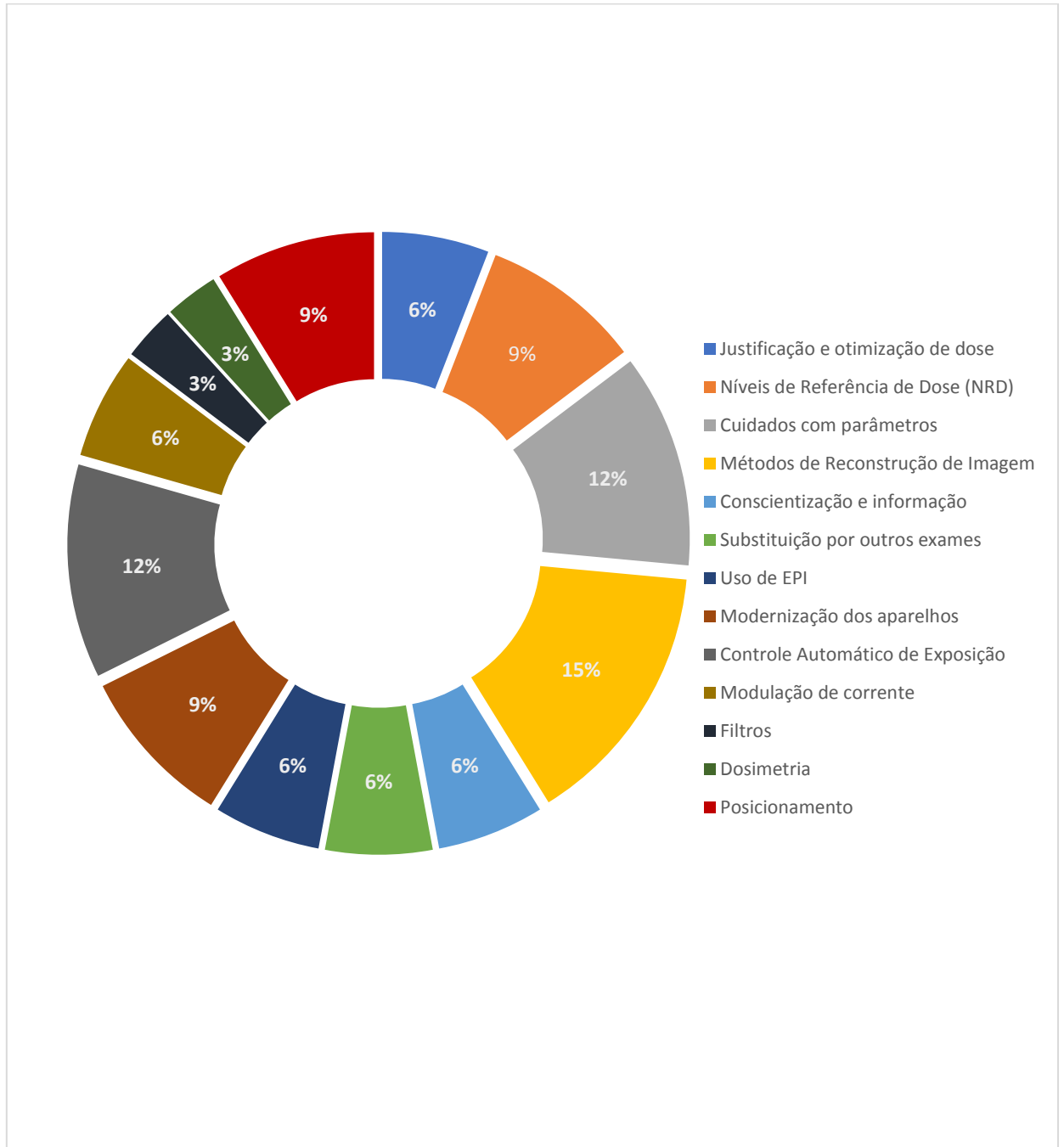
Fonte: Dados de pesquisa (2019).

A maioria dos artigos selecionados foram pesquisas feitas na América do Norte, mais especificamente nos Estados Unidos da América. Outros poucos em

países europeus, como Reino Unido e Grécia. Trazendo a preocupação de outra perspectiva no que se trata de proteção radiológica pediátrica.

Considerando todo aspecto cultural de proteção radiológica dos países, uma análise mais profunda dos artigos trouxe as seguintes respostas e preocupações mais urgentes, como mostra o Gráfico 2:

Gráfico 2: Análise de pesquisa



Fonte: Dados de pesquisa (2019).

A análise dos artigos evidencia a necessidade de uma revisão na área de proteção radiológica, adaptando as pesquisas encontradas fora do país para a realidade nacional. A maior preocupação aparente é a melhoria na reconstrução da imagem, que está presente em 15% dos assuntos tratados nos 11 artigos selecionados. A reconstrução iterativa (ASIR) se mostra mais eficiente em contraste com a proteção de pacientes pediátricos. Podendo reduzir dose e aumentar o nível de qualidade de imagem proposta para o diagnóstico.

O uso correto dos parâmetros básicos como o kVp e o mAs pode ajudar a reduzir a dose, ou seja, uma reeducação do conteúdo básico das técnicas radiológicas seria de extrema importância. Dentro da análise geral dos artigos, ficou destacado com 12% dentre dos métodos de proteção radiológica dos artigos analisados. Assim como o uso do Controle Automático de Exposição (CAE) que permite o uso de tensão correta para o exame, sem o uso excessivo de kVp, podendo diminuir consideravelmente a dose de radiação.

A criação dos Níveis de Referência de Dose (9%) também se torna necessário, distinguir a diferença entre o exame adulto e infantil torna-se importante para a redução de dose e para a qualidade de imagem.

A modernização da aparelhagem de TC (9%) também configura importante passo para a redução de dose de radiação, principalmente o aumento do número de detectores que permite a captação de maior número de fótons e conseqüentemente aumentar a informação da imagem.

A modulação de corrente (6%), em seguida, como assunto mais comentado nos traz a importância de como controlar a corrente do tubo pode nos ajudar a diminuir a dose consideravelmente em crianças, pois ao fazer o Scout, o próprio aparelho consegue calcular o quanto de dose administrar em cada órgão devido a sua densidade.

O uso de EPI infantil (6%) ainda é uma discussão no meio científico, mas segundo os artigos analisados, é de grande importância proteger partes mais radiosensíveis das crianças, como os olhos, tireoide e gônadas (NELSON, 2014)

A substituição dos exames de TC (6%) por exames menos invasivos se mostra bastante eficiente quando for possível, principalmente substituindo por exames de Ressonância Magnética e Ultrassonografia.

A informação e conscientização dos pacientes (6%) também se faz necessário, pois o entendimento sobre a radiação ionizante faz com que os exames

sejam justificados de maneira correta, sendo a justificação outro tópico importante para discussão, pois a forma como o número de exames aumenta anualmente indica que a justificação não está embasada da maneira correta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, buscou-se um melhor entendimento sobre o impacto da radiação ionizante no tecido biológico infantil, assim como a importância da redução da dose nos tecidos, sobretudo os radiosensíveis, como é o caso da criança. Também se percebeu a importância de reduzir as doses de exposição, e serem otimizadas a um valor tão baixo quanto razoavelmente exequível, como propõe a Portaria 453/1998.

Além disso, elucidou-se também o papel da proteção radiológica no âmbito da tomografia computadorizada pediátrica, objeto de estudo deste trabalho, evidenciando-se os efeitos biológicos, causados pelas altas doses de exposição à radiação ionizante no tecido biológico infantil, pois seu desenvolvimento celular está em constante crescimento, sendo suscetível aos efeitos radiobiológicos.

Conclui-se que a maior ferramenta para a redução da dose de radiação, de acordo com os 11 artigos estudados, implica na reconstrução da imagem, pois mesmo com uma quantidade menor de dose, a reconstrução permite recuperar a qualidade da imagem.

Existem outras formas da atuação da proteção radiológica no âmbito da tomografia pediátrica como foi citado anteriormente nos artigos científicos revisados, todos no âmbito internacional, trazendo uma nova perspectiva para o âmbito nacional.

Foram enumerados métodos encontrados no meio científico para a diminuição à exposição de dose em TC para crianças, métodos mais citados, mais discutidos pelos pesquisadores, mais recomendado pelos especialistas. Trazer ao conhecimento das pessoas os métodos científicos já comprovados e estudados durante os anos. Vale destacar a importância que a redução de dose pode trazer para a diminuição da probabilidade de riscos futuros, principalmente o câncer.

O assunto tratado requer uma discussão mais aprofundada, podendo ser ampliado com outros trabalhos, como a criação de Níveis de Referência de Dose pediátrico em TC e também discutir sobre os parâmetros utilizados atualmente em crianças e comparar com os realizados em adultos, pois as especificações de peso, altura e volume são diferentes nos dois casos e precisam ser diferenciadas.

REFERÊNCIAS

1. AIHARA, André Yui et al. **Tomografia Multi-Slice no Sistema Músculo-Esquelético**. Revista Brasileira de Reumatologia, São Paulo, v. 6, n. 43, p.372-376, nov. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbr/v43n6/a10v43n6.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2018.
2. AMARO JÚNIOR; Edson; YAMASHITA, Helio. **Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética**. Revista Brasileira de Psiquiatria, São Paulo, v. 1, n. 23, p.2-3, 1 jan. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbp/v23s1/5560.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018.
3. BRADY, Samuel L. et al. **Pediatric CT: Implementation of ASIR for Substantial Radiation Dose Reduction While Maintaining Pre-ASIR Image Noise**. Radiology, S.i, v. 270, n. 1, p.223-231, jan. 2014.
4. BRENNER, David J.; HALL, Eric J. **Computed Tomography — An Increasing Source of Radiation Exposure**. New England Journal Of Medicine, v. 357, n. 22, p.2277-2284, 29 nov. 2007
5. BRENNER, David J. et al. **Estimated Risks of Radiation-Induced Fatal Cancer from Pediatric CT**. American Journal Of Roentgenology, [s.l.], v. 176, n. 2, p.289-296, fev. 2001. American Roentgen Ray Society. <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.176.2.1760289>. Disponível em: <<https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/ajr.176.2.1760289>>. Acesso em: 17 dez. 2018.
6. BUSHONG, Stewart C1. **Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology and Protection**. 10. ed. Texas: Elsevier, 2013. 654 p.
7. CAPES PERIÓDICOS (Org.). **Qualis**. 2017. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/pt/acessoainformacao/7422-qualis>>. Acesso em: 12 abr. 2019.
8. CALLAHAN, Michael J.. **CT dose reduction in practice**. Pediatric Radiology, [s.l.], v. 41, n. 2, p.488-492, 17 ago. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00247-011-2099-y>.
9. CODY, Dianna D.. **Management of auto exposure control during pediatric computed tomography**. Pediatric Radiology, [s.l.], v. 44, n. 3, p.427-430, out. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00247-014-3140-8>.

10. COHEN, M.D. *Pediatr Radiol* (2012) 42: 397. <https://doi.org/10.1007/s00247-011-2315-9>
11. CORREIA, Paula Duarte et al. **Caracterização de uma blindagem de chumbo protetora de mamas para redução de dose em exames de tomografia computadorizada.** *Radiologia Brasileira*, [s.l.], v. 47, n. 4, p.223-227, ago. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2013.1861>.
12. COURSEY, Courtney et al. **Pediatric Chest MDCT Using Tube Current Modulation: Effect on Radiation Dose with Breast Shielding.** *American Journal Of Roentgenology*, [s.l.], v. 190, n. 1, p.54-61, jan. 2008. American Roentgen Ray Society. <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.07.2017>.
13. DEAK, Paul D. et al. **Effects of Adaptive Section Collimation on Patient Radiation Dose in Multisection Spiral CT.** *Radiology*, [s.l.], v. 252, n. 1, p.140-147, jul. 2009. Radiological Society of North America (RSNA). <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2522081845>.
14. DONATO, Helen. **Revisão por Pares: O Coração das Revistas Científicas.** *Gaze Médica*, Coimbra, v. 4, n. 1, p.15-20, jan. 2017. Disponível em: <<http://www.gazetamedica.pt/index.php/gazeta/article/view/32/63>>. Acesso em: 08 abr. 2019.
15. DOUGENI, E.; FAULKNER, K.; PANAYIOTAKIS, G.. **A review of patient dose and optimisation methods in adult and paediatric CT scanning.** *European Journal Of Radiology*, [s.l.], v. 81, n. 4, p.665-683, abr. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.05.025>. Disponível em: <[https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X\(11\)00506-7/fulltext](https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X(11)00506-7/fulltext)>. Acesso em: 08 maio 2019.
16. FREITAS, Cláudio Fróes de. **Imaginologia.** São Paulo: Artes Médicas, 2014.
17. FRUSH, Donald P.. **CT dose and risk estimates in children.** *Pediatric Radiology*, [s.l.], v. 41, n. 2, p.483-487, 17 ago. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00247-011-2098-z>.
18. GONZALEZ, Amy Berrington de et al. **Relationship between paediatric CT scans and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: assessment of the impact of underlying conditions.** *British Journal of Cancer*, v. 114, n. 4, p.388-394, fev. 2016. Springer Nature.

19. GOSKE, Marilyn J.. **Getting it right: are regulation and registries for CT radiation dose in children the answer?**. *Pediatric Radiology*, [s.l.], v. 41, n. 2, p.567-570, 17 ago. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00247-011-2105-4>.
20. GUILLERMAN, R. Paul. **Newer CT applications and their alternatives: what is appropriate in children?**. *Pediatric Radiology*, [s.l.], v. 41, n. 2, p.534-548, 17 ago. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00247-011-2163-7>.
21. GUNN, Martin L. et al. **Radiation Dose to the Thyroid Gland and Breast From Multidetector Computed Tomography of the Cervical Spine**. *Journal Of Computer Assisted Tomography*, [s.l.], v. 33, n. 6, p.987-990, nov. 2009. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/rct.0b013e3181a776ff>.
22. GUSSON, Antônio Carlos T.; LOPES, José Carlos. **Pediatria no século 21: uma especialidade em perigo**. *Revista Paulista de Pediatria*, São José do Rio Preto, v. 28, n. 1, p.115-120, abr. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rpp/v28n1/v28n1a18>>. Acesso em: 22 nov. 2018.
23. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **ICRP PUBLICATION 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. 37 ed. Florida: Elsevier, 2007. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_37_2-4>. Acesso em: 22 mar. 2019.
24. KHONG, P-I.; FRUSH, D.; RINGERTZ, H.. **Radiological protection in paediatric computed tomography**. *Icrp: Annals of the ICRP*, [s.i.], v. 0, n. 0, p.170-178, jan. 2012.
25. MAHESH, Mahadevappa. **Advances in CT technology and application to pediatric imaging**. *Pediatric Radiology*, [s.l.], v. 41, n. 2, p.493-497, 17 ago. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00247-011-2169-1>.
26. MENDES, Karina dal Sasso; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; GALVÃO, Cristina Maria. **Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem**. *Texto & Contexto - Enfermagem*, Florianópolis, v. 17, n. 4, p.758-764, dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-07072008000400018>.
27. MONDACA, Roberto. **Por que reducir las dosis de radiacion em pediatria**. *Revista Chilena de Radiología*, Santiago, v. 12, n. 1, p.28-32, 2006.

28. National Cancer Institute at the National Institutes of Health. **Radiation risks and pediatric computed tomography (CT): a guide for health care providers.** National Cancer Institute website. 2008. www.cancer.gov/cancertopics/causes/radiation/radiationrisks-pediatric-CT. Acesso em: 09 nov. 2018.
29. NELSON, Thomas R.. **Practical Strategies to Reduce Pediatric CT Radiation Dose.** Journal American College Of Radiology, [s.i.], v. 1, n. 1, p.292-299, jan. 2014.
30. OKUNO, Emico. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes.** Acidente radiológico de Goiânia. Estudos Avançados, São Paulo, v. 77, n. 27, p.185-199, 31 jan. 2013.
31. OZASA, Kotaro et al. **Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases.** Radiation Research Society, Tóquio, n. 177, p.229-243, 15 dez. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/51881988_Studies_of_the_Mortality_of_Atomic_Bomb_Survivors_Report_14_1950-2003_An_Overview_of_Cancer_and_Noncancer_Diseases>. Acesso em: 09 nov. 2018.
32. PATERSON, Anne et al. **Helical CT of the Body. Are Settings Adjusted for Pediatric Patients?** American Journal Of Roentgenology, [s.l.], v. 176, n. 2, p.297-301, fev. 2001.
33. PEARCE, Mark S et al. **Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study.** The Lancet, v. 380, n. 9840, p.499-505, ago. 2012.
34. PENG, Yun et al. **Use of automatic tube current modulation with a standardized noise index in young children undergoing chest computed tomography scans with 64-slice multidetector computed tomography.** Acta Radiologica, [s.l.], v. 50, n. 10, p.1175-1181, dez. 2009. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.3109/02841850903241914>.
35. PERIÓDICOS, Capes. **Qualis.** 2017. Disponível em: <<https://www.capes.gov.br/acessoainformacao/perguntas-frequentes/avaliacao-da-pos-graduacao/7422-qualis>>. Acesso em: 08 maio 2019.
36. ROMANO, Ricardo Francisco Tavares et al. **Readjustment of abdominal computed tomography protocols in a university hospital: impact on radiation dose.** Radiologia Brasileira, São Paulo, v. 48, n. 5, p.292-297, out. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2014.0054>.

Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rb/v48n5/pt_0100-3984-rb-48-05-0292.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2018.

37. SOUZA, Giordana Salvi de; FRONER, Ana Paula Pastre; SILVA, Ana Maria Marques da. **Doses em tomografia computadorizada de crânio**: impacto do uso do controle automático de exposição. *Revista Brasileira de Física Médica*, Porto Alegre, v. 2, n. 11, p.21-24, 2017.
38. STRAUSS, Keith J.; GOSKE, Marilyn J.. **Estimated pediatric radiation dose during CT**. *Pediatric Radiology*, [s.l.], v. 41, n. 2, p.472-482, 17 ago. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00247-011-2179-z>.
39. STRAUSS, Keith J. et al. **Image Gently: Ten Steps You Can Take to Optimize Image Quality and Lower CT Dose for Pediatric Patients**. *American Journal Of Roentgenology*, v. 194, n. 4, p.868-873, abr. 2010. American Roentgen Ray Society.
40. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. **Sources, effects and risks of ionizing radiation**. New York: UNSCEAR; 2013.
41. ZACHARIAS, Claudia et al. **Pediatric CT: Strategies to Lower Radiation Dose**. *American Journal Of Roentgenology*, [s.l.], v. 200, n. 5, p.950-956, maio 2013. American Roentgen Ray Society. <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.12.9026>.